

# Miocæn stratigrafi i boringen DGU nr. 160.1561 ved Bodumvej, Rødekro, Sønderjyllands Amt

Karen Dybkjær & Erik Skovbjerg Rasmussen



# **Miocæn stratigrafi i boringen DGU nr. 160.1561 ved Bodumvej, Rødekro, Sønderjyllands Amt**

Karen Dybkjær & Erik Skovbjerg Rasmussen

<b>Sammenfatning</b>	<b>4</b>
<b>Indledning</b>	<b>5</b>
<b>Geologisk ramme</b>	<b>6</b>
<b>Litostratigrafi</b>	<b>8</b>
<b>Metoder</b>	<b>9</b>
Litologi.....	9
Palynologi .....	9
<b>Sedimentologisk beskrivelse</b>	<b>11</b>
DGU nr. 160.1561 (Rødekro).....	11
<b>Palynologi/biostratigrafi</b>	<b>14</b>
Søvind Mergel Formation.....	14
Vejle Fjord Formation.....	15
Brejning Ler.....	15
Vejle Fjord Ler.....	16
Klintinghoved Formation .....	17
Ribe Formation.....	18
Arnum Formation .....	19
Nedre Arnum Formation.....	19
Bastrup sand.....	20
Øvre Arnum Formation.....	20
Kvartær .....	20
<b>Regional korrelation</b>	<b>22</b>
<b>Konklusion</b>	<b>23</b>
<b>Referencer</b>	<b>24</b>
<b>Figurer</b>	<b>26</b>
<b>Bilag</b>	<b>27</b>

## Sammenfatning

Denne undersøgelse er baseret på materiale fra boringen DGU nr. 160.1561 ved Rødekro, i den østlige del af Sønderjyllands Amt. Formålet med undersøgelsen har været at bidrage til kortlægningen af potentielle grundvandsmagasiner i Sønderjyllands Amt. Materialet fra boringen er beskrevet litologisk og 30 udvalgte prøver er blevet analyseret biostratigrafisk. Resultaterne er kombineret med resultater fra tidligere undersøgelser i Midt- og Sønderjylland (Dybkjær *et al.* 1999; Dybkjær *et al.* 2001). Ligesom i de tidligere undersøgelser er biostratigrafien baseret på palynologi/dinoflagellatstratigrafi. Fossile dinoflagellat cyster (fra éncellede marine alger) har vist sig at være et effektivt biostratigrafisk redskab til at datere lagserien og til at korrelere på tværs af litologien.

Den miocæne lagserie indeholder to niveauer med potentielle grundvandsmagasiner. Et ca. 40m tykt sandlag henført til Ribe Formationen findes fra 159–120m under terræn, mens et ca. 5m tykt sandlag henført til Bastrup sand findes fra 106-102m. Grænsen mellem Miocæn og Kvartær er tolket til at være placeret omkring 99m under terræn.

Undersøgelsen viser endvidere at i områder, hvor kun ét af disse to potentielle grundvandsmagasiner (Ribe Formation og Bastrup sand) er til stede vil det på det nuværende datagrundlag ikke være muligt at afgøre hvorvidt det er Ribe Formation eller Bastrup sand. Det vil derfor p.t. ikke være muligt at afgøre om der er mulighed for tilstedeværelsen af yderligere et potentielt grundvandsmagasin under den først ancorede miocæne sandenhed.

En del af problemet skyldes at yngre (kvartære) sedimenter er drysset ned under boreprocessen, hvilket i høj grad har vanskeliggjort tolkningen af de opnåede biostratigrafiske data. Et andet problem er at der på nuværende tidspunkt findes meget få biostratigrafiske (palynologiske) data fra Ribe Formationen. En detailkortlægning af udbredelsen af disse miocæne grundvandsmagasiner i Sønderjyllands Amt kræver derfor yderligere data fra boringer og seismik. En eller flere stratigrafiske boringer (placeret strategisk med hensyn til at belyse stratigrafien) er påkrævet for at belyse problematikken med at kende Ribe Formation og Bastrup sand fra hinanden og dermed være i stand til at kortlægge de enkelte sandlegemers udbredelse. For at undgå problemer med forurening af prøverne med neddrysset materiale er det nødvendigt at gøre borefolkene opmærksomme på dette problem, så det så vidt muligt kan undgås i fremtiden.

## Indledning

Den undersøgte boring, DGU nr. 160.1561, er lokaliseret nær ved Rødekro i Sønderjyllands Amt (Fig. 1). Undersøgelsen skulle bidrage til at afklare i hvilke niveauer i den miocæne lagserie man kan forvente sand eller grus af en sådan beskaffenhed at de udgør mulige grundvandsmagasiner. Tidligere undersøgelser (Dybkjær & Rasmussen 2000; Dybkjær *et al.* 1999; Dybkjær *et al.* 2001) har vist at dinoflagellatstratigrafi er den bedste biostratigrafiske metode i de oligocæne og miocæne sedimenter og at denne metode, kombineret med sekvensstratigrafi, kan udrede de stratigrafiske forhold for lagserien. En god stratigrafisk ramme er nødvendig, hvis man skal lave en detaljeret tredimensionel kortlægning af grundvandsmagasiner i amtet.

