

# Sedimentologisk tolkning af interglaciale (?Holstein) oddeplatforme ved Varde

ERIK STEN



Sten, E.: Sedimentologisk tolkning af interglaciale (?Holstein) oddeplatforme ved Varde. *Geologisk Tidsskrift*, hæfte 4, pp. 16–19. København 1996–12–05.

Vertical sections through ?Holsteinian submarine spit-platform deposits are exposed in two sand and gravel pits at Varde in southwestern Jylland, Denmark. Trace fossils of deposit-feeding heart urchins of the species *Echinocardium cordatum* indicate interglacial water temperatures. Internally, the spit-platform deposits form up-to 7 m high, tangentially-based foresets that represent subaqueous progradation of an inclined (8°–29°) spit-platform front into a bay with relatively large water depths. Wave-erosion of an older glacial landscape combined with a littoral drift most likely was the sediment source for spit-platform growth. Gravelly and coarse sandy foreset beds represent platform progradation during storm conditions with a strong littoral drift. Fine sandy foreset beds represent platform progradation during fairweather conditions with a relatively weak littoral drift. Individual foreset beds were deposited by episodic, gravitational processes and semi-continuous, wave-induced bottom currents. Tidal currents may have redeposited some sandy foreset beds. No topset beds (upper shoreface and beachface deposits) are present. After deposition, the submarine spit-platform deposits have been uplifted c. 25–30 m above present sea level possibly due to reactivation of a pre-Quaternary fault and/or glacioisostatic rebound.

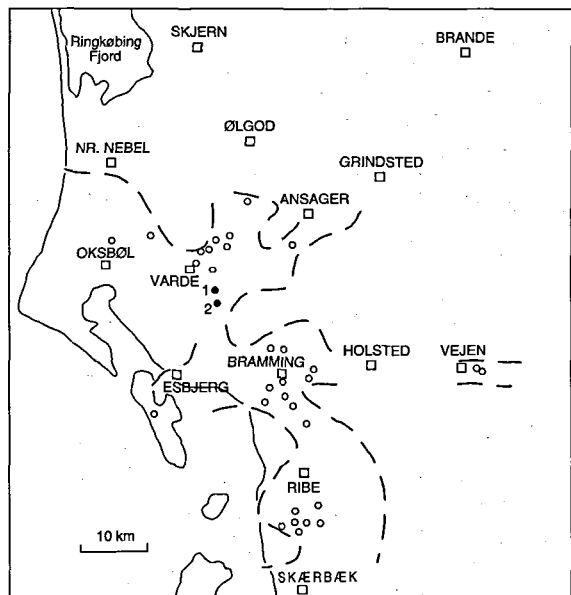
Erik Sten, *Geologisk Institut, Afdeling for Almen Geologi, Øster Voldgade 10, 1350 København K. Nuværende adresse: Hveensvej 1A 3.th, 2300 København S.*

## Indledning

Interglaciale marine Holstein-aflejringer har stor udbredelse i den vestlige del af Ribe Amt (Fig. 1). Foraminifer- og ostracod-undersøgelser har vist, at den marine transgression af SV-Jylland indledtes under senglaciale forhold i Sen-Elster, og transgressionen fortsatte under interglaciale forhold i Holstein mellemistiden (Knudsen 1987, Penney 1987). De marine lag kendes fra boringer ved Tornskov og Inder Bjergum,

Fig. 1. Skitse-kort over Holstein-havets maksimale udbredelse i SV-Jylland (efter Bruun-Petersen 1987, 1990). Åbne cirkler angiver udvalgte boringer med marint Holstein (efter Bruun-Petersen 1990). Udfyldte cirkler markerer de undersøgte lokaliteter (1 og 2).

Sketch-map of the maximum extent of the Holstein sea in SW-Jylland (after Bruun-Petersen 1987, 1990). Open circles indicate selected borings with Holsteinian marine deposits (after Bruun-Petersen 1990). Filled circles indicate investigated sites (1 and 2).



hvor den interglaciale del af lagserien er henført til Holstein ud fra pollenundersøgelser (Andersen 1963), foraminifer-stratigrafiske undersøgelser (Buch 1955, Knudsen 1987) og aminosyre-dateringer af foraminifera (Knudsen & Sejrup 1988).

