

Palynologisk datering og stratigrafi i boringen DGUnr. 86.2118, Hjøllund, Region Midtjylland

Karen Dybkjær & Erik S. Rasmussen



Palynologisk datering og stratigrafi i boringen DGUnr. 86.2118, Hjøllund, Region Midtjylland

Karen Dybkjær & Erik S. Rasmussen

Indhold

Indhold	2
Sammenfatning	3
Indledning	5
Geologisk ramme	7
Litostratigrafi	10
Metoder	12
Litologi.....	12
Palynologi	12
Sedimentologisk beskrivelse	14
DGU nr. 86.2118, ved Hjøllund, (Fig. 4).....	14
Palynologi/biostratigrafi	20
Branden Ler	20
Brejning Formation.....	21
Vejle Fjord Formation.....	22
Billund Formation	22
Klintinghoved Formation	24
Bastrup Formation.....	24
Arnum Formation	26
Odderup Formation	28
Regional geologisk korrelation	29
Konklusion	31
Referencer	32
Bilag	34

Sammenfatning

Denne undersøgelse er baseret på materiale fra boringen DGU nr. 86.2118, lokaliseret i Gludsted Plantage ved Hjøllund, ca. 10 km sydøst for Ikast. Formålet med undersøgelsen har været at bidrage til kortlægningen af potentielle grundvandsmagasiner i området.

Materialet fra boringen er beskrevet litologisk og i alt 25 udvalgte prøver er blevet analyseret biostratigrafisk. Biostratigrafien er baseret på forekomsten af fossile dinoflagellat cyster i sedimentprøverne. Fossile dinoflagellat cyster (fra éncellede marine alger) er et effektivt biostratigrafisk redskab til at datere den miocæne lagserie og korrelere på tværs af litologien.

Resultaterne af den biostratigrafiske undersøgelse danner sammen med den sedimentologiske beskrivelse en solid basis for en detaljeret stratigrafisk opdeling af den miocæne lagserie i området. Resultaterne præsenteres indenfor rammerne af den nyudviklede dinoflagellatzonering (Dybkjær & Piasecki 2008; submitted) og den nye litostratigrafi (Rasmussen et al. in prep.), her opsummeret i et stratigrafisk skema (Fig. a).

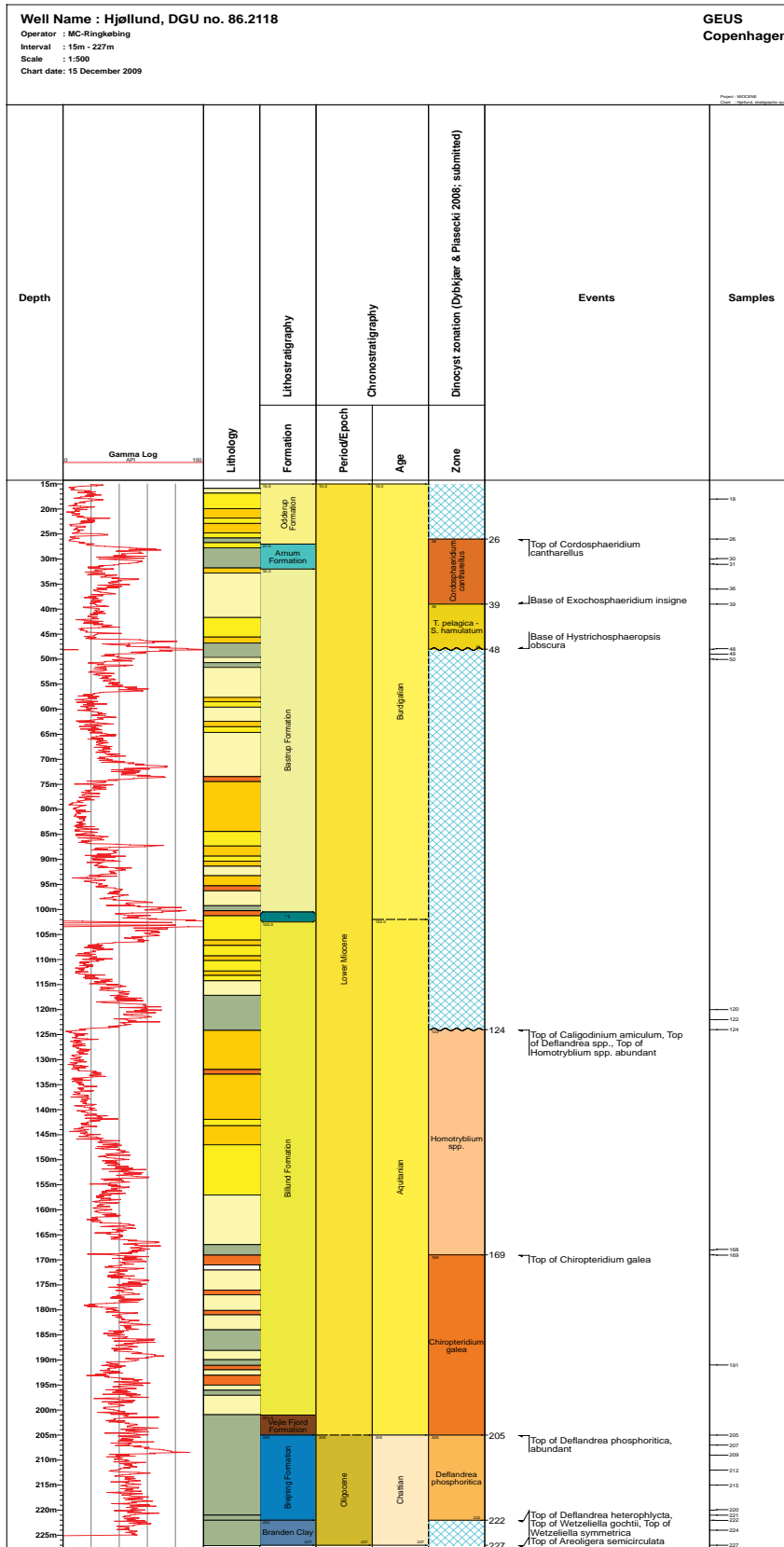
Den gennemborede lagserie indeholder overordnet 3 niveauer med sandlag:

Billund Formation (102–205 m), aflejret som deltafront sand. Den mest grovkornede del fra 146 m til 124 m blev aflejret på strandplanet. Den mere finkornede del herover, blev aflejret i en lagune, der opad udvikles til en sø. Det overliggende sand og ler repræsenterer sand og ler aflejret i et fluvialt miljø (Addit Led).

Bastrup Formation (100–32 m), der er aflejret som delta sand overvejende på standplanet, men også i et kystslette miljø. Opbygningen af Bastrup Formationen ved Hjøllund viser tydeligt en aggraderende lagpakke. Den øverste del af Bastrup Formationen (32–46 m) blev dannet i et fluvialt miljø, formodentligt i et mæandrende system.

Odderup Formation (15–26 m) blev afsat på standplanet og i et kystslette miljø.

Den analyserede lagserie består overvejende af sand, men nederst i boringen (under Billund Formationen) findes marint ler og silt tilhørende Branden Ler, Brejning Formation og Vejle Fjord Formation. Imellem Billund Formationen og Bastrup Formationen er der et tyndt (ca. 1 m tykt) lerlag tilhørende Klintinghoved Formationen, og imellem Bastrup Formationen og Odderup Formationen er der et 5 m tykt lag af ler og silt tilhørende Arnum Formationen.



Figur a: Stratigrafisk opsummering med litostratigrafi, kronostratigrafi og dinoflagellatzonering for boringen DGU nr. 86.2118.

Indledning

Som et led i arbejdet med at kortlægge grundvandsmagasiner i Region Midtjylland, blev der i december 2008 udført en boring (DGU nr. 86.2118) i Gludsted Plantage ved Hjøllund (Fig. 1). Boringen skulle bidrage til at afklare hvilke dele af den miocæne lagserie der er til stede i det undersøgte område. Tidligere undersøgelser (bl.a. Dybkjær 2004a; Dybkjær *et al.* 2005; Rasmussen & Dybkjær 2005; Dybkjær & Piasecki 2008; submitted) har vist at dinoflagellat stratigrafi er den bedste biostratigrafiske metode i de miocæne sedimenter og at denne metode, kombineret med sekvensstratigrafi, kan udrede de stratigrafiske forhold for lagserien.

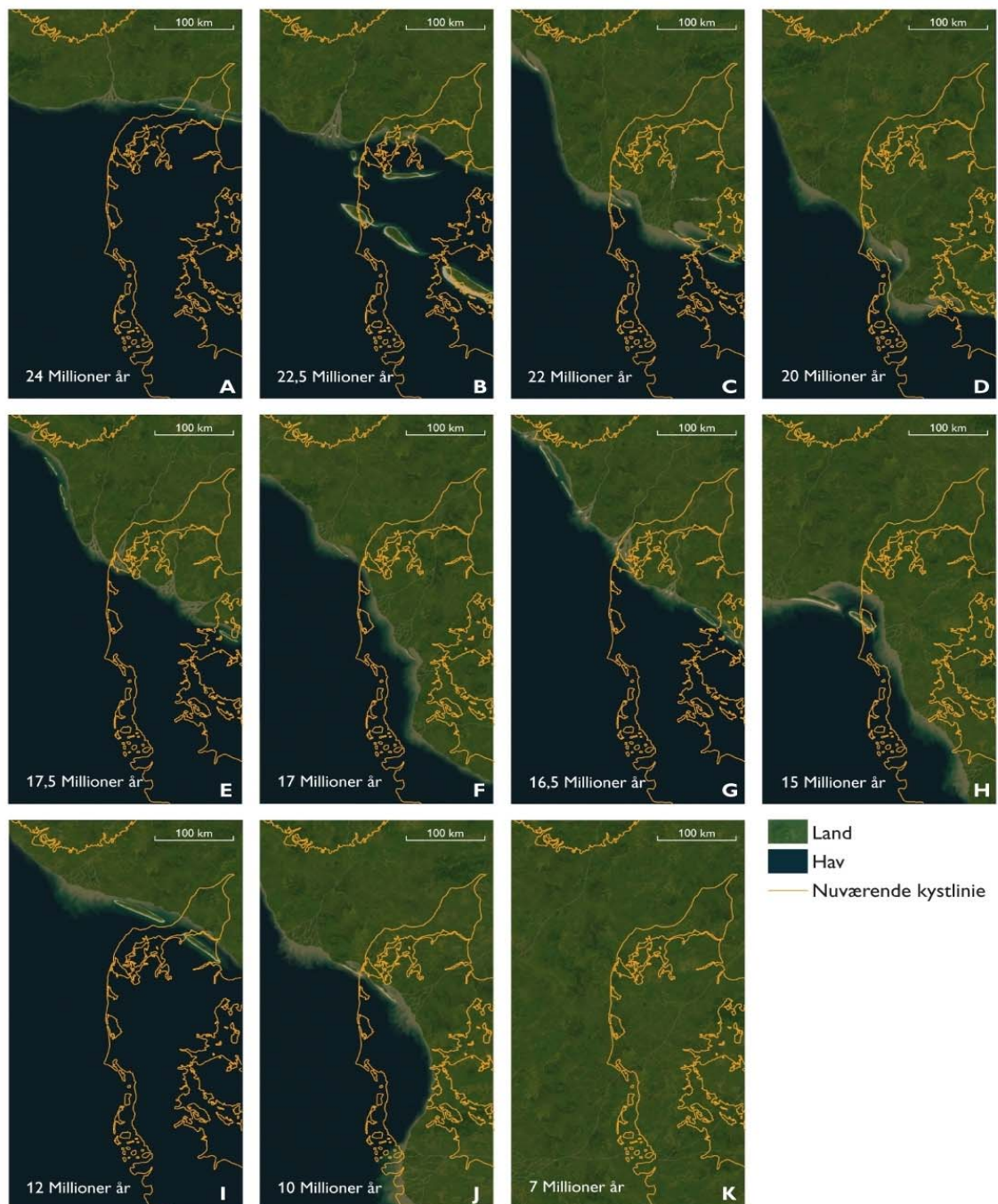


Figur 1: Lokalisering af boringen DGU nr. 86.2118 (Hjøllund), samt af øvrige borer nævnt i teksten.

