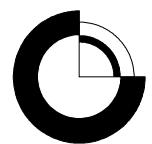


**Stratigrafisk analyse af boringerne ved Vind,
DGU nr. 74.1148 og Gudum, DGU nr. 53.615,
i Ringkøbing Amt**

Stefan Piasecki & Erik Skovbjerg Rasmussen

**Stratigrafisk analyse af borerne ved Vind,
DGU nr. 74.1148 og Gudum, DGU nr. 53.615,
i Ringkøbing Amt**

Stefan Piasecki & Erik Skovbjerg Rasmussen



Indhold

Sammenfatning	4
Indledning	6
Geologisk ramme	9
Litostratigrafi	13
Sedimentologi	16
Litologisk beskrivelse	16
Vind boringen (DGU nr. 74.1140)	16
Gudum boringen (DGU nr. 53.615).....	20
Biostratigrafi	24
Metoder.....	24
Biostratigrafi i Vind boringen (DGU nr. 74.1140).....	25
Vejle Fjord Formation, Vejle Fjord Ler	26
Billund sand?	27
Nedre Arnum Formation med Kolding sand og Bastrup sand.....	28
Øvre Arnum Formation med Stauning sand	29
Odderup Formation, Fasterholt Led.....	31
Pleistocæn–Holocæn.....	32
Biostratigrafi i Gudum boringen (DGU nr. 53.615)	32
Bastrup Sand og Nedre Arnum Formation.....	33
Bastrup sand	34
Øvre Arnum Formation	35
Pleistocæn–Holocæn.....	36
Korrelation	38
Figurtekster	39
Referencer	40

Sammenfatning

Denne undersøgelse er baseret på materiale fra to borer ved henholdsvis Vind nær Ørnøj, DGU nr. 74.1148, og Gudum nær Struer, DGU nr. 53.615 i Ringkøbing Amt.

Begge borer går igennem marine miocæne lagserier og alle prøverne indeholder dinoflagellater. Det organiske materiale er imidlertid domineret af materiale fra landplanter, ferskvandsalger samt svampesporer og frugtlegemer fordi lagserien overvejende omfatter sedimenter aflejret af udbyggende deltaer eller endog i sumpe på delta sletten. Datering og korrelation af enhederne i lagserien på grundlag af de tilstede dinoflagellater kan alligevel gennemføres med baggrund i det indsamlede erfarringsgrundlag. Dateringen af sandlagerne nederste i Vind boringen er dog noget usikker på grund af meget ringe dinoflagellat selskaber.

Boringen ved Vind (DGU nr. 74.1148) er domineret af sand i store dele af lagserien. Den øverste del indeholder en lignit / brunkulslag og er korreleret til Odderup Formation, Fasterholt Led (11–75 meter). Den resterende lagserie består af vekslende tykke sandlag og underordnede lerlag, som i den midterste del indeholder skaller af marine mollusker. Øvre Arnum Formation med Stauning sand (75–106 meter) er afgrænset fra den nedre Arnum Formation (106–187 meter) som også omfatter to markante Bastrup sand enheder og Kolding sand i basis. Under Arnum formationen, under en sekvensgrænse, er et markant sandlag tentativt korreleret med Billund sandet (187–201 meter). Det meget begrænsede indhold af dinoflagellater i enheden antyder intet tilhørighedsforhold til hverken Vejle Fjord eller Arnum formationerne. Herunder findes 3 meter ler med et tydeligt Vejle Fjord Formation dinoflagellat selskab (201–204 meter)(Bilag 1).

Gudum boringen (DGU nr. 53.615) er også meget sandrig. Den gennemborede lagserie omfatter udelukkende Arnum Formation. Det øverste interval korreleres med Øvre Arnum Formation (48–64 meter) på grundlag af en begrænset dinoflagellat flora som ikke desto mindre karakteriserer det mest marine interval i

boringen. Her under findes nedre Arnum Formation (64–115 meter) domineret af Bastrup sand (Bilag 2).

Vind og Gudum borerne er korreleret med Stensig, No og Holstebro borerne i Ringkøbing Amt i et ca. nord–syd gående profil baseret på biostratigrafi, sedimentologi, borehul-logs og seimiske data.

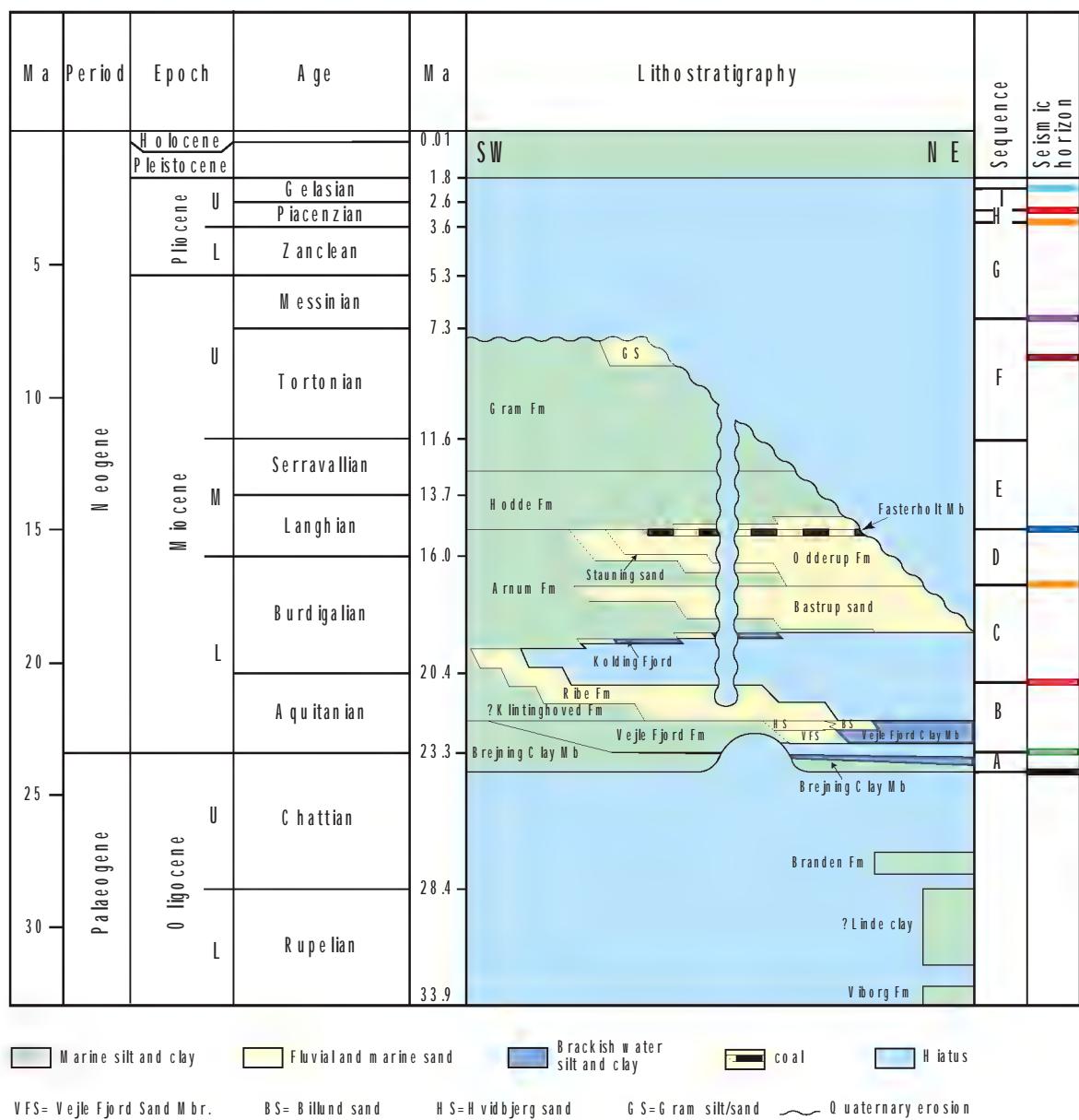
Indledning

I forbindelse med kortlægning af grundvandsmagasiner i Ringkøbing Amt blev der i 2005 boret to nye borer ved henholdsvis Vind nær Ørnøj og Gudum nær Struer (Figur 1).

Formålet med borerne og den stratigrafiske undersøgelse er at bidrage til kortlægningen af potentielle grundvandsmagasiner i Ringkøbing Amt. En detaljeret tredimensionel kortlægning af lagseriens stratigrafi er nødvendig for en vurdering af volumen og udbredelse af disse potentielle grundvandsmagasiner. Det opborende materiale er beskrevet litologisk og ca. 50 udvalgte prøver er blevet analyseret palynologisk med henblik på en biostratigrafisk datering og opdeling af lagserien. Biostratigrafien er baseret på fossile dinoflagellat cyster, som har vist sig at være et effektivt biostratigrafisk redskab til at datere den miocæne lagserie og til at korrelere på tværs af litologien (Dybkjær 2004a; Rasmussen & Dybkjær 2005). Den anvendte miocæne biostratigrafi i Danmark er baseret på analyser af et omfattende materiale fra mere end 40 borer og daglokaliteter i Midt- og Sønderjylland samt borer i Nordsøen. Kombineret med sedimentologiske og sekvensstratigrafiske analyser af borer og geofysiske data kan de stratigrafiske forhold i lagserien udredes. Den opdaterede miocæne stratigrafi i Jylland er vist i figur 2.



Figur 1: Kort over midt-Jylland med placering af Vind og Gudum borerne i Ringkøbing Amt samt de borer som de er korreleret med.



Figur 2: Den opdaterede litostratigrafi for øverste Oligocæn og Miocæn aflejringer i Jylland, dateret og korreleret med sekvensstratigrafi.

