

Grevinge-bakken, Odsherred (NV Sjælland): Sedimenter, sedimentstrukturer og landskaber

AF IB MARCUSSEN & TROELS V. ØSTERGAARD

Hesselvangen 15, 3660 Stenløse; Næsvangsvej 8, 4550 Asnæs (troels@godset.dk)

Marcussen, I. & Østergaard, T.V. 2016: *Grevinge-bakken, Odsherred (NV Sjælland): Sedimenter, sedimentstrukturer og landskaber*. *Geologisk Tidsskrift* 2016, pp. 1–11. ISSN 2245-7097, København.

Lammefjorden og bakkekomplekset med Vejrhøj (Fig. 1) spiller en central rolle i tolkningen af det danske istidslandskab. Milthers (1900a) tolkede Vejrhøj-bakken og Grevinge-bakken som en sammenhængende randmoræne ('Vejrhøj-buen') presset op af vægten af en gletscher i Lammefjorden. Fundet af en løs blok af Danien-kalk blev taget som indikation på en gletscherbevægelse fra sydøst (fra Lellinge).

Vejrhøj-buen og det omkringliggende landskab var det første danske landskab, der blev tolket som en israndsdannelse med inderlavning, randmoræne og hedeslette (den glaciale serie), og den blev dermed skoleeksemplet på den type dannelser og forbillede for tolkningen af en lang række danske bakkestrøg som israndslinier. Men også internationalt har Milthers arbejde spillet en rolle, idet ingen i Europa havde tolket bakker i et lavland som israndsdannelser før han gjorde det.

Milthers tolkning og de efterfølgende tillempninger af pædagogisk karakter af bl.a. Schou (1948) og Smed (1981) har alle været baseret på landskabets morfologi med kun sporadisk inddragelse af observationer fra klinger og råstofgrave.

Ganske vist viser landskabets morfologiske fremtræden noget om de processer, der har virket, men vigtigt for at kunne angive dannelsesmåden er naturligvis et kendskab til de sedimenter og deres lejringsforhold, som gemmer sig i landskabet.

Når det gælder bakkerne i det sydlige Odsherred omkring Lammefjorden, er der i litteraturen kun beskrevet få iagttagelser af, hvad bakkerne består af. Milthers (1900b) har i en lergrav nordvest for Høve fundet stenfrit ler under et tyndt (1,6 meter) lag moræneler. I det stenfrie ler er fundet skaller af muslingen *Macoma calcarea* (tidligere *Tellina calcarea*), foraminiferer og ostracoder. Faunaen viser, at leret er marint og afsat i et arktisk-borealt klima. Leret er fundet i en kote på ca. 40 meter o.h. Ved Riis er der ligeledes fundet stenfrit ler. Her i kote ca. 38 meter o.h.

Det tredje sted, hvor Milthers har fundet stenfrit ler, er oppe i de høje bakker i den østlige ende af Vejrhøj-buen, og her i kote omkring 60 meter o.h. Af profiltog-

ningen (Milthers 1900a) fremgår det, at leret her er afsat af smeltevand i et bassin mellem bakkerne. Men ellers er der ingen oplysninger i litteraturen om sedimenter.

Da Holbækmotorvejen (Rute 21) skulle forlænges som motortrafikvej til Vig, var det derfor en enestående mulighed for at få et nærmere indblik i bakkernes sedimentologiske og strukturelle opbygning over en længere strækning. Med stor velvilje fra Vejdirektoratet fik vi tilladelse til at følge udgravningerne og desuden fik vi stillet diverse kortmaterialer og undersøgelsesresultater til rådighed.

I det ujævne landskab blev der ved anlægsarbejdet både gennemgravet bakker og opfyldt lavninger. I otte udgravninger var der mulighed for studier af bakkernes indhold af sedimenter og registrering af lejringsforholdene. Alle profiler, der rejser sig over udgravningernes bund, er gennemgået, og i artiklen beskrives udvalgte sektioner, der i særlig grad viser forhold af betydning for tolkningen af bakkernes dannelse.