I to råstofgrave sydøst for Varde (Fig. 1) ses snit gennem grovklastiske (sandede og grusede) Holstein-aflejringer med marine sporfossiler.

## Sedimentologi

Op til 7 m høje forsætlag hælder 8°–29° mod retninger, der varierer mellem nordøst (35°) og sydøst (145°) omkring en gennemsnitlig østlig (86°) hældningsretning. Forsætlagenes hældning aftager gradvist mod bunden af grusgravene. Grænsen til underlaget er ikke blottet.

De grusede forsætlag er massive, graderede eller diffust lagdelte og indeholder op til 10–12 cm store, velafrundede sten i en matriks af mellemkornet til groft sand og fint grus. Massivt grus er transporteret og aflejret af grovklastiske debrisstrømme med så højt klastindhold, at der ikke er sket en sortering af klasterne under transporten. Klastunderstøttede gruslag indeholdende langsakse-imbrikerede klaster er aflejret af klastrige debrisstrømsaflejringer. En invers gradering af klastindholdet er udviklet i debrisstrømme, hvor klasterne har kunnet bevæges frit i forhold til hinanden under transporten. En diffus lagdeling afspejler en begyndende sortering af sedimentet. Op til 3 m brede og 0,4 m dybe trug gennemskærer forsætlagene. Trugene er eroderet af kraftige bundstrømme og udfyldt af normalgraderet grus aflejret af decelererende, turbulente debrisstrømme.

De sandede forsætlag er massive, parallelt laminede eller viser stor- og småskala trugkrydslejring. Moderat til dårligt sorteret lag af mellemkornet til groft sand med indhold af fint grus og småsten veksler med velsorterede lag af fint til mellemkornet sand. Massive sandlag er dannet ved hurtig udfældning af sand fra en sedimentmættet vandsøjle eller ved aflejring af sandskred. Parallelt lamineret sand er afsat af laminare bundstrømme. Krydslejrrede intrasæt repræsenterer tredimensionale banker og ribber, der har vandret ned ad, op ad og på langs ad en subakvatisk skrånning.

## Sporfossiler

I de finkornede, sandede forsætlag findes stedvist ædespor efter sømus (*Echinocardium cordatum*), hvis karakteristika er beskrevet af Bromley & Asgaard (1975). I nutiden er arten udbredt i NØ-Atlantens lusitanske og boreale fauna-provinser fra Middelhavet i syd til Tromsø i nord (Buchanan 1966). I Nordøen lever *Echinocardium cordatum* fra den intertidale zone til vanddybder på mere end 40 meter (Buchanan

1966). I kvartære sedimenter indikerer *Echinocardium cordatum* sporfossiler fuldt marine forhold og interglaciale vandtemperaturer.

## Aflejringsmiljø og -dynamik

En maksimal klaststørrelse på 10–12 cm tyder på en kort transportvej og aflejring under høj-energi forhold. Klasternes afrundingsgrad tyder på transport i kystzonen. De interglaciale indikatorer (sporfossiler efter sømus) udelukker et glaciomarint aflejringsmiljø (Gilbert-type delta eller fan-delta). Forsætlagene tolkes dannet ved udbygning af submarine oddeplatforme.

I litteraturen er submarine oddeplatforme beskrevet fra tidevandsrenders mundingsdyb (Kumar & Sanders 1974) og bugtområder med relativt store vanddybder (Nielsen, Johannessen & Surlyk 1988). En oddeplatform udbygges under indflydelse af en ensidig materialtransport (Kumar & Sanders 1974, Nielsen et al. 1988). I læ af kystlinieknek afbøjes og spredes den langsgående kyststrøm, hvorved transportevnen nedsættes, og kyststrømmens sedimentindhold aflejres. Forsætlagene repræsenterer udbygning af oddeplatformens stejle, konvekse front. Forsæthøjden svarer til vanddybden, da overfladen af oddeplatformen ligger lige under havoverfladen ved middellavvande (Kumar & Sanders 1974).

De grusede og grovkornede, sandede forsætlag er dannet af gravitative processer i perioder med storme og en kraftig kyststrøm. Forsætlagenes relativt grove lithologi må skyldes en grovklastisk sedimentkilde og platform-udbygning langs en eksponeret kyst med et langt frit stræk. Fraværet af slumpstrukturer i stejle forsætlag tyder på, at platform-fronten har været relativt stabil. Aflejringen af grovklastiske forsætlag har antagelig forhindret kraftig strøm- og bølgeerosion i platform-fronten.

