

# En sedimentologisk og geokemisk undersøgelse af Hodde Formationen, Miocæn, Vestdanmark

ERLING FUGLSANG NIELSEN

Fuglsang Nielsen, E.: A sedimentological and geochemical investigation of the Hodde Formation, Miocene, Western Denmark. *Dansk geol. Foren., Årsskrift for 1983*, side 29–34, København, 15. februar 1984.

Abstract: The marine Hodde Formation is divided into a lower series of coarse – grained material and an upper series (the Hodde clay) consisting mainly of clays and silts. A detailed investigation of the upper series by means of granulometrical, mineralogical, geochemical and organochemical methods indicates a rather uniform composition of the Hodde clay – both laterally and vertically. Studies of especially the biogenic structures reveal a more differentiated picture reflecting varying depositional conditions.

Erling Fuglsang Nielsen, Århus Universitet, Geologisk Institut, Laboratoriet for Exogen Geologi, C. F. Møllers Allé 120, 8000 Århus C, 24. oktober 1983.

## Indledning

Indtil 70'erne blev det danske Miocæn stratigrafisk bearbejdet på basis af især mollusker, og en række undersøgelser er i denne forbindelse offentliggjort af bl.a. Sorgenfrei (1940, 1961) og Rasmussen (1956, 1961, 1966 og 1968). I 1961 opstillede Rasmussen en skematisk model med et øst-vest rettet snit gennem Jylland, hvor de nu opstillede miocæne formationer var indplacerede. Specielt blev Hodde Formationen defineret i dette arbejde fra 1961. Rasmussens stratigrafiske arbejde er senere fulgt op af en foraminifer- (Kristoffersen 1972) og en dinoflagellatanalyse (Piascki 1980). En sporfossilundersøgelse fra FASTERHOLTMRÅDET er tilvejebragt af Asgaard og Bromley (1974). Geokemiske bestemmelser er udført af Dinesen (1976) på prøver fra Gram lokaliteten, og tungmineraller er undersøgt af Friis (1978); men et større regionalt baseret sedimentologisk arbejde er hidtil ikke foretaget på Hodde Formationen.

I dag findes der kun to gode daglokaliteter, hvor Hodde Formationen er velblottet: FASTERHOLT og Lille Spåbæk. Førstnævnte lokalitet er detaljeret beskrevet af Koch et al. (1973) og Koch og Christensen (1979). Foruden prøver fra de to nævnte daglokaliteter er sedimentter fra Gram, Bording, Holsted og Alkærsgig analyseret i nærværende undersøgelse (fig. 1).

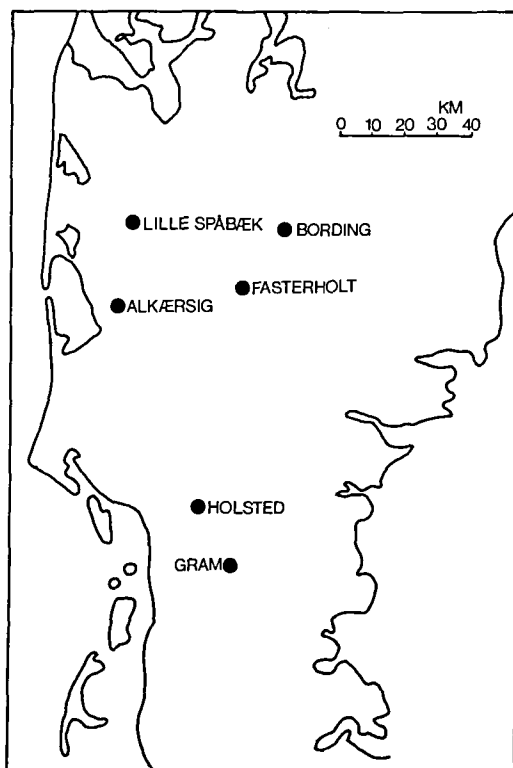


Fig. 1. Placeringen af de seks nævnte lokaliteter (Jylland).

