

SPORFOSSILER FRA DEN MELLEMMIOCÆNE TRANSGRESSION I SØBY-FASTERHOLT OMRÅDET

ULLA ASGAARD OG RICHARD G. BROMLEY

ASGAARD, U. & BROMLEY, R. G.: Sporfossiler fra den Mellem Miocæne transgression i Søby-Fasterholt området. *Dansk geol. Foren., Årsskrift for 1973*, side 11–19. København, 11. januar 1974.

An examination of trace fossils at the transgressive base of the Hodde Formation revealed the presence of *Ophiomorpha*, meniscus back-filled tunnels and small, vermiform burrows. The *Ophiomorpha* closely resemble the burrows produced today by *Callianassa major* in the littoral zone of the coast of Georgia, USA. Since other species of *Callianassa* produce somewhat similar burrows in sublittoral environments, the *Ophiomorpha* is used with caution as an environmental indicator. However, the strongly vertical morphology of the Miocene forms, together with the presence of related collapse structures, are taken to indicate a littoral environment for the basal transgressive layer of the Hodde Formation. The meniscus burrows are interpreted as the work of spatangoid echinoderms and are indicative of a marine environment generally below normal wave-base. They constitute the best preserved echinoid burrows hitherto described in the fossil record.

U. Asgaard & R. G. Bromley, Institut for historisk Geologi og Palæontologi, Østervoldgade 10, 1350 København K. 5. oktober, 1973.

I forbindelse med det intensive feltarbejde i Søby-Fasterholt områdets Miocæne brunkulsafløjninger udført af den Palæobotanske Afdeling ved Geologisk Institut, Århus Universitet, blev en horisont med *Ophiomorpha* opdaget (Koch et al. 1973, fig. 16). B. E. Koch inviterede i sommeren 1973 forfatterne til at undersøge de gravegange, som udgår fra Hodde Leret og trænger ned i Odderup Formationens deltasand.

Undersøgelserne koncentreredes om de to lange profiler i Damgaards sydlige og nordlige grav, hvor grænsen mellem Odderup Formationen og Hodde Formationen trues af det stigende vandspejl. Den geologiske ramme er opridset af Koch et al. (1973).

Profilerne i deltasandet blev først rensat med spade, hvorpå de fremkomne gravegange blev præpareret ud som længdesnit i det fugtige sand ved hjælp af kniv og mureske. Gravegangene blev straks målt og fotograferet. Efter et kvarter til en halv time tørrede de nyskårne overflader ud, det løse sand begyndte at blæse bort, og sporene gik tabt.

Gravegangene

I Damgaards sydlige grav blev den lange østvæg undersøgt (Koch et al. 1973, side 28–33; figs. 3, 13, 16). Af sporfossiler sås kun forskellige varianter af *Ophiomorpha*. Disse karakteristiske gravegange er meget iøjnefaldende i Odderup Formationens deltasand, idet deres vægge er forstærkede af små kugler bestående af mørkt materiale. De kan tydeligt følges fra grænsen mellem deltasandet og Hodde Leret ca. 2 m ned i deltasandet. *Ophiomorpha* optræder hyppigst i bunden af bassinerne beskrevet af Koch et al. (1973), medens der er færre på flankerne af bankerne. Toppen af bankerne mangler, idet de afskæres af en Pleistocæn erosionsflade, se fig. 1.

De bevarede gravegange har forskellige dimensioner svarende til, at de er konstrueret af individer af forskellig alder. Diameteren varierer fra 3 til 20 mm, med et indre lumen på ca. 15 mm og en vægtykkelse på ca. 1,6 mm som det mest hyppige. Den længste målte gravegang gik ned til en dybde af 2,2 m under deltasandets overflade. Vandrette sidegrene kunne følges over ca. 1,2 m. Knudepunkterne, hvorfra sidegrenene udgår, og hvori gravegangens konstruktør var i stand til at vende, er ikke anlagt med regelmæssige mellemrum. Flere knuder blev præpareret ud; de havde et gennemsnitlig lumen på ca. 30 mm og en vægtykkelse på 3–3,2 mm.