## Geologisk ramme

Nordsø-bassinet 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. Den sydlige afgrænsning forløb nedover Belgien og Nordfrankrig, mens den vestlige afgrænsning formodentligt forløb op langs Østengland og videre op langs Skotlands- og Shetlandsøernes østkyst. Mellem Shetland og Norge var der et kun smalt stræde og i perioder var Nordsøen et afsnøret brakvandsbassin.

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 Palæocæn) 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 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 Palæocæn og Eocæn tid var udbygningen koncentreret i 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 & Dybkjær 1999).

Tektoniske bevægelser i Oligocæn har sandsynligvis haft indflydelse på kildeområdet og aflejringsmønstrer. Ligeledes har globale havniveauændringer i Oligocæn også sat sit præg på aflejringsmiljøet, bla. ved at en stor del af Nedre Oligocæn mangler (f.eks. Michelsen 1994; Heilmann-Clausen 1995). Nedre oligocæne aflejringer er bevaret lokalt, i depressioner relateret til saltstrukturer og depressioner dannet i forbindelse med grundfjeldsrelaterede 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 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 (Fig. 2) (Rasmussen & Dybkjær 1999; in press). De strukturelle rygge var vigtige områder for dannelse af oddekomplekser, der resulterede i en serie af barriereøer 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 i seneste Chattien (seneste Oligocæn) til Aquitanien (Tidlig Miocæn) (Fig. 2B,C) (Rasmussen 1996) og da udbygningen skete under stadig faldende havniveau aflejredes forholdsvist rent sand og grus. Efter havniveaufaldet i Aquitanien steg havniveauet generelt i løbet af Miocæn med maksimum i Seravallien (øvre MelleMiocæn) (Fig. 2D-L) (Printice & Matthews 1988).

Nye tektoniske bevægelser karakteriserede bassinet i slutningen af Burdigalien (øvre Nedre Miocæn). Dette resulterede i nye udbygninger, bl.a. aflejringer beriget med tungmineraller (Fig. 2I og J). 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. 2J).

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 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. Under aflejringen af Gram Leret 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 indsynkning, 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 sedimenter over Midtjylland (Japsen *et al.* 2002). Gram Leret 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 i Jylland har vist at den tidligere litostratigrafiske opdeling er for simpel. I modsætning til at man tidligere har opereret med to sandlag (Ribe og Odderup Formationerne) er der igennem de senere års detaljerede kortlægning i det centrale Jylland erkendt endnu et vigtigt sandlag, Bastrup sand, som ligger inde i Arnum Formationen (Fig. 3).

Den her anvendte litostratigrafiske opdeling er baseret på denne regionale kortlægning og er vist på Fig. 4. Den ældste litostratigrafiske enhed er Vejle Fjord Formationen. Den nederste del af Vejle Fjord Formationen, Brejning Ler, henregnes til oligocænet, 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 delta-kompleks, som er samtidigt 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. De lerede sedimenter, som blev aflejret foran Ribe deltaet på dybere vand, kaldes for Klintinghoved Formationen. Over disse enheder kommer Arnum Formationen, 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 tungmineraller. Disse sandlag kaldes for Stauning sand. Over Arnum Formationen følger den sandrige Odderup Formation. Herover træffes kun lerrige sedimenter i Jylland. Disse lag er kendt som Hodde Formationen og Gram Formationen.



## Metoder

Nærværende rapport bygger på data fra boringen DGU nr. 160.1561, ved Rødekre i Sønderjyllands Amt. Lokaliseringen af boringen er vist på Fig. 1.

## Litologi

Litologien af de gennemborede lag i boringen er vist på Fig. 5. Den signatur, der er angivet i den litologiske søjle svarer til hver prøve. Der er altså en signatur for hver meter. Litologien er opdelt i grus, sand, silt og ler. Er der mange sten i en sandprøve, er det angivet med en enkelt grussignatur (cirkel). På den litologiske søjle er der også indikeret hvilken formation der er gennemboret. Endeligt er der vist om der er registreret mollusker.

## Palynologi

Til den palynologiske undersøgelse blev der udtaget 40 prøver i alt. Prøverne blev behandlet i det stratigrafiske laboratorium på GEUS efter palynologiske standardmetoder, som omfatter behandling med HCl, HF, HNO<sub>3</sub> og filtrering på 20µm 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. Efter en gennemgang af præparaterne blev der udvalgt en serie på 30 prøver til videre analyse. Disse prøver blev så undersøgt i lysmikroskop. Først blev fordelingen af organiske partikler i hver prøve beskrevet, til brug for tolkningen af aflejningsmiljøet. Så blev alle tilstedeværende dinoflagellat-arter registreret og der blev talt minimum 200 eksemplarer per prøve til brug for kvantitative analyser. Endelig blev procentandelen af andre marine alger, acritarcher samt ferskvandsalger registreret. 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 to såkaldte "range-charts", bilag 1 og 2. I bilag 1 er alle registrerede dinoflagellatarter og ferskvandsalgerarter vist alfabetisk og procentandelen af den enkelte dinoflagellatart og den enkelte ferskvandsalgerart er indikeret. Disse variationer i dinoflagellatselskabet og i ferskvandsalgeselskabet afspejler dels stratigrafiske ændringer og dels ændringer i aflejningsmiljøet, f.eks. i salinitet, tilførsel af næringsstoffer og i havvandstemperaturer. En stor andel af ferskvandsalger (FA) indikerer f.eks. stor tilførsel af ferskvand til aflejningsområdet, som det bl.a. ses i Ribe Formationen og i Bastrup sand.