Map showing sample collecting localities (Jutland).

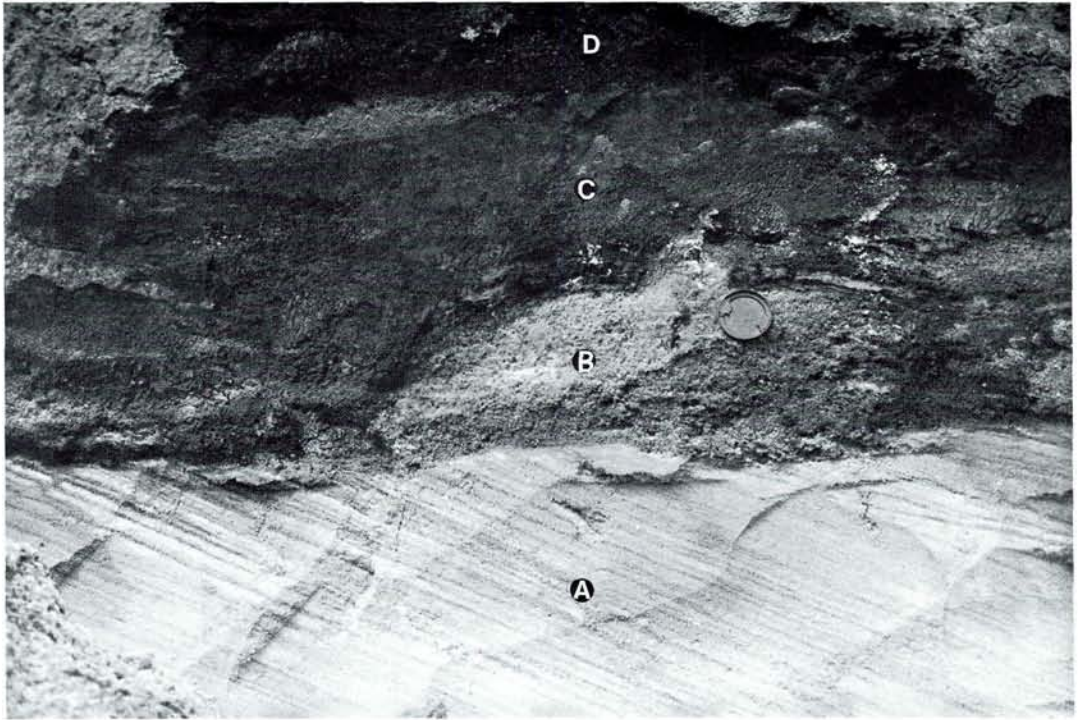


Fig. 2. Udsnit af Hodde - og Odderup Formationen ved Fasterholt. A. Odderup Formationen. B. Den basale del af Hodde Formationen. C. Det sandede Hodde ler. D. Det egentlige Hodde ler. Det viste udsnit er ca. 1 m tykt.

Section of Hodde - and Odderup Formation at Fasterholt. A. Odderup Formation. B. Basal part of Hodde Formation. C. Sandy Hodde clay. D. Hodde clay proper. The shown section is about 1 m thick.

### Opdeling af Hodde Formationen

Ved opdelingen af Hodde Formationen kan det være nyttigt at anvende en række felttermer. Formationen kan således opdeles i to hovedenheder: Den basale del af Hodde Formationen (fig. 2) og Hodde leret (fig. 3). Hodde leret kan endvidere inddeles i to afsnit: Det sandede Hodde ler og det egentlige Hodde ler. En mere detaljeret opdeling ses hos Fuglsang Nielsen (1983).