Her præsenteres resultaterne af en detaljeret biostratigrafisk analyse baseret på fossile dinoflagellat cyster. Resultaterne præsenteres indenfor rammerne af den nyudviklede dinoflagellat zonerings (Dybkjær & Piasecki 2008; submitted) og den nye litostratigrafi (Rasmussen et al. in prep.). Lagserien i den analyserede boring er desuden beskrevet litologisk og korreleret til nærliggende nøgleboringer.

Geologisk ramme

Nordsøbassinet er blevet dannet som en konsekvens af den termale indsynkning, der efterfulgte gravdannelsen i Jura (Ziegler 1982; Vejrbæk 1992). Dette bassin strakte sig fra Norge i nord, nedover Skåne, Baltikum og Nordtyskland, hvorefter den sydlige afgrænsning forløb nedover Belgien og Nordfrankrig. Den vestlige afgrænsning er mere upræcis, men har formodentligt forløbet op langs Østengland og videre op langs Skotlands- og Shetlandsøernes østkyst. Mellem Shetland og Norge var der et smalt stræde, der virkede som en barriere så Nordsøen i perioder har været brak. Den maksimale udbredelse af havet i dette bassin forekom i Øvre Kridt, hvor kalk og limsten blev aflejret. I forbindelse med Den Alpine Foldning (Øvre Kridt og Paleocæn) blev dele af bassinet kraftig påvirket. Dette resulterede i kraftig inversionstektonik og sandsynligvis også i hævnning af Det fennoskandiske Skjold. Specielt ses en markant udbygning af kystlinien i bassinet fra nord i Eocæn, men paleocæne gravitetsafsætninger på Ringkøbing-Fyn Højderyggen (Danielsen *et al.* 1995) indikerer formodentligt at udbygningen startede allerede på dette tidspunkt. Den centrale del af bassinet var karakteriseret ved en typisk sokkeludbygning i et hav med 500 – 700 meters vandybde. Længere mod øst (det nuværende Danmark) var vandybderne væsentligt lavere, mellem 0 og ca. 100 meter (Hindsby *et al.* 1999). I Paleocæn og Eocæn tid var udbygningen koncentreret til de marginale dele af bassinet syd for det nuværende Norge (f.eks. Jordt *et al.* 1985) mens aflejringerne i Danmark var domineret af finkornede sedimentter (Heilmann-Clausen 1995). I Oligocæn nåede udbygningen ned i det danske område og der aflejredes lavmarine, sandrige sedimentter i Nordjylland og Midtjylland, især omkring Ringkøbing-Fyn Højderyggen. Deltaudbygning fra nord dominerede lokalt, men generelt blev sedimentterne aflejret i oddekomplekser med bagved liggende laguner og åbent hav mod syd og sydvest (Friis *et al.* 1998; Rasmussen 2004; Rasmussen & Dybkjær 2005). Tektoniske bevægelser i Oligocæn har sandsynligvis haft indflydelse på kildeområdet og aflejringens mønstret. Ligeledes har globale havniveauændringer i Oligocæn også sat sit præg på aflejringens miljøet, bl.a. ved at en stor del af Nedre Oligocæn mangler (f.eks. Michelsen 1994; Heilmann-Clausen 1995). Nedre Oligocæne aflejring er bevaret lokalt, i depressioner relateret til saltstrukturer og depressioner dannet i forbindelse med grundfjelds-relaterede tektoniske bevægelser i Oligocæn. I Øvre Oligocæn transgrederedes Det danske Bassin på ny (Fig. 2A). Den topografi, der dannedes i forbindelse med de tektoniske bevægelser, har haft afgørende betydning for aflejringens miljøet. Ringkøbing-Fyn Højderyggen spillede en særlig rolle, idet den adskilte mere åben marine/kystprograderende aflejringens miljøer syd for ryggen fra paraliske/afsnørede miljøer nord for ryggen (Fig. 2B) (Rasmussen 2004; Rasmussen & Dybkjær 2005). De strukturelle rygge var vigtige områder for dannelse af oddekomplekser, der resulterede i en serie af barriere-øer med bagved liggende laguner på tværs af Jylland. Sedimentkilden til disse oddekomplekser har været store floder fra nord. Sedimentterne er transporteret langs kysten indtil aflejring i oddekomplekserne. Et markant fald i havniveau resulterede i en markant udbygning af kysten i seneste Chattian (seneste Oligocæn) til Aquitanien (Tidlig Miocæn) (Fig. 2B) (Rasmussen 1996) og da udbygningen skete under stadig faldende havniveau aflejredes forholdsvis rent sand og grus. Efter havniveauet faldet i Aquitanien steg havniveauet generelt op igennem Miocæn med maksimum i Serravallien (øvre Mellem Miocæn) (Fig. 2D–I) (Printice & Matthews 1988). Nye tektoniske bevægelser karakteriserede bassinet i slutningen af Burdigalien (øvre Nedre Miocæn). Dette resulterede i nye udbygninger, bl.a. aflejring beriget med tungminerale (Fig. 2H).



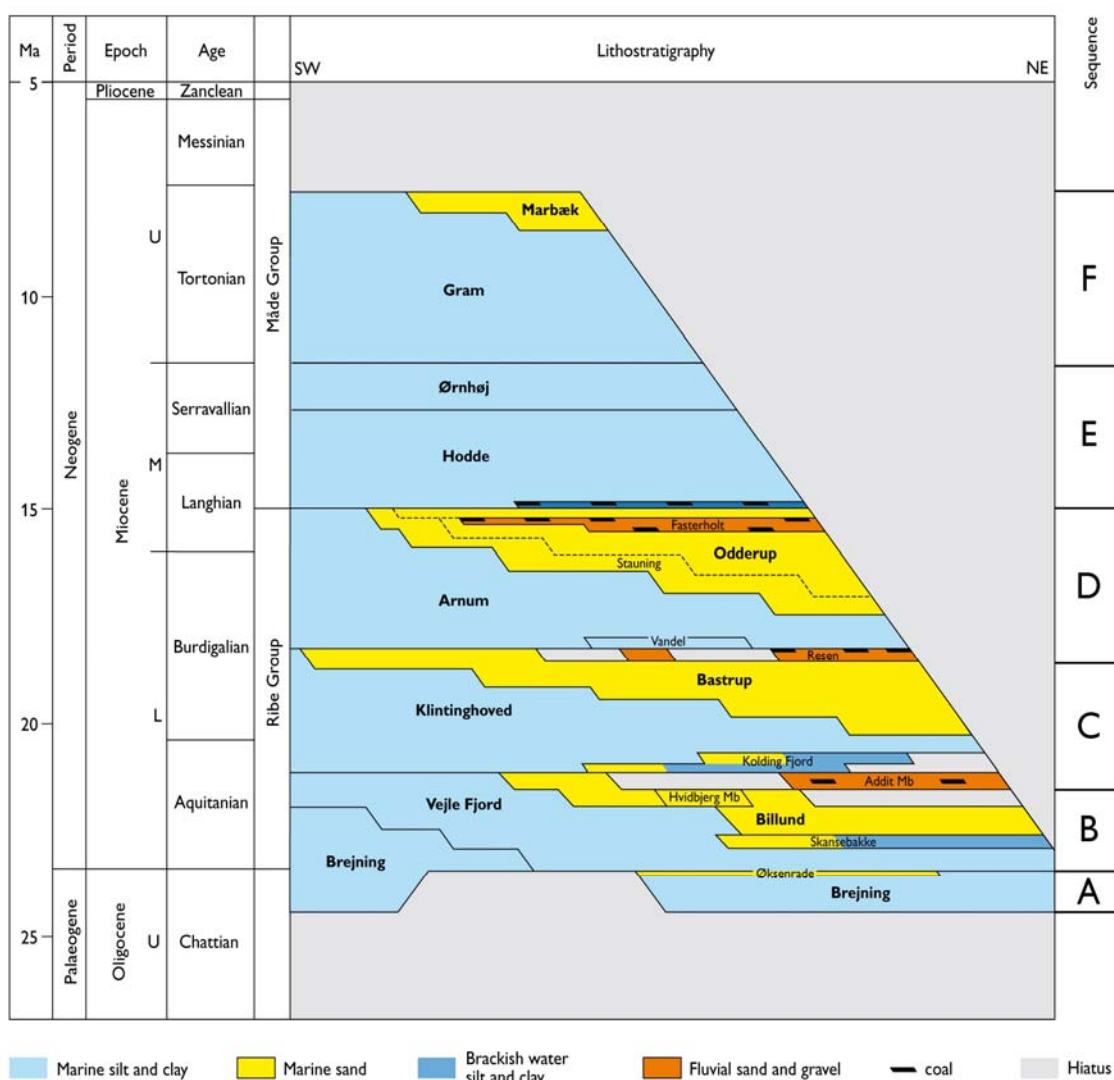
Figur 2: Palæogeografisk udvikling i den vestlige del af Danmark fra Chattien (Øvre Oligocæn) til Messinien (Øvre Miocæn).

Da denne udbygning foregik under stigende havniveau var den ikke så markant som den i Aquitanien og pga. stigende grundvandsspejl i landområderne var mulighederne optimale for afsætning af brunkul, som det kendes fra Midtjylland (Fig. 2H). Langhien (Mellem Miocæn) repræsenterer en vigtig fase i udviklingen af Nordsøbassinet. Midt i perioden skete der en markant transgression og ligeledes viser forkastninger i Odderup Formationen at tektonisk aktivitet foregik ved denne overgang (Koch 1989). Kildeområdet skiftede i denne periode fra overvejende nord i Nedre Miocæn til nordøst og øst i Mellem og Øvre Miocæn.

Under den markante transgression i Langhien var klimaet varmt. Det varme klima i begyndelsen af Mellem Miocæn var et globalt fænomen og derfor steg det globale havniveau også markant i denne periode. Sandsynligvis var hele det danske område oversvømmet i den sidste del af Mellem Miocæn under aflejring af Hodde Formationen (Fig. 2I). Under aflejringen af Ørnhøj og Gram formationerne i Øvre Miocæn, blev det generelt koldere globalt og dermed skete der også et fald i havniveau i den sidste del af Miocæn. Dette blev kompenseret af en større regional indsykning, således at det meste af området forblev fuldt marint trods det faldende globale havniveau (Fig. 2J). Nye undersøgelser viser endda at der blev aflejret op til 400 m øvre miocæne – pliocæne sedimenter over Midtjylland (Japsen *et al.* 2002). I Messinien var kystlinien rykket langt ud i Nordsø Bassinet og det nuværende Jylland var en del af et stort landområde (Fig 2K).