Væggene i gravegangene er opbygget af kugler (fig. 2) af mørkt, leret materiale; uden tvivl indgår Hodde Ler, men der kan også være tale om organisk materiale fra forrådnede eller fortærede plantedele. Ofte accentueres væggene noget af den brunfarvning, der er tilskrevet tidligt diagenetiske grundvandsfænomener (Larsen & Kuyp, 1971). Ingen af gravegangene viste en naturlig, blind afslutning, idet de distale ender af forgreningerne ikke var i besiddelse af vægstruktur og derfor ikke kunne følges videre i det lyse sand. Opadtil i Hodde Leret var det også umuligt at følge gravegangene; de fleste syntes dog at ende ved transgressionsgrænsen; nogle fortsatte op i den nederste del af Hodde Formationens basale grus og sandlag med lerslirer, hvor de blandt andet kunne spores som sandudfyldninger i den lerede del.

Mange af *Ophiomorpha*-erne er knyttet til betydningsfulde indstyrtnings-



Fig. 1. Feltskitse af østvæggen i Damgaards sydlige grav. Siden Koch et al. (1973, fig. 13) er vandspejlet steget. Forekomsten af *Ophiomorpha* ses i tværsnit af kanalen eroderet i Odderup Formationens deltasand (hvidt) under Hodde Leret (stiplet).

Field sketch of the east face of Damgaard's south pit (cf. Koch et al. 1973, fig. 13). The occurrence of *Ophiomorpha* is indicated across the cross section of the channel in the delta sand of the Odderup Formation (white), overlain by Hodde Clay (stippled).

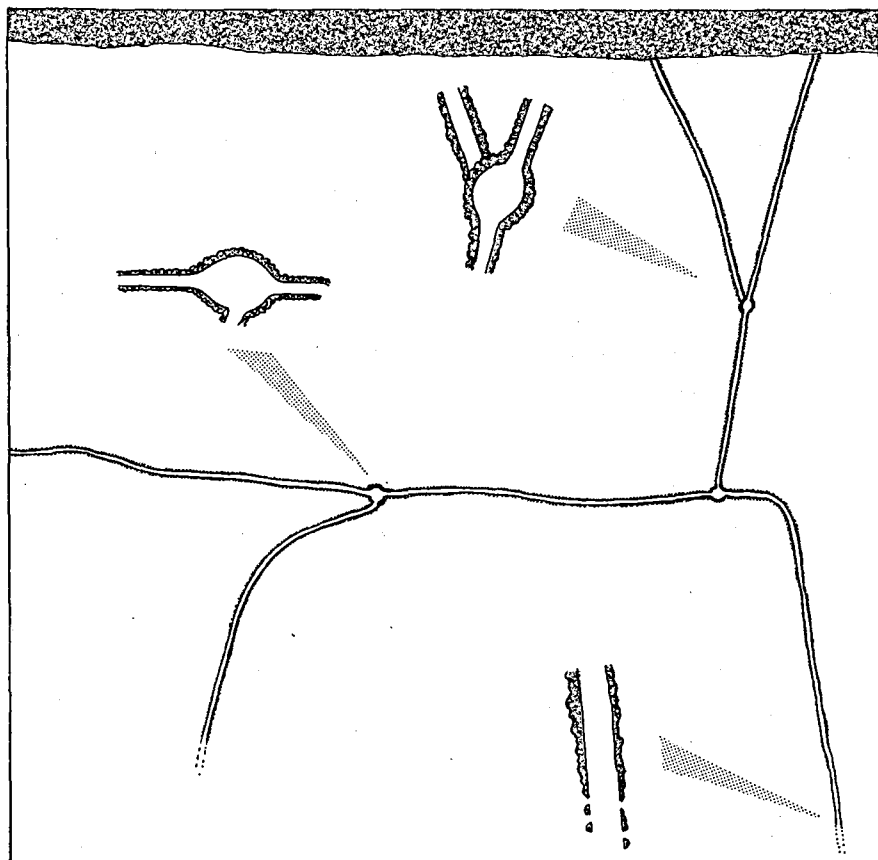


Fig. 2. Typisk *Ophiomorpha* i lodret snit. Gravegangene går 2 m ned i deltasandet. Forstørrelserne viser detaljer i konstruktionen.