### Overordnede sedimentkarakterer

Den basale del af Hodde Formationen (fig. 2) består overvejende af grus- og sandpartikler, der er moderat- til velafrundede. I toppen af dette afsnit findes dog enkelte lerede lag. Kvarts er det dominerende mineral i den basale del af Hodde Formationen. Lerfraktionen består fortrinsvis af illit, smectit og kaolinit. Kaolinit udgør en relativ stor del af  $< 2 \mu\text{m}$  fraktionen sammenlignet med kaolinitindholdet i Hodde lerets tilsvarende kornstørrelsesfraktion. Fysiske strukturer er ikke hyp-

pige - stedvis ses dog svagt udviklede krydslejningsstrukturer. Specielt i Fasterholt findes dybtgående *Ophiomorpha* biogene strukturer (se Asgaard og Bromley 1974).

Den nederste del af Hodde leret er forholdsvis sandt sammenlignet med den øverste del. Dette sandede afsnit udgøres af skiftende laminerede og bioturberede enheder. Biogene strukturer i det sandede Hodde ler er almindeligvis store sammenlignet med de typer, der ses i den øvre del.

Det øverste afsnit af Hodde leret (i det følgende benævnt: det egentlige Hodde ler), udgør langt størsteparten af hele Hodde Formationen. Det egentlige Hodde ler består af siltet ler og leret silt. Det skal dog bemærkes, at pyrit og organisk materiale er fjernet fra de undersøgte prøver, inden kornstørrelsesanalysen er foretaget.

Mikroskopundersøgelser af ubehandlede prøver viser, at den minerogene del af sandfraktionen domineres af autigene mineraler (glaucanit og især pyrit). De kvantitativt set vigtigste mineraler i

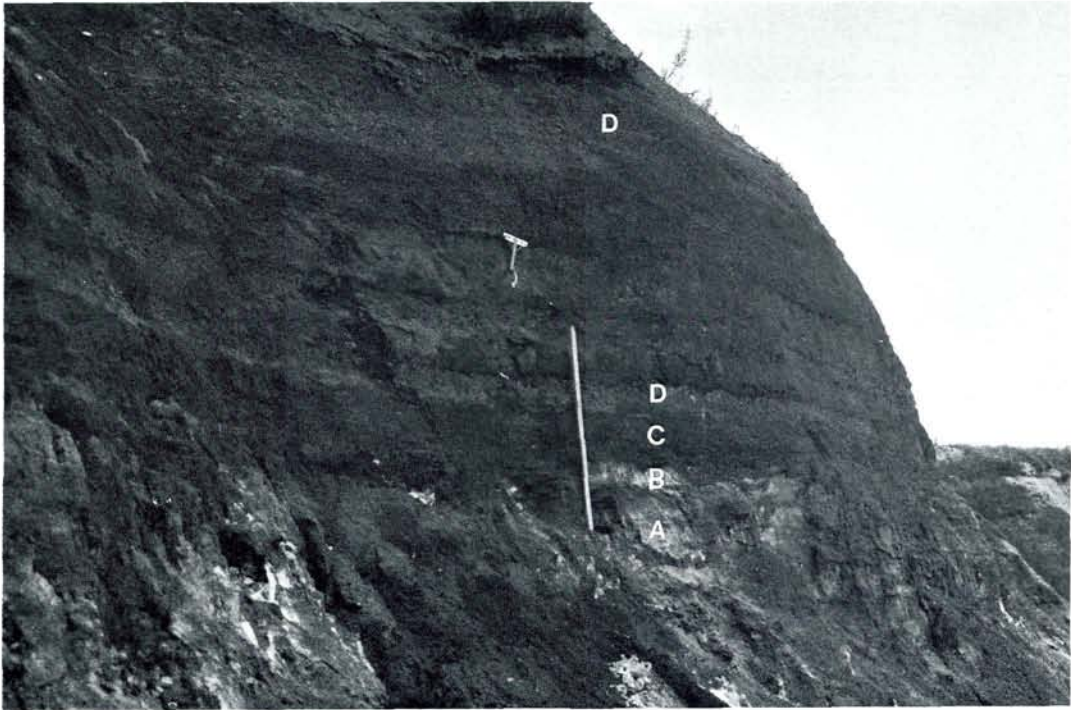


Fig. 3. Udsnit af Hodde- og Odderup Formationen ved FASTERHOLT. A. Odderup Formationen. B. Den basale del af Hodde Formationen. C. Det sandede Hodde ler. D. Det egentlige Hodde ler. Bemærk de vekslende lyse (ikke-laminerede) og mørke (laminerede) horisonter. Profilet er ca. 3 m højt.