Litostratigrafi

De nyere undersøgelser af den øvre oligocæne – miocæne lagserie i Jylland har vist at den tidligere litostratigrafiske opdeling (Sorgenfrei 1958; Larsen & Dinesen 1959; Rasmussen 1961) er for simpel. Den her anvendte litostratigrafiske opdeling er den, der er opstillet af Rasmussen et al. (in prep.). Denne opdeling er vist på figur 3.



Figur 3: Kronostratigrafi, litostratigrafi og sekvensstratigrafi for den øvre oligocæne – miocæne lagserie i Midt- og Sønderjylland. Navnene indikeret med "fed" er formationsnavne, mens navne med "normal" typografi er led.

Overordnet er den miocæne lagserie inddelt i to grupper, Ribe og Måde grupperne. Brejning Formationen henregnes til Oligocæn, så den miocæne lagserie starter med Vejle Fjord Formationen. I det centrale og vestlige Jylland er der kortlagt et større deltakompleks, som er samtidig med og nogle steder lidt yngre end Vejle Fjord Formationen (Rasmussen *et al.* 2004). Dette benævnes Billund Formationen. Over disse enheder kommer Klittinghoved Formationen, der hovedsageligt består af lerede sedimenter. I store områder af midt- og Sønderjylland findes et stort delta-kompleks tidsækvivalent med den øvre del af Klittinghoved Formationen. Dette deltakompleks benævnes Bastrup Formationen. Herover kommer den lerede Arnum Formation, som i den øverste del interfingerer dels med stormsandsaflejringer, der henføres til Stauning Led og dels med de fluviale og kystslette-sedimenter der henføres til Odderup Formation. Over Odderup og Arnum formationerne træffes marine, lerrige sedimenter, henført til Hodde-, Ørnhøj og Gram formationerne. Endelig overlejres Gram Formationen af den sandede Marbæk Formation.

Metoder

Nærværende rapport bygger på data fra boringen DGU nr. 86.2118, placeret i Gludsted Plantage ved Hjøllund. Lokaliseringen af boringen er vist på figur 1.

Litologi

Litologien af de gennemborede lag er vist på figur 4. Den farvesignatur, der er angivet i den litologiske søjle svarer til hver prøve. Litologien er opdelt i grus, grovkornet sand, mellemkornet sand, finkornet sand, samt silt/ler. På den litologiske søjle er der også indikeret, hvilken formation, der er gennemboret.

Palynologi

Til den palynologiske undersøgelse blev der udtaget 25 prøver i alt. Prøverne blev behandlet i det stratigrafiske laboratorium på GEUS efter palynologiske standard metoder, omfattende behandling med HCl, HF, HNO₃ og filtrering på 20 µm filtre. Denne behandling fjerner karbonater (kalk) og silikater (ler, silt, sand) fra prøverne. De organiske sedimentære partikler, der er modstandsdygtige overfor syrebehandlingen, blev derefter monteret i glyceringelantine på præparatglas. Disse præparater blev så undersøgt i lysmikroskop. Først blev fordelingen af organiske partikler beskrevet, til brug for tolkningen af aflejringsmiljøet. Så blev der (om muligt) talt minimum 200 dinoflagellater pr. prøve og samtidigt blev andelen af andre marine alger, acritarcher samt ferskvandsalger registreret til brug for kvantitative analyser. Endelig blev alle tilstedeværende dinoflagellat arter registreret ved en grundig gennemgang af 2 hele præparater pr. prøve.

I boringen er der nogle intervaller, hvori der generelt er meget få dinoflagellater, mens prøvernes indhold af organisk materiale domineres af ferskvandsalger og/eller træpartikler. I nogle af disse prøver, var det ikke muligt at tælle 200 dinoflagellater.

I teksten benævnes taxa, der udgør over 10% (af det samlede antal talte dinoflagellater, andre marine alger, acritarcher og ferskvandsalger) som "dominerende", 5–10% som "almindeligt forekommende", 2–4% som "jævnligt" forekommende, mens en forekomst under 2% benævnes hhv. "sporadisk" eller "konsistent" alt efter om den aktuelle slægt eller art forekommer spredt eller optræder i de fleste prøver indenfor det beskrevne interval.

Resultaterne af det palynologiske studie er præsenteret i et såkaldt "range-chart", Bilag 1. Procentandelen af den enkelte dinoflagellat art og den enkelte ferskvandsalge type i forhold til summen af registrerede dinoflagellater og ferskvandsalger i hver prøve, er vist. Disse variationer i dinoflagellatselskabet og i ferskvandsalgeselskabet afspejler dels stratigrafiske ændringer og dels ændringer i aflejringsmiljøet, f.eks. i salinitet, tilførsel af næringsstoffer og i havvandstemperaturer. En stor andel af ferskvandsalger indikerer f.eks. stor tilførsel af ferskvand til aflejringsområdet, som det bl.a. ses i Billund, Bastrup, Arnum og Odderup Formationerne i nærværende studie. Forekomsten af dinoflagellat arter, der er tolket som et resultat af forurening med nedfaldet materiale, kaldes "caving" og er markeret med et C i rangechartet. Omløjrede dinoflagellat arter ("reworked") er vist i et separat panel. Forekomster markeret med "?" betyder, at bestemmelsen til art eller slægt er usikker. Base-

ret på forekomsten af stratigrafisk vigtige dinoflagellat arter ("Events") er det analyserede interval opdelt i dinoflagellat zoner (Dybkjær & Piasecki 2008; submitted) og desuden er boringen opdelt i litostratigrafiske enheder (se figs. 4 og 5, samt Bilag 1).

Sedimentologisk beskrivelse

DGU nr. 86.2118, ved Hjøllund, (Fig. 4)

I boringen DGU nr. 86.2118, ved Hjøllund, er der anført følgende litostratigrafiske enheder: Branden Ler (227–221 m), Brejning Formation (221–205 m), Vejle Fjord Formation (205–201 m), Billund Formation (201–102 m), Klintinghoved Formation (102–101 m), Bastrup Formation (101–32 m), Arnum Formation (32–27 m), samt Odderup Formation (27–15 m). Grænsen mellem den miocæne lagserie og den overliggende kvartære lagpakke er tolket til at ligge ved 15 m. Boringens TD er 227 m.

Dybde i meter: litologi

- 15-16: Sand: Gult, grovkornet sand og grus. Lignit.
- 16-17: Sand: Gråt, finkornet sand. Gruset og lignit.
- 17-18: Sand: Gråt, mellemkornet sand med lidt mørkebrunt, leret silt. Lignit.
- 18-19: Sand: Gråbrunt, mellemkornet sand. Lignit.
- 19-20: Sand: Gråbrunt, mellemkornet sand.
- 20-21: Sand: Gråt, grovkornet sand. Gruset.
- 21-22: Sand: Gråt, grovkornet sand. Gruset.
- 22-23: Sand: Gråt, velsorteret, mellemkornet sand med tynde lerede, siltlag. Lidt lignit.
- 23-24: Sand: Gråbrunt, grovkornet sand. Få mørkebrune, lerede siltlag.
- 24-25: Sand: Gråbrunt, grovkornet sand. Få mørkebrune, lerede siltlag.
- 25-26: Sand: Gråt, velsorteret, mellemkornet sand med tynde lerede,
- 26-27: Ler: Mørkebrunt, leret silt og gråbrunt, mellemkornet sand og grus. (bjergartsfragment)
- 27-28: Sand: Mørkebrunt, velsorteret, mellemkornet sand.
- 28-29: Silt: Lamineret mørkebrunt og gråt, leret silt.
- 29-30: Silt: Lamineret mørkebrunt og gråt, leret silt.
- 30-31: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Lidt grovkornet sand
- 31-32: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Lidt grovkornet sand og grus. Lignit.
- 32-33: Sand: Gråt, grovkornet sand. Tynde, lerede siltlag.
- 33-34: Sand: Lysebrunt and gråt, siltet finkornet sand. Lignit.
- 34-35: Sand: Lysebrunt and gråt, siltet finkornet sand. Lignit.
- 35-36: Sand: Lysebrunt and gråt, siltet finkornet sand. Lignit.
- 36-37: Sand: Lysebrunt and gråt, siltet finkornet sand. Meget glimmer.
- 37-38: Sand: Gråt, velsorteret, finkornet sand. Meget glimer.
- 38-39: Sand: Gråt, velsorteret, finkornet sand. Meget glimer.
- 39-40: Sand: Gråt, velsorteret, finkornet sand. Meget glimer.
- 40-41: Sand: Gråt, velsorteret, finkornet sand. Meget glimer.
- 41-42: Sand: Gråt, velsorteret, finkornet sand. Meget glimer.
- 42-43: Sand: Gråt, velsorteret, mellemkornet sand.
- 43-44: Sand: Gråt, velsorteret, mellemkornet sand.
- 44-45: Sand: Gråt, velsorteret, mellemkornet sand. Gruset.

45-46: Sand. Gråt, grovkornet sand. Tynde, mørkebrune, lerede siltlag.
46-47: Silt: Mørkebrunt og gråt, leret silt.
47-48: Silt: Mørkebrunt og gråt, leret silt.
48-49: Ler: Veksellejrende, brunt og gråt ler.
49-50: Silt: Mørkebrunt og gråt, leret silt og lignit,
50-51: Sand: Gråt, finkornet sand og bruny, leret silt. Lignit.
51-52: Silt: Brunt, leret silt. Lidt grovkornet sand. Lignit.
52-53: Sand: Gråt, velsorteret finkornet sand. Lignit.
53-54: Sand: Gråt, velsorteret finkornet sand. Lignit og meget glimmer.
54-55: Sand: Gråt, velsorteret finkornet sand. Lignit og meget glimmer.
55-56: Sand: Gråt, velsorteret finkornet sand. Lignit og meget glimmer.
56-57: Sand: Gråt, velsorteret finkornet sand. Lignit og meget glimmer.
57-58: Sand: Gråt, velsorteret fin- og mellemkornet sand.
58-59: Sand: Gråt, grovkornet sand.
59-60: Sand: Gråbrunt, mellemkornet sand. Lignit.
60-61: Sand: Gråbrunt, finkornet sand. Lignit.
61-62: Sand: Gråbrunt, finkornet sand. Lignit.
62-63: Sand: Gråbrunt, finkornet sand. Lignit og meget glimmer.
63-64: Sand: Gråbrunt, grovkornet sand med grus. Grå lerlag.
64-65: Sand: Gråbrunt, mellemkornet sand. Lignit.
65-66: Sand: Gråbrunt, finkornet sand samt brune siltlag. Lignit.
66-67: Sand: Gråbrunt, fin- til mellemkornet sand. Lignit og meget glimmer.
67-68: Sand: Gråbrunt, fin- til mellemkornet sand. Lignit og meget glimmer.
68-69: Sand: Gråbrunt, finkornet sand samt brune lerede siltlag.
69-70: Sand: Gråt, finkornet sand. Meget glimmer.
70-71: Sand: Gråt, finkornet sand samt brune lerede siltlag. Lignit.
71-72: Sand: Gråt, finkornet sand.
72-73: Sand: Gråt, finkornet sand og brune, lerede siltlag.
73-74: Sand: Gråt, finkornet sand og brune, lerede siltlag.
74-75: Grus: Gråt grus og grovkornet sand, samt brune, lerede siltlag.
75-76: Sand: Gråt, grovkornet sand. Noget finkornet sand.
76-77: Sand: Gråt, grovkornet sand.
77-78: Sand: Gråt, grovkornet sand. Noget finkornet sand.
78-79: Sand: Gråt, grovkornet sand. Gruset og lignit.
79-80: Sand: Gråbrunt, grovkornet sand. Gruset.
80-81: Sand: Gråbrunt, grovkornet sand.
81-82: Sand: Gråbrunt, grovkornet sand. Gruset.
82-83: Sand: Gråbrunt, grovkornet sand. Lidt mellemkornet sand.
83-84: Sand: Gråbrunt, grovkornet sand.
84-85: Sand: Gråbrunt, grovkornet sand. Lidt finkornet sand.
85-86: Sand: Gråbrunt, mellemkornet sand. Lidt grovkornet sand.
86-87: Sand: Gråbrunt, mellemkornet sand. Tynde, brune, lerede siltlag.
87-88: Sand: Gråbrunt, mellemkornet sand med grus. Tynde, brune, lerede siltlag.
88-89: Sand: Gråt, grovkornet sand og finkornet sand.
89-90: Sand: Gråt, grovkornet sand og finkornet sand. Gruset.
90-91: Sand: Gråt, fin- til mellemkornet sand. Lidt grovkornet sand. Meget glimmer.
91-92: Sand: Gråt, grovkornet sand. Grå, tynde, lerede siltlag.