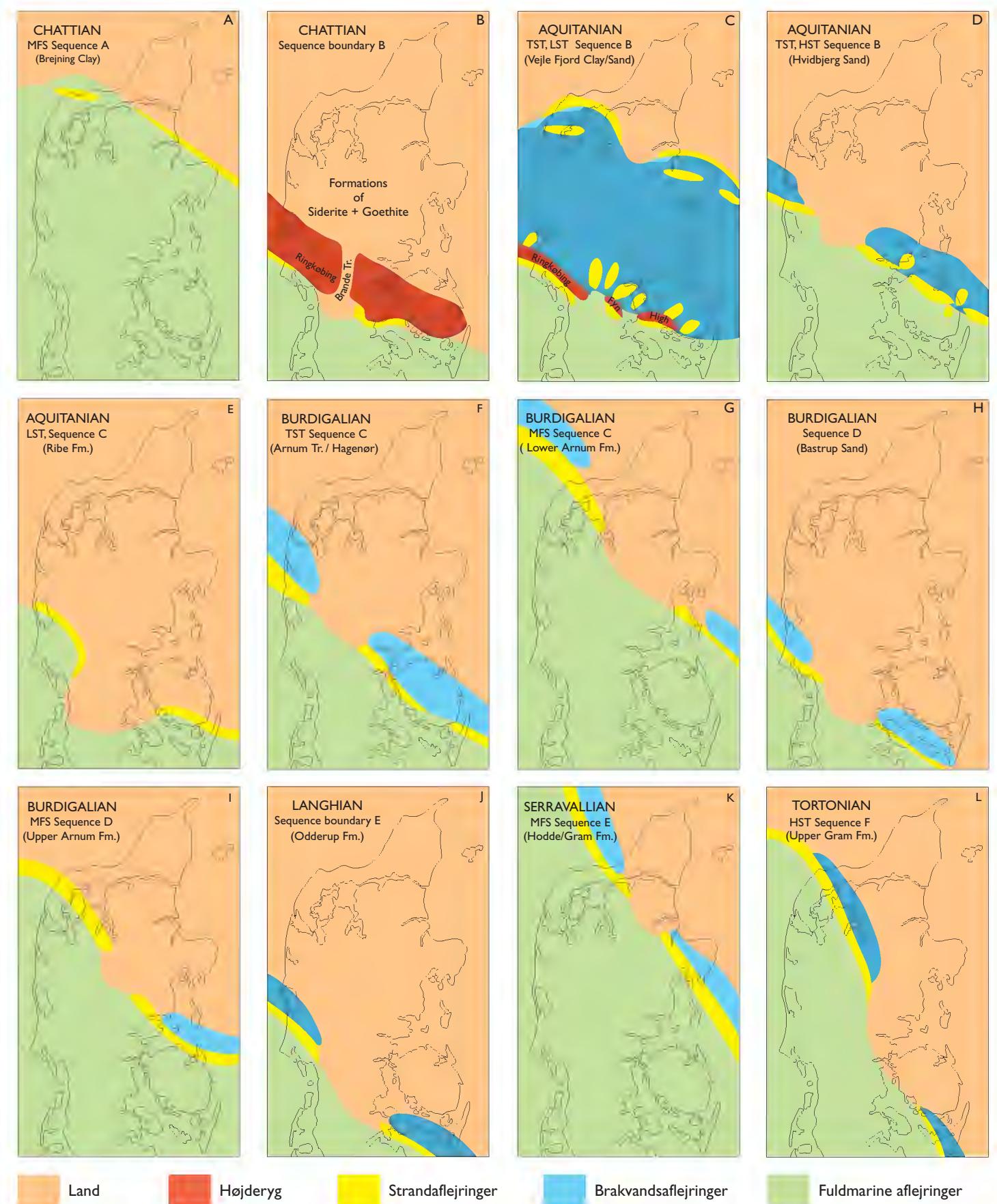
Geologisk ramme

Nordsøbassinet blev dannet som en konsekvens af den termale indsynkning, der efterfulgte gradvannelsen i Jura (Ziegler 1982; Vejbæk 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 upræcist, 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 brakt. Den maksimale udbredelse af havet i dette bassin forekom i Sen Kridt, hvor kalk og limsten blev aflejret. I forbindelse med Den alpine Foldning (Sen Kridt og Paleocæn) blev dele af bassinet kraftig påvirket. Dette resulterede i kraftig inversionstektonik og sandsynligvis også i hævning 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. Udbygningen i 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 (for eksempel Jordt *et al.* 1985) mens aflejringerne i Danmark var domineret af finkornede sedimenter (Heilmann-Clausen 1995). I Oligocæn nåede udbygningen ned i det danske område og der aflejredes lavmarine, sandrige sedimenter i Nordjylland og Midtjylland, især omkring Ringkøbing-Fyn Højderyggen. Deltaudbygning fra nord dominerede lokalt, men generelt blev sedimenterne aflejret i oddekomplekser med bagvedliggende laguner og åbent hav mod syd og sydvest (Friis *et al.* 1998; Rasmussen 2004a). Tektoniske bevægelser i Oligocæn har sandsynligvis haft indflydelse på kildeområdet og aflejringsmønstret. Ligeledes har globale havniveauændringer i Oligocæn også sat sit præg på aflejringsmiljøet, blandt andet ved at en stor del af Nedre Oligocæn mangler (f. eks. (Michelsen 1994; Heilmann-Clausen 1995). Nedre oligocæne aflejringen er bevaret lokalt, i depressi-

oner relaterede til saltstrukturer og depressioner dannet i forbindelse med grundfjelds relaterede tektoniske bevægelser i Oligocæn.

I Sen Oligocæn transgrederedes Det danske Bassin på ny (Figur 3A). Den topografi, der dannedes i forbindelse med de tektoniske bevægelser har haft afgørende betydning for aflejringsmiljøet. Ringkøbing-Fyn Højderyggen spillede en særlig rolle her, idet den adskilte mere åben marine/kystprograderende aflejringsmiljøer syd for ryggen fra paraliske/afsnørede miljøer nord for ryggen (Rasmussen & Dybkjær 1999). De strukturelle rygge var vigtige områder for dannelsen af oddekomplekser, der resulterede i en serie af barriere-øer med bagvedliggende laguner på tværs af Jylland. Sedimentkilden til disse oddekomplekser var store floder fra nord. Sedimenterne blev transporteret langs kysten indtil aflejring i oddekomplekserne. Et markant fald i havniveau resulterede i en markant udbygning i seneste Chattien (seneste Oligocæn) til Aquitanien (Tidlig Miocæn) (Figur 3B–C) (Rasmussen 1996) og da udbygningen skete under stadig faldende havniveau aflejredes forholdsvis rent sand og grus. Efter havniveauafallet i Aquitanien steg havniveauet generelt op igennem Miocæn med maksimum i Serravallien (øvre Mellem Miocæn) (Figur 3D–I) (Printice & Matthews 1988). Nye tektoniske bevægelser karakteriserede bassinet i slutningen af Burdigalien (sen Tidlig Miocæn). Dette resulterede i nye udbygninger, bl.a. aflejringer beriget med tungmineraler (Figur 3I–J). Da denne udbygning foregik under stigende havniveau var den ikke så markant som den i Aquitanien og på grund af stigende grundvandsspejl i landområderne var mulighederne optimale for afsætning af brunkul, som det kendes fra Midtjylland (Figur 3J). Langhien (Mellem Miocæn) repræsenterer en vigtig fase i udviklingen af Nordsø Bassinet. Midt i perioden skete der en markant transgression og ligeledes viser forkastninger i Odderup Formationen at tektonisk aktivitet foregik på dette tidspunkt (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 som medførte en markant, global havniveau stigning i denne periode. Sandsynligvis var hele det



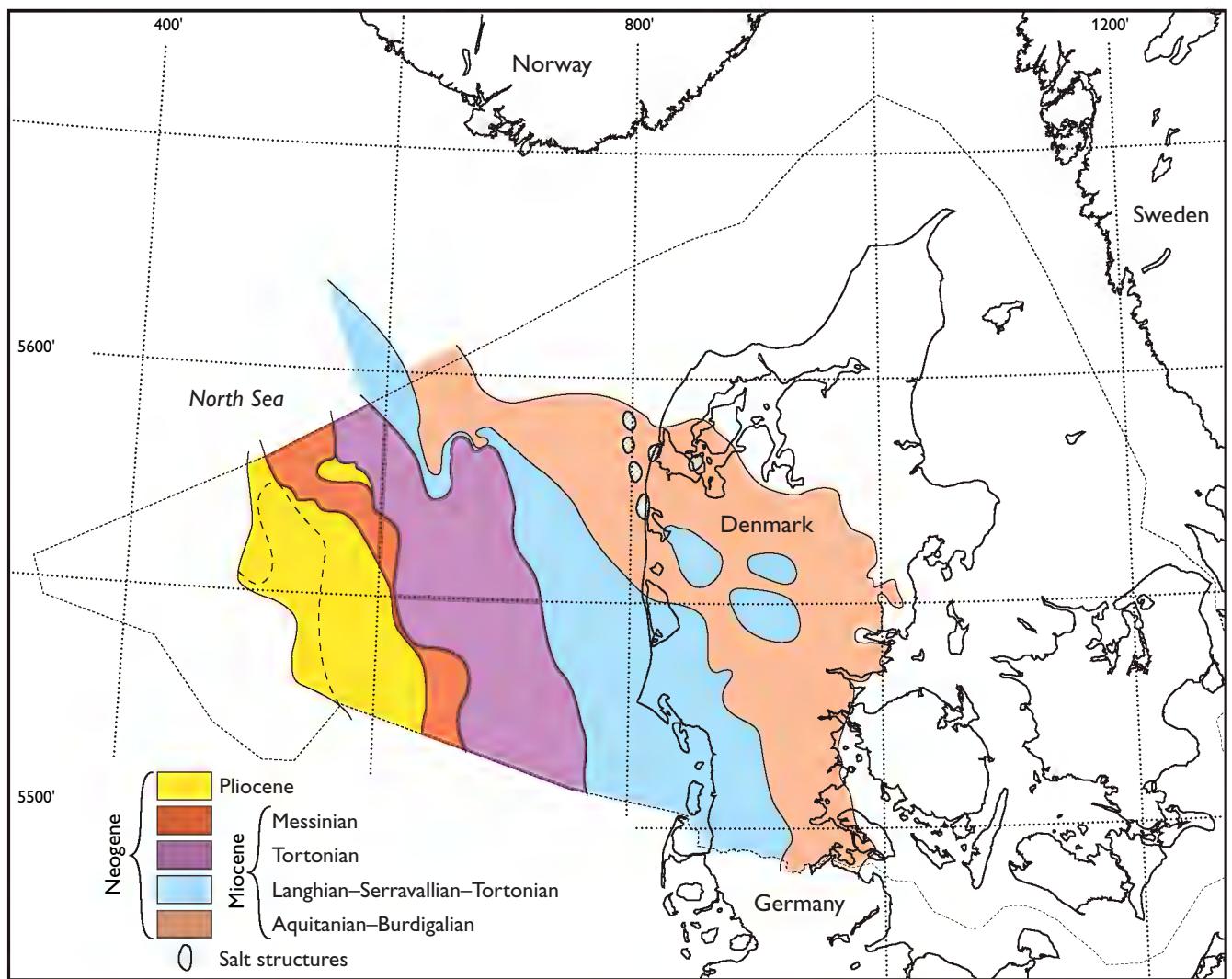
Figur 3: Palæogeografisk udvikling i Jylland fra Chattien (Sen Oligocæn) til Tortonian (Sen Miocæn).

danske område oversvømmet i den sidste del af Mellem Miocæn (Figur 3K). Under aflejringen af Gram Formationen i Sen Miocæn (Figur 3L) 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 indsunkning, således at området forblev fuldt marint trods det faldende globale havniveau. Nye undersøgelser viser endda at der blev aflejret op til 400 m øvre miocæne seder over Midtjylland (Japsen *et al.* 2002). Gram Formationen er kendt for en rig flora og fauna; der må derfor have været en høj tilførsel af næringsstoffer fra land.

