

# En sedimentologisk og geokemisk undersøgelse samt magnetostratigrafisk datering af en sen Mellem-Weichsel issøaflejring i Istedbjerg lergrav, NV-Sjælland

ANNE C. BREHMER



Brehmer, A. C.: En sedimentologisk og geokemisk undersøgelse samt en magnetostratigrafisk datering af en sen Mellem-Weichsel issøaflejring i Istedbjerg lergrav, NV-Sjælland. *Dansk geol. Foren., Årsskrift for 1987-89*, side 49-54, København, 49-54, 15. januar 1990.

A sedimentological, geochemical and palaeomagnetic investigation was carried out of a 0.1 km<sup>2</sup> glaciolacustrine deposit in Istedbjerg, NV-Sjælland, Denmark. The sedimentological investigations showed that the fine-grained well-laminated sediment was deposited distally in a glacial lake. The REE abundances, determined by INAA, showed that it was possible to detect a minor Norwegian imprint in the glacial lake sediment. It was possible to make a preliminary magnetostratigraphical dating of the sediment to 14.100 BP, and thereby date the 'Røsnæs Advance' to this age.

Anne C. Brehmer, Institut for Almen Geologi, Københavns Universitet, Øster Voldgade 10, 1350 København K. Nuværende adresse: Grøndalsvej 10<sup>5</sup>, 2000 Frederiksberg. 31. januar 1989.

## Indledning

Den første kortbladsbeskrivelse fra det NV-sjællandske område er udarbejdet af Rørdam og Milthers (1900). Området er senere beskrevet af Milthers (1943). Istedbjerg issøbakke indgår i et større kompleks af kamebakker i et område beliggende ca. 5 km øst for Kalundborg (fig. 1). Kamebakkerne er dannet i forbindelse med den sidste Weichsel iskappes tilbagesmeltning fra det NV-Sjællandske område (Berthelsen 1975, Houmark-Nielsen 1981, 1987).

Istedbjerg issøbakke er ca. 750 m lang (N-S retning) og 450 m bred (Ø-V retning). Den opmålte profilvæg er orienteret nord-syd og er omkring 100 m lang (fig. 2). Den er beliggende i bakkens centrale del, hvor issølerets mægtighed er ca. 1,85 m.

Sedimentet i Istedbjerg lergrav består af vel-lamineret issøler og -silt med under 1 % sand. Sedimentet er tolket som aflejret distalt i en glacial sø, som det tilsvarende er beskrevet fra bl.a. Lake Hitchcock (Ashley 1975).

Undersøgelsen er koncentreret omkring Istedbjerg issøbakke, fordi bakken er veldefineret og afspejler en på alle sider isdæmet sø. En kartering viser, at issøaflejringen i Istedbjerg lergrav

overlejrer den yngste moræneaflejring i området og, at der er flere tilsvarende issøbakker (fig. 3) som må være dannet omtrent samtidig hermed.

Der er udført sedimentologiske undersøgelser, geokemiske analyser (INAA og SEM-ED) samt en foreløbig palæomagnetiske datering af sedimentet i Istedbjerg lergrav.

## Sedimentologi

Glaciolakustrine sediment er hovedsaglig aflejret af densitetsbetingede strømme, der alt efter deres placering i vandsøjlen inddeles i over-, inter- og underflows (Ashley 1975, Smith og Ashley 1985).

Sedimenterne i Istedbjerg lergrav består af vel-lamineret ler og silt med enkelte sandlaminæ. Der kan defineres fem sedimentære facies. Disse har fået bogstavbetegnelser efter Miall (1977), hvor præfixet F (fines) betegner partiklerne ler og silt og suffix'et *lc* og *ls* er en forkortelse for lamineret ler og silt.