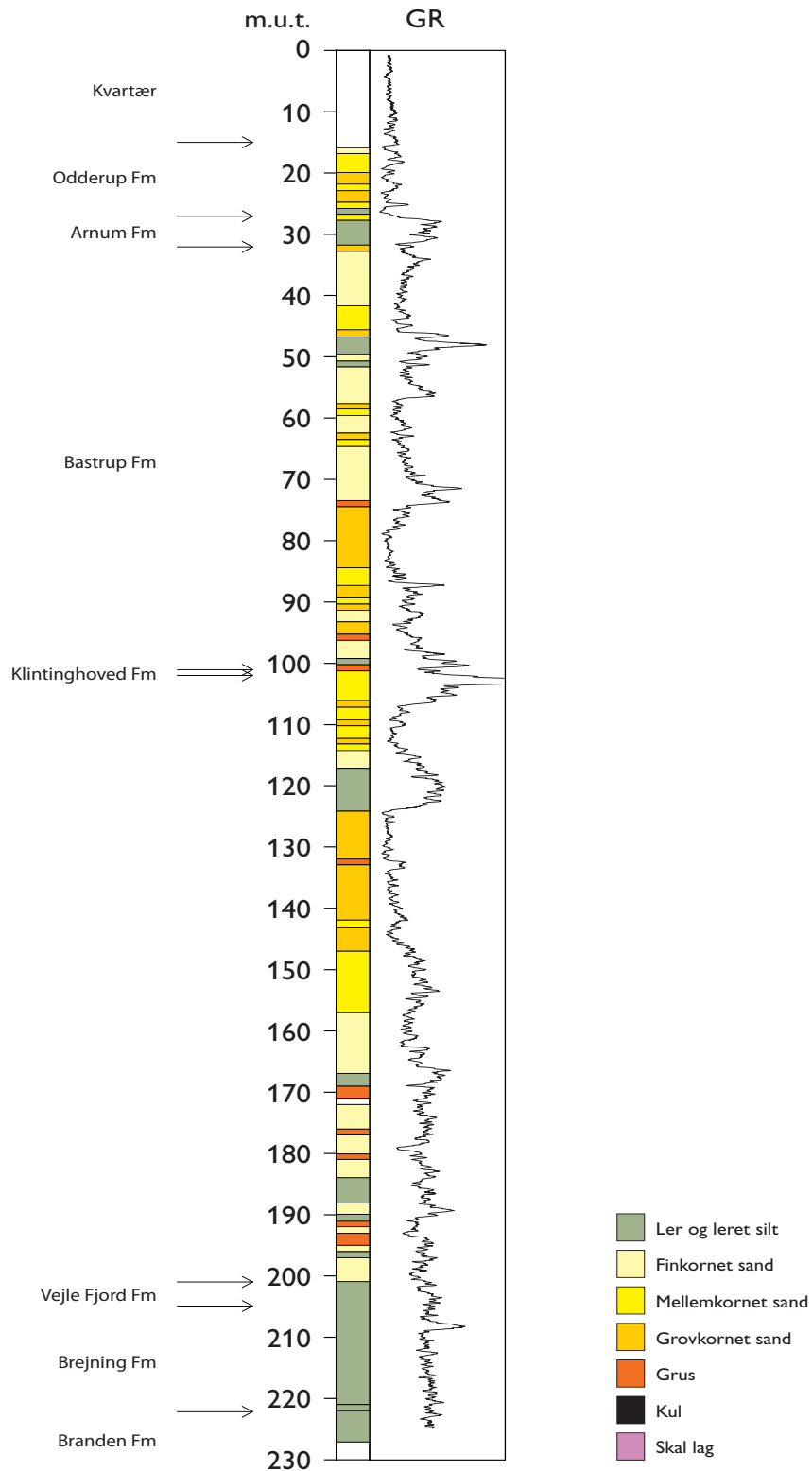
92-93: Sand: Gråt, finkornet sand. Lignit
93-94: Sand: Gråt, finkornet sand og grå og brune, laminerede, lerede siltlag.
94-95: Sand: Gråt, grovkornet sand og mørkebrune, lerede siltlag.
95-96: Sand: Gråt, grovkornet sand og mørkebrune, lerede siltlag.
96-97: Sand: Gråt, grovkornet sand og grus.
97-98: Sand: Gråt, velsorteret, finkornet sand. Meget glimmer.
98-99: Sand: Gråt, velsorteret, finkornet sand. Meget glimmer.
99-100: Sand: Gråt, velsorteret, finkornet sand og brune, lerede siltlag. Meget glimmer.
100-101: Silt: Brunt leret silt. Svag lamination og lidt finkornet sand.
101-102: Grus: Gråt grus med tynde, brune, lerede siltlag.
102-103: Sand: Gråbrunt, velsorteret, finkornet sand. Gruset.
103-104: Sand: Gråbrunt, velsorteret, fin- til mellemkornet sand.
104-105: Sand: Gråbrunt, velsorteret, fin- til mellemkornet sand.
105-106: Sand: Gråbrunt, velsorteret, mellemkornet sand.
106-107: Sand: Gråbrunt, velsorteret, mellemkornet sand.
107-108: Sand: Gråt, grovkornet sand.
108-109: Sand: Gråbrunt, velsorteret, mellemkornet sand. Meget glimmer.
109-110: Sand: Gråbrunt, velsorteret, mellemkornet sand.
110-111: Sand: Gråt, grovkornet sand. Gruset.
111-112: Sand: Gråt, grovkornet sand. Gruset.
112-113: Sand: Gråt, grovkornet sand.
113-114: Sand: Gråt, grovkornet sand.
114-115: Sand: Gråt, grovkornet sand.
115-116: Sand: Gråt, fin- til mellemkornet sand. Lignite.
116-117: Sand: Gråt, fin- til mellemkornet sand og mørkebrune, lerede siltlag.
117-118: Sand: Gråt, fin- til mellemkornet sand og mørkebrune, lerede siltlag.
118-119: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Lidt finkornet sand.
119-120: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Lidt finkornet sand.
120-121: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Lidt finkornet sand.
121-122: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Lidt finkornet sand.
122-123: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Lidt finkornet sand.
123-124: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Lidt finkornet sand.
124-125: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Lidt finkornet sand. Gruset.
125-126: Sand: Gråt, grovkornet sand og tynde, mørkebrune, lerede siltlag.
126-127: Sand: Gråt, grovkornet sand.
127-128: Sand: Gråt, mellem- til grovkornet sand.
128-129: Sand: Gråt, grovkornet sand.
129-130: Sand: Gråt, grovkornet sand. Gruset.
130-131: Sand: Gråt, grovkornet sand. Gruset.
131-132: Sand: Gråt, grovkornet sand. Gruset.
132-133: Grus: Gråt grus og grovkornet sand.
133-134: Sand: Gråt, grovkornet sand. Tynde, mørkebrune, lerede siltlag.
134-135: Sand: Gråt, grovkornet sand. Lidt mellemkornet sand.
135-136: Sand: Gråt, grovkornet sand. Gruset.
136-137: Sand: Gråt, grovkornet sand. Gruset og lidt mellemkornet sand.
137-138: Sand: Gråt, grovkornet sand. Gruset og lidt mellemkornet sand, samt tynde. Mørkebrune, lerede siltlag.

138-139: Sand: Gråt, grovkornet sand. Gruset og lidt mellemkornet sand.
139-140: Sand: Gråt, grovkornet sand. Gruset og lidt mellemkornet sand. Klast op til 1 cm.
140-141: Sand: Gråt, grovkornet sand. Gruset.
141-142: Sand: Gråt, grovkornet sand. Gruset.
142-143: Sand: Gråt, mellem- til grovkornet sand. Lignit.
143-144: Sand: Gråt, grovkornet sand.
144-145: Sand: Gråt, grovkornet sand. Lignit og klaster op til 1 cm.
145-146: Sand: Gråt, grovkornet sand.
146-147: Sand: Gråt, grovkornet sand. Klast op til 1.5 cm.
147-148: Sand: Mørkebrunt, fin- til mellemkornet sand. Lidt grovkornet sand.
148-149: Sand: Mørkebrunt, fin- til mellemkornet sand. Meget glimmer.
149-150: Sand: Mørkegråt, mellemkornet sand.
150-151: Sand: Mørkegråt, mellemkornet sand.
151-152: Sand: Mørkegråt, mellemkornet sand. Lidt mørkebrunt, leret silt.
152-153: Sand: Mørkegråt, mellemkornet sand.
153-154: Sand: Mørkegråt, mellemkornet sand. Lignit og meget glimmer.
154-155: Sand: Mørkegråt, mellemkornet sand. Lignit og brunt ler. Meget glimmer.
155-156: Sand: Mørkegråt, mellemkornet sand. Lignit og brunt ler. Meget glimmer.
156-157: Sand: Mørkegråt, mellemkornet sand. Lignit og brunt ler. Meget glimmer.
157-158: Sand: Mørkegråt, fin- til mellemkornet sand. Lignit og brunt ler. Meget glimmer.
158-159: Sand: Mørkegråt, fin- til mellemkornet sand. Lignit og brunt ler. Meget glimmer.
159-160: Sand: Mørkegråt, finkornet sand. Lignit og brunt ler.
160-161: Sand: Mørkegråt, finkornet sand.
161-162: Sand: Mørkegråt, finkornet sand. Lignit og brunt ler.
162-163: Sand: Mørkegråt, finkornet sand. Lignit og brunt ler.
163-164: Sand: Mørkegråt, finkornet sand.
164-165: Sand: Mørkegråt, finkornet sand. Lignit og brunt ler.
165-166: Sand: Mørkegråt, finkornet sand. Lignit og brunt ler.
166-167: Sand: Mørkegråt, finkornet sand. Lignit og brunt ler.
167-168: Silt: Mørkebrunt, leret silt og grus.
168-169: Silt.: Lamineret, mørkebrunt, leret silt og gråt, finkornet sand. Lidt grovkornet sand.
169-170: Grus: Gråt grus og mørkebrunt, leret silt.
170-171: Grus: Gråt grus og mørkebrunt, leret silt.
171-172: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Lidt mørkebrunt, finkornet sand.
172-173: Sand: Mørkegråt, finkornet sand og lidt brunt ler.
173-174: Sand: Mørkegråt, finkornet sand og lidt brunt ler.
174-175: Sand: Mørkegråt, finkornet sand og lidt brunt ler.
175-176: Sand: Mørkegråt, finkornet sand og lidt brunt ler.
176-177: Grus: Gråt grus og mørkebrunt, leret silt.
178-179: Sand: Mørkegråt, finkornet sand og brunt lidt ler.
179-180: Sand: Mørkegråt, finkornet sand og lidtbrunt ler.
180-181: Grus: Gråt grus og mørkebrunt, leret silt.
181-182: Sand: Mørkegråt, finkornet sand og lidt brunt ler.
182-183: Sand: Mørkegråt, finkornet sand og lidt brunt ler.
183-184: Sand: Mørkegråt, finkornet sand og lidt brunt ler.
184-185: Silt: Mørkebrunt, leret silt og lidt finkornet sand.