View of exposure of Hodde - and Odderup Formation at FASTERHOLT. A. Odderup Formation. B. Basal part of Hodde Formation. C. Sandy Hodde clay. D. Hodde clay proper. Notice alternating light (non-laminated) and dark (laminated) horizons. The shown section is about 3 m high.

Hodde Leret er i øvrigt kvarts, lerminerale (kaolinit, smectit, chlorit og illit) og pyrit. Feldspat og glauconit findes kun i beskedne mængder. Lerfraktionen udgøres næsten udelukkende af kaolinit, illit og smectit, der findes i forholdet 2:2:1. Hodde leret karakteriseres af et vekslende, men generelt stort indhold af organisk materiale (3-28%).

Et vigtigt resultat af denne undersøgelse har været iagttagelsen af forskellige biogene strukturer i Hodde leret. På basis af radiografiske metoder har det været muligt at klassificere de biogene strukturer i tre overordnede typer (fig. 4):

- 1) Kompakt.
- 2) Stænglet.
- 3) Trådet.

Navngivningen er udelukkende baseret på strukturerens morfologi. Det er muligt at inddele det egentlige Hodde ler i tre lagtyper:

- 1) Ensartet.
- 2) Lamineret.
- 3) Brokket.

Disse adskiller sig fra hinanden ved forskellig granulometri, indhold af organisk materiale, naturlig frakturering og fordeling af biogene og fysiske strukturer (fig. 5).

#### Sedimentdannelse

Hovedparten af Hodde Formationens detritiske, minerogene partikler har sandsynligvis en oprindelse i det strukturelt set højtliggende skandinaviske felt. Dette forhold er således vist for en række danske miocæne formationer (se f.eks. Larsen og Dinesen 1959, Friis 1978 og Koch et al. 1973).

Klimaet i de bassinnære landområder har været humid, hvilket afspejles af de hyppige forekomster af brunkul, der er fundet i miocæne sedimenter fra både Danmark og Tyskland. Dinesen (1976) har i øvrigt vist, at en del af Hodde lerets



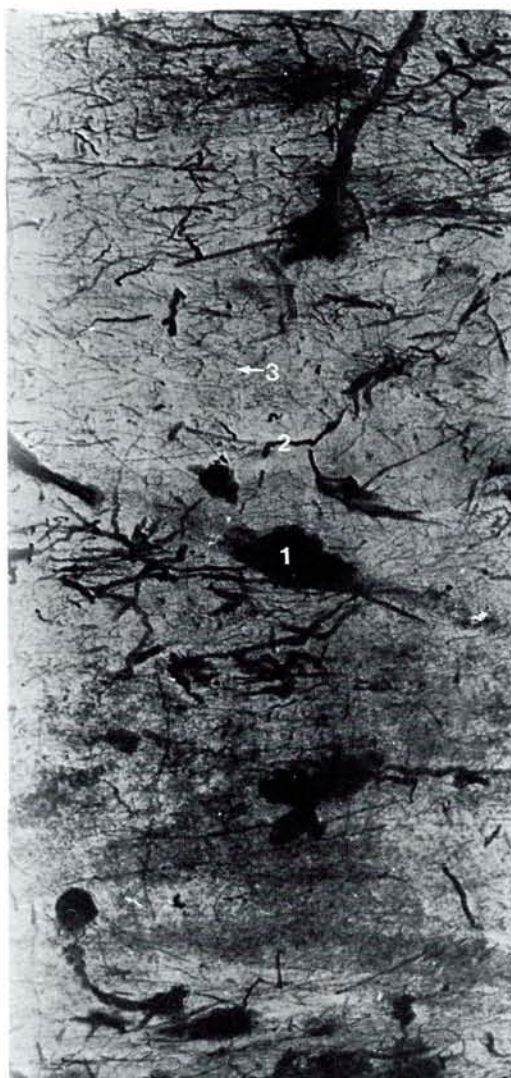


Fig. 4. Radiografi taget af Hodde leret. De tre vigtigste biogene strukturtyper kan iagttages: 1. Kompakt. 2. Stænglet. 3. Trådet. Skala 1:1.