Vejtraceet gennem Grevinge-bakken er 5,2 kilometer langt, og længden af de undersøgte profiler er 3,6

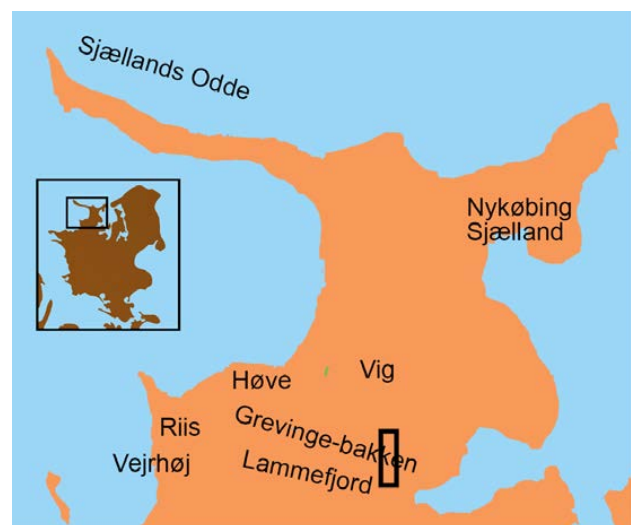


Fig. 1. Kort over Odsherred. Det undersøgte område er markeret.

kilometer. Højden af de undersøgte profiler varierer mellem 2 og 15 meter.

Arbejdsgangen har været den, at sedimenternes litologi, lagdeling og strukturer er beskrevet på lokaliteten. Lejringsforholdene er registreret ved hjælp af fotos. Fotografierne har dannet grundlag for udtegningen af profilerne.

Arbejdet har på den ene side været besværliggjort af, at profilerne kun har været tilgængelige udenfor almindelig arbejdstid, og på den anden af at der går relativt kort tid fra et profil er udgravet, til det bliver sløret af vejrligets påvirkninger.

Ved tolkningen af profilerne har det været vigtigt hele tiden at have sig for øje, at profilet ligger på en flade, der hælder ca. 45°. Det betyder, at de tilsyneladende hældninger, man ser i profilet, alt efter det pågældende lags strygning vil være mindre end lagets sande hældning. Et lodret lag vil eksempelvis kun aftegne sig lodret, hvis det stryger vinkelret på profilet. Jo mindre vinklen mellem lagets strygning og profilet er, jo mindre vil dets tilsyneladende hældning være. Stryger laget parallelt med profilet, vil det aftegne sig som vandret. På grund af det førnævnte tidspres og de ret små litologiske forskelle mellem lagene har det kun været muligt at gennemføre få præcise målinger af lagenes orientering.

Langs vejtraceet er der foretaget geotekniske boringer med 100 meters mellemrum som forarbejder til udgravningen. Med den viden om sedimenterne, undersøgelserne af profilerne har givet, har det været muligt at 'oversætte' de geotekniske beskrivelser til sedimenttyper, som det er vist på Fig. 2.

Sedimenter og strukturer

I profilerne er kun fundet sedimenter, der er afsat i Kvartærtiden, og de anses alle med få undtagelser at have tilknytning til den sidste glaciation i sen mellem-

Weichsel. Da der ved anlægsarbejdet skete en opfyldning af lavtliggende områder, er postglaciale aflejringer ikke blevet blottet. Dog er der fundet en lille lavning med 20 centimeter tørv dækket af ca. 2 meter sandet grus af udskredet materiale.

Skalførende silt

Skalførende silt består overvejende af blågrå siltede til lerede lag med planparallel lagdeling og enkelte tynde lag af finsand. Sandlagene markerer sig med rustbrun farve, antagelig fordi den lettere gennemtrængelighed for nedsivende vand har givet en oxidering af lagene. Spredt i sedimentet findes sten, der kan være fra få centimeter til meterstore blokke. Der er desuden fundet en del fragmenter af en tyndskallet musling. Enkelte steder har skalfragmenterne været



Fig. 3. Skalfragment af en musling i skalførende silt. Fragmentet er med stor sandsynlighed fra *Macoma* sp., der kan leve i et arktisk hav med hurtig sedimentation af finkornet materiale.

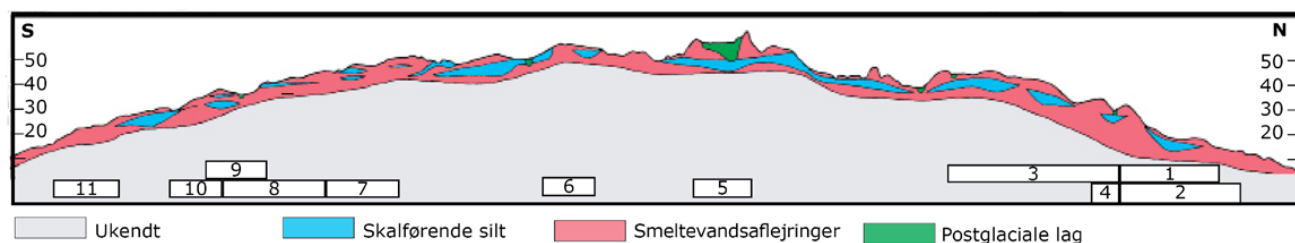


Fig. 2. Sammentegnet profil baseret på iagttagelserne i udgravningerne og på de geotekniske boringer, der ligger med 100 meters mellemrum. Bemærk at legemer af skalførende silt kan findes i hele profilet. Aflejringerne tolkes som sket fra isens nedre dele, der har indeholdt store mængder af underlagets sedimenter. Siltaflejringer har stor lighed med tilsvarende aflejringer i klinger længere mod nordøst, og med aflejringer i det sydlige Kattegat. Disse aflejringer henføres til den øvre, boreo-arktiske del af Skærumhede-serien. Afstanden fra Lammefjord til Sidinge Fjord langs traceet er 5,2 km langt. Højden er angivet i meter o.h. Områdernes numre er angivet i bokse. 1, 3 og 9 er i vestsiden af udgravningerne, resten i østsiden.