Litostratigrafi

De nyere undersøgelser af den øvre oligocæne – miocæne lagserie har vist at den tidligere litostratigrafiske inddeling er for simpel. Derfor vil der i nærværende undersøgelse blive benyttet en litostratigrafi for den miocæne lagserie, der er kraftig revideret (Dybkjær *et al.* 1999; Rasmussen *et al.* 2002; Rasmussen 2004a, b)(Figur 2).

Den ældste litostratigrafiske enhed er Vejle Fjord Formationen. Den nederste del af Vejle Fjord Formationen (Larsen & Dinesen 1959). Brejning Leret henregnes til Oligocæn, så den miocæne lagserie starter med Vejle Fjord Leret. Vejle Fjord Leret efterfølges af Vejle Fjord Sand og Hvidbjerg sand. I det centrale og vestlige Jylland er der kortlagt et større deltakompleks, som er samtidig med Vejle Fjord Formationen. Dette benævnes Billund sand. I det sydlige Jylland aflejredes et meget sandrigt system, som er en videreudbygning af Billund deltaet, men som dog er isoleret fra Billund deltaet. Dette sandrige system hedder Ribe Formationen (Sorgenfrei 1958). Over disse enheder, der overordnet tilhører Vejle Fjord Formationen, kommer Arnum Formationen (Sorgenfrei 1958), der hovedsageligt består af lerede sedimenter. Den nederste del af Arnum Formationen, som består af sandrige sedimenter benævnes, Kolding Fjord sand. De minder meget om Vejle Fjord Formationen, men er yngre og udgør ikke en del af Vejle Fjord systemet. I de nordlige og østlige egne af Jylland kiler der sig et sandlag ind i den lerede del af Arnum Formationen. Dette lag benævnes Bastrup sand. I forbindelse med en ny kystudbygning i den øverste del af Arnum Formationen aflejredes finsand rigt på tungmineraler. Disse sandlag kaldes for Stauning sand. Stauning sandet interfingerer med det marine ler øverst i Arnum Formationen mens den sandrige Odderup Formation overlejer Arnum Formationen. Stauning sandet blev aflejret som stormsand i forbindelsen med udbygningen af Odderup deltaet og er derfor tidsækvivalent med Odderup Formationen. Generelt bliver både Stauning sandet og Odderup Formationen successivt yngre mod sydvest. Herover træffes kun lerrige sedimenter i Jylland. Disse lag er kendt som henholdsvis Hodde og Gram Formationen.



Figur 4: Udbredelsen af de neogene aflejringer i Jylland og i Nordsøen. De yngste lag forekommer mod sydvest og de ældste mod nordøst. Glacial erosion har fjernet ca. 400 meter miocæn lagserie på land.

Der er endnu ikke konstrueret et præ-Pleistocæne kort over de miocæne formationer, som er omtalt ovenfor, men den overordnede fordeling af de miocæne og pliocæne aflejringer i det danske område er vist i figur 4. Her ser man, at de miocæne lag bliver ældre mod øst og nordøst. Dette er en konsekvens af den markante Plio-Pleistocæn hævning og erosion.

Sedimentologi

Litologisk beskrivelse

Litologien af de gennemborede lag er vist i figur 5 og 6. Den signatur, der er angivet i den litologiske søje, svarer til hver prøve (1 meter). Litologien er opdelt i grus, sand, silt og ler. Er der mange sten i en prøve er det angivet med en enkelt grus signatur (cirkel; se figur 5). På den litologiske søje er der også angivet fund af mollusker og glaukony.

Vind boringen (DGU nr. 74.1140)

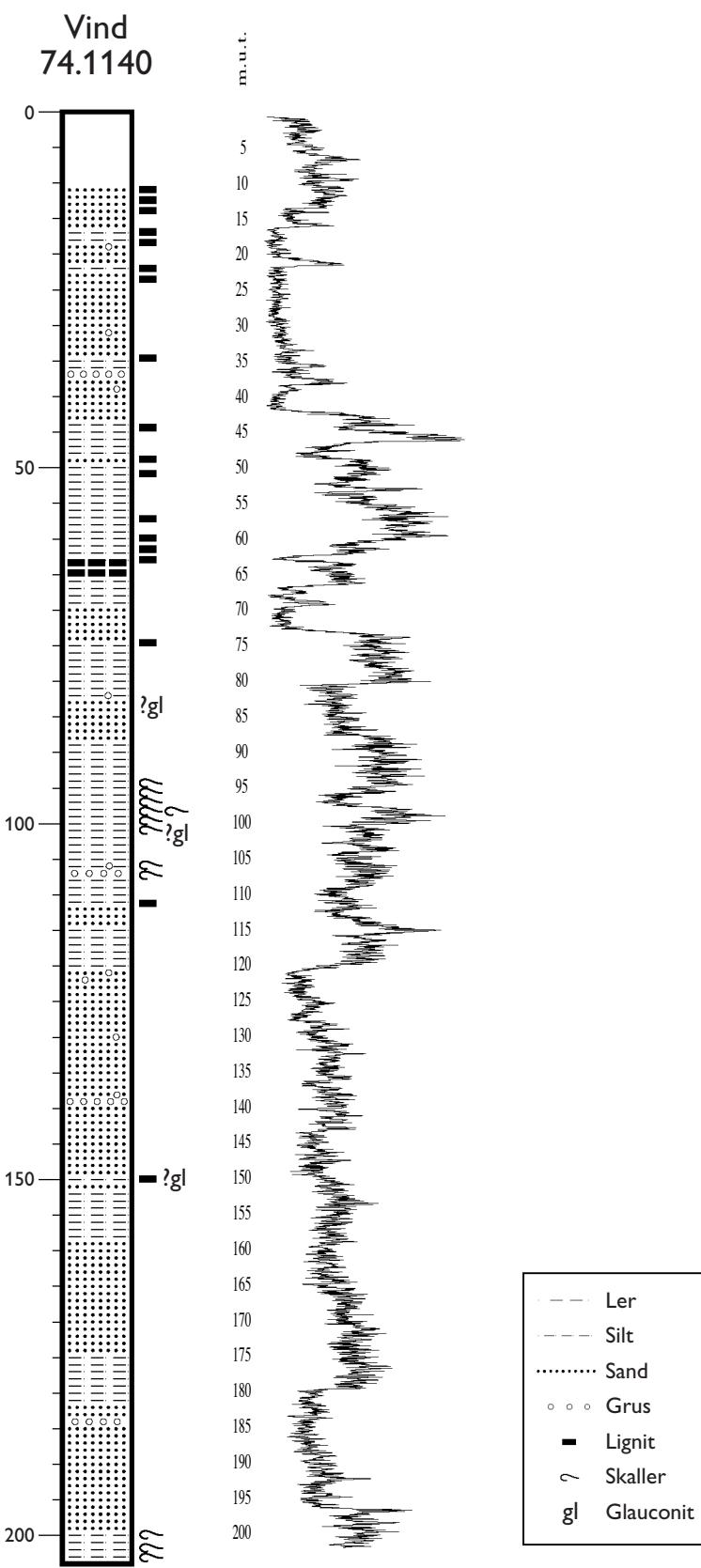
Boringen er beskrevet ned til 204 meters dybde. De øverste 11 meter henføres til Pleistocæn – Holocæn og er ikke analyseret. Sedimentologisk opmåling af den miocæne del af boringen på basis af boreprøver (cuttings) viser en lagserie domineret af sand og mørkebrunt silt og ler (Figur 5). Lignit og brunkulslag er især registreret i den øverste del af boringen ned til ca. 65 meter mens mollusk-skaller er meget udbredt i den midterste del af boringen, især fra 94–107 meter. De nederste prøver i 201–204 meter omfatter mørkebrunt leret silt med skaller.

Meter under terræn: Litologisk beskrivelse

- 10–11: Sand: Mellem- til grovkornet sand med tynde, grå lerlag. Lignit.
- 11–12: Sand: Velsorteret, hvidt, mellemkornet sand. Lignit.
- 12–13: Sand: Velsorteret, hvidt, mellemkornet sand. Lignit.
- 13–14: Sand: Velsorteret, hvidt, mellemkornet sand.
- 14–15: Sand: Velsorteret, hvidt, mellemkornet sand.
- 15–16: Sand: Gråt fin- til mellemkornet sand
- 16–17: Ler: Gråbrunt ler med lignit.
- 17–18: Ler: Gråbrunt ler med lignit.
- 18–19: Sand: Velsorteret, hvidt, mellemkornet sand. Gruset, lignit.
- 19–20: Sand: Velsorteret, hvidt, mellemkornet sand. Gruset, lignit.
- 20–21: Sand: Brunligt, mellem- til grovkornet sand.
- 21–22: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Lidt mellemkornet sand. Lignit.