I bilag 2 er den relative hyppighed af den enkelte dinoflagellat-art præsenteret semikvantitativt. Omlejrrede dinoflagellater ("reworked"), andre marine alger (OM), acritarcher og ferskvandsalger (FA) er også vist. Desuden er der udpeget en række dinoflagellat biohorisonter ("first appearance datum" (FAD) eller "last occurrence datum" (LOD) af en di-

noflagellatart, eller evt. masseforekomster), der menes at kunne bruges stratigrafisk. Disse er angivet under "comments".

# Sedimentologisk beskrivelse

## DGU nr. 160.1561 (Rødekro)

Boringen gennemborer kvartære, miocæne og øvre oligocæne lag og stopper i eocænt Søvind Mergel (Fig. 5). Grænsen mellem Kvartær og Miocæn er tolket til at ligge 99 meter under terræn. Den gennemborede miocæne lagserie er repræsenteret ved følgende litostratigrafiske enheder angivet ved toppen af enheden: 99m øvre Arnum Formation, 102m Bastrup sand, 106m nedre Arnum Formation, 120m Ribe Formation, 159m Klintinghoved Formation, 169m Vejle Fjord Formation, 169m Vejle Fjord Ler, 186m Brejning Ler, 190m Søvind Mergel Formation.

- 86-87: Gråt, sandet silt, grus og bjergartsfragmenter.
- 87-88: Gråt, sandet silt, grus og bjergartsfragmenter (Gnejs)
- 88-89: Gråt, sandet silt, grus og bjergartsfragmenter.
- 89-90: Gråbrunt, siltet ler. Tungmineraller?
- 90-91: Velsorteret, gråt finkornet sand. Tungmineraller?
- 91-92: Velsorteret, gråt finkornet sand. Tungmineraller?
- 92-93: Velsorteret, gråt finkornet sand. Tungmineraller?
- 93-94: Velsorteret, gråt finkornet sand. Tungmineraller?
- 94-95: Velsorteret, gråt finkornet sand. Tungmineraller?
- 95-96: Velsorteret, gråt finkornet sand. Tungmineraller?
- 96-97: Velsorteret, gråt finkornet sand. Tungmineraller?
- 97-98: Velsorteret, gråt finkornet sand. Tungmineraller?
- 98-99: Velsorteret, gråt finkornet sand. Tungmineraller?
- 99-100: Mørkebrunt, siltet ler med tynde finkornede sandstriber.
- 100-101: Gråt, finkornet sand.
- 101-102: Mørkebrunt, siltet ler og mellemkornet sand.
- 102-103: Gråt, mellemkornet sand med enkelte lerlag.
- 103-104: Gråt, mellem- til grovkornet sand med enkelte lerlag.
- 104-105: Gråt, grovkornet sand. Lidt cementering af sandlagene.
- 105-106: Gråt, grovkornet sand. Enkelte lerlag.
- 106-107: Lamineret, mørkebrunt og grøngråligt, siltet ler.
- 107-108: Lamineret, mørkebrunt og grøngråligt, siltet ler.
- 108-109: Lamineret, mørkebrunt og grøngråligt, siltet ler.
- 109-110: Lamineret, mørkebrunt og grøngråligt, siltet ler.
- 110-111: Lamineret, mørkebrunt og grøngråligt, siltet ler. Tynde, grå mellemkornede sandlag.
- 111-112: Veksellejrende, mørkebrune siltede lerlag og grøngrålige finkornede sandlag.
- 112-113: Veksellejrende, mørkebrune siltede lerlag og grøngrålige finkornede sandlag.
- 113-114: Leret, finkornet sand.
- 114-115: Leret, finkornet sand.
- 115-116: Leret, finkornet sand.
- 116-117: Leret, finkornet sand.

- 117-118: Veksellejrende mørkebrune, siltede lerlag og finkornede sandlag.  
118-119: Veksellejrende mørkebrune, siltede lerlag og finkornede sandlag.  
119-120: Mørkebrunt, siltet ler.  
120-121: Leret, mellem til grovkornet sand.  
121-122: Velsorteret, gråt, mellemkornet sand. Gruset.  
122-123: Velsorteret, gråt, mellemkornet sand (kantet). Gruset.  
123-124: Velsorteret, gråt, mellemkornet sand. Gruset.  
124-125: Leret, grønliggråt, finkornet sand.  
125-126: Velsorteret, gråt, mellemkornet sand. Skal.  
126-127: Velsorteret, gråt, mellemkornet sand.  
127-128: Velsorteret, gråt, mellemkornet sand.  
128-129: Velsorteret, gråt, mellemkornet sand.  
129-130: Velsorteret, gråt, mellemkornet sand.  
130-131: Velsorteret, gråt, mellemkornet sand.  
131-132: Velsorteret, gråt, mellemkornet sand.  
132-133: Velsorteret, gråt, mellemkornet sand.  
133-134: Velsorteret, gråt, mellemkornet sand.  
134-135: Velsorteret, gråt, mellemkornet sand. Leret.  
135-136: Velsorteret, gråt, mellemkornet sand. Gruset.  
136-137: Velsorteret, gråt, mellemkornet sand. Gruset og cementeret sand.  
137-138: Mellem- til grovkornet sand.  
138-139: Mellemkornet sand.  
139-140: Mellemkornet sand. Leret.  
140-141: Mellemkornet sand.  
141-142: Mellemkornet sand.  
142-143: Mellemkornet sand. Tynde lerlag.  
143-144: Mellemkornet sand. Cementeret sand.  
144-145: Mellemkornet sand.  
145-146: Mellemkornet sand.  
146-147: Mellemkornet sand. Tynde, mørkebrune lerlag.  
147-148: Mellemkornet sand. Lignit.  
148-149: Mellemkornet sand.  
149-150: Mellemkornet sand med tynde, mørkebrune lerlag.  
150-151: Mellemkornet sand.  
151-152: Mellemkornet sand. Tynde lerlag.  
152-153: Mellemkornet sand. Tynde lerlag.  
153-154: Fin- til mellemkornet sand.  
154-155: Veksellejrende, finkornede sand- og lerlag. Ekstremt kompakteret/cementeret.  
Lignit.  
155-156: Velsorteret, mellemkornet sand.  
156-157: Velsorteret, mellemkornet sand. Lignit.  
157-158: Velsorteret, mellemkornet sand. Tynde lerlag samt lignit.  
158-159: Veksellejrende, finkornede sandlag og mørkebrune lerlag. Lignit.  
159-160: Mørkebrunt ler (kompakteret).  
160-161: Mørkebrunt ler.  
161-162: Mørkebrunt ler.  
162-163: Mørkebrunt ler.