185-186: Silt: Mørkebrunt, leret silt og lidt finkornet sand.
186-187: Silt: Mørkebrunt, leret silt og lidt finkornet sand.
187-188: Silt: Mørkebrunt, leret silt og lidt finkornet sand.
188-189: Sand: gråt, finkornet sand og lidt brunt leret silt.
189-190: Sand: gråt, finkornet sand og lidt brunt leret silt.
190-191: Silt: Mørkebrunt, leret silt og lidt finkornet sand.
191-192: Grus: Gråt grus og mørkebrunt, leret silt.
192-193: Sand: Gråt, finkornet sand og lidt brunt ler.
193-194: Grus: Gråt grus og mørkebrunt, leret silt.
194-195: Grus: Gråt grus og mørkebrunt, leret silt.
195-196: Sand: Gråt, finkornet sand og lidt brunt leret silt. Skaller.
196-197: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Lidt finkornet sand.
197-198: Sand: Gråt, finkornet sand og lidt brunt leret silt.
198-199: Sand: Gråt, finkornet sand og lidt brunt leret silt.
199-200: Sand: Gråt, finkornet sand og lidt brunt leret silt.
200-201: Sand: Gråt, finkornet sand og lidt brunt leret silt.
201-202: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Lidt finkornet sand.
202-203: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Lidt finkornet sand.
203-204: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Lidt finkornet sand.
204-205: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Skaller.
205-206: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Skaller.
206-207: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Skaller.
207-208: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Skaller og grus.
208-209: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Skaller og grus.
209-210: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Skaller og grus.
210-211: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Skaller.
211-212: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Skaller.
212-213: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Skaller.
213-214: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Skaller.
214-215: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Skaller.
215-216: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Skaller.
216-217: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Skaller.
217-218: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Skaller.
218-219: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Skaller.
219-220: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Skaller og grus.
220-221: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Skaller.
221-222: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Skaller og glakony.
222-223: Ler: Grønliggråt, glimmerholdigt ler.
223-224: Ler: Grønliggråt, glimmerholdigt ler.
224-225: Ler: Grønliggråt, glimmerholdigt ler.
225-226: Ler: Grønliggråt, glimmerholdigt ler.
226-227: Ler: Grønliggråt, glimmerholdigt ler.

Hjøllund

DGU nr. 86.2118



Figur 4: Grafisk fremstilling af litologien og den litostratigrafiske opdeling i boringen DGU nr. 86.2118.

Palynologi/biostratigrafi

I de følgende kapitler er variationerne i dinoflagellatselskabet præsenteret, se desuden Bilag 1. Hver litostratigrafisk enhed, der er repræsenteret i boringen, er beskrevet mht. dinoflagellatselskab, aflejringsmiljø, dinoflagellatzone (Dybkjær & Piasecki 2008; submitted) (Fig. 5), alder, samt korrelation med nannoplanktonzoneringsen opstillet af Martini (1971) og med foraminiferzoneringsen opstillet af hhv. King (1989) og Laursen & Kristoffersen (1999).

Branden Ler

Tilstedeværelse

Der er fundet Branden Ler i den allerdybste del af boringen, i intervallet fra 227 m (TD) til 222 m.

Dinoflagellatselskab

Dapsilidinium pseudocolligerum, *Hystriochokolpoma rigaudiae*, samt *Spiniferites* spp. dominerer selskabet. *Deflandrea heterophlycta* forekommer almindeligt, mens *Apteodinium australiense*, *Cleistosphaeridium placacantha*, *Cordosphaeridium cantharellus*, *Deflandrea* spp., *Lingulodinium machaerophorum*, *Melitasphaeridium choanophorum*, *Operculodinium centrocarpum*, samt *Wetziella* spp. forekommer almindeligt.

Dominansen af *Deflandrea phosphoritica* og den jævne forekomst af *Homotryblium plectilum* i prøven ved 22 m skyldes formodentligt at denne prøve indeholder en blanding af Branden Ler og Brejning Formation. Prøven repræsenterer intervallet fra 21–22 m og dette interval tolkes her til at indeholde den inkonforme grænse imellem disse to litostratigrafiske enheder.

Sidsteforekomsterne af *Areoligera semicirculata* i prøven ved 27 m og af *Wetziella gochtii* og *W. symmetrica* ved 222 m er stratigrafisk vigtige. Der blev ikke fundet nogen omlejrrede dinoflagellater i dette interval.

Aflejringsmiljø

Ferskvandsalger forekommer kun sporadisk, mens dinoflagellater dominerer og har en høj diversitet. Dette indikerer et fuldt marint aflejringsmiljø.

Dinoflagellatzonering

Sidsteforekomsterne af *Areoligera semicirculata* i prøven ved 27 m og af *Wetziella gochtii* og *W. symmetrica* ved 222 m henfører dette interval til dinoflagellat zone North Sea Oligocene-6 (NSO-6) (Van Simaey et al. 2005).

Alder

Sen Oligocæn (tidlig Chattien).

Foraminifer/nannoplanktonzonering (Figur 6)

NSO-6 dinoflagellat zonen korrelerer til overgangen imellem nannoplanktonzone NP24 og NP25 (Van Simaëys et al. 2005).

Brejning Formation

Tilstedeværelse

Brejning Formationen er til stede i den nedre del af boringen, fra 221–205 m.

Dinoflagellatselskab

Deflandrea phosphoritica, *Homotryblum plectilum* og *Spiniferites* spp. dominerer selskabet. *Dapsilidinium pseudocolligerum*, *Hystrichokolpoma rigaudiae* og *Homotryblum? additense* forekommer almindeligt, mens *Apteodinium australiense*, *Cordosphaeridium cantharellus*, *Filisphaera filifera*, samt *Operculodinium centrocarpum* forekommer jævnlige.

Den stratigrafisk vigtige art *Chiropteridium galea* forekommer sporadisk. Desuden er dominansen af *Deflandrea phosphoritica* af stratigrafisk betydning. Omløbende palæogene dinoflagellater forekommer sporadisk.

Aflejringsmiljø

Alle prøverne i dette interval indeholder et forholdsvis rigt og diversitært dinoflagellat selskab. Samtidigt stiger den relative hyppighed af fersk- til brakvandsalgen *Botryococcus* markant op igennem intervallet og udgør 36% af de registrerede palynomorfer i prøven ved 205 m. Derudover er der registreret en jævn til almindelig forekomst af ferskvandsalgerne *Mougeotia laetivirens* og *Pediastrum* spp. op gennem hele intervallet, mens *Pseudokomewuia* aff. *granulata* forekommer almindeligt i den øverste del af intervallet. Denne sammensætning af palynomorfer indikerer et marint aflejringsmiljø med en stigende tilførsel af ferskvand. Dominansen blandt dinoflagellaterne af *Deflandrea phosphoritica* indikerer en høj tilførsel af næringsstoffer (Brinkhuis 1994), mens dominansen af *Homotryblum? additense* i intervallet fra 207–205 m tolkes til at afspejle et lav-salint miljø (Dybkjær 2004b). Dette stemmer fint overens med den regionale geologiske model, ifølge hvilken kystlinien rykker markant frem (mod syd), fra det norske område under aflejringen af den øvre del af Brejning Formationen (Rasmussen & Dybkjær 2005).

Dinoflagellatzonering

Dominansen af *Deflandrea phosphoritica* henfører intervallet til *Deflandrea phosphoritica* Zonen (Dybkjær & Piasecki 2008; submitted) (Fig. 5).

Alder

Seneste Oligocæn (sen Chattien).

Foraminifer/nannoplanktonzonering (Figur 6)

Deflandrea phosphoritica Zonen korrelerer til den øverste del af nannoplanktonzonen NP25 (Martini 1971). I Harre-1 boringen korrelerer *D. phosphoritica* Zonen direkte med den bentoniske foraminiferzone NSB 8c (King 1989) (King 1994; Dybkjær & Piasecki, submitted).

Vejle Fjord Formation

Tilstedeværelse

Vejle Fjord Formationen er repræsenteret fra 205–201 m, men er ikke repræsenteret af prøver til palynologisk analyse.

Billund Formation

Tilstedeværelse

Billund Formationen er repræsenteret fra 201–102 m.

Dinoflagellatselskab

Dinoflagellatselskabet domineres af *Homotryblium? additense*, *H. plectilum*, samt *Spiniferites* spp. I prøverne ved 169 og 168 m udgør *H. plectilum* over 50 % af de registrerede palynomorfer. *Hystrichokolpoma rigaudiae* forekommer almindeligt, mens *Cordosphaeridium cantharellus*, *Dapsilidinium pseudocolligerum* og *Operculodinium centrocarpum* forekommer jævnlige. De stratigrafisk vigtige taxa *Caligodinium amiculum*, *Chiropteridium galea*, samt *Deflandrea* spp. forekommer sporadisk.