Radiography of the Hodde clay showing the three most important biogenic types of structures: 1. Compact. 2. Stem formed. 3. Thready. Scale 1:1.

organiske materiale er af terrestrisk oprindelse. Medens tertiæret i Nordsøområdet generelt var relativt varmt, blev det mod slutningen af denne periode mere køligt (se f.eks. Buchardt 1978). Disse mere kølige forhold medførte (sammen med en effekt fra et stadig forstærket skandinavisk relief) et forøget indslag af umodne forvitrede materialer – herunder bl.a. chlorit, til Nordsøbassinet.

Dette er vist i flere Nordsøboringer (se f.eks. Karlsson et al. 1979), og også i Hodde Formationen er chlorit tilstede – specielt i siltfraktionen. Kaolinit, der recent er karakteristisk for varme klimater, findes dog også i sedimentet. Hovedparten af Hodde Formationens illit, kaolinit, kvarts og chlorit er formodentlig af detritisk oprindelse. Specielt viser røntgendiffraktometriske undersøgelser, at illiten har en krystallinitet, der kun kan erhverves i anchizonen (en overgangszone mellem diagenese- og metamorfosezonen), hvor Hodde Formationen aldrig har befundet sig.

Hodde leret må betragtes som en egentlig marin dannelse. De foretagne sulfidanalyser (Fuglsang Nielsen 1983) viser således, at monosulfider ikke er tilstede i Hodde leret, medens pyrit findes i stor mængde (se generel tolkning hos Berner et al. 1979). Tilstedeværelsen af echinoide sporfossiler i bunden af Hodde leret peger også på et »ikke egentligt brakt« aflejringsmiljø, således som det er defineret hos Heckel (1972). På basis af disse resultater må det formodes, at saliniteten i aflejringsmiljøet har befundet sig et eller andet sted inden for intervallet 20–40‰.

Den basale del af Hodde Formationen er dannet som et transgressionslag, hvor finere partikler næsten mangler fuldstændig. I meget store træk bliver Hodde Formationen stadig finere mod toppen, hvilket kan tolkes som et resultat af den stadig større transportvej for de klastiske partikler efterhånden som transgressionen skred frem.

Det egentlige Hodde ler er i nærværende undersøgelse tolket som aflejret i et kystnært shelfområde. Sedimentets laterale og vertikale ensartethed demonstrerer, at dannelse i submiljøer som laguner og klassiske estuarier er mindre sandsynlige. Det egentlige Hodde ler er en organisk-rig, finkornet bjergart. Det store indhold af organisk materiale antyder, at aflejringsmiljøet har været iltfattigt, hvilket er bekræftet af organogeochemiske analyser af pristan/phytan forholdet, idet dette forhold generelt er mindre end 1 (se Didyk et al. 1978). Tilstedeværelsen af biogene strukturer viser dog, at anaerobe forhold, som de f.eks. findes i Sortehavet i dag, ikke herskede i vandet over sedimentet.

De biogene strukturer i det egentlige Hodde ler er generelt små. Endvidere forløber de enten horisontalt eller vertikalt og ikke dybt. I modsætning hertil er de biogene strukturer i den nedre del af Hodde Formationen store og flere steder dybtgå-

	KORNSTØRRELSE	ORGANISK MATERIALE	FRAKTURERING	STRUKTURER
ENSARTET	LERET	MINDRE MÆNGDER	UREGELMÆSSIG	GENERELT STORT INDHOLD AF BIOGENE STRUKTURER (KOMPAKT, STÆNGLET OG TRÅDET)
LAMINERET	SILTET	MINDRE MÆNGDER	PLANE BRUDFLADER	RINGE INDHOLD AF BIOGENE STRUKTURER (TRÅDET); VEKSLENDE SILTEDE OG LEREDE LAMINAE
BROKKET	LERET	STORE MÆNGDER	MUSLEDE BRUDFLADER	STORT INDHOLD AF TRÅDEDE BIOGENE STRUKTURER

Fig. 5. Relative karakterer for de tre lagtyper i det egentlige Hodde ler.

