

Observationer fra Ristinge Klint, felt- og laboratorieundersøgelser

STEEN SJØRRING, POUL ERIK NIELSEN, JOHN FREDERIKSEN, JAN HEGNER, GERALD HYDE, JØRN BO JENSEN, ARNE MOGENSEN OG WALTER VORTISCH



Sjørring, S., Nielsen, P. E., Frederiksen, J., Hegner, J., Hyde, G., Jensen, J. B., Mogensen, A. og Vortisch, W.: Observationer fra Ristinge Klint, felt- og laboratorieundersøgelser. *Dansk geol. Foren., Arsskrift for 1981*, side 135–149, København, 15. juli 1982.

Some investigatory methods (till fabric, grain size distribution, coarse- and fine gravel countings, content of coloured sand particles, heavy minerals, clay mineralogy, content of CaCO_3 and content of redeposited Quaternary foraminifera) have been tested on selected samples from the dislocated section of Ristinge Klint, Langeland (fig. 1).

Following the field investigation the number of lithological units can be increased (fig. 2), and at least one pre-Eemian till and four Weichselian tills have been found.

Greatest importance in the laboratory investigations, has been attached to the "thin till" and the "thick till" (fig. 2). The fabric diagrams for these two tills indicate glacier movements from the southeast and from the northeast respectively (fig. 5).

It has been possible to separate the two tills by laboratory investigations, but it is still difficult to determine the provenance of single samples.

A conspicuous difference in colour and structure between the lower and the uppermost part of the "thick till" (fig. 3 and 4) can be traced by the content of coloured sand particles (fig. 10), clay mineralogy (fig. 12 and 13), content of redeposited Quaternary foraminifera (fig. 15) and it is possibly also indicated by the grain size distribution (fig. 6 and 7).

The content of Cretaceous (and younger) limestones from the fine gravel countings (fig. 8) and the content of CaCO_3 in fraction smaller than 1 mm are placed together in fig. 14, where a notable agreement between the curves can be seen.

In spite of the insufficient number of investigated samples, it might be suggested that the detailed separation of the tills is most feasible by investigations of the "matrix" compared to the clast petrography at this locality.

Steen Sjørring, Jan Hegner, Jørn Bo Jensen og Arne Mogensen, Institut for almen Geologi, Øster Voldgade 10, 1350 København K.

Poul Erik Nielsen, Fredningsstyrelsens 9. kontor, Thoravej 24, 2400 København NV.

John Frederiksen, DSB, Brokontor 1, Sølvgade 40, 1349 København K.

Gerald Hyde, Laboratorium for Geomorfologi, Geografisk Centralinstitut, Haraldsgade 68, 2100 København Ø.

Walter Vortisch, Institut für Geologie und Paläontologie im Fachbereich Geowissenschaften der Philipps-Universität, Lahnberge, D-3550 Marburg (Lahn), BRD., 25. februar 1982.

Indledning

I forbindelse med undervisningen i Danmarks Kvartærgeologi har forfatterne gennemført en række undersøgelser af materiale indsamlet fra den dislocerede del af Ristinge Klint, Langeland.

For at kunne vurdere forskellige laboratoriemetoders egnethed til brug for glacialstratigrafiske undersøgelser, blev Ristinge Klint udvalgt, idet de stratigrafiske forhold tidligere er blevet belyst (Madsen, Nordmann og Hartz 1908, Madsen 1916, Rosenkrantz 1944, Andersen 1950 og Ehlers 1979).

Da indsamlerne ikke har behersket alle laboratoriemetoder, er der ydet værdifuld hjælp i

form af undersøgelse af indholdet af omløjrede kvartære foraminiferer (J. Frederiksen, DSB), undersøgelse af tungmineraller i udvalgte prøver (B. Thomsen, Geol. Centralinst.), samt undersøgelse af moræneenhedernes lermineralogi (W. Vortisch, Marburg Universität, BRD).

Resultaterne af nærværende undersøgelse omtaler nye, ikke tidligere beskrevne lithologiske enheder samt giver et indtryk af de enkelte metoders værdi som stratigrafisk hjælpemiddel.

Geologisk Centralinstitut har ydet støtte til transporten til Langeland 10.–12. oktober 1980 og 27. april 1981.

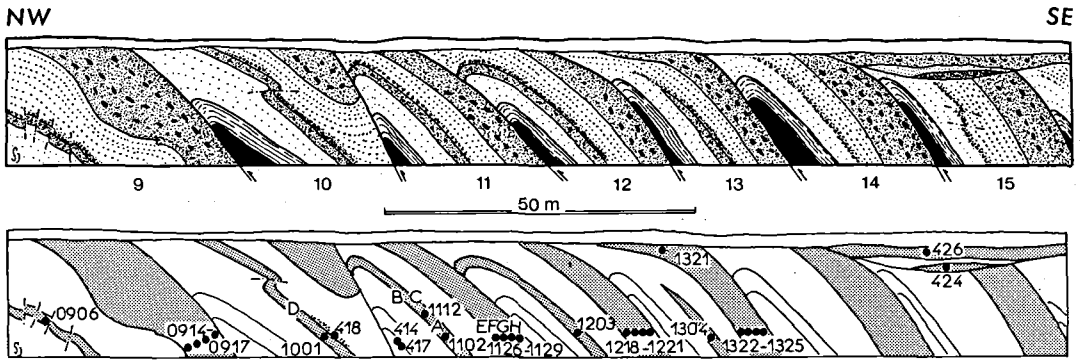
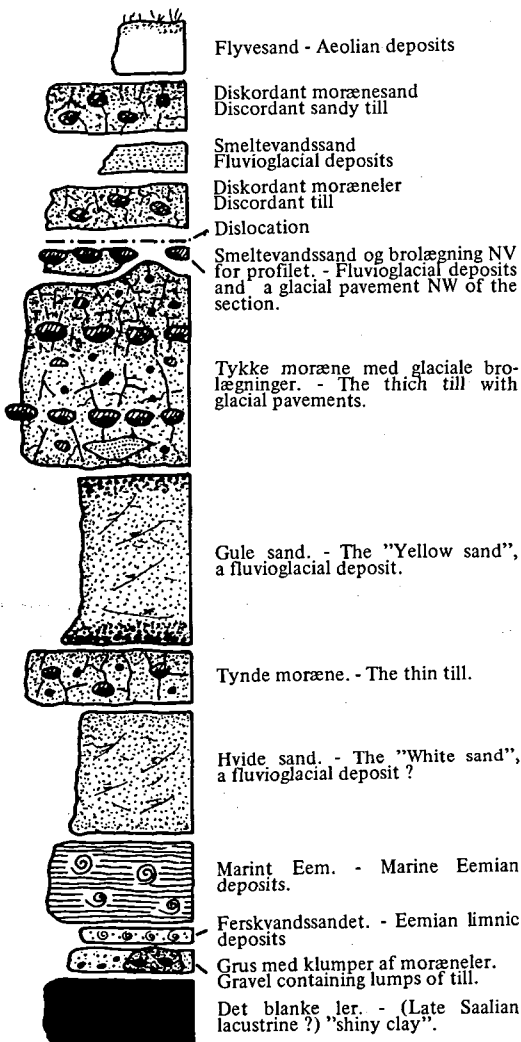


Fig. 1. Ristinge Klint mellem flage 9 og flage 15. Signaturer som i fig. 2. Nederst: samme klintafsnit med angivelse af, hvor prøverne er udtaget (tal, hvor de to første cifre angiver flagenummer), og hvor stenorienteringsmålingerne er udført (bogstaver).

Section of Ristinge Klint from thrust sheet no. 9 to thrust sheet no. 15. Signatures as in fig. 2. Below: the same section with indication of where the samples have been collected (figures) and where the till fabrics have been measured (capitals).



Feltobservationer

Feltarbejdet har omfattet en skitsemæssig opmåling af flagerne 9–15, (flagenumrene svarer her til de dislocerede enheder, der ligger over de af Rosenkrantz (1944) nummererede overskydningsplaner), samt udtagning af prøver fra de forskellige enheder (fig. 1). Den generelle profilretning er NV-SØ, og på grundlag af en række målinger er opskydningsretningen bestemt til at være mod 322°, svarende til et istryk fra SØ.

De lithologiske enheder, der indgår i lagfølgen, er vist på fig. 2, og enhederne er angivet med neutrale navne, som hos Madsen (1916), i den udstrækning det har været muligt.

I stratigrafisk henseende modsvarer den tynde moræne det Gammelbaltiske isfremstød, den tykke moræne modsvarer Hovedfremstødet, og endelig er det sandsynligt, at de to fundne diskordante moræneenheder modsvarer hhv. det Østjyske fremstød og Bælthav fremstødet. De anvendte betegnelser refererer til de seneste oversigtsbetegnelser (Houmark-Nielsen, 1981). Alle de her anførte moræneenheder er af Weichsel alder.