så store, at de med stor sandsynlighed har kunnet bestemmes til *Macoma* sp. (Fig. 3). Skalførende silt udgør ca. 14% af de fundne sedimenter.

Skalførende silt adskilles fra stenet silt ved, at det sidste indeholder væsentlig flere sten.

Skalførende silt ligger nederst i profilerne, der hvor det forekommer. Det er hyppigst i de nordlige profiler, men mangler dog aller nordligst i profil 1 og mangler desuden i det højest liggende profil (profil 5) og i det sydligste (profil 11).

Det siltholdige sediment har givet ophav til en række deformationsstrukturer både i silten selv og i de overlejrende sedimenter (Fig. 4–8).

Det er bemærkelsesværdigt, at skalførende silt ikke forekommer som et egentligt lag, men som større eller mindre usammenhængende partier. Det er også bemærkelsesværdigt, at selvom det ligger nederst i profilerne, så findes det ikke i de to lavest-liggende dele nordligst og sydligst. Der er ikke set nogen sammenhæng mellem landskabets topografi og højden af overfladen af skalførende silt.

Skalførende silt tolkes som en marin aflejring på grund af indholdet af skalfragmenter. I betragtning af, at lagene sine steder findes i over 30 meter o.h., og der ikke i øvrigt er indikationer på neotektoniske bevægelser, må man gå ud fra, at de er transporteret til deres nuværende plads af gletscheris.

Den fragmentariske, stedvise tilstedeværelse i traecet kan skyldes en meget ujævn overflade, og den kan være resultat af postsedimentære bevægelser i lagene. Men kan også skyldes at forekomsterne er flager af materiale, der er løftet op og transporteret langs gletscherisens bund eller som flager i isen.



Fig. 4. I profilet ses to sedimentære enheder. Nederst findes blågrå, stenfri, lagdelt silt, og over en skarp grænse findes stenet, blågrå silt. Flere steder i dette profil (9) ses sekundære forstyrrelser i dette lag. Disse forstyrrelser tolkes som resultat af load cast. På det afbildede sted er lagdelingen rejst til lodret position. Øverst i profilet ligger svagt stenet silt uden lagdeling. Det nederste lag tolkes som skalførende silt af marin oprindelse, og det øverste lag som flydejord. Profilet er 3,5 meter højt og er beliggende i område 9.

Lagenes eventuelle indhold af mikrofossiler er ikke undersøgt, men det er sandsynligt, at de kan paralleliseres med tilsvarende forekomster bl.a. på Ordrup Næs og Sjællands Odde og dermed med det Græstedler, der kendes fra klinerne ved Hundested.

Græstedler regnes for tilhørende Skærumhede-serien, der kendes bl.a. fra bunden af Kattegat. Hvis det samme er tilfældet for skalførende silt, kan man slutte, at det mest sandsynlige oprindelsessted for siltlagene har ligget nord for Grevinge-bakken.

Stenet silt

De lag, der er kaldt stenet silt, findes dels i en massiv form uden lagdeling, dels lagdelt. Den massive silt udgør ca. 16% af sedimenterne, mens lagdelt silt udgør ca. 8%. For begge typer gælder, at selvom silt er den dominerende kornstørrelse, indeholder jordarten både ler og grus og spredte, håndstore sten. Farven er blågrå, men øverst og i mere grovkornede lag kan den være rustbrun. Stenet silt forekommer på to måder: Enten direkte ovenpå skalførende silt eller liggende på sandlag (Fig. 9). Hvor det overlejrer skalførende silt er grænsen mellem de to mere eller mindre skarp. Det ses flere steder i område 9, hvor toppen af en antiklinal i skalførende silt er afskåret, og grænsen mellem de to lag derfor må være en erosionsgrænse. Hvor det overlejrer sand, sker dette lagkonformt.

Hvor stenet silt ligger direkte på skalførende silt, kan der være tale om en facies af skalførende silt, og at sedimentet er afsat sammen med denne. Imidlertid tyder den skarpe kontakt mellem de to typer silt mere på, at stenet silt må opfattes som en del af de vandaflejrerede sedimenter. Det er i hvert fald tilfældet, hvor stenet silt overlejrer sand.