Facies Flc består af mellebrunt ler og siltet ler, der er adskilt af korntykke siltlaminæ. De enkelte lerlaminæ er oftest 0,1 til 5 mm tykke. De tykkeste siltlaminæ har en erosiv undergrænse,

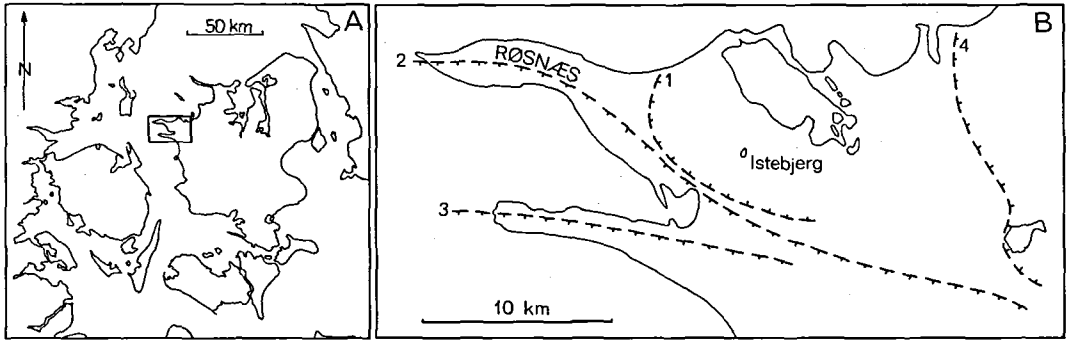


Fig 1. A: Kort med placeringen af undersøgelsesområdet. B: De vigtigste israndslinier i området er indtegnet på kortet (1: den ældste israndslinie, 4: den yngste israndslinie) (efter Berthelsen 1975 og Houmark-Nielsen 1981, 1987).

A: Location map. B: The most important icemargins in the area are shown on the map (1: the oldest icemargin; 4: the youngest ice margin) (after Berthelsen 1975 and Houmark-Nielsen 1981, 1987).

de er svagt normalgraderede, og der er til tider iagttaget mikro »ball and pillow« strukturer. Antallet af siltlaminæ varierer fra 2 til 12 laminæ/cm. Grænsen mellem de enkelte laminæ er skarp og svagt ondulerende. Facies Flc adskiller sig fra facies Fls ved at have en mere uregelmæssig lamination og ved at have slumpstrukturer. Facies Flc dominerer den nederste del af aflejringen (fig. 2). De enkelte lertilaminæ er ugraderede og har en non-erosiv undergrænse. De to observationer viser, at lertilaminæ er aflejret ved udfældning fra suspension fra overflows. De tynde siltlaminæ med non-erosiv undergrænse og svag gradering er

tolket som aflejret fra overflow og kornstørrelsesvariationen mellem ler- og siltlaminæ kan afspejle døgnvariationer i afsmeltningen fra iskappen. De tykke siltlaminæ (op til 5 mm) med erosiv undergrænse, belastningsstrukturer samt normal gradering, tolkes som aflejret fra underflow i lighed med lignende sedimenter beskrevet fra Lake Hitchcock (Ashley 1975).

Facies Fls består af vellamineret, siltdomineret mudder og karakteriseres af 2-4 mm tykke siltlaminæ, hvor både over- og undergrænserne er skarpe. De mellemlægges af 1-2 mm tykke lertilaminæ. Siltlaminæene er svagt normalgraderede.