- 22–23: Sand: Gråt, mellem- til grovkornet sand. Lignit.
 23–24: Sand: Hvidt til gråt, grovkornet sand.
 24–25: Sand: Hvidt til gråt, grovkornet sand.
 25–26: Sand: Hvidt til gråt, grovkornet sand.
 26–27: Sand: Hvidt til gråt, grovkornet sand.
 27–28: Sand: Brunligt, grovkornet sand.
 28–29: Sand: Hvidt til brunligt, grovkornet sand. Gruset.
 29–30: Sand: Hvidt, grovkornet sand.
 30–31: Sand: Hvidt, grovkornet sand.
 31–32: Sand: Hvidt, grovkornet sand. Gruset.
 32–33: Sand: Hvidt, grovkornet sand. Gruset.
 33–34: Sand: Hvidt, grovkornet sand med tynde lysegrå lerlag.
 34–35: Sand: Hvidt, grovkornet sand med tynde lysegrå lerlag. Lignit.
 35–36: Sand: Gråt, mellem- til grovkornet sand vekslejrende med laminerede, grå og brune lerlag.
 36–37: Silt: Laminerede gråbrune, lerede siltlag med lidt mellemkornet sand.
 37–38: Grus med laminerede lerlag.
 38–39: Sand: Velsorteret, gråhvidt sand med tynde, laminerede lerlag.
 39–40: Sand: Brunt, mellemkornet sand. Gruset.
 40–41: Sand: Brunt, mellemkornet sand. Gruset.
 41–42: Sand: Brunt, mellemkornet sand. Gruset.
 42–43: Sand: Brunt, mellemkornet sand med laminerede lerlag. Gruset.
 43–44: Silt: Lamineret, mørkebrunt og gråt, leret silt.
 44–45: Silt: Brunligt, leret silt. Lignit.
 45–46: Silt: Mørkebrunt, leret silt.
 46–47: Silt: Mørkebrunt, leret silt.
 47–48: Silt: Gulligbrunt, leret silt. Lignit.
 48–49: Sand: Gråt, grovkornet sand med tynde lerlag. Lignit
 49–50: Silt: Lamineret, gråt og brunt, leret silt.
 50–51: Silt: Lamineret, gråt og brunt, leret silt.
 51–52: Silt: Brunt, leret silt med tynde, grå silt lag. Brunkul.
 52–53: Lignit, samt brunt, leret silt.
 53–54: Silt: Gråt, leret silt.
 54–55: Silt: Vekslejrende, gråt leret silt og gråt, grovkornet sand.
 55–56: Silt: Lamineret, mørkebrunt og gråt, leret silt.
 56–57: Silt: Lamineret, mørkebrunt og gråt, leret silt.
 57–58: Silt: Lamineret, mørkebrunt og gråt, leret silt. Lignit.
 58–59: Silt: Lamineret, mørkebrunt og gråt, leret silt.
 59–60: Silt: Mørke brunt, leret silt.
 60–61: Silt: Lamineret, mørkebrunt og hvidt, leret silt og finkornede sandlag.
 61–62: Silt: Lamineret, mørkebrunt og hvidt, leret silt og finkornede sandlag. Lignit.
 62–63: Silt: Lamineret, mørkebrunt og hvidt, leret silt og finkornede sandlag. Lignit.
 63–64: Lignit.
 64–65: Silt: Brunt, leret silt og hvidt sand.
 65–66: Silt: Brunt, leret silt. Lignit.
 66–67: Silt: Vekslejrende, gråbrunt og mørkebrunt, leret silt.
 67–68: Silt: Vekslejrende, gråbrunt og mørkebrunt, leret silt. Lignit.
 68–69: Silt: Vekslejrende, gråbrunt og mørkebrunt, leret silt. Sandet.
 69–70: Silt: Vekslejrende, gråbrunt og mørkebrunt, leret silt.
 70–71: Sand: Brungråt, mellemkornet sand. Gruset og med lignit.
 71–72: Sand: Brungråt, grovkornet sand med tynde lerlag.
 72–73: Sand: Brungråt, grovkornet sand.
 73–74: Sand: Brungråt, grovkornet sand. Lignit.
 74–75: Silt: Lamineret, gråbrunt, leret silt og noget mellemkornet sand.

75–76: Silt: Lamineret, gråbrunt, leret silt og noget mellemkornet sand
76–77: Silt: Lamineret, gråbrunt, leret silt og noget mellemkornet sand
77–78: Silt: Lamineret, gråbrunt, leret silt.
78–79: Silt: Lamineret, gråbrunt, leret silt.
79–80: Silt: Lamineret, gråbrunt, leret silt.
80–81: Silt: Lamineret, gråbrunt, leret silt.
81–82: Silt: Lamineret, gråbrunt, leret silt samt grovkornet sand og grus.
82–83: Sand: Grovkornet sand med enkelte lerlag.
83–84: Sand: Gråt til grønligt, lamineret, finkornet sand. Glaukony og enkelte lerlag og mellemkornet sand
84–85: Sand: Veksellejrende, gråt til grønligt, lamineret fin- til mellemkornet sand.
85–86: Sand: Veksellejrende, gråt til grønligt, lamineret fin- til mellemkornet sand.
86–87: Sand: Veksellejrende, gråt til grønligt, lamineret fin- til mellemkornet sand.
87–88: Sand: Veksellejrende, gråt til grønligt, lamineret fin- til mellemkornet sand.
88–89: Sand: Mørkebrunt, leret silt med enkelte laminae af finkornet sand
89–90: Silt: Lamineret, mørkebrunt og gråt, leret silt.
90–91: Silt: Lamineret, mørkebrunt og gråt, leret silt.
91–92: Silt: Lamineret, mørkebrunt og gråt, leret silt.
92–93: Silt: Lamineret, mørkebrunt og gråt, leret silt.
93–94: Silt: Lamineret, mørkebrunt og gråt, leret silt.
94–95: Silt: Lamineret, mørkebrunt og gråt, leret silt. Skaller.
95–96: Silt: Lamineret, mørkebrunt og gråt, leret silt.
96–97: Silt: Lamineret, mørkebrunt og gråt, leret silt. Skaller.
97–98: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Skaller.
98–99: Silt: Mørkebrunt. Leret silt. Mange skaller.
99–100: Silt: Lamineret, mørkebrunt og gråt, leret silt.
100–101: Silt: Lamineret, mørkebrunt og gråt, leret silt. Skaller.
101–102: Silt: Lamineret, mørkebrunt og gråt, leret silt. Skaller og glaukony?
102–103: Silt: Lamineret, mørkebrunt og gråt, leret silt.
103–104: Silt: Mørkebrunt, leret silt.
104–105: Silt: Lamineret, mørkebrunt, leret silt og gråt, finkornet sand.
105–106: Silt: Lamineret, mørkebrunt leret silt og gråt, finkornet sand. Skaller.
106–107: Silt: Lamineret, mørkebrunt leret silt og gråt, finkornet sand. Gruset (< 3cm), skaller.
107–108: Silt: Lamineret, mørkebrunt leret silt og gråt, finkornet sand. Gruset.
108–109: Silt: Grønligt til mørkebrunt, leret silt. Lamineret?
109–110: Silt: Grønligt til mørkebrunt, leret silt.
110–111: Silt: Grønligt til mørkebrunt, leret silt. Lignit.
111–112: Sand: Brunliggråt, finkornet sand med enkelte lerlag.
112–113: Sand: Brunliggråt, finkornet sand med enkelte lerlag.
113–114: Sand: Brunliggråt, finkornet sand med enkelte lerlag.
114–115: Silt: Mørkebrunt, leret silt med stiber af finkornet sand.
115–116: Silt: Mørkebrunt, leret silt med stiber af finkornet sand.
116–117: Silt: Mørkebrunt, leret silt med stiber af finkornet sand.
117–118: Silt: Lamineret, mørkebrunt til gråt, leret silt.
118–119: Silt: Lamineret, mørkebrunt til gråt, leret silt.
119–120: Silt: Lamineret, mørkebrunt til gråt, leret silt.
120–121: Silt: Lamineret, mørkebrunt til gråt, leret silt.
121–122: Sand: Gråt, grovkornet sand og grus. Tynde lerlag.
122–123: Sand: Gråt, grovkornet sand. Gruset.
123–124: Sand: Gråt, mellem- til grovkornet sand.
124–125: Sand: Gråt, mellem- til grovkornet sand.
125–126: Sand: Gråt, mellem- til grovkornet sand.
126–127: Sand: Gråt, mellem- til grovkornet sand med tynde lerlag.



Figur 5: Grafisk afbildning af litologien i Vind boringen korreleret med gamma-borehulsloggen.

- 127–128: Sand: Gråt, mellem- til grovkornet sand med tynde lerlag.
- 128–129: Sand: Veksellejrende, mellem- og grovkornet sand og mørkebrune lerlag. Gruset.
- 129–130: Sand: Grovkornet sand. Gruset og med tynde lerlag.
- 130–131: Sand: Veksellejrende, fin- til mellemkornet sand og mørkebrune lerlag.
- 131–132: Sand: Finkornet sand. Gruset.
- 132–133: Sand: Velsorteret, mellemkornet sand.
- 133–134: Sand: Velsorteret, mellemkornet sand.
- 134–135: Sand: Velsorteret, mellemkornet sand.
- 135–136: Sand: Grovkornet sand.
- 136–137: Sand: Velsorteret, mellemkornet sand.
- 137–138: Sand: Grovkornet sand. Gruset.
- 138–139: Grus: Grus med lidt sand.
- 139–140: Sand: Mellemkornet sand med tynde lerlag.
- 140–141: Sand: Mellemkornet sand med tynde lerlag.
- 141–142: Sand: Grov- til mellemkornet sand med tynde lerlag.
- 142–143: Sand: Grov- til mellemkornet sand med tynde lerlag.
- 143–144: Sand: Mellem- til grovkornet sand med tynde lerlag.
- 144–145: Sand: Grov- til mellemkornet sand med tynde lerlag. Grus (<2 cm)
- 145–146: Sand: Mellem- til grovkornet sand med tynde lerlag.
- 146–147: Sand: Velsorteret, mellemkornet sand. Cementeret sand.
- 147–148: Sand: Velsorteret, mellemkornet sand.
- 148–149: Sand: Velsorteret, mellemkornet sand med tynde lerlag.
- 149–150: Sand: Velsorteret, mellemkornet sand med tynde lerlag.
- 150–151: Silt: Mørkebrunt, leret silt og mellemkornet sand. Lignit.
- 151–152: Silt: Veksellejrende, mørkebrunt, leret silt og mellemkornet sand. Cementeret finkornet sand med glaukony.
- 152–153: Silt: Gråt til brunligt, leret silt og finkornet sand.
- 153–154: Silt: Gråt til brunligt, leret silt og finkornet sand.
- 154–155: Silt: Gråt til brunligt, leret silt og finkornet sand.
- 155–156: Silt: Gråt til brunligt, leret silt og finkornet sand.
- 156–157: Silt: Gråt til brunligt, leret silt og finkornet sand.
- 157–158: Silt: Gråt til brunligt, leret silt og finkornet sand.
- 158–159: Sand: Gråt, fin- til mellemkornet sand og tynde lerlag.
- 159–160: Sand: Gråt mellemkornet sand. Gruset og med tynde lerlag.
- 160–161: Sand: Gråt mellemkornet sand med tynde lerlag.
- 161–162: Sand: Gråt mellemkornet sand.
- 162–163: Sand: Gråt, finkornet sand med tynde lerlag.
- 163–164: Sand: Gråt, finkornet sand med tynde lerlag.
- 164–165: Sand: Gråt, finkornet sand med tynde lerlag.
- 165–166: Sand: Gråt, finkornet sand med tynde lerlag.
- 166–167: Sand: Lamineret, finkornet sand med tynde lerlag.
- 167–168: Sand: Gråt, fin- til mellemkornet sand med tynde lerlag.
- 168–169: Sand: Gråt, fin- til mellemkornet sand med tynde lerlag.
- 169–170: Sand: Gråt, fin- til mellemkornet sand med tynde lerlag.
- 170–171: Sand: Gråt, fin- til mellemkornet sand med tynde lerlag.
- 171–172: Sand: Gråt, fin- til mellemkornet sand med tynde lerlag.
- 172–173: Silt: Gråt silt og finkornet sand med tynde lerlag.
- 173–174: Silt: Gråt silt og finkornet sand med tynde lerlag.
- 174–175: Silt: Gråt silt og finkornet sand med tynde lerlag.
- 175–176: Silt: Gråt silt og finkornet sand med tynde lerlag.
- 176–177: Silt: Gråt silt og finkornet sand med tynde lerlag.
- 177–178: Silt: Gråt silt og fin kornet sand med tynde lerlag.