Relative characters of the three different sequences in the Hodde clay proper.

ende. Dette forhold afspejler sandsynligvis en ændring fra energirige til mere energifattige forhold i aflejningsmiljøet, d.v.s. en iltforringelse på den enkelte lokalitet efterhånden som transgressionen skred frem.

På basis af det egentlige Hodde lers granulometri antages det, at sedimentationsraten har været lille under aflejringen. Nogen virkelig kvantitativ bestemmelse af sedimentationsraten er det dog ikke muligt at fremkomme med. I visse tidsafsnit forøgedes sedimentationsraten, og mere siltede laminae aflejredes. Den ændrede sedimentationsrate afspejles i fordelingen af biogene strukturer, der klart findes mindre koncentreret i de siltede og hastigere aflejrede laminae. De specielt siltrige laminae findes ikke tilfældigt spredt i sedimentet, men er koncentreret i bestemte lag. De biogene strukturer synes at indicere en nogenlunde kontinueret sedimentation uden erosive episoder af betydning.

### Konklusion

På to lokaliteter er det sandsynliggjort, at miljøforholdene blev forbedret for aerobe organismer mod slutningen af Hodde Formationens dannelse. I sedimentet afspejles dette ved en forøget diversitet af de biogene strukturer, et faldende indhold af organisk materiale, voksende glauconitmængder og resultatet af en enkelt pristan/phytan bestemmelse (Fuglsang Nielsen 1983).

De autigene mineraler i Hodde leret (pyrit og glauconit) afspejler klart de tidlige diagenetiske forhold, hvorimod formationens nuværende placering over havspejlsniveauet ikke synes at have gjort sig markant gældende. Der er således kun iagttaget pyritnedbrydning i selve profilfladerne. Det ret store pyritindhold, der findes i Hodde leret, viser, at diagenesestadiets skarpeste »aftryk« i sedimentet er sat i den anoxisk-sulfidiske zone (som denne er defineret hos Berner 1981). Pyritdannelsen er foregået i diagenesezonen; men set på en mere overordnet basis kan det konstateres, at både tilstedeværelsen af pyrit og den heterogene fordeling af dette har været styret af forhold i aflejningsmiljøet.

### Efterskrift

De foregående sider udgør en kvalitativ oversigt over resultater og tolkninger fra mit specialearbejde (Fuglsang Nielsen 1983), der er udført ved Laboratoriet for Exogen Geologi, Geologisk Institut – Århus Universitet. Et mere dybtgående arbejde vedrørende Hodde Formationens sedimentologiske og geokemiske forhold er under udarbejdelse. Her vil argumenter blive præsenteret mere udtømmende, og resultater vil blive angivet på en kvantitativ basis.

I forbindelse med undersøgelsen takkes konservator Søren Bo Andersen og mine vejledere lektor Henrik Friis og lektor Ole Bjørnslev Nielsen for hjælp under arbejdet.