Alligevel er stenet silt næppe sedimenteret fra suspenderet materiale i vand, da det ville kræve stillestående vand. Men som erosionskontakten viser, må aflejringen være sket med en vis voldsomhed. Det mest sandsynlige er da, at stenet silt er dannet som strømme af vandmættet sediment.

Man kan forestille sig, at der i de sidste faser af isens bortsmeltning er sket det, at skalførende silt er smeltet frem på isoverfladen, hvor den til en vis grad er blevet blandet med andre, stenholdige materialer. En hældende isoverflade har så medført en udskridning ned over allerede afsatte sedimenter. Processen kan give både massive bjergarter og lagdeling, som det ses i marine turbiditer.

En tolkning af stenet silt som bundtill kan ikke helt afvises, lejringsforholdene er dog ikke i overensstemmelse med en sådan tolkning. Skalførende silt må formentlig være transporteret som flager i isen og

altså ligge oppe i den. Hvis det er tilfældet skulle en evt. bundtill ligge under skalførende silt og ikke over den, som stenet silt gør. Vi anser en oprindelse af stenet silt som bundtill fra en senere isoverskridelse som helt usandsynlig. Dels harmonerer det ikke med den lagkonforme aflejring ovenpå smeltevandssand, dels taler de fundne sedimentstrukturer imod en anden isoverskridelse (se senere).

Smeltevandssedimenter

Hovedparten (ca. 56%) af sedimenterne i de undersøgte profiler består af mere eller mindre udtalt lagdelte lag af sand og grus. Desuden er der helt underordnet (ca. 2%) lag af stenfrit silt. Lagene findes i den øvre del af profilerne.

De højest liggende smeltevandssedimenter (område 5) består af groft grus med et stort indhold af sten. Den svagt udviklede lagdeling består af vandrette, planparallelle lag. Mod syd hælder lagene dog mod syd (Fig. 10).

Aflejringerne er lagdelte i alle profiler, og der ses flere typer af lejring (Fig. 11–15). Hyppigst er planparallelle lag, der ofte overgår i skrålejrrede lag. Lagene hælder konsekvent mod syd, hvilket viser, at de vandstrømme, som aflejrrede sandet og gruset, kom fra en nordlig retning.

I mange tilfælde og over lange strækninger er lagdelingen i de sandede aflejringer vandret. I de mest finkornede sedimenter kan lagene have en let uregel-

mæssig bølget karakter. Af og til forekommer en svagt udviklet skrålejrning. Sedimentationen anses for at være sket under rolige forhold i et søbassin, hvortil vandløb har tilført det sandede materiale fra en nordlig retning.

Blandt de fluviatile aflejringer skal d-lagene omtales. Når disse lag er bedst udviklede har de en højde på omkring 4 meter, og de enkelte lag en tykkelse fra 1 til 2 centimeter og op til 10–20 centimeter. Et lag vil typisk øverst ses som et vandret lag af sand. Laget bøjer pludseligt 30–40° nedefter, uden at der sker nogen kornstørrelsesmæssig ændring. Da profilvæggen ikke med sikkerhed er vinkelret på lagenes strygning, skal der tages forbehold for hældningens nøjagtighed. Cirka halvvejs nede ad profilvæggen stiger mængden af silt i aflejringen, og nederst er det dominerende. Nogle d-lag fortsætter med at være sandede, grusede længere nedefter end andre. Øverst i profilerne ses hyppigt trugformede aflejringer, hvor lagdelingen konformt følger trugets sider. Materialet er hyppigt af en lidt grovere karakter end de under- og omkringliggende aflejringer. Der forekommer flere trug i de lavere liggende profiler i sydenden af traceet end i de højere liggende.

Den oftest veludviklede planparallelle lagdeling og sedimenternes til tider meget høje sorteringsgrad lader ikke tvivl om, at det drejer sig om vandaflejrrede sedimenter. Og da vand fra smeltende is må have været allestedsnærværende i aflejringsmiljøet, berettiger det betegnelsen smeltevandssedimenter.

De højestliggende grove sedimenter må være afsat af vandstrømme med en vis hastighed og med et stort



Fig. 5. I profilet er der nederst lagdelt skalførende silt. Derover findes smeltevandsaflejringer, der hovedsagelig består af sand. Hyppigt forekommer også aflejringer af grus. I sandet ses for det meste planparallel lejring, men også op til en meter høje skrålejringer forekommer. De viser i de fleste tilfælde at strømretningen i smeltevandet har været fra nord. Nogle steder forekommer trugformede aflejringer der indikerer at floderne til tider har haft et flettet forløb. Det sedimentationsmiljø som ses på fotoet kan følges over en strækning på 275 meter. Profilet er 5,7 meter højt og er beliggende i område 9. Syd er til venstre i fotoet.

indhold af sediment. Skrålejrrede lag hælder mod syd svarende til vandstrøm fra en nordlig retning.