- 163-164: Mørkebrunt ler.
- 164-165: Mørkebrunt, siltet ler med tynde fin- til mellemkornede sandlag.
- 165-166: Mørkebrunt, siltet ler. Skaller.
- 166-167: Mørkebrunt, siltet ler med tynde sandlag.
- 167-168: Mørkebrunt, siltet ler med tynde sandlag.
- 168-169: Mørkebrunt, siltet ler med grus.
- 169-170: Mørkebrunt, siltet ler. Skaller.
- 170-171: Mørkebrunt, siltet ler.
- 171-172: Mørkebrunt, siltet ler. Glaukony?.
- 172-173: Mørkebrunt, siltet ler.
- 173-174: Mørkebrunt, siltet ler med tynde finkornede sandlag.
- 174-175: Mørkebrunt, siltet ler med tynde finkornede sandlag.
- 175-176: Mørkebrunt, siltet ler med tynde finkornede sandlag.
- 176-177: Mørkebrunt, siltet ler med tynde finkornede sandlag.
- 177-178: Mørkebrunt, siltet ler med tynde grønliggrå, finkornede sandlag.
- 178-179: Mørkebrunt, siltet ler med tynde finkornede sandlag.
- 179-180: Mørkebrunt, siltet ler med tynde grå, fin- til grovkornede sandlag. Skaller.
- 180-181: Lamineret, mørkebrunt, siltet ler.
- 181-182: Lamineret, mørkebrunt, siltet ler.
- 182-183: Mørkebrunt, siltet ler.
- 183-184: Grønlig-gråt ler og brune til mørkebrune lerlag.
- 184-185: Veksellejrende gråt og mørkebrunt lerlag.
- 185-186: Veksellejrende gråt og mørkebrunt lerlag.
- 186-187: Mørkebrunt til grønligt ler med et højt indhold af glaukony.
- 187-188: Mørkebrunt til grønligt ler med et højt indhold af glaukony.
- 188-189: Mørkebrunt til grønligt ler med et højt indhold af glaukony.
- 189-190: Mørkebrunt til grønligt ler med et højt indhold af glaukony.
- 190-191: Grågrønligt ler.

# Palynologi/biostratigrafi

I det følgende er hver litologisk enhed, der indgår i studiet, beskrevet mht. aflejningsmiljø, dinoflagellatselskab, vigtige biohorisonter, alder, samt indplacering i nannoplankton- og foraminiferzonerne opstillet af hhv. Martini (1971) og King (1989).

## Søvind Mergel Formation

**Tilstedeværelse:** Formationens nedre afgrænsning kan ikke afgøres ud fra boringsdata, da boringen sluttede i Søvind Mergel. Formationen er repræsenteret fra TD og op til 190m, se Fig. 5. Overgangen fra Søvind Mergel Formation til den overliggende Vejle Fjord Formation ses tydeligt litologisk.

**Aflejringsmiljø:** De sedimentære organiske partikler i Søvind Mergel Formationen er stærkt domineret af marine dinoflagellater. Bisaccate pollen og træpartikler forekommer sporadisk. Denne sammensætning indikerer et fuldmarint aflejningsmiljø med en relativ stor afstand til kysten (til ferskvandsinfluks).

**Dinoflagellatselskab:** Domineret af *Spiniferites* spp. (se bilag 1). Desuden dominerer *Areosphaeridium michoudii*, *Phthanoperidinium* spp. and *Systematophora placacantha*. *Areosphaeridium dictyoplokum*, *Cerebrocysta bartonensis*, *Diphyes ficusoides*, *D. pseudoficusoides*, *Cribooperidinium guiseppi*, *Cordosphaeridium funiculatum*, *Dapsilidinium pseudocolligerum*, *Rottnestia borussica* og *Tectatodinium pellitum* forekommer alle almindeligt til jævnlige.