I flage 11 findes omlejrede fragmenter af moræner, der ligger i de grusede lag ved basis af ferskvandssandet under det marine Eem. Efter placeringen må denne moræne være ældre end Eem, og den benævnes i det følgende som »præ-Eem morænen«. Baseret på en række la-

Fig. 2. Lithologisk søjle for Ristinge Klint. Lithological sequence for Ristinge Klint.



Fig. 3. Den tykke moræne opdelt i en øvre mørk og en nedre lys del med forskellige opsprækningsmønstre. Det helt lyse grænse-lag ses midt i billedet over nogle blokke fra den øverste is-skurede brolægning.

The thick till with an upper dark part with a tight set of joints and a lower light part with a simple system of joints. The light border zone between the two units is clearly seen in the center of the picture.

boratorieundersøgelser (se senere) må denne moræne være af Baltisk herkomst og kan være rester af en Saale Baltisk moræne.

Den tykke moræne optræder flere steder to-delt i en nedre lys del med et åbent sprækkemønster og i en øvre mørk del med et tæt sprækkemønster (fig. 3). Grænsen mellem de to dele ses ofte som en 2–3 cm tyk, helt lys zone (fig. 3), der altid ligger over den øverste af de 2–3 iskurede brolægninger, der findes i den tykke moræne.

De diskordante moræner optræder som hhv. moræneler og morænesand. Moræneleret ligger diskordant på de dislocerede enheder i flage 15. Over moræneleret følger uforstyrrede smeltevandsaflejringer, der med en diffus grænse ændres til en kompakt morænesand. Ud fra lejningsforholdene må det antages, at det diskordante moræneler er aflejet af den is, der frembragte dislokationerne i klinten, medens morænesandet tilhører en senere isoverskridelse. De diskordante moræner er kun observeret over flage 15 i det undersøgte klintafsnit.

I felten er der udført en række stenorienteringsmålinger i både den tynde og i den tykke moræne. Lokaliseringen af stenorienteringsmålingerne fremgår af fig. 1.

En sammenligning af stenorienteringer med glacial-tektoniske observationer viser, at langakseorienteringen oftest er parallel med isbevægelsesretningen (a-orientering) og viser et svagt dyk opstrøms (Houmark-Nielsen 1981, Jacobsen 1976, Jensen 1977 og Nielsen 1980). I områder hvor isen har været kompressiv kan der dannes en transversal orientering (b-orientering), hvor forholdet mellem a- og b-orienteringer aftager med stigende deformationsintensitet (Banham 1966). Ofte vil der opstå en blandet type, hvor langakserne er grupperet i et bredt bælte, dykkende svagt mod bevægelsesretningen (Lindsay 1970).

Da det ofte, alene ud fra stenenes svage dyk, vil være vanskeligt at afgøre, om en given orientering er vinkelret på eller parallel med isbevægelsesretningen, er der i de følgende eksempler tillige målt kortaksernes orientering (normalerne til a/b-planet). Afbildes kortakserne i et arealtro net



Fig. 4. Flage 11–14. Den tykke moræne står frem som næser. Pilen ved den tykke moræne i flage 11 viser grænsen mellem den nedre lyse og øvre mørke del. J. Ehlers foto 1981.

Thrust sheets 11–14. The thick till is protruding. In thrust sheet no. 11 the arrow indicates the border between the light lower and the dark upper part of the thick till. J. Ehlers foto 1981.

vil disse ved en a-orientering fordeles i et bælte vinkelret på isbevægelsesretningen og med stort dyk nedstrøms (Harrison 1957, Nielsen in prep.).

Ved hjælp af stenorienteringsmålinger er det blevet forsøgt at bestemme bevægelsesretningerne for de ismasser, der aflejrede den tynde moræne og senere den tykke moræne. I hver af de følgende stenorienteringsanalyser indgår måling af lang- og kortakser for 50 bladformede sten med akseforhold omkring 3:2:1.

Til opretning af målingerne fra den tynde moræne er orienteringen af morænenes undergrænse anvendt, mens brolægningernes orientering er blevet benyttet til opretning af målingerne i den tykke moræne. Det er her antaget, at begge moræner har ligget tilnærmelsesvis horisontale før opskydningen, samt at der ikke er sket nogen rotation.

I den tynde moræne er der foretaget 3 analyser i flage 11 og en analyse i flage 10 (fig. 1A–D). Som det fremgår af fig. 5, viser de enkelte dia-

grammer ret stor spredning, ofte med flere mindre maxima. Variationen må sandsynligvis tilskrives mindre foldninger og interne deformationer i forbindelse med flagernes opskydning.

Set isoleret vil hverken langakse- eller kortakse-diagrammerne entydigt kunne bestemme den oprindelige isbevægelsesretning. I fig. 5,S1 er de synoptiske diagrammer fra den tynde moræne vist. Det ses, at langakserne har stor spredning, men med et maximum i diagrammets sydøstlige hjørne. Kortakserne (fig. 5,S1) koncentrerer sig i et SV–NØ orienteret bælte forskudt mod NV i forhold til diagrammets centrum. Ud fra fordelingen af lang- og kortakser må det konkluderes, at den tynde moræne er aflejret i forbindelse med et isfremstød fra sydøstlig retning.

I den tykke moræne er der foretaget 4 analyser i flage 11 (fig. 1,E–H). Som det fremgår af fig. 5 viser målingerne store variationer, der muligvis skal ses i relation til placeringen omkring de to brolægninger. Uden at det her skal diskuteres

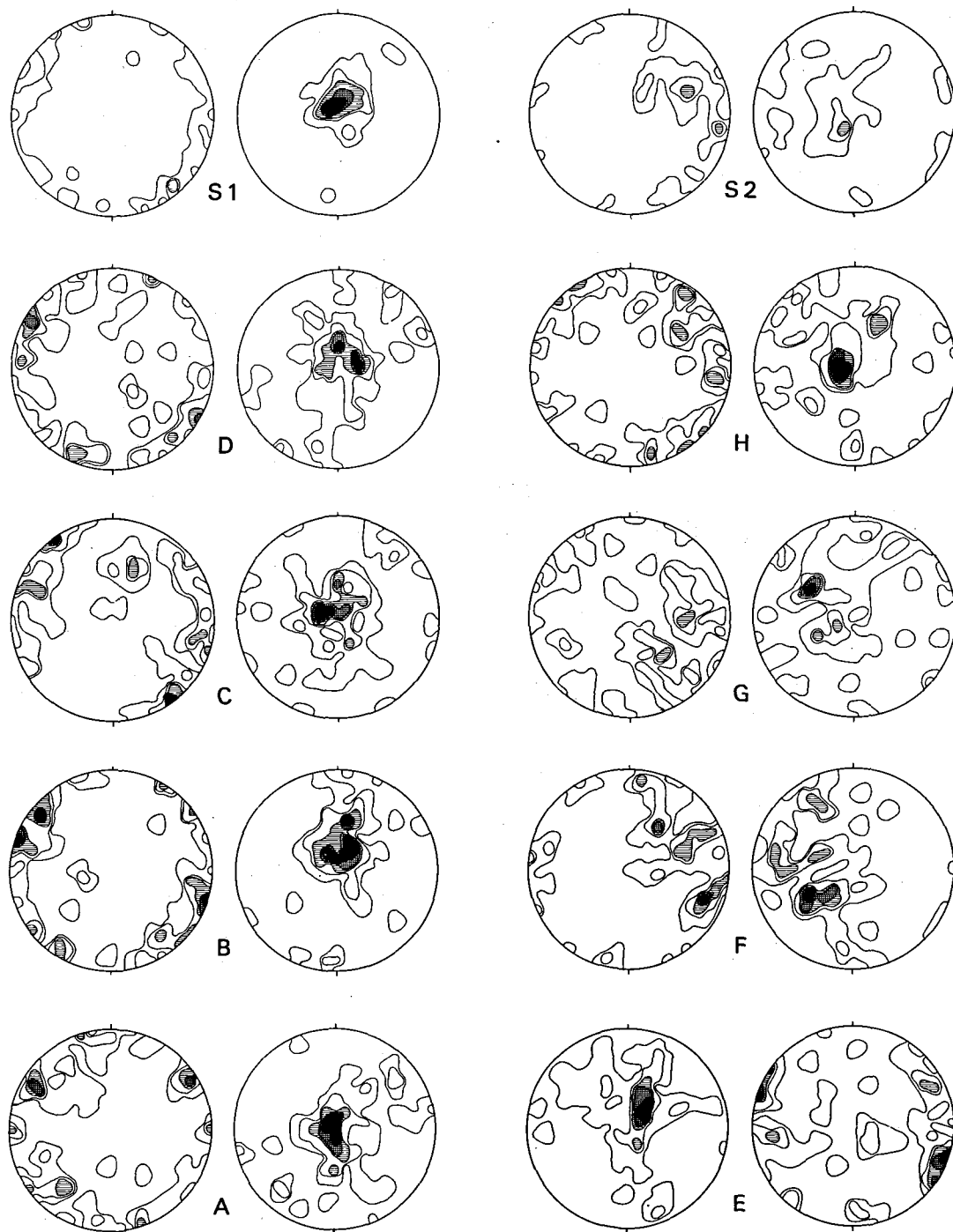


Fig. 5. Stenorienteringsmålinger fra Ristinge Klint. Diagrammerne A-D er fra den tynde moræne, E-H er fra den tykke moræne. Hvert diagram omfatter 50 målinger af henholdsvis længste akser (venstre diagram) og korteste akser (højre diagram) målt på bladformede sten. S1 og S2 er synoptiske diagrammer. Konturer: 2, 4, 6, 8 og 10%. Målingernes placering ses på fig. 1.