## Litteratur

- Asgaard, U. og Bromley, R. G. (1974): Sporfossiler fra den Mellemliocæne transgression i Søby-Fasterholt området. *Dansk geol. Foren., Årsskrift 1973*, p. 11–19.
- Berner, R. A. (1981): A new geochemical classification of sedimentary environments. *Jour. Sed. Petrology*, v. 51, No. 2, p. 359–365.
- Berner, R. A., Baldwin, T. og Holdren, G. (1979): Authigenic iron sulfides as paleosalinity indicators. *Jour. Sed. Petrology*, v. 49, No. 4, p. 1345–1350.
- Buchardt, B. (1978): Oxygen isotope paleotemperatures from the tertiary period in the North Sea area. *Nature*, v. 275, No. 5676, p. 121–123.
- Didyk, B. M., Simoneit, B. R. T., Brassell, S. C. og Eglinton, G. (1978): Organic geochemical indicators of palaeoenvironmental conditions of sedimentation. *Nature*, v. 272, p. 216–222.
- Dinesen, B. (1976): Geochemical properties of the marine Younger Miocene at Gram, SW. Jutland. *Danm. Geol. Unders., Årbog 1975*, p. 5–29.
- Friis, H. (1978): Heavy-mineral variability in Miocene marine sediments in Denmark: A combined effect of weathering and reworking. *Sedimentary Geology*, v. 21, p. 169–188.
- Fuglsang Nielsen, E. (1983): *En sedimentologisk og geokemisk undersøgelse af Hodde Formationen, Miocæn*. Upubliceret specialeopgave. Geologisk Institut, Århus Universitet. pp. 260.
- Heckel, P. H. (1972): Recognition of ancient shallow marine environments. p. 226–286. – I: Rigby, J. K. og Hamblin, W. K. (eds.): *Recognition of ancient sedimentary environments*. Society of economic paleontologists and mineralogists, special publication, No. 16.
- Karlsson, W., Vollset, J., Bjørlykke, K. & Jørgensen, P. (1979): Changes in mineralogical composition of Tertiary sediments from North Sea Wells. p. 281–289. I: Mortland, M. M. & Farmer, V. C. (eds.): *International clay conference*. Elsevier Scient. Pub. Co. New York.
- Koch, B. E. og Christensen, E. F. (eds.) (1979): Introduction to the symposium. *The continental Miocene of Central Jutland (Denmark): Geology – Brown coal facies – Stratigraphy – Paleontology*. 97 pp. Aarhus University.
- Koch, B. E., Friedrich, W. L., Friis, E. M. og Christensen, E. F. (1973): Den miocæne brunkulsflora og dens geologiske miljø i Søby-Fasterholt området sydøst for Herning. *Dansk geol. Foren., Årsskrift for 1972*, p. 1–57.
- Kristoffersen, F. N. (1972): Foraminiferzonering i det jyske Miocæn. *Dansk geol. Foren., Årsskrift for 1971*, p. 79–85.
- Larsen, G. & Dinesen, A. (1959): Vejle Fjord Formationen ved Brejning. *Danm. Geol. Unders.*, rk. II, Nr. 82. 141 pp.
- Piasecki, S. (1980): Dinoflagellate cyst stratigraphy of the Miocene Hodde and Gram Formations, Denmark. *Bull. Geol. Soc. Denmark*, v. 29, p. 53–76.
- Rasmussen, L. B. (1956): The marine Upper Miocene of south Jutland and its molluscan fauna. *Danm. Geol. Unders.*, II rk., Nr. 81, 166 pp.
- Rasmussen, L. B. (1961): De Miocæne formationer i Danmark. *Danm. Geol. Unders.*, IV rk., Bd. 4, Nr. 5, 45 pp.
- Rasmussen, L. B. (1966): Molluscan faunas and biostratigraphy of the marine Younger Miocene Formations in Denmark. Part I: Geology and biostratigraphy. *Danm. Geol. Unders.*, II rk., Nr. 88, 358 pp.
- Rasmussen, L. B. (1968): Molluscan faunas and biostratigraphy of the marine Younger Miocene Formations in Denmark. Part II: Palaeontology. *Danm. Geol. Unders.*, II rk., Nr. 92, 265 pp.
- Sorgenfrei, T. (1940): Marint Nedre-Miocæn i Klintinghoved på Als. – Et bidrag til løsning af Aquitanien-spørgsmålet. *Danm. Geol. Unders.*, II rk., Nr. 65, 143 pp.
- Sorgenfrei, T. (1961): Die Entwicklung des unteren und mittleren Miocæn im südlichen Dänemark. *Meyniana*, Bd. 10, p. 53–58.