- 178–179: Silt: Gråt silt og finkornet sand med tynde lerlag.
- 179–180: Silt: Gråt silt og finkornet sand med tynde lerlag.
- 180–181: Silt: Mørkebrunt, leret silt og grovkornet sand.
- 181–182: Sand: Gråt, grovkornet sand med tynde lerlag.
- 182–183: Sand: Gråt, grovkornet sand med tynde lerlag.
- 183–184: Sand: Gråt, grovkornet sand med tynde lerlag. Cementeret sand.
- 184–185: Sand: Gråt, mellemkornet sand.
- 185–186: Sand: Velsorteret, mellemkornet sand.
- 186–187: Sand: Velsorteret, mellemkornet sand.
- 187–188: Sand: Velsorteret, mellemkornet sand med tynde lerlag.
- 188–189: Sand: Gråt, finkornet sand.
- 189–190: Mangler.
- 190–191: Sand: Gråt, finkornet sand.
- 191–192: Sand: Velsorteret, mellemkornet sand.
- 192–193: Sand: Velsorteret, mellemkornet sand.
- 193–194: Sand: Velsorteret, mellemkornet sand.
- 194–195: Sand: Velsorteret, mellemkornet sand.
- 195–196: Sand: Velsorteret, mellemkornet sand.
- 196–197: Sand: Gråt, grovkornet sand.
- 197–198: Sand: Veksellejrende, grovkornet sand og lerlag.
- 198–199: Silt: Lamineret, mørkebrunt og gråt, leret silt.
- 199–200: Sand: Grovkornet sand og mørkebrunt, leret silt.
- 200–201: Mangler.
- 201–202: Silt: Mørkebrunt, leret silt, gruset, skaller.
- 202–203: Silt: Mørkebrunt, leret silt, gruset, skaller.
- 203–204: Silt: Mørkebrunt, leret silt, gruset, skaller.

Gudum boringen (DGU nr. 53.615)

Boringen er beskrevet ned til 114 meters dybde. De øverste 47 meter henføres til Pleistocæn – Holocæn og er ikke analyseret. Sedimentologisk opmåling af den miocæne del af boringen på basis af boreprøver (cuttings) viser en lagserie domineret af mørkebrunt, leret silt i den øverste halvdel og især af sand i den nederste halvdel (Figur 5). Kun få molluskskaller er registreret ved ca. 90 meter og lignit;brunkul især omkring 80 meter.

Meter under terræn: Litologisk beskrivelse

- 47–48: Sand: Grovkornet sand og grus. Bjergartsfragment, Flint.
- 48–49: Silt: Mørkebrunt, leret silt og lidt velsorteret, finkornet sand.
- 49–50: Silt: Mørkebrunt, leret silt og lidt velsorteret, finkornet sand.
- 50–51: Silt: Mørkebrunt, leret silt og lidt velsorteret, finkornet sand.
- 51–52: Silt: Mørkebrunt, leret silt.
- 52–53: Silt: Mørkebrunt, leret silt.
- 53–54: Silt: Mørkebrunt, leret silt og grønliggråt, finkornet sand.
- 54–55: Silt: Lamineret, mørkebrunt, leret silt og gråt, finkornet sand. Feldspat.
- 55–56: Silt: Lamineret, mørkebrunt, leret silt og gråt, finkornet sand.
- 56–57: Silt: Lamineret, mørkebrunt, leret silt og gråt, finkornet sand.
- 57–58: Silt: Mørkebrunt, leret silt.

58–59: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Få laminae.

59–60: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Få laminae.

60–61: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Få laminae.

61–62: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Få laminae.

62–63: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Få laminae.

63–64: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Få laminae og finkornet sand.

64–65: Sand: Velsorteret, gråt, finkornet sand

65–66: Silt: Lamineret, mørkebrunt, leret silt og finkornet sand. Lidt grovkornet sand.

66–67: Sand: Gråt, grovkornet sand. Gruset og med få tynde siltede lerlag.

67–68: Sand: Gråt, grovkornet sand. Gruset og med få tynde siltede lerlag.

68–69: Silt: Lamineret, mørkebrunt, leret silt og finkornet sand.

69–70: Silt: Mørkebrunt, leret silt. Lidt lamineret.

70–71: Silt: Rødbrun, leret silt. Lidt lamineret.

71–72: Silt: Rødbrun, leret silt. Lidt lamineret.

72–73: Sand: Velsorteret, gråt, mellemkornet sand med tynde lerlag.

73–74: Sand: Velsorteret, gråt, mellemkornet sand med tynde lerlag. Bjergartsfragment (< 4 cm)

74–75: Sand: Velsorteret, gråt, mellemkornet sand med tynde lerlag. Bjergartsfragment (< 3 cm)

75–76: Sand: Vekslejrende, mellemkornet sand og brunt ler.

76–77: Sand: Gråt, mellemkornet sand og rødbrun, leret silt og ler. Lignit.

77–78: Silt: Rødbrun, leret silt og sand. Lignit.

78–79: Sand: Gråt, grovkornet sand med tynde lerlag. Lignit.

79–80: Sand: Gråt, velsorteret, mellem- til grovkornet sand med tynde lerlag. Lignit.

80–81: Sand: Vekslejrende, mellem- til grovkornet sand og brune lerlag. Lignit.

81–82: Sand: Gråt, velsorteret, grovkornet sand.

82–83: Sand: Vekslejrende, gråt, mellemkornet sand og rødbrun, leret silt. Flint.

83–84: Silt: Rødbrun og gråt, leret silt. Lidt mellemkornet sand.

84–85: Silt: Vekslejrende, mørkebrunt, leret silt og gråt, finkornet sand. Flint, Bjergartsfragment.

85–86: Silt: Lamineret, mørkebrunt, leret silt og gråt, finkornet sand. Bjergartsfragment.

86–87: Silt: Lamineret, mørkebrunt, leret silt og gråt, finkornet sand.

87–88: Sand: Gråt, mellemkornet sand og mørkebrunt, leret silt. Skaller.

88–89: Sand: Vekslejrende mellem- til grovkornet sand og mørkebrune, lerede siltlag.

89–90: Sand: Gråt, grovkornet sand med tynde, mørkebrune, lerede siltlag.

90–91: Sand: Gråt, mellem- til grovkornet sand. Skaller. Flint.

91–92: Sand: Gråt, mellem- til grovkornet sand. Feldspat.

92–93: Sand: Gråt, grovkornet sand med tynde, mørkebrune, lerede siltlag. Gruset.

93–94: Sand: Gråt, grovkornet sand med tynde, mørkebrune, lerede siltlag. Gruset.

94–95: Sand: Gråt, grovkornet sand med tynde, mørkebrune, lerede siltlag.

95–96: Sand: Gråt, grovkornet sand med tynde, mørkebrune, lerede siltlag.

96–97: Sand: Gråt, fin- til mellemkornet sand.

97–98: Sand: Gråt, fin- til mellemkornet sand med tynde lerlag. Flint?

98–99: Sand: Gråt, mellemkornet sand.

99–100: ler: Lamineret, mørkebrunt ler og grønliggråt silt.

100–101: Sand: Gråt, grovkornet sand med tynde, brune lerlag. Gruset.

101–102: Sand: Gråt, grovkornet sand med tynde, brune lerlag. Gruset.

102–103: Sand: Gråt, grovkornet sand med tynde, brune lerlag. Gruset.

103–104: Sand: Gråt, grovkornet sand med tynde, brune lerlag. Gruset.

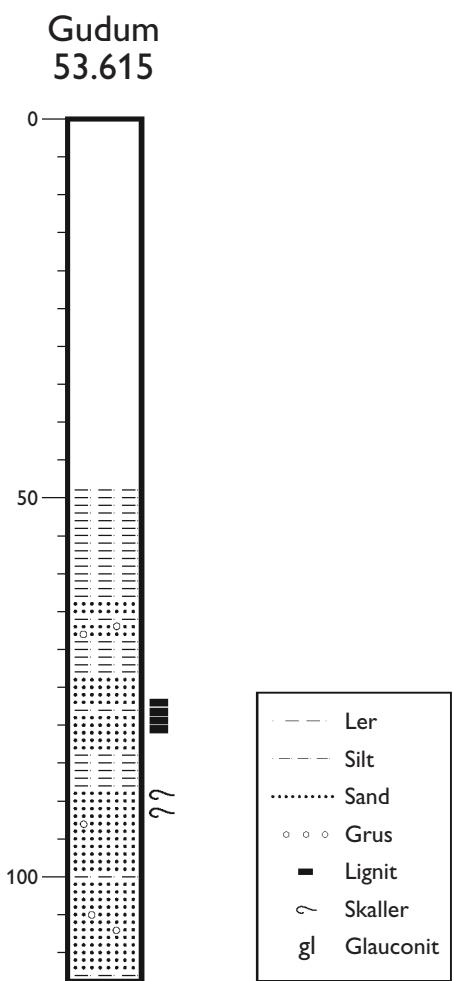
104–105: Sand: Gråt, grovkornet sand med tynde, brune lerlag. Gruset.