### Biohorisonter:

192-191m: Forekomsten af *Cerebrocysta bartonensis* og *Diphyes ficusoides* (bilag 2) indikerer en alder ikke yngre end Mellem Eocæn (Lutetian) (Fig. 6). Den jævnlige forekomst af *Areosphaeridium diktyoplokum* og fraværet af *Eatonicysta ursulae* indikerer en alder ikke ældre end Mellem Eocæn (Lutetian) (Bujak & Mudge 1994; Hardenbol *et al.* 1998).

**Alder:** Mellem Eocæn (Lutetian).

**Foraminifer/nannoplankton zoner:** De ovenfor nævnte dinoflagellat biohorisonter kan korreleres til nannoplankton-zonerne NP15–NP16 ifølge Hardenbol *et al.* (1998). Ifølge Heilmann-Clausen (1995) tilhører Søvind Mergel Formationen nannoplankton-zone NP15–NP21 (Fig. 6).

## Vejle Fjord Formation

### Brejning Ler

**Tilstedeværelse:** Intervallet fra 190m til 186m er henført til Brejning Ler på baggrund af forekomsten af store mængder glaukony (se den litologiske beskrivelse).

**Aflejringsmiljø:** De sedimentære organiske partikler i denne enhed består af ca. lige dele brunt amorft materiale (AOM, delvist nedbrudt ved), træpartikler, saccate og non-saccate pollen og dinoflagellater. Ferskvandsalger forekommer meget sporadisk. Denne sammensætning tyder på et kystnært, men fuldt marint aflejringsmiljø med en stor tilførsel af terrestrisk materiale.

**Dinoflagellatselskab:** *Spiniferites* spp. dominerer denne enhed. *Dapsilidinium pseudocoligerum*, *Operculodinium centrocarpum* og *Systematophora placacantha* forekommer almindeligt, mens *Hystrichokolpoma rigaudiae*, *Lingulodinium machaerophorum*, samt *Tityrosphaeridium cantharellus* forekommer jævnlige.

Palynologisk erkendes Brejning Ler normalt på et acme af *Deflandrea phosphoritica* i den øvre del. Her er der kun fundet et enkelt eksemplar i 189–190m, men denne sporadiske forekomst kan skyldes "fortynding" af selskabet pga. materiale, der drysser ned fra yngre dele af lagserien ("caving").

Forekomsten af *Hystrichosphaeropsis obscura* i 189–190m formodes at være et resultat af caving da denne normalt har førsteforekomst i den nedre del af Arnum Formationen (Dybkjær 2003, 2004a). Forekomsten af *Hystrichokolpoma "reductum"* i 189–190m, samt af *Apteodinium tectatum* i både 189–190m og i 186–187m antages ligeledes at være et resultat af caving, da disse arter også er karakteristiske for Arnum Formationen og normalt ikke optræder i Vejle Fjord Formationen. For mange af de fundne arter er det imidlertid ikke muligt at afgøre om de er *in situ*, eller om deres forekomst skyldes caving. I rangechartet er de arter, der med sikkerhed kan udpeges som caved mærket med et c.

Der blev registreret enkelte omljrede dinoflagellater, der indikerer omljrede eocæne og eventuelt nedre oligocæne aflejringer. Disse kan dog også være endt i prøverne som følge af caving, da kvartære aflejringer ofte også indeholder omljrede palæogene dinoflagellater.

### Biohorisonter:

Forekomsten af *Apteodinium spiridoides* fra 190m indikerer en alder ikke ældre end Tidlig Oligocæn (Rupelien). Forekomsten af *Chiropteridium galea* i 175–176m (i Vejle Fjord Ler oven over) indikerer en alder ikke yngre end tidligste Miocæn (Aquitaniens) (Hardenbol *et al.* 1998) (Fig. 6). Disse biohorisonter giver ikke nogen særlig detaljeret alder, men ved at korrelere det fundne dinoflagellatselskab regionalt kan alderen indsnævres væsentligt. I Frida-1 boringen i Nordsøen forekommer et interval ækvivalent til Brejning Ler. I denne boring er sidsteforekomsten af *Distatodinium biffi* fundet under dette interval og førsteforekomsten af *Ectosphaeropsis burdigalensis* over (Dybkjær 2003). Disse biohorisonter indsnævrer alderen af Brejning Ler til seneste Sen Oligocæn (seneste Chattien) (Hardenbol *et al.* 1998)

(Fig. 6). Dette understøttes af dateringen af Brejning Ler i Harre Boringen til Sen Oligocæn baseret på foraminiferer (King 1994).

**Alder:** Brejning Ler er af seneste Sen Oligocæn alder, sen Chattian.

**Foraminifer/nannoplankton zonerings:** Ifølge Hardenbol *et al.* (1998) kan de ovenfor nævnte dinoflagellat biohorisonter (fra sidsteforekomst af *D. biffi* til førsteforekomst af *E. burdigalensis*) korreleres til den øverste del af NP25. Ifølge Laursen & Kristoffersen (1999) korrelerer Brejning Ler til foraminiferzonerne NSP?10 og NSB8c. Dette stemmer delvis overens med dateringen baseret på dinoflagellater, dog tilhører Brejning Ler formodentligt NSP9c.