Typical *Ophiomorpha* in vertical section, descending 2 m from the base of the dark Hodde Clay. Enlargements show details of nodes and ends of burrows.

strukturer (fig. 3). Strukturerne er i mange tilfælde ikke tragtformede, men kan følges ca. 50 cm ind i profilet og må betragtes som indstyrtningsgrøfter. Indstyrtningsstragterne var forbundet med vertikale *Ophiomorpha*; medens indstyrtningsgrøfterne var forbundet med horisontale gravegange. Disse fænomener vil blive diskuteret senere.

I Damgaards nordlige grav blev grænsen mellem Odderup Formationens deltasand og den nederste del af Hodde Formationen undersøgt i den østlige ende af nordprofilet (Koch et al. 1973, side 28–32; figs. 3, 14, 15). Den nederste del af Hodde Formationens basale sand- og lerblandede lag viste, foruden *Ophiomorpha*, også en koncentration af meniscusgravegange i en

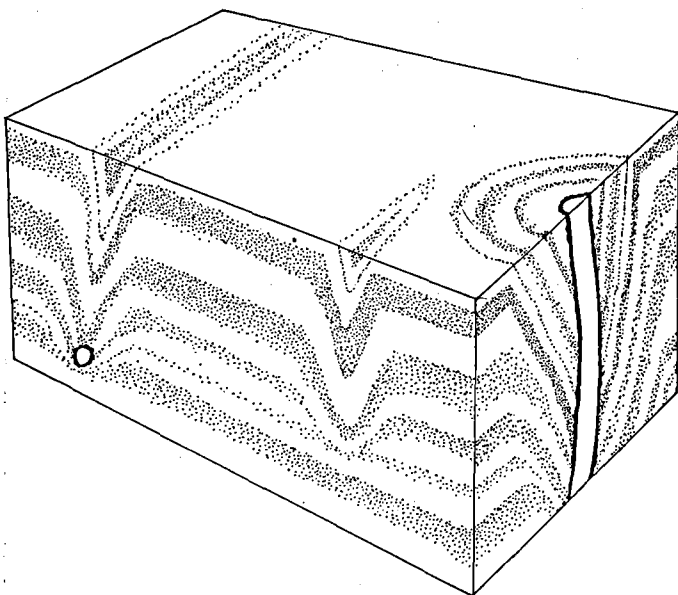


Fig. 3. Indstyrtningfænomener i forbindelse med lodrette og vandrette *Ophiomorpha*. I et tilfælde blev gravegangen opgivet før væggen blev forstærket.

Collapse structures associated with horizontal and vertical *Ophiomorpha*. In one case excavation was abandoned before the final burrow was stabilized by a clay wall, and no burrow is preserved.

leret horisont (fig. 4). Ved præparation af disse meniscus-gravegange blev deres opbygning meget tydelig (fig. 5). Strukturen er accentueret ved en aktiv sortering af sand- og lerpartikler af den gravende organisme, og der er en central, sandfyldt kanal.

Gravegangene er noget trykket af sedimentkompaktion, hvilket også ses på det ovale tværsnit af horisontale *Ophiomorpha* i det samme lag. Meniscus-gravegangene fremtræder nu med en højde på ca. 2–2,5 cm og en bredde på 5–7,5 cm. Gravegangene kunne følges horisontalt omkring 60 cm. Foruden meniscus-gravegangene og *Ophiomorpha* findes nogle simple, slyngede, sandfyldte gravegange ca. 3–5 mm i diameter, der tydeligt ses i det lerrige lag med meniscus-gravegangene.

Fortolkning

Meniscus-gravegangene (fig. 5) kan være dannet af irregulære echinider. Dimensionerne og tilstedeværelsen af en central kanal tyder på en spatangid med en enkelt sanitær tubus som for eksempel *Echinocardium*. Recente spatangiders graveteknik og -gange er beskrevet af Nichols (1959), Schäfer