105–106: Sand: Gråt, grovkornet sand med tynde, brune lerlag. Gruset.

106–107: Sand: Gråt, grovkornet sand med tynde, brune lerlag. Gruset.

107–108: Sand: Gråt, grus og mellem- til grovkornet sand.

108–109: Sand: Gråt, mellem- og grovkornet sand.



Figur 6: Grafisk afbildning af litologien i Gudum boringen. Der er ingen gammalog at korrelere med.

- 109–110: Sand: Gråt, mellem- og grovkornet sand.
- 110–111: Sand: Gråt, grovkornet sand.
- 111–112: Sand: Gråt, mellem- til grovkornet sand.
- 112–113: Sand: Gråt, mellemkornet sand med tynde lerlag.
- 113–113.5: Sand: Gråt, fin- til mellemkornet sand. Flint (<4cm)
- 113.5–114: Silt: Brunt, leret silt. Gruset.

Biostratigrafi

Metoder

Der er analyseret ca. 50 prøver fra de to boringer for indhold af dinoflagellat cyster. I hver prøve er der talt 200 dinoflagellater for at belyse sammensætningen af floraen. Minimum ét præparat (slide), men oftest flere, er gennemsøgt for at finde yderligere arter ud over de som blev registreret i tællingen. I de fattigste prøver kunne der ikke tælles 200 dinoflagellater.

En del andre palynomorfer end dinoflagellater er ligeledes registreret systematisk; acritarcher og andre marine alger, ferskvandsalgerne *Botryococcus* spp. og *Pediastrum* spp. med flere samt svampesporer og -frugtlegemer.

Omlejrede palynomorfer er generelt identificeret og registreret til belysning af sedimenternes kildeområder. Tydeligt nedfaldne palynomorfer er registreret og belyser usikkerheden i det associerede selskabs stratigrafiske signifikans. Forfatterne har valgt at vise alle registrerede palynomorfer fra de to boringer men i separate grupper (Bilag 1 og 2) både for at vise det omfattende fossilmateriale, den åbne taxonomi for de mange nye og ubeskrevne arter samt de mange omlejrede og nedfaldne eksemplarer.

I opbygningen af dinoflagellat stratigrafien er der lagt vægt på første optræden og sidste optræden af udvalgte dinoflagellat arter og slægter. Ligeledes anvendes første og sidste almindelig/kontinuert optræden af udvalgte arter som biostratigrafiske hændelser (events). Nogle få arter optræder meget righoldigt i korte perioder (peak/maksimum occurrence) eller dominerer floraen i længere perioder, og disse hændelser kan bruges både stratigrafisk og til tolkning af aflejringsmiljøet.

Der er ikke formelt beskrevet en ny biostratigrafisk zonering af lagserien, lige som den eksisterende grovere zonering (Costa & Manum 1988; Powell 1992) ikke er anvendt. Den anvendte succession af events deler lagserien op i snævre, præcise enheder ("uformelle biostratigrafiske enheder") som bruges indtil videre. Dette følger samme strategi som det nyeste større dinoflagellat stratigra-

fiske arbejde for Palæogen og Neogen i Nordvesteuropa (Hardenbol *et al.* 1998; Williams *et al.* 2004).

Datering af prøverne på basis af dinoflagellater sker især ved korrelering til foraminifer og nannoplankton standard zonering for Neogen (henholdsvis P og NN zoner). Speciel NN-zonerne har status som den grundlæggende tertiære stratigrafiske skala.

Biostratigrafi i Vind boringen (DGU nr. 74.1140)

Generelle bemærkninger

Indholdet af *in situ* dinoflagellater i Vind boringen er generelt lavt. De rigeste floraer forekommer i den del af lagserien som henføres til øvre Arnum Formation, mens omlejrede dinoflagellater, omlejrede acritarcher, ferskvandsalger (især *Botryococcus* spp.) samt svampe sporer og frugtlegemer til gengæld er godt repræsenteret i de øvrige dele af lagserien. Det palynologiske selskab er i det hele taget præget eller domineret af terrestrisk materiale også i de marine aflejringer.

På grundlag af dinoflagellat stratigrafien kan den gennemborede lagserie deles op i seks overordnede enheder nede fra (Bilag 1):

204–201 meter: Vejle Fjord Formation.

201–187 meter: Billund? Sand.

187–108 meter: Nedre Arnum Formation med Kolding Fjord sand i bunden og 2 intervaller med Bastrup sand højere i enheden.

108–75 meter: Øvre Arnum Formation med Stauning sand

75–11 meter: Odderup Formation, Fasterholt Led.

0–11 meter: Pleistocæne–Holocæne aflejringer

Stratigrafien for disse enheder er beskrevet detaljeret herunder.

Vejle Fjord Formation, Vejle Fjord Ler

Tilstedeværelse: Vejle Fjord Formation, Vejle Fjord Ler er tilstede i 201–204 meter.

Aflejringsmiljø: Den specielle dinoflagellat flora, som er domineret af *Homotryblium* spp. og *Spiniferites* spp., repræsenterer kystnære, varme aflejringsforhold som kombineret med det markant høje indhold af *Botryococcus* spp. antyder brakvandsprægede aflejringsforhold, måske afsnøret fra havet (lagune?)(Dybkjær 2004b).

Dinoflagellat selskab: *Homotryblium* spp. dominerer sammen med *Spiniferites* spp. *Dapsiliodinium pseudocolligerum*, *Operculodinium* spp. og *Spiniferites solidago* er almindelige.

Andre palynomorfer: Ferskvandsalgen *Botryococcus* spp. dominerer det organiske materiale. Omlejrede palæozoiske acritarcher er almindelige sammen med rester af svampe (*Papulosporites* spp.).

Biostratigrafiske horisonter: Top af dominerende *Homotryblium* spp. er en markant hændelse som oftest markerer toppen af Vejle Fjord Formationen.

Bemærkninger: En række af dinoflagellater (*Caligodinium amiculum*, *Chiropteridium galea* og *Membranilarnaceae* cf. *picena* gruppen) som karakteristisk markerer overgangen fra Vejle Fjord- til Arnum Formation (Dybkjær et al. 2005), er ikke registreret her og heller ikke i lagene her over. Et karakteristisk maksimum af *Deflandrea phophoritica* i toppen af Brejning Ler (nederste led i Vejle Fjord Formation) er fundet i mange borer i amtet (Dybkjær 2004a; Dybkjær et al. 2005) men er heller ikke fundet her.

Alder: Seneste Oligocæn – Tidlig Miocæn, Aquitanien, baseret på sammenligning med alderen af andre Vejle Fjord Formation forekomster i amtet. Men *Operculodinium variable* kendes fra Tidlig – Mellem Miocæn (eventuel Oligocæn optræden er ikke dokumenteret endnu) (Zevenboom 1995). Få eksemplarer af *Spiniferites solidago* kendes fra Vejle Fjord Formationen (fra Brejning ler og især højere i lagserien) men er hovedsagelig kendt fra Miocæn (de Verteuil & Norris 1996).

Foraminifer og nannofossil standard zonerung: Ingen præcis korrelering af denne enhed på grund af det lave indhold af dinoflagellater.

Billund sand?

Tilstedeværelse: Intervallet fra 201–187 meter er kun repræsenteret ved tre prøver.

Aflejringsmiljø: Det meget begrænsede dinoflagellat selskab, som tynder ud og forsvinder opad i enheden, antyder en succession med udbyggende delta – flodslette aflejring. Enheden er afgrænset opad af en sekvensgrænse

Dinoflagellat selskab: Nederst i enheden optræder et fattigt dinoflagellat selskab domineret af *Spiniferites* spp. mens *Dapsilidinium pseudocolligerum*, *Hystrichokolpoma rigaudiae* og *Operculodinium* spp. er almindelige. Selskabet bliver endnu fattigere opad og er væk i øverste prøve bortset fra omlejrede, især palæogene dinoflagellater som er almindelige i hele enheden.

Andre palynomorfer: Ferskvandsalgen *Botryococcus* spp. dominerer det organiske materiale, især i den øvre del, og svamperester er almindelige. Omlejrede palæozoiske acritarcher er almindelige.

Biostratigrafiske horisonter: *Hystrichokolpoma "reducta"*, *Operculodinium piaseckii* og *Pentadinium laticinctum laticinctum* optræder for første gang i denne enhed.

Bemærkninger: *Hystrichokolpoma "reducta"* er tidligere rapporteret fra Billund sand i No boringen (Dybkjær et al. 2005) men er ellers mere almindelig i den overliggende Arnum Formation. *Microdino* sp. 4 optræder mest i Arnum Formationen men enkeltforekomster er tidligere rapporteret fra Vejle Fjord Formationen (Dybkjær et al. 2005). *Opercudolinium piaseckii* optræder oftest for første gang i få eksemplarer fra øverste Vejle Fjord Formation og opad i lagserien. *Pentadinium laticinctum laticinctum* omfatter morfologisk-begrænsede eksemplarer af *Pentadinium laticinctum*, som optræder i Vejle Fjord Formationen før de meget veludviklede eksemplarer (*Pentadinium laticinctum* i denne rapport) dukker op i den basale Arnum Formation.

Alder: Burdigalien, Tidlig Miocæn.

Foraminifer og nanofossil standard zonering: Præcis korrelering af denne enhed til standard zoneringen er vanskelig på grund af det lave indhold af dinoflagellater. *Hystrichokolpoma "reducta"* er rapporteret fra Burdigalien i Italien, nanoplankton zone NN4 og foraminifer zone N7 (Zevenboom 1995).

Nedre Arnum Formation med Kolding sand og Bastrup sand

Tilstedeværelse: Nedre Arnum Formation forekommer fra 187–108 meter med Kolding sand i bunden fra 187–181 meter, Bastrup sand fra 175–159 meter og fra 150–121 meter.

Aflejringsmiljø: Den marine dinoflagellat flora indikerer marin aflejring men stærkt præget af terrestrisk materiale som i et pro-delta – deltafront aflejringsmiljø, som bliver lidt mere marint i den øverste del af enheden.