De finkornede, sandede forsætlag er dannet af bølge-skabte bundstrømme under relativt rolige strømforhold, og lagene kan være omlejret af tidevandsstrømme. I disse perioder har dybtgravende sømus koloniseret oddeplatformens front. Fraværet af silt-holdige forsætlag tyder på, at bundstrømme og debrisstrømme har forhindret finkornet sediment i at aflejres på platform-fronten.

Oddeplatform-forsæt overlejres ofte af sedimenter, der er aflejret på det øvre strandplan samt på for- og bagstranden af en subærisk eksponeret odde (Kumar & Sanders 1974, Nielsen et al. 1988). Tilsvarende aflejringer findes ikke over forsætlagene ved Varde, hvor de kan være fjernet af et yngre isfremstød.

## Stratigrafi og palæogeografi

En Kvartær alder af sedimenterne udledes af indholdet af omlejrrede ledeblokke (rhombeporfyrer) i de grusede forsætlag. En Tidlig Saale moræne (Sjørring

1981) overlejrer oddeplatform-forsættene, der tidligere blev tolket som smeltevandssedimenter fra Elster-istiden (Sjørring 1981). Aflejringerne henføres her til en præ-Saale mellemistid (?Holstein) ud fra indholdet af interglaciale indikatorer (*Echinocardium cordatum* sporfossiler). Foraminifer-undersøgelser har vist, at vandtemperaturen i Holstein-havet har svaret til vandtemperaturen i Nordsøen i nutiden (Knudsen 1987).

Udbredelsen af den marine transgression af SV-Jylland i Sen-Elster og Holstein synes delvist af have været styret af den præ-kvartære overflades relief (Knudsen 1987), der udgøres af dybt nedskårne dal-systemer (Rasmussen 1966, Bruun-Petersen 1987). Havets transgression af det reliefriige landskab har medført relativt store vanddybder tæt på kysten med kraftig erosion af frit eksponerede kyster til følge. Holstein-havets kystlinie i SV-Jylland har haft et stærkt uregelmæssigt forløb (Fig. 1). Oddeplatformene ved Varde er udbygget nær den østlige kyst af en vestvendt havbugt mellem to fremspring på det ældre glaci-ale landskab, der har omsluttet en mindre bugt øst for Varde (Fig. 1). Det overordnede forløb af Holstein-havets kystlinie (Fig. 1) sandsynliggør, at nord- eller sydgående kyststrømme har været fremherskende i Varde-området. Oddeforsættenes generelle østlige hældningsretning forklares ved, at kyststrømmen afbøjedes mod øst ind i bugten øst for Varde (Fig. 1).

### Kvartær landhævning

Efter aflejring er de submarint dannede sedimenter hævet ca. 25–30 m over nuværende havniveau. Den relative landhævning ved Varde overstiger muligvis 25–30 m, da de allerøverste meter af forsættagene kan være borteroderet af det yngre isfremstød, der afsatte den overlejrende morænebænk.

En SSØ-NNV orienteret normalforkastning i præ-Kvartæret forløber på en linie fra Bramming tæt forbi Varde med retning mod den sydlige del af Ringkøbing Fjord (Japsen & Langtofte 1991). Grusgravene sydøst for Varde (lok. 1 og 2) ligger nær forkastningsplanet. Vertikale forskydninger langs denne forkastning i Kvartær-tiden kan have forårsaget en landhævning. Glacioisostatisk hævnning i forbindelse med afsmeltningen af iskapper fra Elster og Saale istiderne (Sjørring & Frederiksen 1980, Sjørring 1983, Skibsted 1992) og Tidlig-Midt Weichsel? (Petersen & Kronborg 1991) kan have bidraget til landhævningen ved Varde, men størrelsen af de glacioisostatiske bevægelser i Vestjylland kendes ikke.

### Konklusioner

1. Undersøgelsen beskriver et eksempel på interglacial kystdannelse ved udbygning af oddeplatforme i en havbugt med relativt store vanddybder.