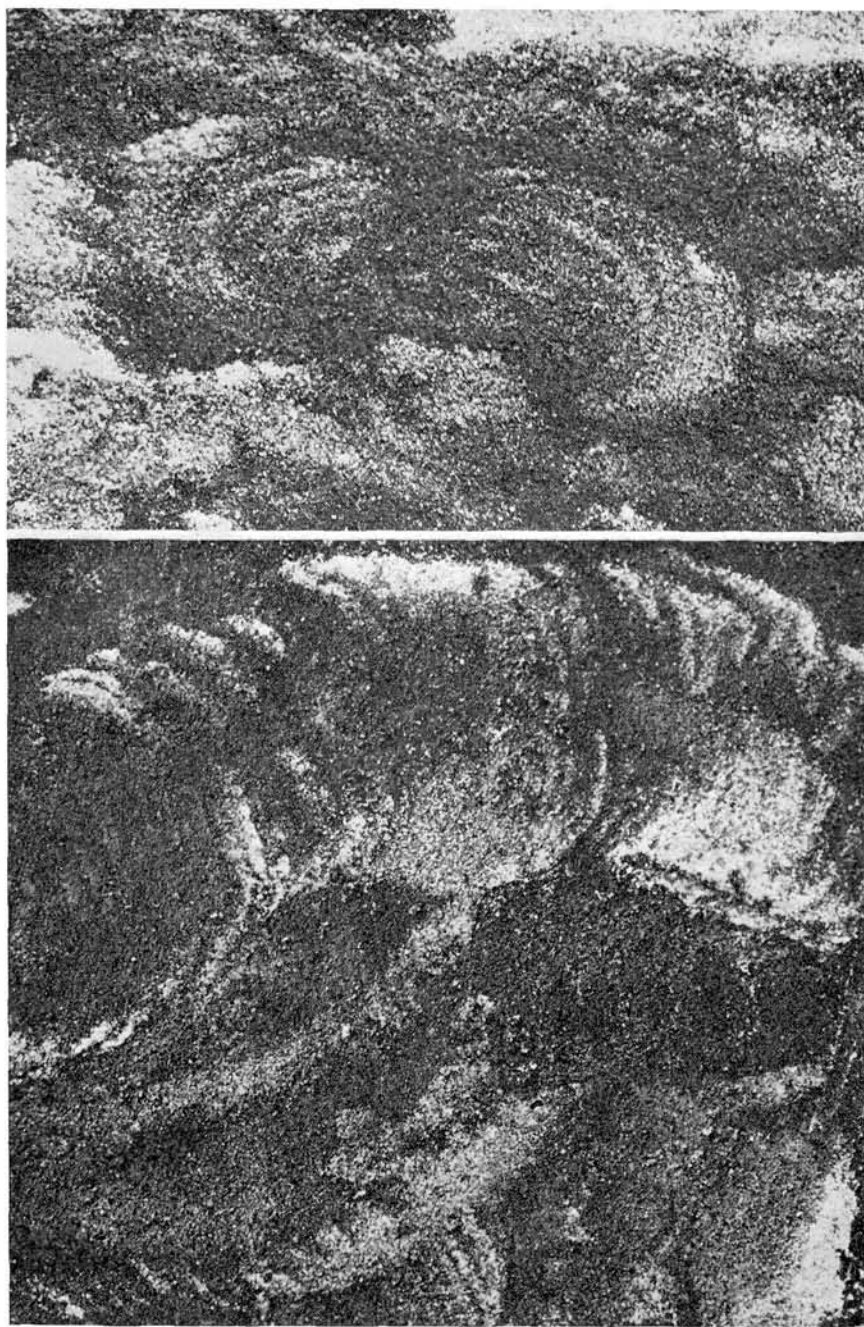


Fig. 4. Tværsnit (foroven) og ikke-mediane længdesnit (forneden) af meniscus-grave-gange. Naturlig størrelse.

Vertical cross section (above) and non-median, horizontal, longitudinal sections (below) of spatangoid back-fill structures, natural size.