Till fabric from Ristinge Klint. Diagrams A-D are from the thin till, E-H are from the thick till. Each diagram contains 50 measurements of long-axes (left diagram) and short-axes (right diagram) measured on blade-shaped particles. S1 and S2 represent synoptic diagrams. Contours: 2, 4, 6, 8 and 10%. For location see fig. 1.

nærmere, synes der at være en markant forskel i stenorienteringen umiddelbart under og over en brolægning. Især er måling E, der er foretaget under nederste brolægning, atypisk.

De enkelte analyser er sammenstillet i de synoptiske diagrammer (fig. 5, S2). I langaksdiagrammet ses to mindre maxima mod NØ og Ø. Kortakserne er koncentreret i et diffust NNV-SSØ orienteret bælte. På basis af de her viste målinger anses den tykke moræne for at være aflejret i forbindelse med et isfremstød fra østlig eller nordøstlig retning.

Den konstaterede spredning i stenorienteringen kan være udtryk for, at bevægelsesmønsteret har ændret sig under aflejringen af morænen. Endelig antyder eksistensen af de glaciale brolægninger, at aflejringen ikke er foregået kontinuerligt, og at shear-deformation kan have fundet sted.

Laboratorieundersøgelser

Udvalgte dele af det indsamlede prøvemateriale er blevet undersøgt på forskellig måde, idet hensigten har været at afprøve, om velafgrænsede, stratigrafisk forskellige lithologiske enheder også kunne adskilles ved laboratorieundersøgelserne.

Følgende er undersøgt:

- Morænernes kornstørrelsessammensætning.
- Grovgrusets petrografi.
- Fingrusets petrografi.
- Farvede korn i udvalgt sandfraktion.
- Tungminerale i moræner.
- Lermineralogi i moræner.
- Kalkindhold i matrix.
- Omløjrede kvartære foraminiferer.

Morænernes kornstørrelsessammensætning

Fra udvalgte moræneprøver er ca. 100 g materiale vådsigtet med maskevidde på 0.063 mm. Den tilbageholdte prøvemængde er tørsigtet i fraktioner mellem 8 mm og 0.063 mm, og kornstørrelserne mindre end 0.063 mm er bestemt med hydrometer.

Kornstørrelsesfordelingen er vist i fig. 6a (den tynde moræne) og fig. 6b (den tykke moræne). Det er vanskeligt at adskille morænerne ud fra de viste fordelinger, og eventuelle forskelle inden

for samme moræneenhed vil derfor næppe kunne identificeres.

For de samme prøver er der vist frekvensdiagrammer i fig. 7, hvor bimodale (eller multimodale) fordelinger (jf. Flint 1971) træder frem. De to prøver 1219 og 1221 viser et kurveforløb, der er forskelligt fra de øvrige prøvers kurver. De to prøver er begge »øvre prøver« af den tykke morænes nedre og øvre del. Det sammenfaldende kurveforløb for 1219 og 1221 kunne måske antyde en »repetition« inden for den tykke moræne.

Grovgrus sammensætningen

Grovgruset omfatter her partikler større end 4.75 mm. Under binokulært mikroskop er der talt flint, krystalline bjergarter, kalkfrie sedimente, palaeozoiske kalksten og kretasiske (og yngre) kalksten.

Antal flint, krystalline bjergarter og kalkfrie sedimente omregnes til procent. Antallet af palaeozoiske kalksten og kretasiske kalksten er også anført som »procent«, men divisor i procentudregningen er alene antal korn i den kalkfrie basis. De kalkholdige bjergarters procenttal kan derved let overstige 100. Med den her beskrevne udregningsmåde kan resultaterne umiddelbart sammenlignes med Ehlers' (1979) diagrammer fra Ristinge.

Fig. 8 viser grovgrustællingerne fra nogle af flagerne i Ristinge Klint. De fleste tællinger er fra moræneprøver, dog er prøve 418 fra et gruslag umiddelbart over den tynde moræne (i bunden af det gule sand), og 417 er fra en prøve af gruset i basis af ferskvandssandet mellem det blanke ler og det marine Eem.

På grund af den tynde morænes ringe indhold af sten har kun en enkelt prøve (1102) været stor nok til at kunne repræsentere den tynde moræne. På dette grundlag er det muligt at adskille den tynde og den tykke moræne på det forskellige indhold af palaeozoiske og kretasiske kalksten. Der synes også at være et større indhold af kalkfrie sedimente i den tynde moræne, ligesom den tykke moræne har et større flintindhold. Resultaterne menes dog at være uden større statistisk signifikans.

Prøve 418 (N = 343) viser størst affinitet til den tynde moræne; i følge Ehlers (1979, fig. 6) viser en tælling fra toppen af det gule sand derimod størst affinitet til den tykke moræne. Der er

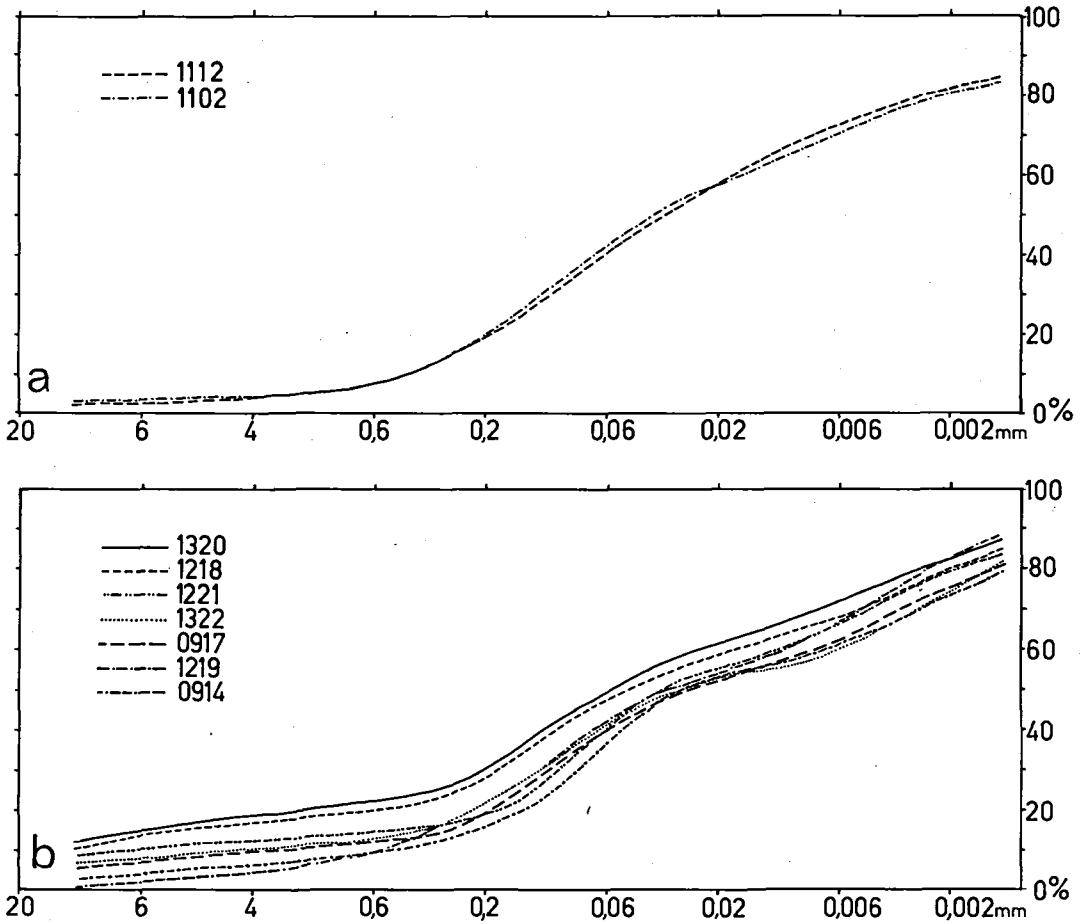


Fig. 6. Kornstørrelsesfordelingen a) i den tynde moræne, og b) i den tykke moræne. (Se også fig. 7).