Lavere i profilerne er sedimenterne mere finkornede og velsorterede. I de nordlige dele af profilerne dominerer dels vandret liggende, dels skrålejrrede lag med hældning mod syd, og der ses kanalfyldninger og slumpbevægelser ned i trugformede lavninger (Fig. 16). De mere finkornede sedimenter tyder på roligere strømforhold og den mest nærliggende tolkning er en sandurflade dannet af et flettet flodsystem.

D-lagene tolkes som aflejrrede som foreset beds i et delta af en smeltevandssediment, der fra en nordlig retning er strømmet ud i en smeltevandssø. D-lagene er set over en strækning på 616 meter.

De få, spredte forekomster af stenfrit silt kan være afsat i søer med stillestående vand.

Gange af grus

I flere af profilerne er der set lodretstående 'gange' af et sediment, der hovedsagelig består af håndstore sten. Gangene, der er omkring 5 meter brede, forløber retlinjet gennem traceet og stryger alle steder ca. 30°N. Gangene skærer smeltevandssedimenterne.

Det er ikke lykkedes at følge gangene på markerne umiddelbart op til traceet. Men på en lokalitet ved Prejlerup ca. 300 m fra traceet findes to 'stenrevler' i en frugtplantage. De er retlinjede over en strækning på nogle hundrede meter og har ligeledes retningen 30°N. 'Gravel dykes' er beskrevet fra flere steder (van der Meer 2009) og tolkes som vandundvigelsesstrukturer eller som en slags iskiledannelser.



Fig. 6. Skalførende silt med få spredte sten. Et tryk nedefra har skudt aflejrungen op i en antiklinal. Vægtfyldeforskelle i de stærkt siltholdige aflejringer tolkes som årsag til de mange sekundære ændringer af lagstillingerne som har kunnet ses i profilerne. Den synlige del af profilet er 7 meter højt og er beliggende i område 8. Nord er til venstre i fotoet



Fig. 7. Skalførende silt med spredte, håndstore sten. I et område umiddelbart til højre for fotoet er der ved gravearbejdet fundet flere 0,25 m³ store sten. Den siltrige aflejrung er med et stort vandindhold meget ustabil. Fotoet viser en diapir, der er trængt frem i vandret retning. Toppen af diapiren er på en kort strækning blevet noget eroderet (se også Fig. 8). Over erosionsgrænsen er der sket fortsat sedimentation. Ændringen i farven skyldes oxidation på grund af, at sedimenterne er mere sandede og derfor mere permeable. Profilet er 9,5 meter højt og er beliggende i område 9. Nord er til højre i fotoet.

Landskab og sedimenter

En morfologisk analyse (der til dels har måttet foretages på gamle målebordsblade fordi grusgravning har fjernet en god del af det højeste landskab) viser, at landskabet omkring traceet kan deles i et højrelief-landskab, hvor koten er over ca. 55 m, og et lavrelief-landskab med koter under 50 m.

Højrelief-landskabet er præget af skrænter med en hældning større end 25%. I lavrelief-landskabet findes ingen skrænter, og landskabet beskrives bedst som blødt bølgende.

Den højeste bakke var en fortsættelse af den vestfor liggende fladtoppede bakke og havde som den flere stejle sider og flad top. Omridset var lobeformet. Denne landskabsform er karakteristisk for iskontakt-dannelser, og bakken er da også (Smed 1978) beskrevet som en kamebakke. Tilsvarende landskaber, er beskrevet i USA som ice-dammed lake-plains (Clayton 1963), hvor de fladtoppede bakker tolkes som dannet i søer i et isdække, der havde en betydelig mængde supraglacial debris.

Sedimentologisk består bakken af sandede og grusede lag til dels med meget groft grus. I den del af bakken, som traceet passerer, er sorteringen dårlig, og der er stor variation i sedimenterne.