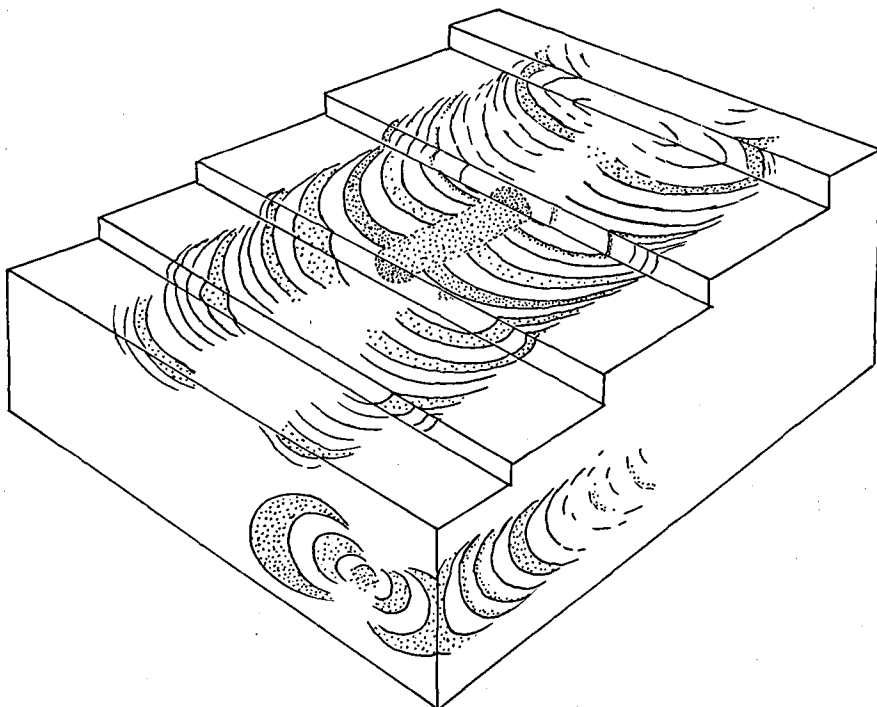


Fig. 5. Skitse af de forskellige måder en meniscus-gravegang kan fremtræde på i forskellige snit.

Sketch of the variety of appearances which spatangoid burrows can assume according to the plane of section.

(1962), Reineck (1968) og Hertweck (1972). Gravegangene har en meget karakteristisk form og findes i et miljø udenfor bølgeslagszonen, hvor de har en god chance for at blive bevaret fossilt; det er derfor ejendommeligt, at ingen utvivlsomme echinidgravegange er beskrevet i den geologiske litteratur. J. D. Howard og H.-E. Reineck (mundtlig information) er imidlertid ifærd med at beskrive recente og fossile eksempler.

I laget med meniscus-gravegangene mangler kalkskallede fossiler, ligesom i deltasandet nedenunder. Det fede Hodde Ler er imidlertid rigt på pigge og pladestumper af spatangider (L. Banke Rasmussen, mundtlig information).

De slyngede gravegange, der optræder sammen med meniscus-gravegangene i Damgaards nordlige grav, kan være frembragt af mange forskellige gravende organismer. De minder stærkt om de gravegange den recente polychaet *Glycera americana* frembringer (Hertweck, 1972, p. 135).

Ophiomorpha med deres karakteristiske vægge opbygget af sedimentkugler tydes normalt som gravegange af den thalassinoide krebs *Callianassa*.

Siden Weimer & Hoyt (1964) indgående beskrev recente og Pleistocæne gravegange af *Callianassa major* fra Georgia, USA, har *Ophiomorpha* været brugt ukritisk som indikator for et højmarint, littoralt miljø. Senere års undersøgelser viser dog, at billedet er mere kompliceret.

Frey & Howard (1969), Frey & Mayou (1971), Frey & Howard (1972) Howard & Reineck (1972) og Hertweck (1972) har foretaget undersøgelser af den gravende fauna omkring Sapelo Island – en barriereø udfor Georgias østkyst. Det område er af stor interesse for os, når det gælder en sammenligning med Miocænet i Fasterholt-området.

Georgias østkyst har været under skabelse fra Pliocæn til nu ved en gradvis landhævning med tilsvæjsning af barriereøer. De gamle saltmarske, der adskilte øerne fra fastlandet, er nu sumpe domineret af *Taxodium*, medens barriereøernes høje sandområder domineres af *Pinus*, stedsegrøn *Quercus*, *Magnolia* og krybende viftepalmer. Denne subtropiske sump- og tørbundsvegetation har meget til fælles med den danske Miocæne flora (Koch et al. 1973). Sapelo Island er adskilt fra hovedlandet af en ca. 10 km bred saltmarsk med *Spartina*-græs gennemskåret af tidevandsrender. Sedimentet, der aflejres her, er leret. Blandt de gravende dyr dominerer vinkekrabber (*Uca*) i tidevandszonen og krebsen *Upogebia affinis* samt forskellige enteropneuster i mudderbanker og tidevandsrender. Ingen af dem laver imidlertid gravegange af *Ophiomorpha*-type, og saltmarskmiljøet er ikke repræsenteret i de undersøgte profiler i Fasterholt-området.