Grain size distribution a) of the thin till and b) the thick till. (Cf. also fig. 7).

for nuværende ikke observeret nogen diskordans inden for det gule sand, der kunne tænkes at være to-delt og tilhøre hvert sit isfremstød.

Madsen's (1916) stentællinger er opført i til-

svarende diagrammer (fig. 9), som anvendt i fig. 8. Der bemærkes en afvigelse fra det generelle mønster inden for flagerne 9-10, hvor der er et mindre indhold af kretasiske kalksten i den tykke

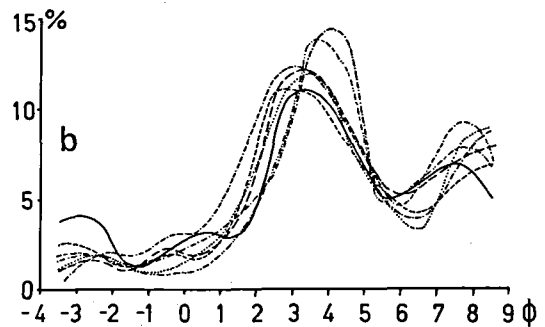
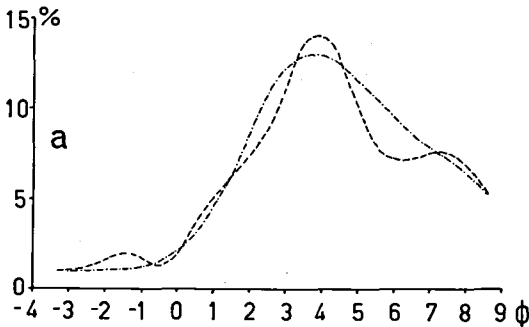


Fig. 7. Frekvensdiagrammer for de samme prøver, som i fig. 6, - a) tynde moræne, b) tykke moræne.

Frequency diagrams for the samples shown in fig. 6. a) the thin till, b) the thick till.

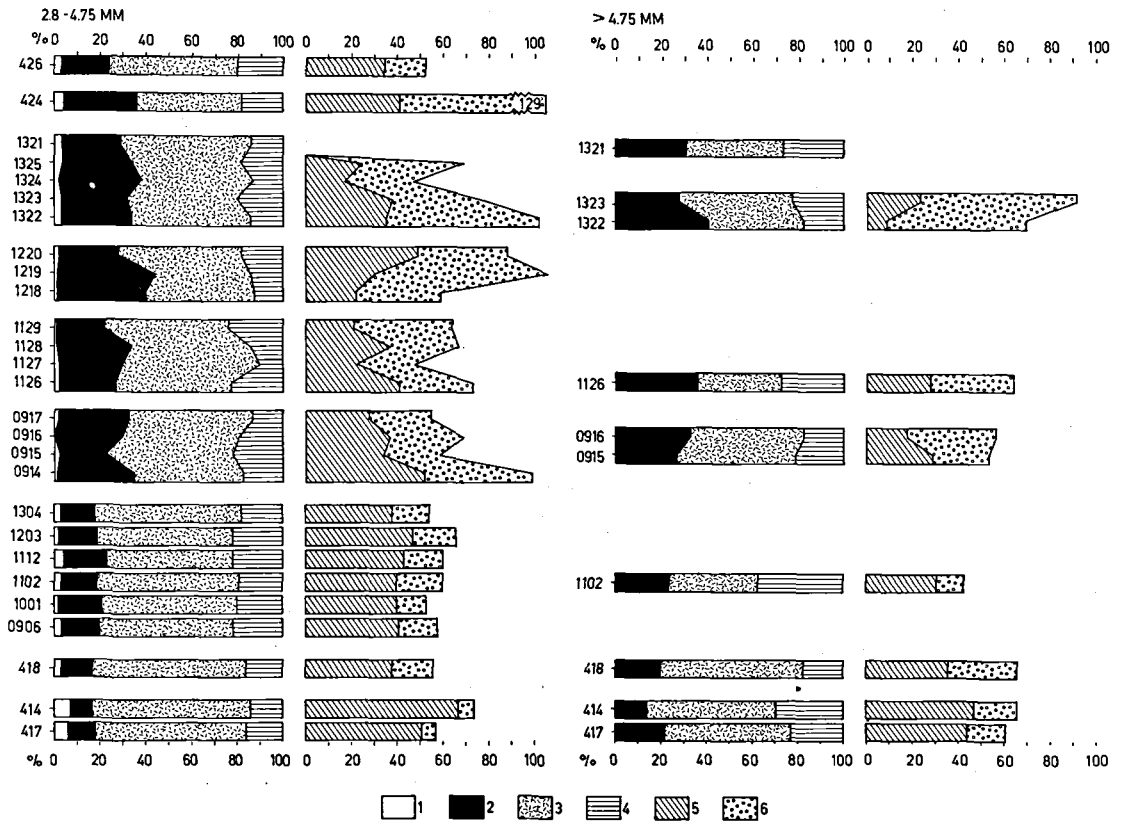


Fig. 8. Petrografisk sammensætning i to forskellige fraktioner. I de fire-cifrede prøvenumre angiver de to første cifre flagenummer, lokalisering se fig. 1. Signaturer: 1) kvarts, 2) flint, 3) krystalline bjergarter, 4) kalkfrie sedimentbjergarter, 5) palaeozoiske kalksten og 6) kretasiske kalksten.

Gravel countings in two different grain sizes. For location of the samples see fig. 1. Legend: 1) quartz, 2) flint, 3) igneous and metamorphic rocks, 4) sediments without any content of CaCO_3 , 5) palaeozoic limestones and 6) cretaceous (and younger) limestones.

moræne. Dette kan eventuelt tilskrives opløsning af kalk, da der er et konformt kurveforløb for både palaeozoiske og kretasiske kalksten.

Fingrus sammensætningen

Fra det indsamlede glacial materiale er fraktionen 2.8–4.75 mm udtaget ved vådsigtning. Partiklerne er derefter skyllet i ca. 5% HCl i $\frac{1}{2}$ –1 min. for at fjerne lerhinder, der ofte sidder fast på især ru korn. Sorteringen i bjergartsgrupper sker lettest, når kornene er våde og under binokulært mikroskop med moderat forstørrelse.

Såfremt antallet af korn tillader det, tælles der mindst 300 partikler på kalkfri basis (cf. Larsen, 1959). Partiklerne opdeles i: kvarts, flint, krystalline bjergarter og kalkfrie sedimentbjergarter. Indeholder prøvematerialet endvidere kalksten

opdeles de i palaeozoiske kalksten og kretasiske (og yngre) kalksten.

Tællingerne ses i fig. 8, og bortset fra at kvarts her også indgår i den kalkfrie basis, er udregningsmåden den samme, som for grovgrustællingerne. På denne måde er det muligt umiddelbart at sammenligne uforvitrede og kalkforvitrede prøvers fingrusindhold.

Af diagrammet fig. 8 fremgår det, at fingrus-sammensætningen i den tykke moræne (0914–0917, 1126–1129, 1218–1220 og 1322–1321) varierer mere, end i den tynde moræne (0906, 1001, 1102, 1112, 1203 og 1304), der har en ret »stabil« sammensætning.

I den tykke moræne varierer indholdet af palaeozoiske kalksten og kretasiske kalksten meget, og på en måde, der ikke kan forklares ved almindelig forvitring i toppen. Det er værd at bemærke,

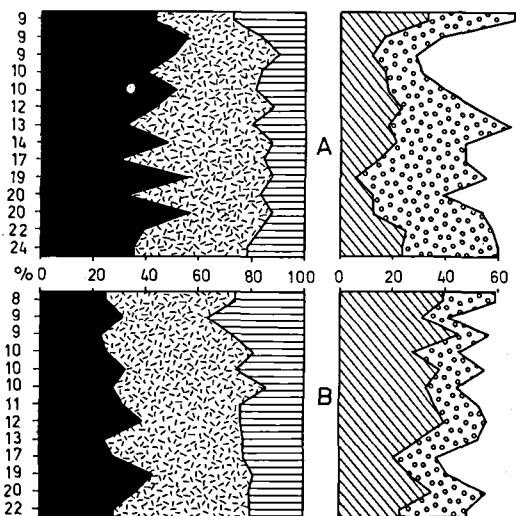


Fig. 9. Madsen's (1916) stentællinger fra Ristinge Klint udtegnet efter samme principper som fig. 8. A: prøver fra den tykke moræne, B: prøver fra den tynde moræne. Tallene til venstre angiver flagenummer. Signaturer som i fig. 8.