## Vejle Fjord Ler

**Tilstedeværelse:** Vejle Fjord Ler er repræsenteret fra 186m til 169m.

**Aflejringsmiljø:** De sedimentære organiske partikler i denne enhed er domineret af brunt amorft materiale (AOM, delvist nedbrudt ved), saccate og non-saccate pollen. Dinoflagellater forekommer almindeligt, mens ferskvandsalger forekommer sporadisk. Blandt ferskvandsalgerne dominerer *Pediastrum*. Denne sammensætning tyder på et kystnært marint aflejringsmiljø med stor tilførsel af terrestrisk materiale

**Dinoflagellatselskab:** *Impletosphaeridium insolitum*, *Operculodinium centrocarpum*, *Spiniferites* spp. og *Systematophora placacantha* dominerer denne enhed. *Apteodinium* cf. *australiense*, *Dapsilidinium pseudocolligerum*, *Distatodinium paradoxum* and *Hystrichokolpoma rigaudiae* er alle almindeligt forekommende, mens *Apteodinium australiense*, *Lingulodinium machaerophorum*, *Reticulosphaera actinocoronata*, *Spiniferites crassivariabilis* type (Strauss & Lund 1992) samt *Tityrosphaeridium cantharellus* forekommer jævnligt.

Intervalleret er henført til Vejle Fjord Ler på baggrund af forekomsten af *Caligodinium amiculum* (i 185–186m), *Chiropteridium galea* (175–176m) og *Glaphyrocysta pastielsii* i 175–176m. Desuden optræder *Homotryblium plectilum* og *H. tenuispinosum* consistent op til 178–179m, se Dybkjær (2003, 2004b), mens der er fundet et enkelt eksemplar af *H. additense* i 169–170m.

Forekomsten af *Hystrichosphaeropsis obscura* i 175–176m formodes at være et resultat af caving, da denne normalt har førsteforekomst i den nedre del af Arnum Formationen (Dybkjær 2003, 2004a). Forekomsten af *Apteodinium tectatum* i flere prøver i dette interval antages ligeledes at være et resultat af caving, da denne art også er karakteristisk for Arnum Formationen og normalt ikke optræder i Vejle Fjord Formationen. For mange af de fundne arter er det imidlertid ikke muligt at afgøre om de er *in situ*, eller om deres forekomst skyldes caving.

**Biohorisonter:** Forekomsten af *Chiropteridium galea* op til 175-176m indikerer en alder ikke yngre end tidligste Miocæn (Aquitaniens) (Hardenbol *et al.* 1998) (Fig. 6). Samtidig indikerer forekomsten af Brejning Ler under dette interval en alder ikke ældre end seneste Sen Oligocæn (sen Chattien).



**Alder:** Vejle Fjord Leret er af Sen Oligocæn (seneste Chattien) – Tidlig Miocæn (tidligste Aquitanien) alder.

**Foraminifer/nannoplankton zonerings:** Ifølge Hardenbol *et al.* (1998) kan de ovenfor nævnte dinoflagellat biohorisonter fra sidsteforekomst af *Distatodinium biffi* til sidsteforekomsten af *Chiropteridium galea* korreleres til den øverste del af NP25 til den nedre del af NN2. Ifølge Laursen & Kristoffersen (1999) korrelerer Vejle Fjord Formationen til foraminifer-zonerne NSP10 og NSB8c. Dette stemmer delvis overens med dateringen baseret på dinoflagellater, dog tilhører Vejle Fjord Leret formodentligt NSB9.

## Klittinghoved Formation

**Tilstedeværelse:** Klittinghoved Formation er repræsenteret fra 169m til 159m.

**Aflejringsmiljø:** De sedimentære organiske partikler domineres af brunt AOM, saccate og non-saccate pollen, mens dinoflagellater og ferskvandsalger forekommer almindeligt. Der ses en markant stigning i andelen af ferskvandsalger (især *Pseudokomewuia* aff. *granulata*, men også *Pediastrum*) fra prøven 169–170m (Vejle Fjord Ler) til 166–167m (se bilag 1). Denne sammensætning tyder på et kystnært marint aflejringsmiljø med meget stor tilførsel af terrestrisk materiale.

**Dinoflagellatselskab:** *Spiniferites* spp. dominerer gennem hele intervallet. *Systematophora placacantha* forekommer almindeligt, mens *Apteodinium* cf. *australiense*, *Dapsilidinium pseudocolligerum*, *Distatodinium paradoxum*, *Impletosphaeridium insolitum*, *Operculodinium centrocarpum*, samt *Spiniferites crassivariabilis* type (Strauss & Lund 1992) forekommer jævnlige.

Det er ikke muligt at udpege nogle sikre forekomster af cavede dinoflagellater i dette interval - alle de registrerede arter kan være *in situ*. Der blev fundet enkelte omljrede dinoflagellater, der indikerer omljrede palæocæne og eocæne aflejringer.

### Biohorisonter:

Sidsteforekomsten af *Tityosphaeridium cantharellus* i 101–102m (i den øvre del af Arnum Formationen) indikerer en alder ikke yngre end midt-Burdigalien (Hardenbol *et al.* 1998) (Fig. 6), mens forekomsten af *Hystriochosphaeropsis obscura* i 166–167m, hvis den anses for at være *in situ*, indikerer en alder ikke yngre end tidlig til midt-Burdigalien (de Verteuil & Norris 1996; Hardenbol *et al.* 1998). Sidsteforekomsten af *Chiropteridium galea* i 175–176m (i Vejle Fjord Leret) indikerer en alder ikke ældre end Tidlig Miocæn (Aquitanien).