På Sapelo Islands østkyst ud mod oceanet er der lave klitter og en bred tidevandszone samt en sublittoral zone ned til 12,5 m vanddybde, der strækker sig ca. 20 km ud. Sedimentet er domineret af kvartssand, der i tidevandszonen og ned til 5 m vanddybde er i konstant bevægelse.

I klitzonen og ned mod højvandsmærket domineres den gravende fauna af spøgelseskrabber. (*Ocypode*). Omkring højvandsmærket dominerer vinkekrabber (*Uca*); de førstnævnte danner J- eller Y-formede gravegange op til 80 cm dybe og med en diameter op til 9 cm; de sidstnævnte danner J-formede gravegange op til 50 cm dybe og 2 cm i diameter. Ingen gravegange af denne type blev fundet på de undersøgte lokaliteter; men i et transgressivt miljø kunne man heller ikke forvente dem bevaret, idet alle sådanne strukturer ville blive ødelagt af den senere bølgezones højenergimiljø.

I tidevandszonen dominerer *Callianassa major*, hvis gravegange har en diameter op til 2,5 cm og en dybde op til 4 m, dog er ca. 2 m det mest normale. De forskellige individers gangsystemer står i forbindelse med hinanden, og de beboede gange er understøttede af en vægstruktur med sedimentkugler; medens korte fourageringsgange ikke får en kuglevæg og derfor styrter sammen. Ligheden er stor med Fasterholt-*Ophiomorpha* ikke alene i dimensioner og vægstruktur, men også i selve gangsystemets opbygning med lange horisontale og vertikale elementer og lang afstand mellem knudepunkterne.

Det er værd at bemærke, at åbningerne til *C. majors* gravegange har en tæthed på 1–3 pr m² i den øverste del af tidevandszonen, medens der er op til 7–11 pr m² i den nederste del.

Uden for tidevandszonen på en vanddybde fra 2 til 10 m danner *Callianassa bififormis* en helt andet type *Ophiomorpha* med en betydelig mindre diameter end *C. majors*; de er meget stærkt grenede med en overvægt på det horisontale netværk og med tætliggende knudepunkter (Hertweck, 1972, pl. 2). På vanddybder mellem 5 og 10 m sker der ikke oparbejdning af sedimentet ved normal bølgevirksomhed; her sker det, at *C. bififormis* ikke understøtter dele af sit gangsystem med kugler i væggene, og gravegangen er således ikke af *Ophiomorpha*-, men af *Thalassionoides*-type. Kortvarige akvarieforsøg med *C. major* (Frey & Howard, 1972, p. 179) viser, at under disse unaturligt rolige forhold understøtter krebsen ikke sine vægge med kugler. Ved akvarieforsøgene kunne den smalle mundingskanal på gravegangen ses (Hertweck, 1972, fig. 6), denne kanal er også under naturlige forhold uden vægstruktur og styrter derfor sammen ved hvert tidevand; mundingskanalen er derfor aldrig set på fossile gravegange.

Længere ude på shelfen på dybder mellem 10 og 15 m er de øverste 15 cm af sedimentet under konstant bioturbation af spatangiden *Moira atropos*, der spiser sin vej gennem sedimentet i ca. 10 cm dybde og efterlader et spor bygget af sediment-menisci i skiftende grove og fine striber (Hertweck, 1972, pl. 4).

Ser man nu på *Ophiomorpha* fra Damgaards sydlige grav, får man det indtryk, at de må være frembragt af et krebsdyr med samme biologi som *Callianassa major*, og vi befinder os i selve tidevandszonen, hvor en kraftig vægstruktur må understøtte de permanente gravegange. Det er endvidere tydeligt, at krebsdyrene har foretrukket at kolonisere den dybere del af bassinerne (fig. 1). Der var kun tale om en kolonisering af kort varighed, da der ellers ville have optrådt et virvar af gravegange, som man for eksempel ser beskrevet hos Weimer & Hoyt (1964) og Kennedy & Sellwood (1970).