Madsen's (1916) countings (fraction 6–60 mm) from Ristinge Klint drawn as in fig. 8. A: the thick till, B: the thin till. The figures to the left indicate thrust sheet number. Legend as in fig. 8.

at et par enkelttællinger fra den tykke moræne (prøve 1220 og 0914) indeholder flere palaeozoiske kalksten end nogen af prøverne fra den tynde moræne.

På grundlag af fingrustællingerne er en adskillelse af den tynde og den tykke moræne mulig på grundlag af indholdet af kretasisk kalk (jf. fig. 14). Desværre er netop kretasiske kalksten en bjergartstype, der kan forsvinde helt eller delvis ved forvitring.

Morænen (414) ved basis af ferskvandssandet (præ-Eem morænen) viser et dobbelt så stort kvartsindhold som i den tynde moræne, og samtidig er indholdet af palaeozoiske kalksten væsentligt større. Det samme gælder for gruslaget (417), hvori moræneklumperne ligger. Om dette billede er generelt, kan være vanskeligt at afgøre på grundlag af de to enkelttællinger.

De to diskordante moræneaflejringer, nederst en stenet moræneler (424) og øverst en morænesand (426) viser spektre, der er vanskelige at adskille fra den tykke morænes. Derved adskiller tællingerne fra de diskordante moræner sig væsentligt fra de af Ehlers (1979) viste. Ehlers (pers. medd.) har udtaget sine prøver af den diskordante moræne i et lille profil umiddelbart un-

der restauranten ved klintens østlige ende, d.v.s. uden for det dislocerede område.

Farvetællinger

Tre af moræneenhederne er blevet undersøgt ved hjælp af en simpel metode, der består i at tælle antal af farvede mineral Korn inden for bestemte kornstørrelsesintervaller. Metoden er beskrevet af Maarleveld (1966). Humus, trækul og jern fjernes fra prøverne ved kogning i 30% H₂O₂ og efterbehandling med 25% HCl for at fjerne kalk. Derefter sigtes den tørrede prøve i forskellige fraktioner (f.eks. 0.075–0.105 mm, 0.150–0.210 mm og 0.300–0.420 mm). Repræsentative dele af prøverne drysses ud på tape, placeret på et dækglas med indtegnede målecirkler. Under binokulært mikroskop tælles antallet af farvede korn (røde, grønne, blå og sorte (opake)) inden for hver cirkel, der omfatter et vist antal korn, afhængig af kornstørrelsen. De forskellige farvede korns andel af prøverne er i promiller.

Ved Ristinge-materialet er der kun talt i fraktionen 0,300–0,425 mm med anvendelse af cirkeldiameter på 6 mm. Hver prøve indeholdt omkring 600 korn, og metoden var forenklet ved anvendelse af dobbeltklæbende tape, anbragt på præparatglas med tællecirkler som mellemlag. Metoden er hurtig og kræver ikke kendskab til mineralogi. Fra de 16 Ristinge-prøver (4 fra hver af: præ-Eem morænen, den tynde moræne, nedre og øvre del af den tykke moræne) er antallet af røde og sorte (+ opake) korn registreret. Indholdet af røde korn er større end indholdet af sorte korn (fig. 10).

	% sorte korn black grains	% røde korn red grains
Tykke moræne, øvre del Thick till, upper part	5,4	15,8
Tykke moræne, nedre del Thick till, lower part	3,3	10,8
Tynde moræne, Thin till	2,9	5,8
Præ-Eem moræne Pre-Eemian till	1,7	6,7

Fig. 10. Skema over indholdet af sorte (opake) og røde korn i fraktionen 0,300–0,425 mm.

The content of black (opaque) and red grains in fraction 0,300–0,425 mm.

På grundlag af indholdet af røde korn kan præ-Eem morænen og den tynde moræne ikke adskilles, men den tykke morænes indhold af røde korn afviger markant. Inden for den tykke moræne synes der at kunne konstateres en to-delning ved hjælp af denne metode, men på grund af undersøgelsens mangelfulde data må resultaterne dog tages med forbehold.

Tungmineralindholdet

Fra 5 stikprøver er tungminerallerne separeret fra (fraktion 0.063–0.250 mm) ved hjælp af bromoform ($d: 2,89 \text{ g/cm}^3$). Identifikationen og optællingen er foretaget af lektor Bruno Thomsen. Resultaterne er vist i fig. 11, hvor mineralernes andel af selskabet er vist i procent.

Hornblende indholdet er ret ensartet i alle prøverne. Forholdet mellem granat og epidot varierer, men gennemgående er summen af de to komponenter konstant.

Pyroxen er til stede i ringe mængde i præ-Eem morænen (414) og i den tynde moræne (1001). Der er kun spor efter pyroxen i den tykke morænes nedre del (1322) mens der er relativt meget pyroxen i den øvre del (1324 og 1325).

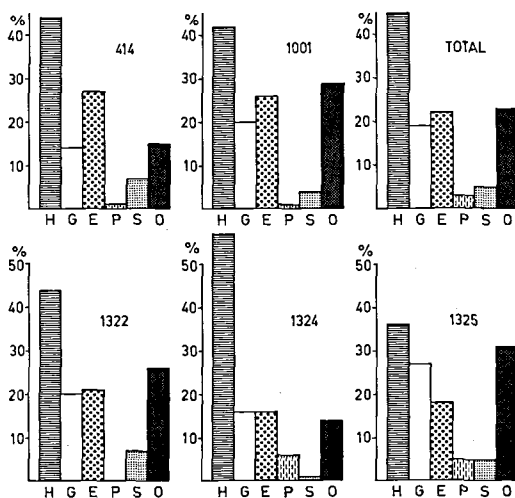


Fig. 11. Tungmineralsammensætningen i præ-Eem morænen (414), den tynde moræne (1001) og den tykke moræne (1322, 1324 og 1325). Gennemsnittet af de 5 prøver er vist i »total«-diagrammet. H = hornblende, G = granat, E = epidot, P = pyroxen, S = stabile mineraler (zirkon, rutil, turmalin) og O = opake mineraler.

The content of heavy minerals in the pre-Eemian till (414), the thin till (1001) and the thick till (1322, 1324 and 1325). The average content is shown in »total« diagram. H = hornblende, G = garnet, E = epidote, P = pyroxene, S = stable minerals (zircon, rutile, tourmaline) and O = opaque minerals.

Mens indholdet af stabile mineraler varierer omvendt proportionalt med pyroxen indholdet, varierer indholdet af opake korn kun lidt.

På grundlag af de 5 tællinger synes der at være tale om en »lokal« opblanding mellem de stratigrafiske enheder i overensstemmelse med Holm's (1981) resultater. Holm (1981) har etableret to tungmineral provinser, en nordlig og en sydlig. Lokaltiteten Ristinge Klint viser i denne sammenhæng størst affinitet til Holm's nordlige provins.

Friis og Larsen (1975, tabel 1) har undersøgt tungmineralindholdet i det hvide sand i Ristinge Klint. Deres resultater viser en sammensætning, der er helt forskellig fra morænerne sammensætning, hvorfor man kunne forvente, at enhederne i Ristinge Klint ville have vist et mere differentieret mønster.

Lermineralogi

Præ-Eem morænen, den tynde moræne samt den tykke moræne er undersøgt for indholdet af lermineraler. Undersøgelsesmetoden er nøje beskrevet og diskutert af Vortisch (1982).

Teksturpræparater af lerfraktionen, der er udtaget uden anvendelse af dispergeringsmiddel, er analyseret i: ubehandlet form, efter behandling med Etylenglycol og efter termisk behandling (350° , 450° og 550°C i 2 timer). Resultaterne er vist i fig. 12 og 13. Det fremgår klart, at den tynde moræne lermineralogisk set er meget homogen, samt at præ-Eem morænen viser stor affinitet til den tynde moræne, hvilket kunne tyde på samme oprindelsessted.

Med hensyn til den tykke moræne er det vigtigt at fremhæve, at karbonatindholdet og indholdet af klorit, der let ødelægges ved forvitring, viser, at forskellen i lermineralsammensætningen er primær, og er ikke fremkommet ved forvitningsprocesser.