Dinoflagellat selskab: Et fattigt dinoflagellat selskab domineret af *Spiniferites* spp., lokalt sammen med *Opercudolinium* spp. og *Opercudolinium centrocarpum*. I den øverste del af enheden er *Hystrichokolpoma rigaudiae* og *Spiniferi-*

tes solidago almindelige lige som i den overliggende øvre Arnum Formation. Omlejrede dinoflagellater forekommer.

Andre palynomorfer: *Botryococcus* spp. er mest udbredt i den nedre del af enheden. Omlejrede palæozoiske acritarcher er ret udbredt igennem hele enheden

Biostratigrafiske horisonter: *Microdino* sp. 4 og *Cymatiosphaera baffinensis* optræder for første gang i basis af nedre Arnum Formation efterfulgt af *Apteodinium tectatum* i den øvre del af enheden. Selv om dinoflagellat selskabet bliver rigere i den øverste del af formationen er de nye arter overvejende langtræk-kende arter, som generelt forekommer i både ældre og yngre aflejringer.

Bemærkninger: *Microdino* sp.4 er oftest almindelig i Arnum Formationen men kan forekomme allerede i Vejle Fjord Formationen (Dybkjær et al. 2005).

Alder: Burdigalien, Tidlig Miocæn.

Foraminifer og nannofossil standard zonering: Præcis korrelering af denne enhed til standard zoneringen er vanskelig på grund af det lave indhold af dinoflagellater. *Hystrichokolpoma "reducta"* er rapporteret fra Burdigalien i Italien, nannoplankton zone NN4 og foraminifer zone N7 (Zevenboom 1995).

Øvre Arnum Formation med Stauning sand

Tilstedeværelse: Øvre Arnum Formation forekommer i 108–75 meter og indeholder Stauning sand fra 90–82 meter.

Aflejringsmiljø: Øvre Arnum Formation er det mest marine (rigeste flora) interval i den gennemborede lagserie, som det oftest er tilfældet i den nedre miocæne lagserie i Jylland.

Dinoflagellat selskab: Relativt diverst og rigt dinoflagellat selskab, som er domineret af *Spiniferites* spp., mens *Spiniferites solidago* og *Systematophora placacantha* er almindeligt forekommende. *Hystrichokolpoma "reducta"*, *Lingulodinium machaerophorum*, *Melitasphaeridium choanophorum "reductum"* og *Tectatodinium pellitum* er til stede i næsten alle prøverne. Omlejrede palæogene dinoflagellater er til stede i lavt tal.

Andre palynomorfer: *Botryococcus* spp. er til stede i relativt konstant lavt indhold men tiltager mod kontakten til den overliggende, terrestrisk dominerede Odderup Formation. Omlejrede palæozoiske acritarcher er velrepræsenterede igennem hele enheden.

Biostratigrafiske horisonter: Forekomsten af *Exochosphaeridium insigne* er begrænset til denne enhed og den har lige som *Tityrosphaeridium cantharellus* og *Microdino* sp. 4 sidste forekomst i den øvre del af denne enhed, efterfulgt af sidste forekomst af *Hystrichokolpoma "reducta"* i den øverste prøve. *Labyrinthodinium truncatum* og *Cousteaudinium abryae* optræder for første gang over denne enhed.

Bemærkninger: Til trods for at dinoflagellat selskabet i denne enhed er det rigeste i den gennemborede lagserie er floraen tydeligt begrænset i forhold til selskaber af samme alder i andre boringer mod sydvest i amtet, f.eks. i Sdr. Vium (Piasecki et al. 2004).

Alder: Burdigalien, Tidlig Miocæn.

Foraminifer eller nannofossil standard zonering: Den stratigrafiske udbredelse af *H. "reducta"* er korreleret med nederste nannoplankton zone NN4 (Zevenboom 1995). Øverste forekomst af *T. cantharellus* er korreleret med midt-NN4, Burdigalien (Hardenbol et al. 1998). Første forekomst af *Labyrinthodinium truncatum* er korreleret til top Burdigalien i nannoplakton zone NN4 (de Verteuil & Norris 1996). *Microdino* sp. 4 optræder oftest i Nedre Arnum Formation og nederste del af øvre Arnum Formation (Piasecki & Rasmussen 2004; Dybkjær et

al. 2005). Sidste forekomst af *Cousteaudinioum aubryae* er korreleret med nederste NN5 (de Verteuil & Norris 1996).

Odderup Formation, Fasterholt Led

Tilstedeværelse: Odderup Formation optræder fra 75-11 meter.

Aflejringsmiljø: Dinoflagellat floraen er relativ fattig i de fleste prøver og associeret med ferskvandsalgen *Botryococcus* spp., samt mange omlejrede palæogene dinoflagellater og palæozoiske acritarcher. Aflejringen er sket i et terrestrisk domineret delta front – delta slette aflejringsmiljø, lokalt med brunkuls dannende sumpområder. Øverste prøve repræsenterer den begyndende marine Hodde transgression med maksimum forekomst af *Polysphaeridium zoharyi*, som foretrækker varme kystnære forhold (Piasecki 2005)

Dinoflagellat selskab: *Spiniferites* spp. og *Systematophora placacantha* dominerer det relativt fattige selskab. *Systematophora placacantha* opnår maksimal udbredelse i øverste prøve hvor *Polysphaeridium zoharyi* og *Lingulodinium machaerophorum* også bliver almindelige.

Andre palynomorfer: Ferskvandsalgerne *Botryococcus* spp. og Alge sp. 8 SP er almindelig i hele enheden. *Botryococcus* spp. er meget dominerede i den nedre del af enheden, lige som omlejrede palæozoiske acritarcher især er almindelige her.

Biostratigrafiske horisonter: *Hystrichokolpoma "reducta"* har sidste forekomst lige under denne enhed. *Operculodinium janduchenei* har første optræden nederst i enheden trinvis efterfulgt af første optræden af *Habibacysta tectata*, *Labrynthodinium truncatum* og øverst en maksimal (peak) forekomst af *Polysphaeridium zoharyi*. *Cousteaudinioum aubryae* er kun fundet i én prøve midt i enheden.

Bemærkninger: Udbredt forekomst af brunkul (lignit) i denne enhed støtter korrelation til Fasterholt Led, Odderup Formation (Dybkjær *et al.* 2005).

Alder: Tidlig – Mellem Miocæn, sen Burdigalien – tidlig Langhien.

Foraminifer og nannofossil standard zonering: Den stratigrafiske udbredelse af *H. "reducta"* er korreleret med nederste NN4 (Zevenboom 1995). Første forekomst af *Labyrinthodinium truncatum* er korreleret til top Burdigalien i nanoplakton zone NN4 (de Verteuil & Norris 1996). Sidste forekomst af *Cousteaudinioum aubryae* er korreleret med nederste NN5 (de Verteuil & Norris 1996).

Pleistocæn–Holocæn

Tilstedeværelse: 11–0 meter under terræn.

Øverste prøve til analyse er udtaget i 14 meters dybde.

Biostratigrafi i Gudum boringen (DGU nr. 53.615)

Generelle bemærkninger

Indholdet af *in situ* dinoflagellater i Gudum boringen er generelt lavt i kontrast til et relativt højt indhold af omlejrede dinoflagellater, omlejrede acritarcher, mange ferskvandsalger, (især *Botryococcus* spp.) samt svampesporer og -frugtlegemer. Det palynologiske selskab er altså præget eller domineret af terrestrisk materiale også i de marine aflejringer.

På grundlag af dinoflagellat stratigrafien kan den gennemborede lagserie deles op i tre enheder nedefra (Bilag 2):

115–64 meter: Nedre Arnum Formation med to enheder af Bastrup sand.

64–48 meter: Øvre Arnum Formation.

48–0 meter: Pleistocæn – Holocæn aflejringer

Stratigrafien for disse enheder er beskrevet detaljeret herunder.

Bastrup Sand og Nedre Arnum Formation

Tilstedeværelse: 115–83 meter.

Aflejringsmiljø: En fattig marine flora er til stede men ferskvandsalgen *Botryococcus* spp., omlejrede dinoflagellater og omlejrede acritarcher er dominerende. Det antyder at de undersøgte prøver er aflejret i et meget kystnært, delta front eller delta slette miljø, helt domineret af terrestrisk materiale.

Dinoflagellat selskab: *Spiniferites* spp. dominerer sammen med *Operculodinium* spp. og *Dapsilidinium pseudocolligerum*. *Hystrichokolpoma rigaudiae* og *Spiniferites pseudofurcatus* er almindelig i top og bund af intervallet. Omlejrede dinoflagellater er relativt almindelige.

Andre palynomorfer: Omlejrede acritarcher er almindelige lige som ferskvandsalgen *Botryococcus* spp. er vel repræsenteret.

Biostratigrafi: *Hystrichosphaeropsis obscura* er til stede igennem hele dette interval og højere i lagserien mens *Hystrichokolpoma "reducta"* og *Microdino* sp. 4 kun optræder i dette interval. *Pentadinium laticinctum laticinctum* (små med reduceret cavitet) er til stede mens større former kun optræder højere i lagserien. *Dapsilidinium pseudocolligerum* er langt bedre repræsenteret i dette interval end højere i lagserien. *Tityrosphaeridium cantharellus* optræder højere i lagserien end denne enhed.

Bemærkninger: Lagserien er domineret af sand men tynde lerlag nederst i enheden og 6 meter ler øverst i intervallet indeholder relativt marine dinoflagellat floraer.

Biostratigrafisk konklusion: Systematisk tilstedeværelse af *H. obscura* antyder korrelation til lag yngre end Vejle Fjord Formationen. *Microdino* sp. 4 optræder

oftest op til toppen af nedre Arnum Formation og ind i nedre del af øvre Arnum Formation mens *H. "reducta"* oftest optræder fra toppen af nedre Arnum Formation og igennem øvre Arnum Formation (Piasecki & Rasmussen 2004; Dybkjær et al. 2005). *Dapsilidinium pseudocolligerum* er meget mere almindelig i nedre Arnum Formation end højere i lagserien (Dybkjær et al. 2005). Sandet i dette interval henføres derfor til Bastrup sand og det overlejrende ler til nedre Arnum Formation.