For et kraftigt tidevand taler endvidere indstyrtningsstragtene og -grøfterne (fig. 3), som man må forestille sig opstået i forbindelse med gentagne indstyrtninger af krebsdyrets lodrette og vandrette gangsystem, før det fik lavet en understøttende vægstruktur. C. Heinberg (mundtlig information) har iagttaget lignende fænomener i forbindelse med gravegange af soldaterkrabben *Dotilla* i tidevandsakvarier. Lignende indstyrtninger er omtalt af Kennedy & Sellwood (1970) i forbindelse med *Ophiomorpha* fra S. Ø. Englands Sparnacien; indstyrtningerne tolkedes som sandsynligvis periglaciale forstyrrelser. En tolkning, som man må finde ret ejendommelig, idet gravegangene er overlejrede af ca. 7 m uforstyrrede ældre Tertiære sedimenter.

Konklusioner om miljøet

Ud fra det undersøgte profil i Damgaards sydlige grav må det konkluderes, at en kortvarig kolonisation af en *Callianassa* – tilpasset højenergi miljøet i tidevandszonen – fandt sted, da Hodde Formationens transgression passerede over Odderup Formationens deltasand. Senere, da havdybden måske blev større, og sedimentationen stærkere præget af ler, kunne denne type *Callianassa* ikke klare sig.

I Damgaards nordlige grav ses det samme forløb af begyndelsen af transgressionen; men her syntes det at vare længere, før det fede Hodde Ler sedimenteres. Inden da når havbunden under bølgezone, og irregulære echinider gennemgraver den ler og sandblandede bund. En midlertidig tilbagevenden af højenergi miljø er indiceret ved nye, spredte *Ophiomorpha*, som trænger ned fra det basale Hodde Ler og skærer gennem meniscus-gravegangene. Til sidst skifter forholdene til fordel for sedimentationen af det fede Hodde Ler.

Litteratur

- Frey, R. W. & Howard, J. D. 1969: A profile of biogenic sedimentary structures in a Holocene barrier island – saltmarsh complex, Georgia. *Trans. Gulf Coast Assoc. geol. Socs* **19**, 427–444.
- Frey, R. W. & Howard, J. D. 1972: Georgia coastal region. Sapelo Island, U.S.A.: sedimentology and biology. VI. Radiographic study of sedimentary structures made by beach and offshore animals in aquaria. *Senckenbergiana maritima* **4**, 169–182.
- Frey R. W. & Mayou, T. V. 1971: Decapod burrows in Holocene barrier island beaches and washover fans, Georgia. *Senckenbergiana maritima* **3**, 53–77.
- Hertweck, G. 1972: Georgia coast region, Sapelo Island, U.S.A.: sedimentology and biology. V. Distribution and environmental significance of Lebensspuren and in-situ skeletal remains. *Senckenbergiana maritima* **4**, 125–167.
- Howard, J. D. & Reineck, H.-E. 1972: Georgia coastal region, Sapelo Island, U.S.A.: sedimentology and biology. IV. Physical and biogenic sedimentary structures of the nearshore shelf. *Senckenbergiana maritima* **4**, 81–123.
- Kennedy, W. J. & Sellwood, B. W. 1970: *Ophiomorpha nodosa* Lundgren, a marine indicator from the Sparnacian of south-east England. *Proc. Geologists' Assoc.* **81**, 99–110.
- Koch, B. E., Friedrich, W. L., Christensen, E. F. & Friis, E. M. 1973: Den miocæne brunkulsflora og dens geologiske miljø i Søby-Fasterholt området sydøst for Herring. *Dansk geol. Foren., Årsskr.* **1972**, 1–57.
- Larsen, G. & Kuyp, A. A. 1971: Spor efter lokale grundvandsforekomster i ungtertiæret ved Fasterholt. *Dansk geol. Foren., Årsskr.* **1970**, 17–22.
- Nichols, D. 1959: Changes in the Chalk heart-urchin *Micraster* interpreted in relation to living forms. *Phil. Trans roy. Soc. London (B)* **242**, 347–437.
- Reineck, H.-E. 1968: Lebensspuren von Herzigeln. *Senckenbergiana lethaea* **49**, 311–319.
- Schäfer, W. 1962: *Aktuo-Paläontologie nach Studien in der Nordsee*. 666 pp. Frankfurt: Kramer.
- Weimar, R. J. & Hoyt, J. H. 1964: Burrows of *Callianassa major* Say, geologic indicators of littoral and shallow neritic environments. *Journ. Paleontol.* **38**, 761–767.