I tre af de fire undersøgte flager (9, 11 og 12) kan den (inhomogene) nedre del af den tykke moræne adskilles ganske godt fra den øvre del. I flage 13 er denne adskillelse ikke mulig (prøverne 22–25). Her synes alle prøverne at tilhøre den nedre del ud fra lermineralsammensætningen. (På figurerne 12 og 13 er prøve 24 (= 1324) indtegnet som en »nedre« prøve. Ud fra indsamlingen af prøver bør 24 repræsentere den øvre del af den tykke moræne).

Netop det forhold, at de lermineralogiske parametre ikke gør en opdeling i øvre og nedre del

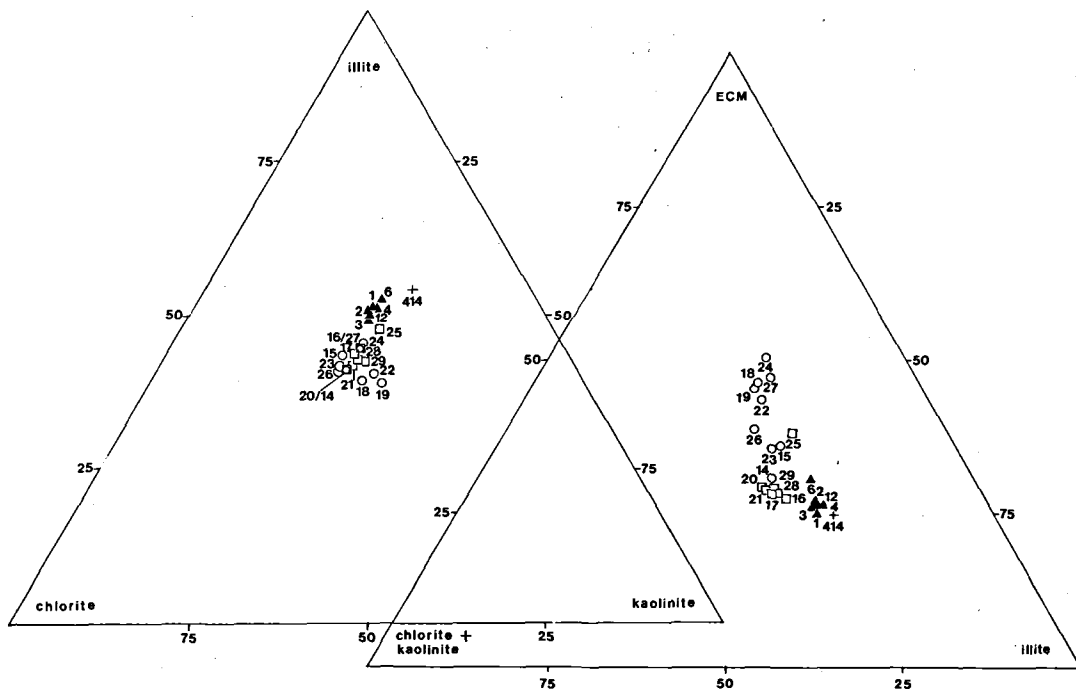


Fig. 12. Morænernes lermineralogiske sammensætning. De anvendte prøvenumre svarer til numrene i fig. 1, her er blot de to første cifre (= flagenummer) udeladt. Prøve 21 svarer til 1221, idet 1321 ikke er undersøgt for lermineralindhold. Symboler: præ-Eem moræne (kryds), den tynde moræne (trekanter), den tykke moræne, nedre del (cirkler) og den tykke moræne, øvre del (firkanter). Venstre diagram viser forholdet mellem illit, kaolinit og klorit, hvorefter præ-Eem morænen og den tynde moræne kan udskilles fra den tykke moræne. Højre diagram viser forholdet mellem svellende lerminerale (ECM), illit og klorit + kaolinit. Med undtagelse af prøverne 24 og 25, der falder uden for det generelle mønster (se teksten), kan den tykke moræne opdeles i en øvre og nedre del.

Clay mineral composition of the tills. The numbers refer to the sample numbers in fig. 1 without the first two figures (in fig. 1), which indicated the thrust sheet number. Sample 21 indicates sample 1221 in fig. 1. Symbols: pre-Eemian till (cross), the thin till (triangles), the thick till, lower part (circles) and the thick till, upper part (squares). In the diagram to the left the thin till and the pre-Eemian till may be separated from the thick till. In the diagram to the right the thick till can be divided in two. Sample 24 and 25 deviate from the general pattern, where 24 is from the upper and not as indicated the lower section of the thick till.

mulig i flage 13, er mindre heldigt i forbindelse med tungmineralundersøgelsen, hvor tre af de fem præparater (1322, 1324 og 1325) er udtaget fra denne flage.

Morænernes karbonatindhold

Kalkindholdet i morænernes matrix (materiale mindre end 1 mm) er bestemt ved titrering. Opblødt morænemateriale er presset gennem en 1 mm sigte. Ca. 10 g af det gennempresede materiale tørres (110°) og findeles. Heraf udtages en repræsentativ prøve på 1,00 g, der overføres til en 300 ml pyrexkolbe. Der tilsættes 25 ml 0,5 N HCl samt 200 ml destilleret vand. Efter kogning i 20 min. tilsættes nogle dråber phenolphthalein, og der titreres til omslag med 0.5 N NaOH. CaCO₃ %-indholdet beregnes efter:

$$(25 \text{ ml HCl} \div \text{forbrugt mængde NaOH}) \cdot 2,5 = \text{CaCO}_3 \%. \text{ Usikkerheden ligger inden for et par procent.}$$

I fig. 14 ses tydeligt, at den tykke moræne indeholder 10–30% mere CaCO₃ end den tykke moræne, og 20–40% mere CaCO₃ end præ-Eem morænen. Den tykke morænes CaCO₃ %-indhold er forskelligt i de fire flager, men det er altså muligt, at adskille den tykke og den tynde moræne fra hinanden alene på CaCO₃-indholdet (fig. 14).

Prøvernes CaCO₃ %-indhold er sammenlignet med %-indholdet af kretasisk kalksten fra fin-grustællingerne. Det er bemærkelsesværdigt, at der er god overensstemmelse mellem stigninger og fald i de to parametre. Overensstemmelsen mangler i toppen af den tykke moræne, men dette

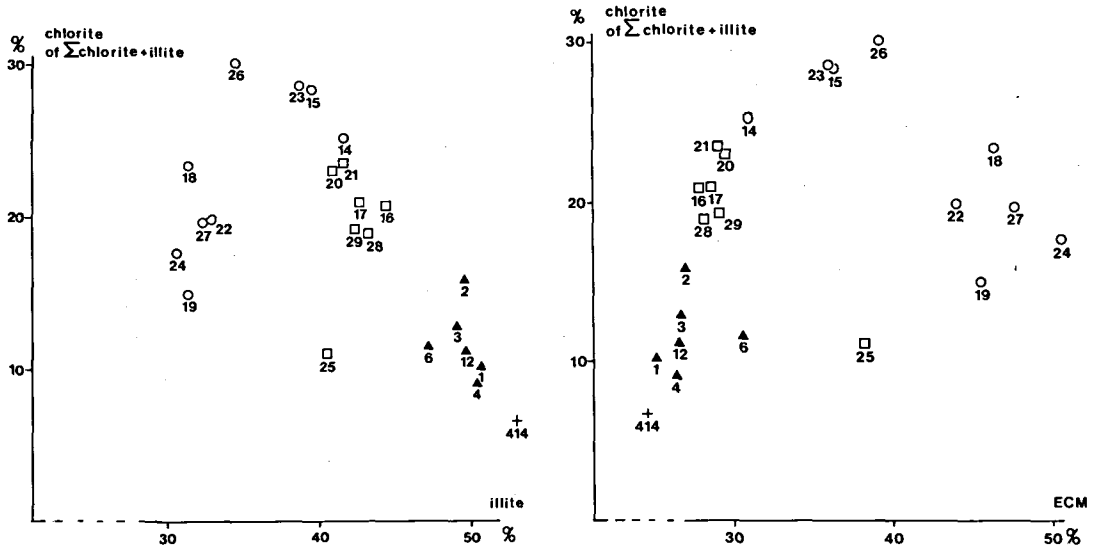


Fig. 13. Moræernes lermineralogiske sammensætning. Venstre diagram: klorit (= % klorit af klorit + (illit + ECM) = 100%, 550°C, 2 timer) i forhold til illit (= % illit af ECM + illit + kaolinit + klorit = 100%, Etylenglycolbehandlet). Højre diagram: klorit (= % klorit af klorit + (illit + ECM) = 100%, 550°C i 2 timer) i forhold til ECM (= % ECM af ECM + illit + kaolinit + klorit = 100%, Etylenglycolbehandlet). I begge diagrammer ses en klar opdeling af moræerne, når der ses bort fra prøverne 24 og 25.