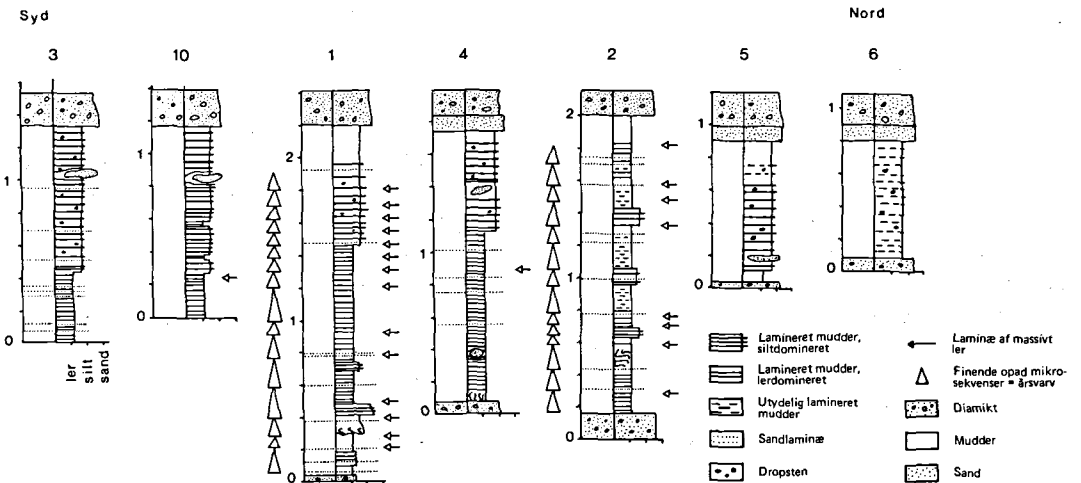


Fig. 2. Sedimentologiske logs fra Istebjerg lergrav. Bemærk, at den overordnede sekvens Flc - Fls - Dm er udviklet forskelligt fra profil til profil. Dette kunne indicere, at Flc repræsenterer underflows med en tydelig lobeformet geometri. Den vertikale skala er i meter.

Figure 2 shows the sedimentological logs from Istebjerg claypit. Notice that the upper sequence differs from log to log. It could indicate that facies Flc represents underflows with a lobeshaped geometry. The vertical scale is in meter.

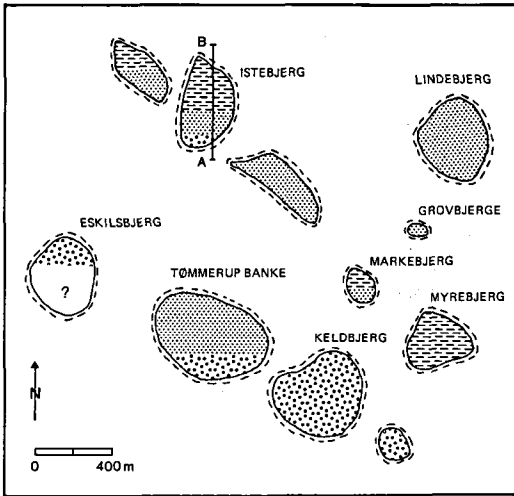


Fig. 3. Foreløbigt karteringskort, baseret på egen kartering udført i 1987 (samt Eskilsbjerg tegnet fra Berthelsen 1975). I modsætning til tidligere jordartskort ses, at der er langt flere smeltevandsaflejringer i området end tidligere antaget. Figuren viser, at der ikke er noget »regional« mønster i kornstørrelsesfordelingen af smeltevandssedimenter. Dette indikerer, at hver issø har modtaget hver sit isolerede smeltevandssløb. Linien A-B angiver placeringen af det geoelektriske profil samt de sedimentologiske logs.

1.: moræner. 2: issøler. 3: smeltevandssand. 4: smeltevandsgrus.

Preliminary soilmap, based on field investigation carried out in 1987 (Eskilsbjerg drawn from Berthelsen 1975). As opposed to earlier soilmaps it is observed that there are larger amounts of meltwater deposits in the area. The figure shows that there is no »regional« pattern in the grainsize distribution of the meltwater sediments. It indicates that each glacial lake has had its own separate meltwater inflow. The line A-B shows the position of the geoelectrical profile and sedimentological logs.

1: till. 2: glaciolacustrine clay. 3: meltwater sand. 4: meltwater gravel.

Der ses ingen interne strukturer i silt- og lerlaminæ. Der er observeret enkelte dropsten (max. længde 6 cm) samt usorterede, skarpt afgrænsede sandlinser (op til 40 cm lange og 25 cm tykke); de er tolket som »sanddumps«. Facies Fls dominerer i den øvre del af profilet. Facies Fls adskiller sig fra facies Flc ved at have en regelmæssig lamination, dropsten og sandlinser. Facies Fls tolkes som aflejret af overflows på grund af de skarpe grænser mellem silt- og lerlaminæ, den svage gradering samt den store laterale udstrækning af de enkelte laminæ.