Alder: Midt – sen Burdigalien, Tidlig Miocæn

Foraminifer og nannofossil standard zonering: Første optræden af *Hystri-chospshaeropsis obscura* er korreleret til NN3 i midt-Burdigalien mens *Tity-rospshaeridium cantharellus* har sidste optræden lidt højere i Burdigalien i NN4 (Hardenbol et al. 1998). Den stratigrafiske udbredelse af *H. "reducta"* er korreleret med nedeste NN4 (Zevenboom 1995). Enheden korreleres derfor med NN3 – nederste NN4.

Bastrup sand

Tilstedeværelse: 83–64 meter.

Aflejringsmiljø: Floraen er domineret af *Botryococcus* spp. samt omlejrede acritarcher og dinoflagellater, mens lokale dinoflagellater forekommer underordnet. De undersøgte prøver er aflejret i et meget kystnært, delta front eller delta slette miljø domineret af terrestrisk materiale.

Dinoflagellat selskab: Et meget fattigt dinoflagellat selskab domineret af *Spiniferites* spp. and *Operculodinium* spp. De øvrige, enkelt fund af dinoflagellater kan lige så godt være nedfaldne fra højere lag idet de alle optræder her over. Omlejede, især palæogene dinoflagellater forekommer almindeligt.

Andre palynomorfer: Omlejede palæozoiske acritarcher er vel repræsenterede, lige som ferskvandsalgen *Botryococcus* spp. er overordentlig vel repræsenteret

med over 1000 eksemplarer i forhold til den fattige dinoflagellat flora. Svampe sporer og frugtlegemer er mere udbredte i denne enhed end lavere eller højere i lagserien.

Biostratigrafi: Der er ingen signifikante dinoflagellat hændelser i dette interval, så intervallet må dateres på grundlag af hændelser i de tilgrænsende enheder. *H. "reducta"* optræder kun i - og *Hystrichosphaeropsis obscura* er til stede i lagene her under, mens *Tityrosphaeridium cantharellus* har højeste forekomst i lagene her over.

Bemærkninger: Lagserien er domineret af sand, lokalt med trækul, og indeholder kun få lerlag, for eksempel fra 69–72 meter (Figur 6). Den meget fattige dinoflagellat flora gør det vanskeligt at korrelere dette sandlag præcist med lithostratigrafien. Men netop skiftet fra denne meget fattige flora til de overliggende, mere marine lag i øvre Arnum Formation antyder at der er tale om Bastrup sand i nedre Arnum Formation (Bilag 1).

Alder: Midt – sen Burdigalien, Tidlig Miocæn

Foraminifer og nannofossil standard zonering: Første optræden af *H. obscura* er korreleret til NN3 i midt-Burdigalien mens *Tityrosphaeridium cantharellus* har første optræden lidt højere i Burdigalien i NN4 (Hardenbol *et al.* 1998). Den stratigrafiske udbredelse af *Hystrichokolpoma "reducta"* er korreleret med nederste NN4 (Zevenboom 1995). Denne enhed korrelerer derfor med nederste NN4.

Øvre Arnum Formation

Tilstedeværelse: 64–48 meter.

Aflejringsmiljø: Dinoflagellat floraen er mere artsrig end lavere i lagserien og antyder en tiltagende marin indflydelse på aflejringsmiljøet. Det er det mest ma-

Korrelation

De gennemborede lag i Vind og Gudum borerne er fortolket stratigrafisk på grundlag af biostratigrafiske, sedimentologiske og geofysiske analyser og de to borer er korreleret med andre borer i Ringkøbing Amt. Der er sammenstillet et profil gennem Gudum, Holstebro, Skovlund, Vind, No og Stensig borerne som forløber i ca. nord-syd retning gennem amtet (Figur 7).

Figurtekster

Figur 1: Kort over midt-Jylland med placering af Vind og Gudum borerne i Ringkøbing Amt samt de borer som de er korreleret med.

Figur 2: Den opdaterede litostratigrafi for øverste Oligocæn og Miocæn aflejninger i Jylland, dateret og korreleret med sekvensstratigrafi.

Figur 3: Palæogeografisk udvikling i Jylland fra Chattien (Sen Oligocæn) til Tortonian (Sen Miocæn).

Figur 4: Udbredelsen af de neogene aflejninger i Jylland og i Nordsøen. De yngste lag forekommer mod sydvest og de ældste mod nordøst. Glacial erosion har fjernet ca. 400 meter miocæn lagserie på land.

Figur 5: Grafisk afbildning af litologien i Vind boringen korreleret med gammaborehulsloggen.

Figur 6: Grafisk afbildning af litologien i Gudum boringen. Der er ingen gammalog at korrelere med.

Figur 7: Korrelation mellem Gudum, Holstebro, Skovlund, Vind, No og Stensig borerne baseret på biostratigrafi, sedimentologi og logkorrelation. Profilet går i nord-syd retning igennem Ringkøbing Amt (se figur 1).

Referencer

- Costa, L.I. & Manum, S. 1988: The description of the interregional zonation of the Paleogene (D1–D15) and the Miocene (D16–D20). *Geologisches Jahrbuch, Reihe A* **100**, 321–330.
- 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 Through with emphasis on possible hydrocarbon reservoirs, 26 pp.
- de Verteuil, L. & Norris, G. 1996: Miocene dinoflagellate stratigraphy and systematics of Maryland and Virginia. *Micropaleontology* **42** (Supplement), 172 pp.
- Dybkjær, K., Piasecki, S. & Rasmussen, E.S. 1999: Dinoflagellat zonering og sekvensstratigrafi i den miocæne lagpakke i Midt- og Sønderjylland. Danmarks og Grønlands geologiske Undersøgelse Rapport **1999/73**, 33 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**(3–4), 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**, 69 pp.
- 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.

Hardenbol, J., Thierry, J., Farley, M.B., Jacquin, T., de Graciansky, P.-C. & Vail, P. 1998: Mesozoic and Cenozoic sequence chronostratigraphic framework of European basins. In: de Graciansky, P.-C. et al. (eds) Mesozoic and Cenozoic sequence stratigraphy of European basins. SEMP (Society for Sedimentary Geology) Special Publication **60**, 3–13 and charts.

Heilmann-Clausen, C. 1995: Palæogene aflejringer over Danskekalken. In: Nielsen, O.B. (ed.) Danmarks geologi fra Kridt til i dag. Aarhus Geokompendier **1**, 69–114.

Hindsby, K., Harrar, B., Nyegaar, P., Konradi, P., Rasmussen, E.S., Bidstrup, T., Gregersen, U. & Boaretto, E. 1999: Holocene and Pleistocene groundwaters in a coastal Miocene sand aquifer. In: Edmunds & Milne (eds) PALAEAUX - managements 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. & Lidmar-Bergström, K. 2002: Neogene uplift and erosion of southern Scandinavia induced by the South Swedish Dome. In: Doré, A.G. et al. (eds) Exhumation of the North Atlantic Margin: Timing, Mechanisms and Implications for Petroleum Exploration. Geological Society London, Special Publications **196**, 183–207.

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.

Larsen, G. & Dinesen, A. 1959: Vejle Fjord Formationen ved Brejning. Siderne og foraminifer faunaen (Oligocæn-Miocæn). Danmarks geologiske Undersøgelse, II Række **82**, 114 pp.

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.

Piasecki, S., Dybkjær, K. & Rasmussen, E.S. 2004: Miocæn stratigrafi i Sønder Vium forskningsboring i Ringkøbing Amt (102.948). Danmarks og Grønlands geologiske Undersøgelse Rapport **2004/5**, 22 pp.

- Piasecki, S. & Rasmussen, E.S. 2004: Miocæn stratigrafi i Forumlund (121.1334) og Klelund-2 (123.1218) boringerne i Ribe Amt., 38 pp.
- Piasecki, S. 2005: Dinoflagellate cysts of the Middle – Upper Miocene Gram Formation, Denmark. In: Roth, F. & Hoedemakers, K. (eds) The Gram Book. Palaeontos **7**, 29–45.
- Powell, A.J. 1992: Dinoflagellate cysts of the Tertiary System. In: Powell, A.J. (ed.) A stratigraphic index of dinoflagellate cysts, 155–251.
- Printice, 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. & Dybkjær, K. 1999: Upper Oligocene – Lower Miocene storm and tidal dominated deposits at Lillebælt and Vejle Fjord, Denmark. Unpublished excursion guide.
- Rasmussen, E.S., Dybkjær, K. & Piasecki, S. 2002: Miocene depositional systems of the eastern North Sea Basin, Denmark. Development of sedimentological and stratigraphical principles in modern sedimentology. Danmarks og Grønlands geologiske Undersøgelse Rapport **2002/89**, 127 pp.
- Rasmussen, E.S. 2004a: 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. 2004b: The interplay between true eustatic sea-level changes, tectonics, and climatic changes: what is the dominating factor in sequence formation of the Upper Oligocene - Miocene succession in the eastern North Sea Basin, Denmark. Global and Planetary Change **41**, 15–30.
- 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.

Sorgenfrei, T. 1958: Molluscan assemblages from the marine Middle Miocene of South Jutland and their environments. Danmarks geologiske Undersøgelse. Serie II **79**, 503 pp.

Vejbæk, O. 1992: Geodynamic modelling of the Danish Central Trough. In: Larsen, R.M.e.a. (ed.) Structural and tectonic modelling and its application to petroleum geology, 1–17. Amsterdam, Elsevier, Norwegian Petroleum Society.

Williams, G.L., Brinkhuis, H., Pearce, M.A., Fensome, R.A. & Weegink, J.W. 2004: Southern ocean and global dinoflagellate cyst events for the latest Cretaceous-Neogene. In: Exxon, N.F. *et al.* (eds) Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific results **189**, 98 pp.

Zevenboom, D. 1995: Dinoflagellate cysts from the Mediterranean Late Oligocene and Miocene, 221 pp. Unpublished Ph. D. thesis, Universiteit Utrecht, Faculteit Biologie, Utrecht, Netherlands.

Ziegler, P.A. 1982: Geological atlas of Western and central Europe. 130 pp. Amsterdam: Elsevier.

Well Name : Gudum
Operator : Ringkøbing Amt
Interval : 30m - 115m
Scale : 1:500
Chart date: 23 January 2006

G E U S
Report file no.
Enclosure
Gudum
DGU no. 53.615
Stefan Piasecki & Erik Skovbjerg Rasmussen

26413 (01/02)

Gudum

GEUS
Copenhagen

Bilag 2: Danmarks og Grønlands geologiske Undersøgelse Rapport 2006/01