Clay mineralogical composition of the tills. Diagram to the left: Plot of chlorite (= % chlorite of chlorite + (illite + ECM) = 100%, 550°C/2h) to illite (= % illite of ECM + illite + kaolinite + chlorite = 100%, ethylene glycol). ECM = expandable clay minerals. Diagram to the right: Plot of chlorite (= % chlorite of chlorite + (illite + ECM) = 100%, 550°C/2h) to ECM (& % ECM of ECM + illite + kaolinite + chlorite = 100%, ethylene glycol).

In both of the diagrams can the tills be distinguished from each other, and when samples 24 and 25 are ignored can the thick till be further sub-divided into two units.

skyldes ikke forvitring, hvilket fremgår af lermineralundersøgelserne og indholdet af omljrede kvartære foraminiferer (se neden for).

Indhold af kvartære foraminiferer

Ialt 25 prøver af moræerne i Ristinge Klint er undersøgt for indholdet af omljrede kvartære foraminiferer. Prøverne var normalt på mellem 150 og 200 g tør vægt, og de er efter vaskning på en 0,063 mm sigte separeret med CCl_4 . Separatet er derefter undersøgt under mikroskop, og de kvartære foraminiferer er bestemt og talt. Resultaterne fremgår af skemaet i fig. 15. Nomenklaturen er den samme, som er anvendt hos Feyling-Hanssen og Knudsen, 1980.

Af præ-Eem morænen er der undersøgt en enkelt prøve, og denne viste sig at være ganske fri for kvartære foraminiferer. Prøven er ikke kalkforvitret og har et betydeligt indhold af prækvartære foraminiferer. Præ-Eem morænen adskiller sig således tydeligt fra de andre undersøgte moræner, idet ingen uforvitret prøve af nogen

anden moræne har været ganske uden kvartære foraminiferer.

Fra den tynde moræne er der undersøgt 6 prøver, hvoraf den ene var unormalt stor, på 600 g tør vægt. Prøverne varierer i indhold mellem 5 og 25 kvartære foraminiferer pr. 100 g. Ialt er 143 kvartære specimen fundet, hvilket i gennemsnit er 9 kvartære specimen pr. 100 g materiale. Tidligere erfaringer har vist, at moræner med et indhold på mindre end ca. 30 kvartære specimen pr. 100 g normalt er overpræget af flere gange opsamlet materiale, hvorfor det ikke er muligt at fastslå det sidst tilførte materiales herkomst. I den tynde moræne er de dominerende arter *Elphidium excavatum* og *Cassidulina crassa* tæt fulgt af *Protelphidium orbiculare*. Af *Bulimina marginata* er der konstateret mindre end 2%.

Af den tykke morænes nedre del er 9 prøver undersøgt. Alle disse er meget fattige på kvartære foraminiferer, idet der kun blev fundet mellem 1 og 8 pr. 100 g materiale (gennemsnittet er 3 kvartære specimen pr. 100 g). Skemaet på fig. 15 viser, at artssammensætningen svarer ganske godt

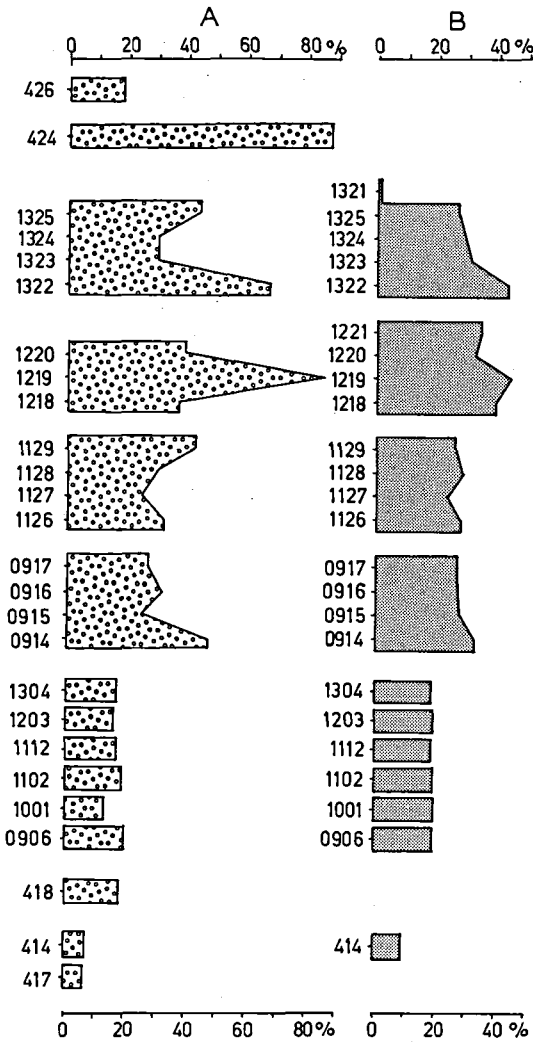


Fig. 14. Sammenstilling af prøvernes indhold af kretasiske kalksten fra fingrustællingerne (A) og prøvernes indhold af CaCO₃ i fraktionen mindre end 1 mm (B).

Diagram of the content of cretaceous limestones (A) from the fine gravel countings (fig. 8) and the content of CaCO₃ in the fraction smaller than 1 mm (B).

til den fra det NØ-sjællandske Græstedler kendte (se Petersen og Konradi 1974 og sidste spalte i fig. 15). Det må dog understreges, at det karakteristiske for den tykke morænes nedre del er den ekstreme fattigdom på kvartære foraminiferer. Morænenes relative rigdom på *Protelphidium orbiculare* og *Protelphidium anglicum* antyder erfaringsmæssigt opblanding med andre materialer end Græstedler.

Fra den tykke morænes øvre del er undersøgt 9 prøver. Disse indeholder sammenlagt 490 kvar-

tære specimen, og der er i gennemsnit fundet 36 kvartære specimen pr. 100 g materiale. Den øvre del af den tykke moræne er således mere end 10 gange så rig på kvartære foraminiferer som den nedre del. Artssammensætningen i den øvre del af morænen svarer godt til den, der er fundet i det sjællandske Græstedler, idet dog Ristinge-morænen er en smule fattigere på *Bulimina marginata* og rigere på *Protelphidium orbiculare* end de gennemsnitlige NØ-sjællandske prøver er det. Prøverne indeholder som omtalt mere end 30 kvartære specimen pr. 100 g materiale, og opfylder således på enhver måde de krav, som stilles af

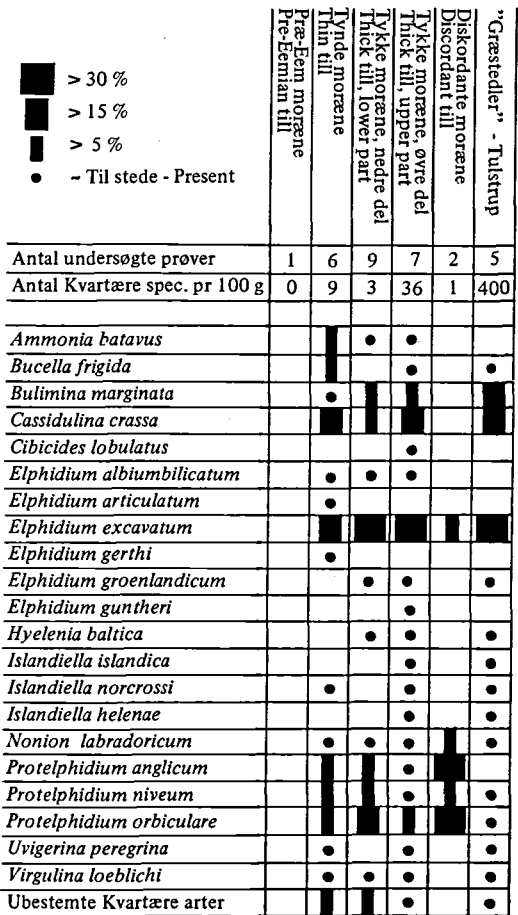


Fig. 15. Diagram over indholdet af omljrede kvartære foraminiferer i morænerne i Ristinge Klint. Til højre i diagrammet er til sammenligning vist indholdet af omljrede kvartære foraminiferer i en typisk »Græstedler«.

Diagram of the content of rebedded Quaternary foraminifera in the tills in Ristinge Klint. To the right the content of rebedded Quaternary foraminifera in a typical sample of the »Græstedler« is shown for comparison.

Frederiksen (1982) til en moræne med »sikker Græstedartssammensætning«.

Den nedre og den øvre del af den tykke moræne adskiller sig således klart fra hinanden, først og fremmest på antallet af kvartære foraminiferer pr. 100 g materiale. Dette forhold forklarer et paradoks i den litteratur, som behandler indhold af kvartære foraminiferer i moræneler, idet Madsen (1895) beskriver indholdet af kvartære foraminiferer i den tykke blå moræne i Ristinge, en artssammensætning, som efter moderne opfattelse nøje svarer til en Græstedlers artssammensætning, mens Konradi (1973) ikke finder kvartære foraminiferer i de af ham undersøgte prøver af den tykke moræne.