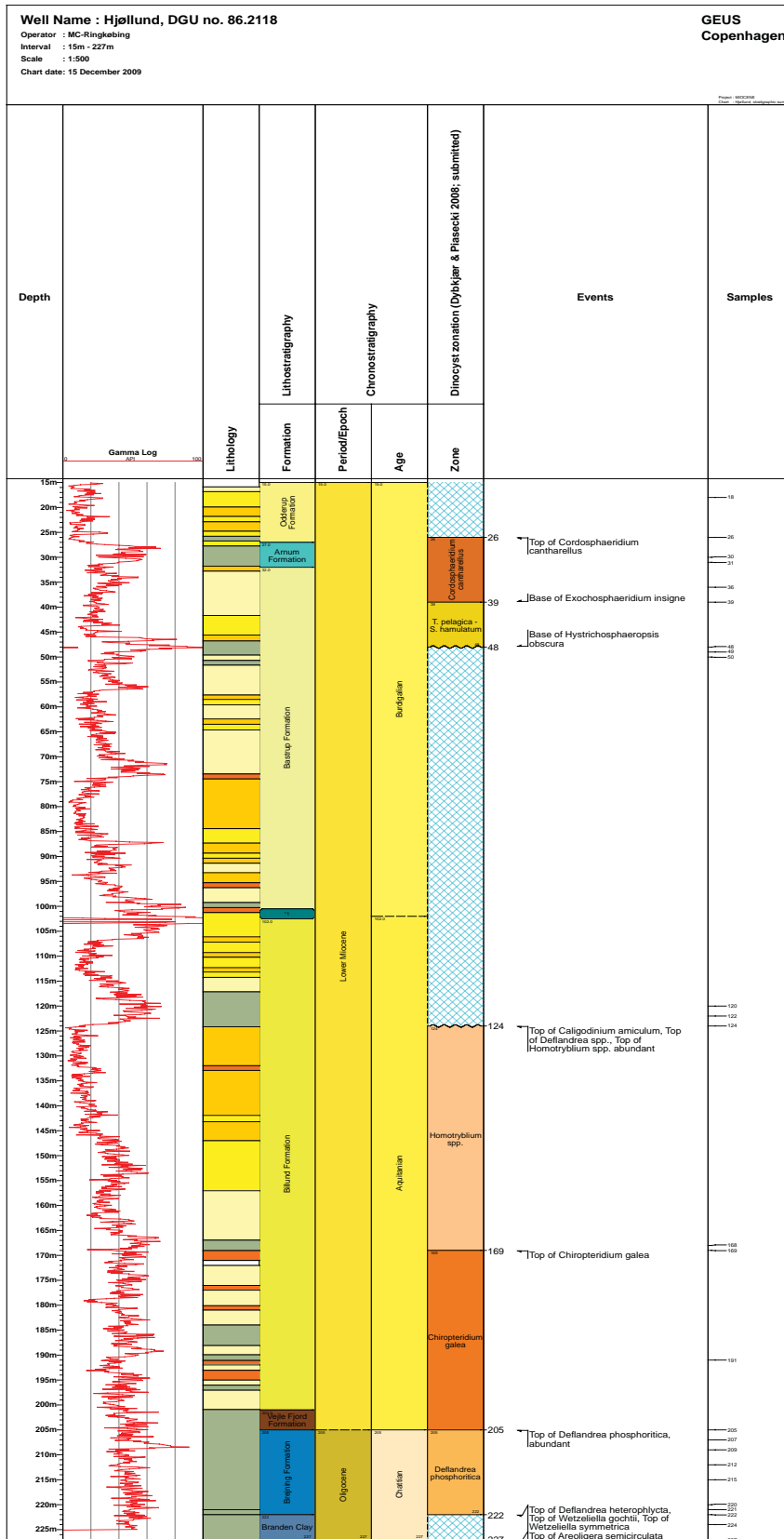
Dominans af *Homotryblium*, samt den sporadiske forekomst af *Caligodinium amiculum* er karakteristisk for denne litostratigrafiske enhed.

Der er kun registreret en enkelt omlejet dinoflagellat tilhørende den palæogene slægt *Wetzeliella* i dette interval.

Aflejringsmiljø

Hyppigheden og diversiteten af dinoflagellater i dette interval er generelt noget lavere end i Brejning Formationen og i den øvre del af intervallet forekommer dinoflagellater kun meget sporadisk. Samtidigt udgør fersk- til brakvandsalgen *Botryococcus* og ferskvandsdinoflagellaten *Pseudokomewuia* aff. *granulata* tilsammen over 90 % af det samlede antal registrerede palynomorfer i den øvre del af intervallet.

Denne fordeling formodes at afspejle et kystnært aflejringsmiljø med en stigende influx af ferskvand og ferskvandsalger op gennem intervallet. Denne tolkning støttes af den høje relative hyppighed af *Homotryblium plectilum*, der udgør over 50 % af de registrerede palynomorfer i prøverne ved 169 og 168 m. Denne slægt forekommer hovedsageligt i afsnørrede marine, lav-saline aflejringsmiljøer (Brinkhuis 1994; Dybkjær 2004b).



Figur 5: Stratigrafisk opsummering med litostratigrafi, kronostratigrafi og dinoflagellatzoner for boringen DGU nr. 86.2118, ved Hjøllund.

Dinoflagellatzonering

Sidsteforekomsten af *Chiropteridium galea* i prøven ved 169 m henfører intervallet fra 205–169 m til *Chiropteridium galea* Zonen (Dybkjær & Piasecki 2008; submitted) (Fig. 5). I prøven ved 168 m dominerer *Homotryblium plectilum* dinoflagellatselskabet og ligeledes domineres det meget sporadiske dinoflagellat selskab i prøven ved 124 m af *Homotryblium*. Intervallet fra 169 m til 124 m henføres derfor til *Homotryblium* spp. Zonen (Dybkjær & Piasecki 2008; submitted) (Fig. 5). Prøverne fra 122 og 120 m indeholder så få dinoflagellater at det ikke er muligt at henføre dem til nogen zone og i intervallet fra 120–102 m (toppen af Billund Formationen) er der ikke udtaget prøver til dinoflagellat analyse.

Alder

Tidligste Miocæn (tidlig Aquitanien).

Foraminifer/nannoplanktonzonering

Chiropteridium galea Zonen korrelerer med nannoplanktonzone NN1 og nederste del af NN2 (Martini 1971), mens *Homotryblium* spp. Zonen korrelerer med nannoplanktonzone NN2. *C. galea* Zonen korrelerer desuden med den bentoniske foraminiferzoner NSB 8c og med den planktoniske foraminiferzoner NSP 9 af Laursen & Kristoffersen (1999). Disse zoner svarer til NSB 8c og NSP 9 i zoneringsen af King (1989) (Fig. 6). *Homotryblium* spp. Zonen korrelerer desuden med den bentoniske foraminiferzoner NSB 8c og nederste del af NSB 9 og med de planktoniske foraminiferzoner NSP 9 og nederste del af NSP10 af Laursen & Kristoffersen (1999). Disse zoner svarer til den øverste del af NSB 8c og den øverste del af NSP 9 i zoneringsen af King (1989) (Fig. 6).

Klittinghoved Formation

Tilstedeværelse

Intervallet fra 102–101 m tilhører Klittinghoved Formationen (figs. 4 og 5). Intervallet er ikke repræsenteret af prøver til palynologisk analyse.

Bastrup Formation

Tilstedeværelse

Bastrup Formationen er repræsenteret i intervallet fra 101–32 m (figs. 4 og 5). Intervallet fra 101–50 m er ikke repræsenteret af prøver til palynologisk analyse.

Dinoflagellatselskab

Dinoflagellat selskabet er domineret af *Operculodinium centrocarpum* og *Spiniferites* spp. Desuden forekommer *Apteodinium australiense*, *A. spiridoides*, *A. tectatum*, *Cleistosphaeridium placacantha*, *Dapsilidinium pseudocolligerum*, *Heteraulacacysta campanula*, *Lingulodinium machaerophorum*, samt *Spiniferites crassivariabilis* jævnlige.

Førsteforekomsterne af *Hystrichosphaeropsis obscura* ved 48 m og af *Exochosphaeridium insigne* ved 39 m er af stratigrafisk betydning.

Der blev fundet enkelte omlejrrede palæogene dinoflagellater i dette interval, især i prøven ved 39 m.

Aflejringsmiljø

Tre ud af fem af prøverne fra Bastrup Formationen (50 m, 49 m og 36 m), er totalt domineret af ferskvandsalgerne *Botryococcus*, *Pediastrum* og *Pseudokomewuia* aff. *granulata*. Desuden er der registreret en del andre ferskvandsalger og svampesporer, samt store stykker kutikula. I disse prøver forekommer der kun enkelte dinoflagellater. Disse observationer indikerer et fluvio-deltaisk aflejringsmiljø. Prøverne ved 48 m og 39 m indeholder et mere rigt og diversst dinoflagellatselskab, dog også med en forholdsvis stor andel af ferskvandsalger, især prøven ved 39 m. Disse to prøver indikerer et marint aflejringsmiljø med stor influx af ferskvand og ferskvandsalger. Variationerne imellem andelen af dinoflagellater og ferskvandsalger indenfor dette interval afspejler formodentligt periodiske transgressive events, hvor flodsystemerne er blevet oversvømmet, enten på grund af deltalobeskift eller mindre havspejlsstigninger.

Dinoflagellatzonering

Intervallerne fra 101–50 m er ikke repræsenteret af prøver til palynologisk analyse og er derfor ikke henført til nogen zone. Prøverne ved 50 m og 49 m indeholder meget få dinoflagellater og kan derfor heller ikke henføres til nogen dinoflagellatzone. Førsteforekomsten af *Hystrichosphaeropsis obscura* ved 48 m indikerer en alder ikke ældre end tidlig Burdigalien alder og dermed kan intervallet fra 48 m til 39 m henføres til enten *Thalassiphora pelagica* Zonen eller *Sumatradinium hamulatum* Zonen (Dybkjær & Piasecki 2008; submitted) (Fig. 5). Førsteforekomsten af *Exochosphaeridium insigne* ved 39 m og sidsteforekomsten af *Cordosphaeridium cantharellus* ved 26 m (i det overliggende interval) henfører intervallet fra 39–26 m til *Cordosphaeridium cantharellus* Zonen (Dybkjær & Piasecki 2008; submitted) (Fig. 5).

Alder

Tidlig Miocæn (tidlig Burdigalien).

Foraminifer/nannofossilzonering

Thalassiphora pelagica Zonen og *Sumatradinium hamulatum* Zonen korrelerer med den mellemste del af NN2 af Martini (1971) (de Verteuil & Norris 1996). *Thalassiphora pelagica* Zonen korrelerer desuden med den bentiske foraminiferzone NSB9 og den nederste del af NSB10I og den planktoniske foraminiferzone NSP 10 og den nederste del af NSP11 i zoneringsen af Laursen & Kristoffersen (1999), svarende til NSB 9 og NSP 10 i zoneringsen af King (1989). *S. hamulatum* Zonen korrelerer desuden med den bentiske foraminiferzone NSB 10I og den planktoniske foraminiferzone NSP 11 i zoneringsen af Laursen & Kristoffersen (1999), svarende til NSB 9–10 og NSP 10–11 i zoneringsen af King (1989).

Arnum Formation

Tilstedeværelse

Arnum Formationen er repræsenteret i intervallet fra 32–27 m (figs. 4 og 5).

Dinoflagellatselskab

Dette interval er repræsenteret af to prøver ved hhv. 31 m og 30 m. Prøven ved 31 m indeholder slet ikke nogen dinoflagellater, mens prøven ved 30 m indeholder et meget sporadisk dinoflagellatselskab domineret af *Spiniferites* spp. Desuden forekommer den stratigrafisk vigtige art *Exochosphaeridium insigne*.

Aflejringsmiljø

Fra andre borer kendes Arnum Formationen som et interval præget af en relativt høj hyppighed og diversitet af marine dinoflagellater, hvilket indikerer et åbent marint aflejringsmiljø. I denne undersøgelse indeholder den ene prøve (ved 31 m) ingen dinoflagellater, mens ferskvandsalgerne udgør over 90 % af de registrerede palynomorfer. Denne sammensætning indikerer et limnisk til fluvio-deltaisk aflejringsmiljø.