2. Undersøgelsen viser, at oddeplatform-forsæt kan skelnes fra glaciomarine deltaforsæt, når forsættagene indeholder sporfossiler efter sømus (*Echinocardium cordatum*), der indicerer interglaciale havvandstemperaturer.
3. Undersøgelsen sandsynliggør en post-depositionel Kvartær landhævning på ca. 25–30 m i Varde-området. Landhævningen kan skyldes reaktivering af en præ-Kvartær forkastning og/eller glacioisostatisk hævnning af området.

### Tak

Artiklen udgør et uddrag af en speciale-afhandling fra 1993 udarbejdet ved Geologisk Institut, Københavns Universitet under vejledning af Lars B. Clemmensen. Afhandlingen er baseret på feltundersøgelser i 1991–92. Lars B. Clemmensen takkes for gennemlæsning af manuskriptet.

### Litteratur

- Andersen, S. T. 1963: Pollen Analysis of the Quaternary Marine Deposits at Tornskov in South Jutland. Danmarks Geologiske Undersøgelse IV. Række 4(8), 1–23.
- Bromley, R. G. & Asgaard, U. 1975: Sediment structures produced by a spatangoid echinoid: a problem of preservation. Bulletin of the Geological Society of Denmark 24, 261–281.
- Bruun-Petersen, J. 1987: Prækvartæroverfladen i Ribe Amt, dens højdeforhold og dannelse samt indflydelse på vandindvindingsmulighederne. Dansk geologisk Forening, Årsskrift for 1986, 35–40.
- Bruun-Petersen, J. 1990: Det brune grundvand i Ribe amt. Dansk geologisk Forening, Årsskrift for 1987–89, 103–107.
- Buch, A. 1955: De marine interglaciale lag ved Inder Bjergum. Foraminiferfauna og stratigrafi. Meddelelser fra dansk geologisk Forening 12, 593–652.
- Buchanan, J. B. 1966: The biology of *Echinocardium cordatum* (Echinodermata: Spatangoidea) from different habitats. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 46, 97–114.
- Japsen, P. & Langtofte, C. 1991: Geologisk kort over Danmark. Det danske Bassin. "Basis Kalk" og Kalk Gruppen. Danmarks Geologiske Undersøgelse Kortserie 29.
- Knudsen, K. L. 1987: Foraminifera in the Late Elsterian-Holsteinian sequence at Tornskov in South Jutland, Denmark. Danmarks Geologiske Undersøgelse Serie B 10, 7–31.
- Knudsen, K. L. & Sejrup, H. P. 1988: Amino acid geochronology of selected interglacial sites in the North Sea area. Boreas 17, 347–354.
- Kumar, N. & Sanders, J. E. 1974: Inlet sequence: a vertical succession of sedimentary structures and textures created by the lateral migration of tidal inlets. Sedimentology 21, 491–532.
- Nielsen, L. H., Johannessen, P. N. & Surlyk, F. 1988: A late Pleistocene coarse-grained spit-platform sequence in northern Jylland, Denmark. Sedimentology 35, 915–937.

- Penney, D. N. 1987: Ostracoda of the Holsteinian Interglacial in Jutland, Denmark. Danmarks Geologiske Undersøgelse Serie B 10, 33–67.
- Petersen, K. S. & Kronborg, C. 1991: Late Pleistocene history of the inland glaciation in Denmark. In Frenzel, B. (ed.) Klimageschichtliche Probleme der letzten 130000 Jahre. Paläoklimaforschung 1. Akademie der Wissenschaften und der Literatur. Mainz, 331–342. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag.
- Rasmussen, L. B. 1966: Molluscan Faunas and Biostratigraphy of Marine Younger Miocene Formations in Denmark. Part I: Geology and Biostratigraphy. Danmarks Geologiske Undersøgelse II. Række 88, 1–358.
- Sjørring, S. 1981: Exkursion in Südwest-Dänemark am 29. 4. 1980. Verhandlungen des Naturwissenschaftlichen Vereins in Hamburg (NF) 24 (2), 199–206.
- Sjørring, S. 1983: The glacial history of Denmark. In Ehlers, J. (ed.) Glacial deposits in northwest Europe, 163–179. Rotterdam: A. Balkema.
- Sjørring, S. & Frederiksen, J. 1980: Glacialstratigrafiske observationer i de vestjyske bakkeøer. Dansk geologisk Forening, Årsskrift for 1979, 63–77.
- Skibsted, S. 1992: På sporet af gammel kulde og varme. Varv 3, 73–89.