Facies Fm består af op til 15 mm tykke, mørkegrå, massive lerlag, der forekommer 12 gange i det ca. 1,85 m tykke profil. Over- og under-

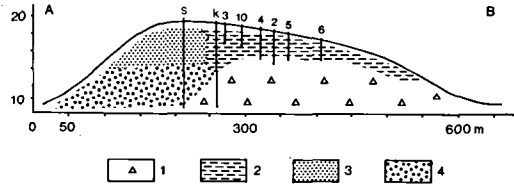


Fig. 4. Tværsnit af Istedbjerg issøbakke baseret på geoelektriske undersøgelser, kartering samt borer. De vertikale linier angiver placeringen af henholdsvis den geoelektriske sonderingsboring (s), almindelig boring (k) samt de sedimentologiske logs placering (2-6 og 10). De sedimentologiske logs markerer lergravens udstrækning. Placeringen af det geoelektriske profil er vist på fig. 3.

1: moræner, 2: issøler, 3: smeltevandssand og 4: smeltevandsgrus.

On figure 4 is shown a vertical cross-section of Istedbjerg, based upon geoelectrical investigations, mapping and wells. The vertical lines show the location of the geoelectrical drilling (s), normal drilling (k) and the sedimentological logs (2-6 and 10). The logs show the extension of the claypit. The position of the geoelectrical profile is shown on figure 3.

1: till, 2: glaciolacustrine clay, 3: meltwater sand and 4: meltwater gravel.

grænsen er skarp. Facies Fm er tolket som aflejret ved udfældning fra suspension i lange perioder med lav vandgennemstrømning i issøen. Facies Fm opfattes som vinteraflejringer.

Facies Sm består af op til 10 mm tykke normalgraderede sandlag, der hovedsaglig findes i den nedre del af profilet og som udgør mindre end 3 % af den samlede opmålte loglængde. Der er observeret »ball and pillow« – samt flammestrukturer i undergrænsen af de enkelte sandlaminæ. Der er ikke observeret bølge- og strømstrukturer. Antallet af sandlaminæ aftager i nordlig retning. Facies Sm er ud fra den erosive undergrænse samt normalgraderingen tolket som aflejret fra underflows. Manglen på bølgestrukturer viser, at facies Sm er aflejret under bølgebasis, der er beregnet til 1,5 m for Istedbjerg issø.

Facies Dm består af et ca. 30 cm tykt lag af diamikt materiale, der udgør den øvre del af aflejringen. Facies Dm er tolket som flowtill, fordi issøsedimenterne overlejrer den yngste moræne og ikke viser deformationsstrukturer, som tyder på en påvirkning fra en aktiv iskappe.

De fire førstnævnte facies er tolket som aflejret distalt til medalt i et lakustrint lavenergi miljø. Issøleret i Istedbjerg lergrav kan opfattes som en varvig aflejring, hvor facies Fm er tolket som vinteraflejringer og facies Flc, Fls og Sm er someraflejringer domineret af talrige mikrovarv.

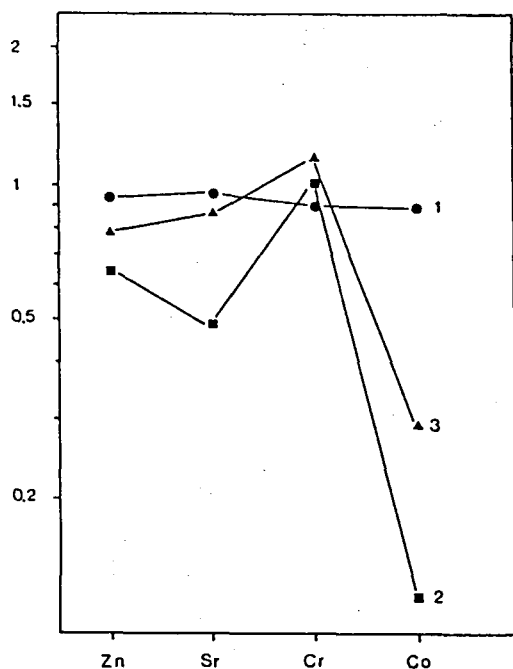


Fig. 5. De målte indhold af sporstofferne Zn, Sr, Cr, og Co er normaliseret til: 1) gennemsnittet af dansk moræneler 2) gennemsnit af danske Eocæne aflejringer 3) eocænt ler fra Røsnæs.