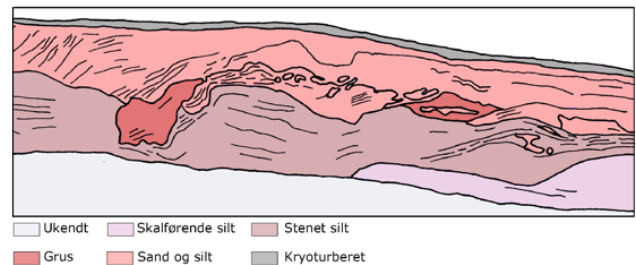


Fig. 9. Figuren, der er sammmentegnet fra flere fotos, viser det stenede silts relation til de øvrige sedimenter. Her ligger stenet silt direkte på skalførende silt, og stenet silt er tydeligt lagdelt. I andre profiler synes lagdelingen af stenet silt at mangle. Over stenet silt ligger her fluviale aflejringer, mens det andre steder ligger med fluviale sedimenter både over og under, på en måde der indikerer en tæt genetisk sammenhæng. Profilet er ca. 35 m langt og overhøjet 150%.



Fig. 8. Spidsen af ormediapiren vist i Fig. 7. Over diapiren ligger vandrette, regelmæssige lag af silt. På grænsefladen mellem disse lag og diapiren er der sket erosion. Diapiren kan være trængt op til en overflade, som kan være en havbund, hvor den er blevet eroderet. Derefter er sedimentationen af silt fortsat. Profilet er 8,5 meter højt, og er beliggende i område 9. Nord er til højre i fotoet.



Fig. 10. I profilet ses groft sand, grus og sten. Lagdelingen er horisontal og planparallel. I den sydlige del af det korte profil ses nogle få lag der viser skrålejrning, der hælder mod syd. Profilet er 11,5 meter højt, og er beliggende i område 5. Syd er til højre i fotoet.



Fig. 11. I profilets venstre side ses nederst stenfattigt skalførende siltsilt. Silten er den højre del af en 350 meter bred antiklinal. Over den ligger et lag lagdelt smeltevandssilt. I billedets højre side ses lagdelt, stenet smeltevandssand, der er skudt op i flager, der hælder mod nord. Øverst ligger et lag smeltevandssand med horisontal lagdeling. Skråstillingen af smeltevandssandet antages at være forårsaget af opskydningen af skalførende silt, der er resultat af load-fænomener. Profilet er 9,5 meter højt og er beliggende i område 3. Syd er til venstre i fotoet.

Det blødt bølgede lavrelief-landskab nord og syd for den høje bakke har småbakker med flade toppe, der typisk når op omkring kote 50 m, med uregelmæssige lavninger imellem. I USA er betegnelsen hummocky brugt om tilsvarende landskaber (Clayton 1963). Lavningerne lader sig let indordne i et dræningssystem. Tilsvarende lavninger er beskrevet som pæreformede dale (Marcussen 1985). De tolkes som dannet ved bortsmeltning af klumper af is.

Morfologisk har landskabet karakter af en pitted

sandur med søbassiner, og observationerne støtter denne tolkning. De oftest velsorterede lag af sand og grus vidner om aflejring fra smeltevandsfloder. Flodsletteaflejringerne i bakkens sydside viser ingen hældning mod den lavere liggende Lammefjord, og der findes ingen erosionsrender, hvorigennem flodvandet kan have søgt bort. Derfor må det antages, at der også i en sen fase har ligget is i dette store bassin.

Landskabet ved Grevinge har stor lighed med landskaber beskrevet fra det nordlige, centrale USA



Fig. 12. Sedimentationen af deltaaflejringer er foregået meget regelmæssigt. Men på et sted er der set en ændring. Nedenfor de finkornede forset lag ligger to velafgrænsede legemer af sand og grus. Legemerne er omkring 2 meter lange og 0,5 meter tykke, og en lagdeling er bevaret i dem. De to legemer må som frosne klumper være blevet transporteret af smeltevandsfloden. Ved deltafronten er de faldet ned ad skrænten. Efter at have skabt forstyrrelser i lagene af finkornet sediment, er de blevet indlejret, og sedimentationen i deltaet er fortsat. Profilet er 7 meter højt og er beliggende i område 7. Syd er til højre i fotoet.



Fig. 13. Profilet viser lagdelt, stenet sand og silt. De øverste brunlige dele er mere sandede end de nedre, og derfor er disse lag mere oxiderede. I den øverste del af profilet ligger lagene horisontalt. Ved et vist punkt bøjer de enkelte lag skråt nedefter. Længst nede kan lagene igen bøje over i horisontal stilling. Lagene repræsenterer topset, forset og bottomset lag i en deltaaflejring afsat af en smeltevandsflod, der kom strømmende fra en nordlig retning. Deltaaflejringer kan i profilvæggen følges over en strækning på 300 meter. Profilet er 8 meter højt og er beliggende i område 7. Syd er til højre i fotoet.

(for en sammenfatning af den amerikanske litteratur se Clayton *et al.* 2007), hvor de ligger i yderzonen af det laurentiske isskjold. Ud fra de lejringsforhold og landskabets morfologiske karakter, som er beskrevet omkring Grevinge, har dette område på samme måde ligget i gletscherisens yderzone på et tidspunkt.