Dinoflagellatzonering

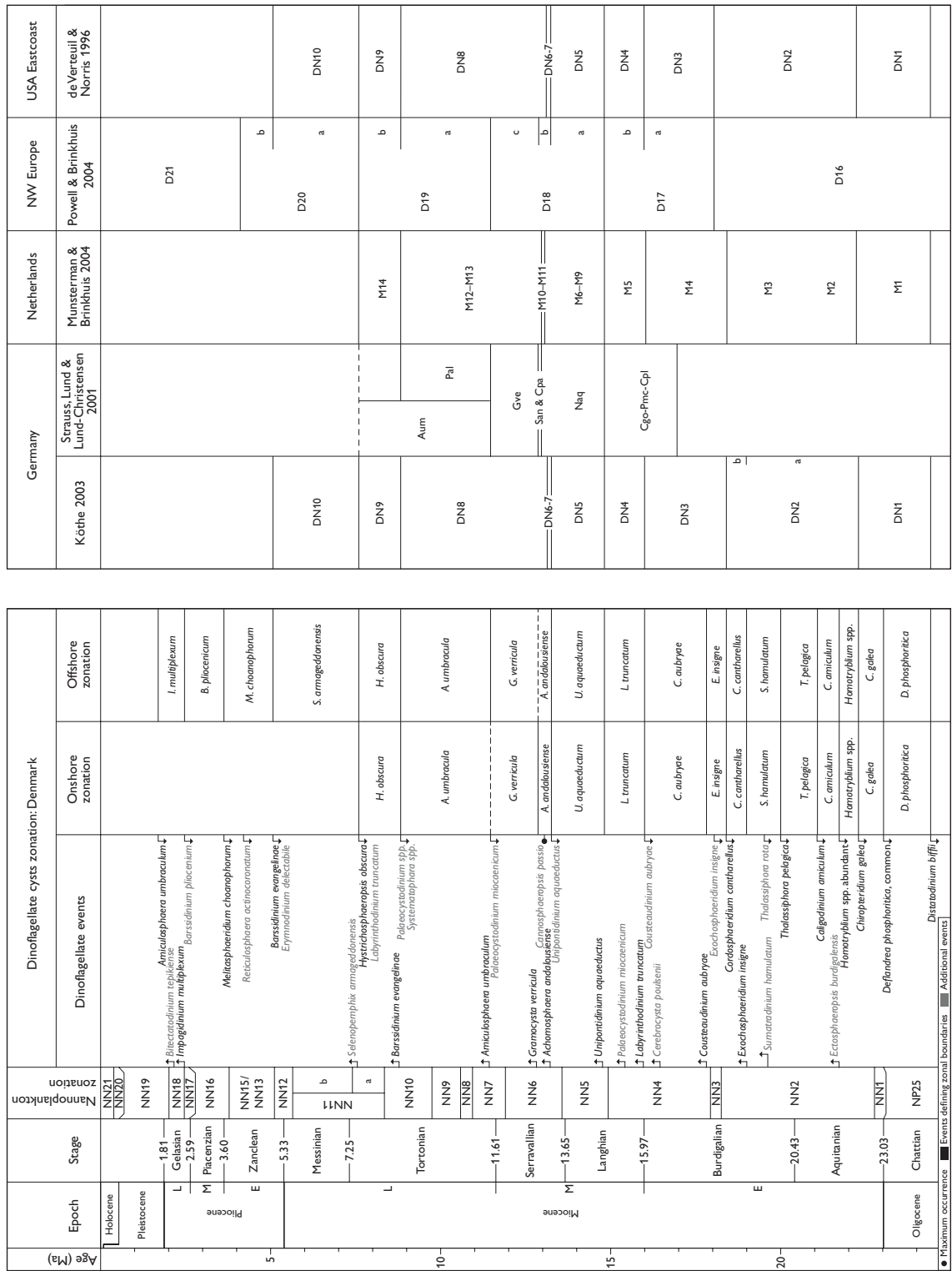
Førsteforekomsten af *Exochosphaeridium insigne* ved 39 m (i det underliggende interval), samt sidsteforekomsten af *Cordosphaeridium cantharellus* ved 26 m (i det overliggende interval) henfører intervallet til *Cordosphaeridium cantharellus* Zonen (Dybkjær & Piasecki 2008; submitted) (Fig. 5).

Alder

Tidlig Miocæn (tidlig Burdigalien).

Foraminifer/nannofossilzonering

Cordosphaeridium cantharellus zonen korrelerer til nannoplanktonzonen NN2 af Martini (1971). Den korrelerer desuden til den bentoniske foraminiferzone NSB 10I og til den planktoniske foraminiferzone NSP 11 af Laursen & Kristoffersen (1999), svarende til zonerne NSB 9–10 og NSP 10–11 af King (1989) (Fig. 6).



Figur 6: Dinoflagellatzonering opstillet af Dybkjær & Piasecki (2008; submitted), korreleret med nannoplanktonzonering (Martini 1971) og foraminiferzonering (King 1989; Laursen & Kristoffersen 1999).

Odderup Formation

Tilstedeværelse

intervallet fra 27–15 m er henført til Odderup Formationen. Herover findes kvartære aflejringer. Intervallet henført til Odderup Formationen er repræsenteret af en enkelt prøve, ved 18 m.

Dinoflagellatselskab

Der er ikke fundet nogen dinoflagellater, hverken *in situ* eller omløjrede, i prøven ved 18 m, som repræsenterer dette interval.

Aflejringsmiljø

Der er kun registreret ferskvandsalger (*Lecaniella* spp. samt *Tetraporina* spp.), samt svampesporer fra dette interval. Aflejringsmiljøet tolkes derfor som fluvialt.

Dinoflagellatzonering

Det er ikke muligt at henføre intervallet til nogen dinoflagellat zone.

Alder

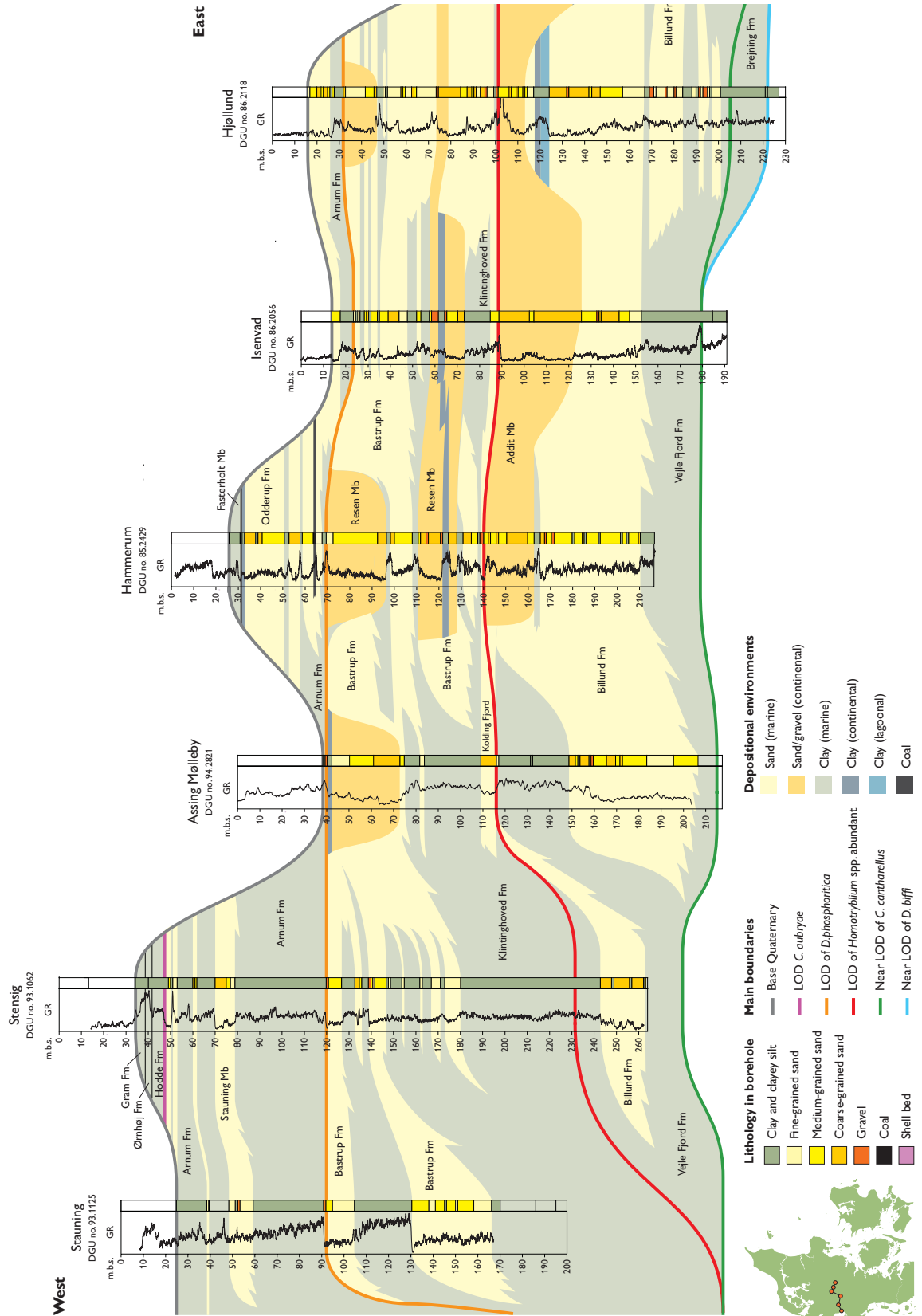
Tidligere undersøgelser har dateret Odderup Formationen som Tidlig til Mellem Miocæn (sen Burdigalien til tidlig Langhien).

Foraminifer/nannofossilzonering

Da intervallet ikke kan henføres til en dinoflagellatzone, kan det heller ikke korreleres til foraminifer- og nannofossilzoner.