On figure 5 is shown the abundances of the trace elements Zn, Sr, Cr and Co measured on Istedbjerg glaciolacustrine clay. The trace element contents are normalized with 1) average of Danish moraine clay 2) average of Danish Eocene deposits 3) Eocene clay from Røsnæs.

Aflejringerne i Istedbjerg lergrav har således stor lighed med issøleret i Myrebjerg lergrav, der er beliggende ca. 1,5 km SØ for Istedbjerg. Sedimentet i Myrebjerg er beskrevet som varvigt issøler med mange mikrovarv i de enkelte sommerlag (Hansen 1940).

Ud fra den overordnede faciesfordeling (illustreret på figur 2, 3 og 4) tolkes issøaflejringerne dannet i forbindelse med en afsmeltende is. Endvidere viser faciesfordelingen, at palæostrømretningen i issøen har været mod nord, hvilket passer godt sammen med den regionalt iagttagne nordlige palæostrømretning i smeltevandsaflejringer fra området (Andersen 1964).

## Geokemi

Der er indtil videre udført INAA (instrumentel neutronaktivering) på fire prøver fra Istedbjerg

lergrav. Ved INAA målt følgende 8 sjældne jordarter: La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb og Lu, for at fastlægge kildeområdet for sedimentet i Istedbjerg lergrav.

Indholdet af de sjældne jordarter i sedimenter fra Istedbjerg lergrav er sammenlignet med indholdet i: 1) norsk moræneler (gennemsnit af 56 prøver) (Roaldset 1973), 2) sedimenter fra den vestsvenske kyst (Landström et al. 1967) samt 3) gennemsnit af 5 prøver af askelag på Mors (Morton og Evans 1988).

Sammenligningerne af indholdet af de sjældne jordarter viser, at det er muligt at spore det norske morænemateriale i sedimentet i Istedbjerg lergrav.

Fordelingen af sporstofferne Cr, Zn, Co og Sr i sedimentet fra Istedbjerg lergrav er den samme som gennemsnittet af dansk moræneler beskrevet af Binzer (1974) og er meget forskellig fra gennemsnitssammensætningen af Eocænt ler, der danner underlaget for de Kvartære aflejringer i området (fig. 5).

Ud fra indholdet af de sjældne jordarter samt indholdet af sporstofferne Cr, Zn, Sr og Co konstateres, at sedimentet i Istedbjerg lergrav ligner gennemsnittet for dansk moræneler, men med et vist norsk overpræg.

## Datering

På grund af laminationen har issøsedimentet i Istedbjerg lergrav en veldefineret (horisontal) orientering, hvilket har gjort det muligt at måle faktiske x, y og z komponenter for det palæomagnetiske felt målt med SQUID-magnetometer. Deklinationen og inklinationen blev beregnet til henholdsvis  $61^\circ \pm 5^\circ$  og  $53^\circ \pm 8^\circ$  (tre prøver).

Ved at sammenholde deklinationen og inklinationen fra Istedbjerg lergrav med det magnetostratigrafiske profil fra Nørre Lyngby i Vendsyssel (Abrahamsen og Readman 1980) ses en overensstemmelse i det palæomagnetiske felt i intervallet 9,2–10,8 m i Nørre Lyngby (fig. 6).

Ved at anvende en beregnet gennemsnits sedimentationshastighed (på basis af  $^{14}\text{C}$  dateringer) samt  $^{14}\text{C}$  dateringen fra profilet i Nørre Lyngby (Abrahamsen og Readman 1980), er det muligt at omregne det palæomagnetiske signal i intervallet 9,2–10,8 m til en absolut alder.