**Alder:** Den nedre del af Klittinghoved Formation er af Tidlig Miocæn alder, tidlig til midt-Burdigalien.

**Foraminifer/nannofossil zonerings:** Ifølge Hardenbol *et al.* (1998) kan intervallet fra FAD *H. obscura* til LOD *T. cantharellus* korreleres til NN3 og nederste del af NN4. Laursen & Kristoffersen (1999) har identificeret NSP11 og NSB10I–10II i Arnum Formationen. Dette stemmer fint overens med dateringerne baseret på dinoflagellater.

## Ribe Formation

**Tilstedeværelse:** Ribe Formationen er repræsenteret fra 159m til 120m.

**Aflejringsmiljø:** De sedimentære organiske partikler er domineret af brunt AOM, træpartikler, saccate og non-saccate pollen samt ferskvandsalger. Dinoflagellater optræder almindeligt i den nedre del af intervallet, op til 151–152m, derover kun sporadisk. Blandt ferskvandsalgerne dominerer *Pediastrum* og ferskvandsdinoflagellaten *Pseudokomewuia* aff. *granulata*. Denne sammensætning af sedimentære partikler indikerer et kystnært marint miljø, til tider med meget høj influks af ferskvand, især i den øvre del af intervallet.

**Dinoflagellatselskab:** Denne enhed er domineret af *Spiniferites* spp. *Hystrichokolpoma rigaudiae*, *Operculodinium centrocarpum* og *Systematophora placacantha* forekommer almindeligt, mens *Apteodinium* cf. *australiense*, *Dapsilidinium pseudocolligerum*, *Homotryblium tenuispinosum*, *Hystrichokolpoma rigaudiae*, *Impletosphaeridium insolitum*, *Lingulodinium machaerophorum* og *Spiniferites crassivariabilis* type (Strauss & Lund 1992) forekommer jævnlige.

Der blev registreret massiv caving i dette interval. Arter som *Achomosphaera andalousiense*, *Cannosphaeropsis passio* og *Gramocysta verricula* har førsteoptræden i Gram Formationen, mens *Invertocysta lacrymosa* har førsteoptræden i Hodde Formationen og er således alle med sikkerhed cavede. *Labyrinthodinium truncatum truncatum* og *Palaeocystodinium miocaenicum* har normalt førsteopkomst i den øvre del af Arnum Formationen eller den nedre del af Odderup Formationen. Den konsistente forekomst i dette interval antages derfor ligeledes at være et resultat af caving. Andre registrerede dinoflagellater kan også være cavede, men da deres stratigrafiske udbredelse også omfatter den nedre del af Arnum Formationen, kan det ikke afgøres, hvorvidt forekomsten er reel eller skyldes caving.

Der blev også registreret mange formodet omlejrrede dinoflagellater i dette interval. Disse dinoflagellater repræsenterer Øvre Palæocæn, Eocæn og Nedre Oligocæn. Forekomsten af disse dinoflagellater i det samme interval som er stærkt præget af caving kunne tyde på at de fleste af disse ligeledes skyldes caving af Kvartære aflejringer. Kvartære aflejringer indeholder nemlig ofte store mængder omlejrrede palæocæne, eocæne og oligocæne sediment. De kan dog også være omlejret i Miocæn tid, som følge af lavt havniveau og/eller hævet bagland.

### Biohorisonter:

Sidsteforekomsten af *Tityrosphaeridium cantharellus* i 101–102m (i den øvre del af Arnum Formationen) indikerer en alder ikke yngre end midt-Burdigalien (Hardenbol *et al.* 1998) (Fig. 6), mens forekomsten af *Hystrichosphaeropsis obscura* i 166-167m, hvis den anses for at være *in situ*, indikerer en alder ikke yngre end tidlig til midt-Burdigalien (de Verteuil & Norris 1996; Hardenbol *et al.* 1998). Sidsteforekomsten af *Chiropteridium galea* i 175-176m (i Vejle Fjord Formationen) indikerer en alder ikke ældre end Tidlig Miocæn (tidlig Aquitani-en). Korrelation til nærliggende borer indikerer en tidlig til midt-Burdigalien alder for dette interval.

*Exochosphaeridium insigne* (her i 153–154m) har normalt førsteforekomst lige under eller i den nedre del af Bastrup sandet (Dybkjær 2003; 2004a) og udgør derfor en vigtig biohorisont. Her er det dog tvivlsomt om den er *in situ* eller om forekomsten skyldes caving.

**Alder:** Ribe Formationen er af Tidlig Miocæn alder, tidlig til midt-Burdigalien.

**Foraminifer/nannofossil zoner:** Ifølge Hardenbol *et al.* (1998) kan intervallet fra FAD *H. obscura* til LOD *T. cantharellus* korreleres til NN3 og nederste del af NN4. Laursen & Kristoffersen (1999) har identificeret NSP11 og NSB10I–10II i Arnum Formationen. Dette stemmer fint overens med dateringerne baseret på dinoflagellater.