Diskussion

De gennemgravede dele af Grevinge-bakken består af en nedre serie, hvor sedimenterne fortrinsvis er af marin oprindelse (skalførende silt), men afsat subgla-

cialt, og en øvre med fluviatile sedimenter. Mellem de to findes lag af stenet silt, som regnes for hørende til smeltevandssedimenterne og for at være afsat som sedimentstrømme, og øverst og helt underordnet mængdemæssigt ligger dels et usorteret sediment, dels postglaciale dannelser.

I Nordvestsjælland findes lag af marint, skalførende silt hyppigt i klinger og borer. Analyser af faunaen indikerer, at disse aflejringer kan henføres til den interstadiale Skærumhede-series øverste arktisk-boreale del (Petersen & Konradi 1974; Sjørring 1974; Jensen 1977). De samme dannelser er fundet på bunden af Kattegat. Det antages derfor, at den gletscheris, som har transporteret sedimentet ind til Vestsjælland,



Fig. 14. Smeltevandssedimenter forekommer i alle dele af vejtracéet. I dette profil kan man over en strækning på 200 meter følge en meget ensartet og 10 meter høj skrånelse. Øverst i profilet ligger horisontalt lejrede topset lag. Derunder fortsætter lagene i de høje forset lag. Sedimentet er sand med små forekomster af grus og spredte sten. Smeltevandfloden, der aflejrede dette delta kom fra en nordlig retning. Profilet er 10 meter højt og er beliggende i område 5. Syd er til højre i fotoet.



Fig. 15. På fotoet ses i højre side den nederste del af et højt parti af stenet silt aflejret af en strøm fra nord. Et legeme af gruset og stenet materiale er gledet ned og har lagt sig ved skåningens fod. En del er som en hale blevet liggende højere oppe ad skrånningen og er først gledet ned senere, og har dannet det vandretliggende lag som ses midt i billedet. Profilet er 8 meter højt og er beliggende i område 3. Syd er til venstre i fotoet.

er kommet fra en nordlig retning. Allerede Rørdam (1893) og Milthers (1899) har fremført, at gletscheris fra en nordlig retning har bevæget sig mod Nordsjælland og afsat 'den norske moræneler'.

Fund i glaciale dannelser, der indeholder denne marine fauna (Frederiksen 1982) er gjort så langt mod SV som Sydfyn. Udbredelsen af denne nordfra kommende gletscheris synes således at have været betydelig. På Fyn er det påvist (Marcussen 1974), at den dominerende bakkeretning er NV-SØ. Et mønster der kan genfindes på Sjælland, Lolland og Falster. Bakkernes dannelse har muligvis sammenhæng med shearplanstrukturer i isen.

Houmark-Nielsen (1987) tolkede den norske moræneler som værende afsat af det ældste af tre isskjolde, der i mellem-Weichsel skulle have dækket denne del af Sjælland. De to yngre skulle have haft deres randzoner i Jylland, og de skulle have bortroderet alle morfologiske træk efterladt af den tidligste gletscheris fra nord.

Imidlertid indeholder Grevinge-bakken så mange fragile sedimentære strukturer både i de højt og i de lavt liggende dele, at det synes usandsynligt, at to isskjolde med en betydelig regional udbredelse, skulle være flydt hen over bakken uden at sætte nogen spor.

Milthers (1900a) hypotese: at bakken ved Grevinge er en sidemoræne presset op af gletscher, der lå i den lavtliggende Lammefjord, støttes heller ikke af de undersøgelser, der præsenteres i denne artikel.

Sammenfatning

Grevinge-bakken er dannet i et stort bassin, hvor smeltevandssfloder har aflejret silt, sand og grus på den smeltende is. Begravede isklumper har forårsaget de mange lavninger og huller. Bakkens retning og aflange form kan skyldes, at den er opbygget på en shear plan zone i gletscherisen. I denne zone har isen ført materiale fra bunden og fra underlaget højere op i isen, hvor det så efterhånden smeltede fri. I dette materiale var marint silt, som isen havde ført frem fra bunden af Kattegat. Der er ingen indikationer af senere regionale isskjolde har overskredet området. Tilstedeværelsen af meget silt og smeltevand i aflejringerne har givet anledning til en omfattende load cast aktivitet.

Summary

In 1900 a system of elongated hills in the northwestern part of Zealand, Denmark was interpreted as being terminal moraines. The hypothesis was (and that view is still held) that the hills were pushed up by a glacier consisting of three lobes and coming from the south-east. This hypothesis was primarily based on morphological studies.