Alderen af sedimentet i Istedbjerg lergrav er på

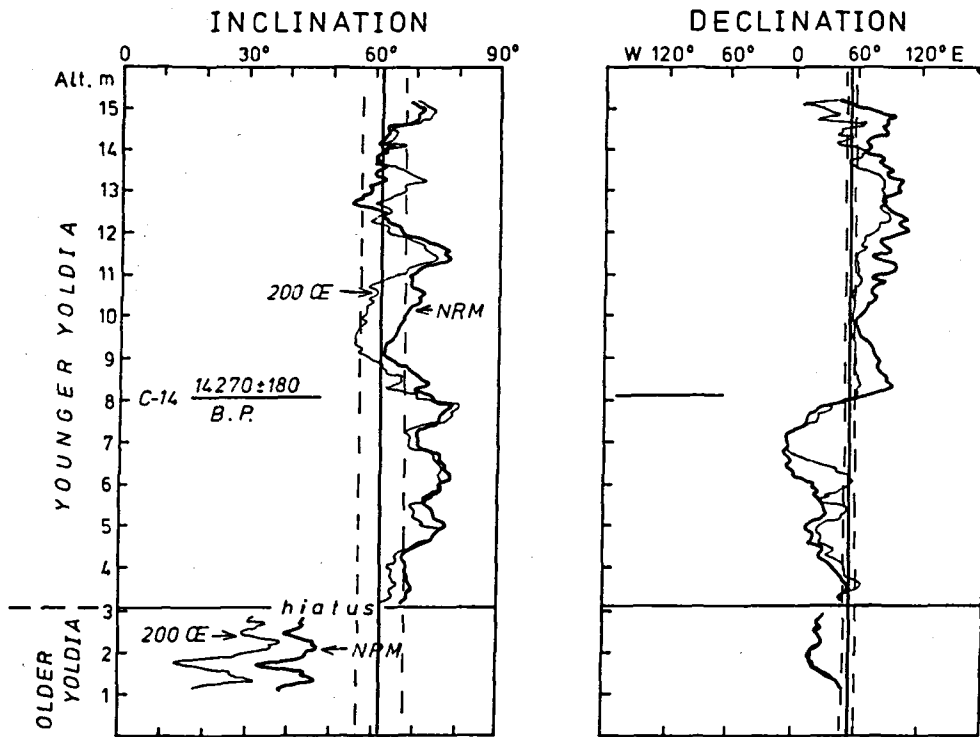


Fig. 6. Det magnetostratigrafiske standardprofil fra Nørre Lyngby (fra Abrahamsen og Readman 1980). Gennemsnittet af de palæomagnetiske målinger på Istebjerg issøler er vist som lodrette fuldtoptrukne linier. Usikkerhederne på målingerne er vist med stiplede lodrette linier.

The magnetostratigraphical standard profile at Nørre Lyngby (from Abrahamsen and Readman 1980). The averages of the paleomagnetic measurements on Istebjerg glaciolacustrine clay are shown as vertical solid lines. The uncertainties of the measurements are shown as vertical dashed lines.

grundlag heraf beregnet til  $14.100 \pm 180$  BP. Da Istebjerg issøbakke er dannet i forbindelse med Røsnæsfremstødet, må dette have en alder på omkring 14.100 BP.

Der er tidligere udført  $^{14}\text{C}$  dateringer på Allerødlagene i Ruds Vedby (NV-Sjælland), hvor alderen af lagene er bestemt til  $10.830 \pm 200$  BP (Krogh 1954). Dateringen af aflejringer i Istebjerg lergrav forekommer således rimelig. Det Østjyske fremstød er på basis af  $^{14}\text{C}$  datering af en mammuttand fra Mols, anført til  $13.240 + 760/-690$  BP (Petersen 1984). Dateringen af Røsnæsfremstødet til  $14.100 \pm 100$  BP kunne tyde på, at den opgivne alder for det Østjyske fremstød er for ung. Alderen af Røsnæsfremstødet er endvidere i god overensstemmelse med oplysninger om, at det skånske område var isfrit omkring 13.300 BP (Lagerlund 1980).

Der arbejdes fortsat med palæomagnetiske dateringer af issøaflejringer i det midtdanske og nordsjællandske område for at danne et billede af isens afsmeltningmønster, tilbagesmeltningsha-

stighed samt alderen af de enkelte israndsstadier.

Dette arbejde repræsenterer en del af en specialopgave udført ved Institut for Almen Geologi, Københavns Universitet under vejledning af Gunver Krarup Pedersen.