Af de diskordante moræner er der undersøgt to store prøver på henholdsvis 500 og 600 g tørt materiale. Morænesandet (426) indeholdt kun 2 kvartære specimen, mens moræneleret (424) indeholdt 14 kvartære specimen. Begge prøver bar i nogen grad præg af forvitring, og det er sandsynligt, at det lave og atypiske indhold af kvartære foraminiferer ikke er et primært træk ved morænerne, se fig. 15.

Som konklusion af foraminiferundersøgelserne er det vist, at morænerne lader sig adskille efter indholdet af omljrede kvartære foraminiferer. Dog er alle de undersøgte moræner, bortset fra den tykke morænes øvre del, for fattige i indholdet af kvartære foraminiferer, til at undersøgelsen har kunnet give besked om modermaterialets karakter.

For den tykke morænes øvre del gælder det, at denne har opsamlet materiale fra Skærumhede Seriens *Portlandia arctica*-Zone (Jessen et al. 1910, Bahnson et al. 1974).

Sammenfatning

Feltundersøgelserne ved Ristinge Klint har vist, at der eksisterer rester af en præ-Eem moræne, at den tykke moræne er todelt, samt at der over den dislocerede del af klinten eksisterer to adskilte moræneaflejringer.

Till fabric målingerne viser, at den tynde moræne er transporteret til stedet fra sydøstlig retning, og at den tykke moræne er aflejret ved en isoverskridelse fra østlig eller nordøstlig retning.

Laboratorieundersøgelserne har omfattet udvalgte prøver. Morænernes kornstørrelsessammensætning viser ikke større variation. Den pe-

trografiske sammensætning i såvel grovgrus som fingrusfraktionerne varierer, men fingrustællingerne fra den tynde moræne viser dog påfaldende overensstemmelse fra prøve til prøve. Petrografisk set viser præ-Eem morænen størst affinitet til den tynde moræne.

Grusindholdet i den tykke moræne og i de diskordante moræner ligner hinanden meget, og mere end vist af Ehlers (1979). Den synlige to-delning af den tykke moræne har ikke kunnet spores ved hjælp af grussammensætningen.

Tælling af farvede korn i fraktionen 0.300–0.425 mm viser forskelle fra moræne til moræne samt forskel inden for øvre og nedre del af den tykke moræne.

Tungmineralundersøgelserne har omfattet 5 enkeltprøver, hvoraf 3 af prøverne er fra den tykke moræne. Variationen i tungmineralskabet synes at være tilfældig, men desværre er prøverne fra den tykke moræne udvalgt i flage 13, hvorfra lermineralerne viser den største spredning. Ved de lermineralogiske undersøgelser er det vist, at præ-Eem morænen, den tynde moræne og den øvre og nedre del af den tykke moræne klart kan adskilles, når der ses bort fra prøverne af den tykke moræne i flage 13. Det er ikke utænkeligt, at intern deformation i den tykke moræne (i flage 13) spiller en rolle i denne forbindelse.

CaCO₃ indholdet i fraktionen mindre end 1 mm kan benyttes til at adskille præ-Eem morænen, den tynde moræne og den tykke moræne fra hinanden. Samtidig er der vist en stor samhørighed mellem CaCO₃ indholdet i matrix og indholdet af kretasiske kalksten i fraktionen 2,8–4,75 mm.

Morænernes indhold af omljrede kvartære foraminiferer kan benyttes til at adskille morænerne, og specielt til at adskille den tykke morænes nedre og øvre del.

Den bedste opdeling af morænerne og morænedelene synes at komme frem ved undersøgelsesmetoder, der koncentrerer om morænernes finere fraktioner, hvorimod klast-indholdet generelt viser stor og tilfældig variation.

Betydningen af opdelingen af den tykke moræne i en øvre og nedre del er ikke klarlagt; det vides således ikke, om der er tale om to adskilte isfremstød, eller om der er tale om to forskellige »facies« af samme isfremstød.

Litteratur

- Andersen, S. A. 1950: Rågeleje egnens geologi. *Meddr dansk geol. Foren.*, 11, 543–557.
- 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. *Dann. geol. Unders., Årbog for 1973*, 27–62.
- Banham, P. H. 1966: The significance of Till Pebble Lineations and their Relation to Folds in Two Pleistocene Tills at Mindesley, Norfolk. *Proc. Geol. Ass.*, 77, 469–474.
- Ehlers, J. 1979: Fine gravel Analyses after the Dutch Method as Tested out on Ristinge Klint, Denmark. *Bull. geol. Soc. Denmark*, 27, 157–165.
- Feyling-Hansen, R. W. & Knudsen, K. L. 1980: Foraminiferer og deres betydning i Skandinavisk kvartærgeologi. *Dansk Natur – Dansk Skole, Årsskrift 1979*, 3–47.
- Frederiksen, J. K. 1982: Græstedlerets foraminiferer i østdanske moræneaflejringer. *Dansk geol. Foren., Årsskrift for 1981*, 65–71.
- Friis, H. & Larsen, G. 1974: Tungmineralanalytisk bidrag til forståelse af dannelsesforholdene for det Sydfynske hvide sand (Kvartær). *Dansk geol. Foren., Årsskrift for 1974*, 25–32.
- Flint, R. F. 1971: *Glacial and Quaternary Geology*. John Wiley and Sons, Inc., New York, 892 s.
- Harrison, P. W. 1957: A clay till fabric: Its charater and origin. *Jour. of Geology*, 65, 275–303.
- Holm, L. 1981: Heavy mineral distribution in Weichselian drift successions in eastern Denmark. *Bull. geol. Soc. Denmark*, 30, 1–11.
- Houmark-Nielsen, M. 1981: Glacialstratigrafi i Danmark øst for Hovedopholdslinien. *Dansk geol. Foren., Årsskrift for 1980*, 61–76.
- Jacobsen, E. M. 1976: En morænestratigrafisk undersøgelse af klinerter på Omø. *Dansk geol. Foren., Årsskrift for 1975* 15–17.
- Jensen, V. 1977: St. Karlsminde Klint – materialer og strukturer. *Dansk geol. Foren., Årsskrift for 1976*, 47–55.
- Jessen, A., Milthers, V., Nordmann, V., Hartz, N. & Hesselbo, A., 1910: En boring gennem de kvartære lag ved Skærumhede. *Dann. geol. Unders.*, II, 25, 175 p with 3 plates.
- Konradi, P. B. 1973: Foraminiferas in some Danish glacial deposits. *Bull. geol. inst. univ. Uppsala*, N. S. 5, 173–175.
- Larsen, G. 1959: Petrografisk undersøgelse af betongrus – Hvorfor og hvordan. *Beton-Teknik 1959/3*, 73–103.
- Lindsay, J. F. 1970: Clast fabric of till and its development. *Jour. of Sedimentary Petrology*, 40, 2, 629–641.
- Maarleveld, G. C. 1966: A simple method of characterizing sands. *Tijdschrift van het Koninklijk Nederlandsch Aardrijkskundig Genootschap*, Deel LXXX III, No. 3, 1966.
- Madsen, V. 1895: Istidens Foraminiferer I Danmark og Holsten. *Meddr dansk geol. Foren.* 1, 1–129.
- Madsen, V. 1916: Ristinge Klint. *Dann. geol. Unders.*, IV, 1 nr. 2, 32 p.
- Madsen, V., Nordmann, V. & Hartz, N. 1908: Eem-zonerne. Studier over Cyprinaleret og andre Eem-aflejringer i Danmark, Nord-Tyskland og Holland. *Dann. geol. Unders.*, II, 17, 302 p. with an atlas.
- Nielsen, P. E. 1980: Distinguishing between tills of different geneses from Korsør Lystskov, Denmark. *Dann. geol. Unders., Årbog 1979*, 21–30.
- Nielsen, P. E. (in prep.): Internal fabric in normal and dislocated tills determined by three-dimensional till fabric measurements.
- Petersen, K. S. & Konradi, P. B. 1974: Lithologiske og palæontologiske beskrivelser af profiler i kvartæret på Sjælland. *Dansk geol. Foren., Årsskrift for 1973*, 47–56.
- Rosenkrantz, A. 1944: Nyere bidrag til forståelsen af Ristinge klints opbygning. *Meddr dansk geol. Foren.*, 10, 431–435.
- Vortisch, W. 1982: Clay mineralogical studies of some tills in northern Germany. *Geologica et Palaeontologica*, 15, 167–191.