Based on indicator boulders the hypothesis was later enlarged to comprise a main glacial advance



Fig. 16. Skalførende silt overlajret af smeltevandssaflejringer. Slumpfolderne skyldes formentlig bevægelser i silten. Øverst ligger et omkring en meter tykt lag af horisontalt lejret sand. Profilet er 14 meter højt og er beliggende i område 4. Syd er til højre i fotoet.

coming from the NE, followed by two of regional extent coming from SE. Recently, excavations for a highway have opened a 5.2 kilometer-long profile in the lateral moraine. The observations made there cast doubt on the old hypothesis. In the sections two types of sediments were present: glaciofluvial sediments and alloctoneous marine silt.

The glaciofluvial sediments consist of gravelly sand in the highest parts, while finer-grained sediments showing plane parallel bedding, cross bedding, deltaic bedding and canal fillings occur in the lower parts of the landscape.

In the lower part of the sections lumps of a marine silt containing fragments of mollusks were found. A comparable deposit of Weichselian age is found in the Kattegat sea to the north. In all probability this is where the silt originates; being transported to the south by glacier ice. The marine silt has been found in many places in north-western and western Zealand. The silt in the profile has given rise to many load-cast phenomena in the meltwater deposits.

The oldest and highest situated deposits of gravelly sand form an ice contact deposit. At lower levels the deposits form a hummocky landscape. The hills have flat tops and the hollows and depressions are the result of melting of blocks of ice buried in the sediments.

There are no indications in the observed sediments or their structures that substantiates the hypothesis of push, neither from the NE or SE. The advance from the NE is reflected in the occurrence of marine silt, but if the area has been covered twice by glacier advances they have left no trace what so ever. Given the soft nature of the sediments this makes the SE glaciers highly improbable.

Referencer

- Clayton, L. 1963: Glacial geology of Logan and McIntosh counties, North Dakota. Bulletin of the North Dakota Geological Survey 37, 51pp.
- Clayton, L., Attig, J.W., Johnson, M.D., Jennings, C.E. & Syverson, K.M. 2007: Ice-walled-lake plains: Implications for the origin of hummocky glacial topography in middle North America. *Geomorphology* 97, 237–248.
- Frederiksen, J. 1982: Græstedlerets foraminiferer i øst-danske moræneaflejringer. *Dansk geologisk Forening, Årsskrift for 1981*, 65–71.
- Houmark-Nielsen, M. 1987: Pleistocene stratigraphy and glacial history of the central part of Denmark. *Dansk geologisk Forening* 36, 1–189.
- Jensen, V. 1977: St. Karlsminde klint – materialer og strukturer. *Dansk geologisk Forening, Årsskrift for 1976*, 47–56.
- Marcussen, I. 1974: En ny opfattelse af den sidste glaciation i det sydøstlige Danmark. *Uppsalasymposiet*, 21–22 marts, 1974. *Senkvartär utveckling i Östersjöbäckenet*, Uppsala Universitet, 13–16.
- Marcussen, I. 1985: Observations on melting of stagnant ice and some related phenomena. *Striae* 22, 17–20.
- Milthers, V. 1899: Norske Blokke paa Sjælland. *Meddelelser fra Dansk geologisk Forening* 1, 49–64.
- Milthers, V. 1900a: Randmoræner. I: Rørdam, K og Milthers, V.: *Beskrivelse til geologisk kort over Danmark, Kortbladene Sejro, Nykøbing, Kalundborg og Holbæk*. Danmarks geologiske Undersøgelse, I. række nr. 6, 69–83.
- Milthers, V. 1900b: *Tellina calcarea* leret ved Høve i Odsherred. *Meddelelser fra Dansk geologisk Forening* 1, 37–44.
- Petersen, K.S. & Konradi, P.B. 1974: Lithologisk og palæontologisk beskrivelse af profiler i kvartæret på Sjælland. *Dansk geologisk Forening, Årsskrift for 1973*, 47–56.
- Rørdam, K. 1893: De geologiske Forhold i det nordøstlige Sjælland. *Danmarks geologiske Undersøgelse*, I række nr. 3, 110 pp.
- Schou, A. 1948: *Landskabsformerne*. I: Nielsen, N. (red.): *Atlas over Danmark*, 32 pp (atlasbind). København: Hagerup.
- Sjørring, S. 1974: *Klinterne ved Hundested*. *Dansk geologisk Forening, Årsskrift for 1973*, 108–117.
- Smed, P. 1978: *Landskabskort over Danmark*, 4 blade. Brenderup: Geografforlaget.
- van der Meer, J.J.M. 2009: Under pressure: clastic dykes in glacial settings. *Quaternary Science Reviews* 28, 708–720.

En beskrivelse af de enkelte profiler kan findes på http://strandsten.guide/?page_id=52