Regional geologisk korrelation

Boringen DGU nr. 86.2118 ved Hjøllund er korreleret regionalt med borerne Stauning DGU nr. 93.1125; Stensig DGU nr. 91.1062, Assing Mølleby DGU nr. 94.2821, Hammerum DGU nr. 85.2429 og Isenvad DGU nr. 86.2054 i et øst-vestgående log panel (Fig. 7). Boringen ved Hjøllund gennemborer lag af Kvartær, Miocæn og Oligocæn alder. I denne rapport er det den øverste oligocæne og miocæne lagserie, der er beskrevet og korreleret regionalt. Nederst i Hjøllund boringen er der gennemboret lag fra Oligocæn, tilhørende Branden Ler og Brejning Formation. Disse lag er ikke erkendt i de andre borer og mangler ofte på denne del af Ringkøbing-Fyn Højderyggen pga. nedre miocæn inversion (Rasmussen 2009). Herover følger lerede sedimenter tilhørende Vejle Fjord Formationen, der er af Miocæn alder. Denne formation er udbredt over det meste af Jylland, men mangler sandsynligvis i den vestligeste del af området, f. eks. ved Stauning. Over Vejle Fjord Formationen følger sandrige lag fra Billund Formationen. Ved Hjøllund er det hovedsagligt sand sedimenter afsat på deltafronten der dominerer. Dette er i modsætning til kanal sand og -grus gennemboret ved Isenvad og Hammerum. Over Billund Formationen følger et tyndt lerlag fra Klittinghoved Formationen. Dette lerlag er dog væsentligt tykkere mod vest. Klittinghoved Formationen overlejres af sandede lag tilhørende Bastrup Formationen. Ved Hjøllund er Bastrup Formationen karakteriseret ved kyst og delta sand i den nederste del i modsætning til grus aflejret i et fluvialt miljø i henholdsvis Isenvad og Hammerum borerne. Den øverste del af Bastrup Formationen ved Hjøllund er karakteriseret ved kyst og delta sand på nær den allerøverste del, hvor sandet er aflejret i et fluvialt miljø. Fluvialt sand karakteriserer også aflejringerne i Hammerum og Assing Mølleby borerne. I den vestlige del, ved Stensig og Stauning, er denne del af lagserien kendetegnet ved veksellejrende marint ler fra Klittinghoved Formationen og delta sand tilhørende Bastrup Formationen. Bastrup Formationen overlejres af marint ler fra Arnum Formationen. Lerlaget er tyndt i den østligeste del og følges hurtigt af sand tilhørende Odderup Formationen. I den vestlige del, er det lerede sedimenter fra Arnum Formationen, der udgør størsteparten af successionen. Ved Hjøllund findes Kvartære lag over det forholdsvis tynde lag af sand fra Odderup Formationen. Mod vest, er den miocæne lagpakke mere komplet, således at der ved Stensig også findes lerede lag tilhørende Hodde, Ørnhøj og Gram formationerne.



Figur 7: Logkorrelationspanel, der viser den regionale udvikling af den miocæne lagpakke fra Hjøllund i øst til Stauning i vest.

Konklusion

Baseret på data fra en ny boring (DGU nr. 86.2118) ved Hjøllund, er der opstillet en detaljeret geologisk model for den miocæne lagserie (figs. 5 og 7). Modellen bygger på en kombination af palynologi/dinoflagellatstratigrafi, sedimentologi, seismik og sekvensstratigrafi.

Den gennemborede lagserie indeholder overordnet 3 niveauer med sandlag:

Billund Formation (102–205 m), aflejret som deltafront sand. Den mest grovkornede del fra 146 m til 124 m blev aflejret på strandplanet. Den mere finkornede del herover, blev aflejret i en lagune, der opad udvikles til en sø. Det overliggende sand og ler repræsenterer sand og ler aflejret i et fluvialt miljø (Addit Led).

Bastrup Formation (100–32 m), der er aflejret som delta sand overvejende på standplanet, men også i et kystslette miljø. Opbygningen af Bastrup Formationen ved Hjøllund viser tydeligt en aggraderende lagpakke. Den øverste del af Bastrup Formationen (32–46 m) blev dannet i et fluvialt miljø, formodentligt i et mæandrende system.

Odderup Formation (15–26 m) blev afsat på standplanet og i et kystslette miljø.

Den analyserede lagserie består overvejende af sand, men nederst i boringen (under Billund Formationen) findes marint ler og silt tilhørende Branden Ler, Brejning Formation og Vejle Fjord Formation. Imellem Billund Formationen og Bastrup Formationen er der et tyndt (ca. 1 m tykt) lerlag tilhørende Klintinghoved Formationen, og imellem Bastrup Formationen og Odderup Formationen er der et 5 m tykt lag af ler og silt tilhørende Arnum Formationen.

Referencer

- Brinkhuis, H. 1994: Late Eocene to Early Oligocene dinoflagellate cysts from the Priabonian type-area (Northeast Italy): biostratigraphy and paleoenvironmental interpretation. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 107, 121–163.
- Danielsen, M., Michelsen, O. & Clausen, O.R. 1995: Oligocene sequence stratigraphy and basin development in the Danish North Sea sector based on log interpretations. EFP-92-project: Basin development of the Tertiary of the Central Trough with emphasis on possible hydrocarbon reservoirs., 26pp.
- de Verteuil, L. & Norris, G. 1996: Miocene dinoflagellate stratigraphy and systematics of Maryland and Virginia. *Micropaleontology* 42(Supplement), 172 pp.
- Dybkjær, K., 2004a: Dinocyst stratigraphy and palynofacies studies used for refining a sequence stratigraphic model - uppermost Oligocene to Lower Miocene Jylland, Denmark. *Review of Palaeobotany and Palynology* 131, 201–249.
- Dybkjær, K., 2004b: Morphological and abundance variations in *Homotryblium*-cyst assemblages related to depositional environments; uppermost Oligocene – Lower Miocene, Jylland, Denmark. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 206, 41–58.
- Dybkjær, K., Piasecki, S. & Rasmussen, E.S., 2005: Dinoflagellat-datering og sekvensstratigrafi i 5 dybe borer i Ringkøbing Amt. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse Rapport 2005/5, 69pp.
- Dybkjær, K. & Piasecki, S. 2008: A new Neogene biostratigraphy of Denmark. *Geological Survey of Denmark and Greenland Bulletin* 15, 29–32.
- Dybkjær, K. & Piasecki, S., submitted: Neogene dinocyst zonation in the eastern North Sea Basin, Denmark. *Review of Palaeobotany and Palynology*.
- Friis, H., Mikkelsen, J. & Sandersen, P. 1998: Depositional environment of the Vejle Fjord Formation of the Upper Oligocene – Lower Miocene of Denmark: a barrier island/barrier-protected depositional complex. *Sedimentary Geology* 117, 221–244.
- Heilmann-Clausen, C. 1995: Palæogene aflejring over Danskekalken. In: Nielsen, O.B. (ed.): *Danmarks geologi fra Kridt til idag*. Aarhus Geokompender 1, 69–114.
- Hindsby, K., Harrar, B., Nyegaard, P., Konradi, P., Rasmussen, E.S., Bidstrup, T., Gregersen, U. & Boaretto, E. 1999: The Ribe Formation i SW Jylland, Denmark: Holocene and Pleistocene groundwaters in a coastal Miocene sand aquifer. In: Edmunds & Milne (eds): *PALAEAUX - management of coastal aquifers in Europe - Palaeowaters, natural controls and human influence*. Final report for the EU project PALAEAUX (ENV4-CT95-0156) British Geological Survey, BGS Technical Report, Hydrogeology Series, WD/99/35, 1999.
- Japsen, P., Bidstrup, T. & Rasmussen, E.S. 2002: Cenozoic evolution of the eastern Danish North Sea Basin. Discussion. *Marine Geology* 177, 571–575.
- Jordt, H., Faleide, J.L., Bjørlykke, K. & Ibrahim, M.T. 1985: Cenozoic sequence stratigraphy of the central and northern North Sea Basin: tectonic development, sediment distribution and provenance areas. *Marine and Petroleum Geology* 12(8), 845–879.
- King, C. 1989: Cenozoic of the North Sea. In: Jenkins, D.G. & Murray, J.W. (eds): *Stratigraphical atlas of fossil Foraminifera* (2nd ed.), 418–489. Chichester: Ellis Horwood Ltd.

- King, C. 1994: Biostratigraphic correlation of Late Paleocene to Oligocene sequences in the Harre borehole (north Jylland, Denmark) with those in the North Sea. *Aarhus Geosci.* 1, 85–92.
- Koch, B.E. 1989: Geology of the Søby-Fasterholt area. Geological Survey of Denmark, Serie A 22, 177pp.
- Larsen, G. & Dinesen, A. 1959: Vejle Fjord Formationen ved Brejning. Sedimenterne og foraminiferfaunaen (Oligocæn–Miocæn). *Danmarks geologiske Undersøgelse*, II. Række Nr. 82, 114 pp.
- Laursen, G.V. & Kristoffersen, F.N. 1999: Detailed foraminiferal biostratigraphy of Miocene formations in Denmark. *Contr. Tert. Quatern. Geol.* 36(1–4), 73–107.
- Martini, E. 1971: Standard Tertiary and Quaternary calcareous nannoplankton zonation. In: Farinacci, A. (ed.): *Proceedings II Planktonic Conference, Roma 1970.*
- Michelsen, O. 1994: Stratigraphic correlation of the Danish onshore and offshore Tertiary successions based on sequence stratigraphy. *Bulletin of the Geological Society of Denmark* 41, 145–161.
- Prentice, M.L. & Matthews, R.K. 1988: Cenozoic ice Volume history: Development of a composite oxygen isotope record. *Geology* 16, 963–966.
- Rasmussen, E.S. 1996: Sequence stratigraphic subdivision of the Oligocene and Miocene succession in South Jutland. *Bulletin of the Geological Society of Denmark* 43, 143–155.
- Rasmussen, E.S. 2004: Stratigraphy and depositional evolution of the uppermost Oligocene – Miocene succession in western Denmark. *Bulletin of the Geological Society of Denmark* 51, 89–109.
- Rasmussen, E.S., Dybkjær, K. & Piasecki, S., 2004: The Billund delta: a possible new giant aquifer in central and western Jutland. *Geological Survey of Denmark and Greenland Bulletin* 4, 21–24.
- Rasmussen, E.S. & Dybkjær, K. 2005: Sequence stratigraphy of the Upper Oligocene – Lower Miocene of eastern Jylland, Denmark: role of structural relief and variable sediment supply in controlling sequence development. *Sedimentology* 52, 25–63.
- Rasmussen, E.S., Dybkjær, K., Piasecki, S., in prep.: Lithostratigraphy of the Upper Oligocene – Miocene succession in Denmark. *Geol. Surv. Den. Green. Bull.*
- Rasmussen, L.B. 1961: De miocæne formationer i Danmark. *Danmarks geologiske Undersøgelse IV. Række*, Nr. 4, 45pp.
- Sorgenfrei, T. 1958: Molluscan assemblages from the marine Middle Miocene of South Jutland and their environments. *Danmarks geologiske Undersøgelse*, II. Række, Nr. 79, 503pp.
- Van Simaëys, S., Munsterman, D., Brinkhuis, H., 2005: Oligocene dinoflagellate cyst biostratigraphy of the southern North Sea Basin. *Review of Palaeobot. Palynol.* 134, 105–128.
- Vejbæk, O. 1992: Geodynamic modelling of the Danish Central Trough. In: Larsen, R.M. *et al.* (eds): *Structural and tectonic modelling and its application to petroleum geology*, 1–17. Amsterdam, Elsevier: Norwegian Petroleum Society.
- Ziegler, P.A. 1982: *Geological atlas of Western and Central Europe.*, 130pp. Amsterdam: Elsevier.

Bilag

Bilag 1: Rangechart for dinoflagellater i boringen DGU nr. 86.2118. Den litostratigrafiske og kronostratigrafiske opdeling af den analyserede lagserie er vist, dinoflagellat zoneringsen (Dybkjær & Piasecki 2008; submitted) for den undersøgte lagserie er præsenteret og stratigrafisk vigtige events er indikeret. Endelig er den relative hyppighed af følgende palynomorf-kategorier: 1) *in situ* og cavede dinoflagellater, 2) omlejrrede (reworked) dinoflagellater, 3) acritarcher, 4) "other marine algae" (OM), 5) ferskvandsalger, 6) udvalgte *in situ*, samt omlejrrede sporer og pollen (SP), samt svampesporer og -hyfer, alt sammen angivet i procent af det samlede antal registrerede palynomorfer.