Jeg vil gerne takke Gunver Krarup Pedersen og Steen Sjørring for kritisk at have gennemlæst og kommenteret manuskriptet samt O. B. Bertelsen for udført fotoarbejde, samt K. L. Rasmussen for teknisk bistand.

## Litteratur

- Abrahamsen, N. & Readman, P. W. 1980: Geomagnetic variations recorded in Older (>23.000 BP) and Younger Yoldia Clay (14.000 BP) at Nørre Lyngby, Denmark. *Geophys. J. R. astr. Soc.* 62, 329-344.
- Andersen, S. A. 1964: Grusgravene i bakkerne ved Kalundborg. *Meddr. Dansk Geol. foren.*, 15, 359-367.

- Ashley, G. M. 1975: Rhythmic Sedimentation in Glacial Lake Hitchcock, Massachusetts-Connecticut. In A. V. Jopling and B. C. McDonald (eds.): Glaciofluvial and glaciolacustrine sedimentation. *Soc. Econ. Paleont. Miner., Spec. Publ.* 23, 304-320.
- Berthelsen, A. 1975: *Geologi på Røsnæs. Ekskursionsfører nr. 3. Varv*, 78 p.
- Binzer, K. 1974: Sedimentological and geochemical features of Weichselian tills and pre-Quaternary sediments in Denmark. *Danm. geol. Unders. Årbog 1973*, 111-133.
- Hansen, S. 1940: Varvighed i danske og skånske senglaciale aflejringer. *Danm. geol. Unders.* II. række, nr. 63, 478 p.
- Houmark-Nielsen, M. 1981: Glacialstratigrafi i Danmark øst for Hovedopholdslinien. *Dansk geol. Foren. Årsskrift for 1980*, 61-76.
- Houmark-Nielsen, M. 1987: Pleistocene stratigraphy and glacial history of the Central part of Denmark. *Bull. Geol. Soc. Denmark*, 36, 1-189.
- Krog, H. 1954: Pollen analytical Investigation of a <sup>14</sup>C-dated Allerød Section from Ruds Vedby. In: Iversen, J. (ed.): Studies in Vegetational History in Honour of Knud Jessen. *Danm. geol. Unders.* II. række, nr. 80, 120-139.
- Landström, O., Samsahl, K. and Wenner, C.-G. 1967: An Investigation of Trace Elements in Marine and Lacustrine Deposits by Means of a Neutron Activation Method. *Akti-ebolaget Atomenergi Sweden (AE-296)*, 40 p.
- Lagerlund, E. 1980: Lithostratigrafisk indeling av Västskaenes Pleistocen och en ny glaciationsmodell för Weichsel. *Univ. of Lund, Dept. of Quat. Geol.*, Report 21, 120 p.
- Miall, A. D. 1977: A review of the braided-river depositional environments. *Earth-Sci. Rev.*, Vol. 13, 1-62.
- Milthers, V. 1943: Nordvestsjællands Geologi. *Danm. geol. Unders.* V. række, nr. 6, 185 p.
- Morton, A. C. & Evans, J. A. 1988: Geochemistry of basaltic ash beds from the Fur Formation, Island of Fur, Denmark. *Bull. geol. Soc. Denmark*, 37, 1-9.
- Petersen, K. S. 1984: Stratigraphical Position of Weichselian Tills in Denmark. In: Königsson, L.-K. (ed.): Ten years of Nordic Till research. *Striae*, Vol. 20, 75-78.
- Roaldset, E. 1973: Rare earth elements in quaternary clays of the Numedal area, southern Norway. *Lithos*, Vol. 6, 349-372.
- Rørdam, K. & Milthers, V. 1900: Beskrivelse til Geologisk Kort over Danmark. Kortbladene Sejro, Nykøbing, Kallundborg og Holbæk. *Danm. geol. Unders.* I. række, Nr. 8, 143 p.
- Smith, N. D. & Ashley, G. M. 1985: Proglacial Lacustrine Environment. In Ashley, G. M., Shaw, J. and Smith, N. D. (eds.): Glacial Sedimentary Environments, *Soc. Econ. Paleont. Miner. Short Course No. 16*, 135-216.