## Arnum Formation

### Nedre Arnum Formation

**Tilstedeværelse:** Nedre Arnum Formation er repræsenteret fra 120m op til 106m.

**Aflejringsmiljø:** De sedimentære organiske partikler er domineret af træpartikler, brunt AOM, bisaccate og non-saccate pollen, samt ferskvandsalger. Dinoflagellater optræder meget sporadisk og det var derfor ikke muligt at tælle 200 eksemplarer per prøve. *Pediastrum* dominerer blandt ferskvandsalgerne. Denne sammensætning af sedimentære partikler indikerer et marint, kystnært aflejringsmiljø med meget stor ferskvandsinfluks.

**Dinoflagellatselskab:** Det sporadiske dinoflagellat selskab er domineret af *Spiniferites* spp., mens *Dapsilidinium pseudocolligerum*, *Hystriochokolpoma rigaudiae*, *Impletosphaeridium insolitum*, *Operculodinium centrocarpum* og *Systematophora placacantha* forekommer jævnlige. Forekomsten af *Palaeocystodinium micocaenicum* i 114–115m antages at skyldes caving. Desuden er der registreret enkelte palæocæne og eocæne omlejrrede dinoflagellater.

**Biohorisonter:** Forekomsten af *Tityrosphaeridium cantharellus* i 101–102m (lige over dette interval) indikerer en alder ikke yngre end midt-Burdigalien (Hardenbol *et al.* 1998) (Fig. 6), mens forekomsten af *Hystriochosphaeropsis obscura* i 166–167m (under dette interval), indikerer en alder ikke ældre end tidlig til midt-Burdigalien (de Verteuil & Norris 1996; Hardenbol *et al.* 1998). Korrelation til nærliggende borerer støtter en tidlig til midt-Burdigalien alder for dette interval.

**Alder:** Den nedre del af Arnum Formationen er af Tidlig Miocæn alder, tidlig til midt-Burdigalien.

**Foraminifer/nannofossil zoner:** : Ifølge Hardenbol *et al.* (1998) kan intervallet fra FAD *H. obscura* til LOD *T. cantharellus* korreleres til NN3 og nederste del af NN4. Laursen & Kristoffersen (1999) har identificeret NSP11 og NSB10I i den nedre del af Arnum Formationen. Dette stemmer fint overens med dateringerne baseret på dinoflagellater.

## Bastrup sand

**Tilstedeværelse:** Bastrup sand forekommer fra 106m til 102m. Der er ikke udtaget nogen prøver til palynologi fra dette interval.

## Øvre Arnum Formation

**Tilstedeværelse:** Intervallet fra 102m til 99m er henført til den øvre del af Arnum Formationen.

**Aflejringsmiljø:** De sedimentære organiske partikler er domineret af træpartikler, bisaccate og non-saccate pollen. Dinoflagellater og ferskvandsalger forekommer almindeligt, mens AOM kun forekommer sporadisk. *Pseudokomewuia* aff. *granulata* dominerer blandt ferskvandsalgerne.

### Dinoflagellatselskab:

*Spiniferites* spp. dominerer selskabet, mens Mini dino 1 KD og *Operculodinium centrocarpum* er almindelige. *Apteodinium australiense*, *A. tectatum*, *Distatodinium paradoxum*, *Hystrichokolpoma rigaudiae*, *Lingulodinium machaerophorum* og *Systematophora placacantha* forekommer jævnligt.

**Biohorisonter:** Forekomsten af *Tityrosphaeridium cantharellus* i 101–102m indikerer en alder ikke yngre end midt-Burdigalien (Hardenbol *et al.* 1998) (Fig. 6), mens forekomsten af *Hystrichosphaeropsis obscura* i 166–167m (under dette interval), indikerer en alder ikke ældre end tidlig til midt-Burdigalien (de Verteuil & Norris 1996; Hardenbol *et al.* 1998). En almindelig forekomst af *Apteodinium tectatum* og et acme af slægten *Apteodinium* er karakteristisk for den øvre del af Arnum Formationen (Dybkjær 2003; 2004a). Den jævnlige forekomst af *A. tectatum* og den generelt forholdsvis store andel af slægten *Apteodinium* i prøven 101–102m tolkes derfor som en indikation på øvre Arnum Formation.

**Alder:** Den øvre del af Arnum Formationen er af Tidlig Miocæn alder, tidlig til midt-Burdigalien.

**Foraminifer/nannofossil zoner:** : Ifølge Hardenbol *et al.* (1998) kan intervallet fra FAD *H. obscura* til LOD *T. cantharellus* korreleres til NN3 og nederste del af NN4. Laursen & Kristoffersen (1999) har identificeret NSP11 og NSB10I og 10II i den øvre del af Arnum Formationen. Dette stemmer fint overens med dateringerne baseret på dinoflagellater.

## Kvartær

Grænsen mellem Miocæn og Kvartær aflejringer er tolket til at ligge omkring 99m. Der ses et markant skifte i dinoflagellat selskabet fra 101–102m til 97–98m, bl.a. et markant fald i den relative hyppighed af *Apteodinium*-slægten. De 4 prøver over dette niveau er desuden alle karakteriserede ved at indeholde en sammenblanding af dinoflagellater, hvoraf nogle er karakteristiske for ældre aflejringer (f.eks. *Apectodinium* og *Areoligera gippingense* fra

Palæocæn, *Areosphaeridium dictyoplokum* fra Eocæn, *Wetziella gochtii* fra Nedre Oligocæn), mens andre er karakteristiske for de mellem til øvre miocæne formationer, Odderup, Hodde og Gram (førsteforekomst af *Labyrinthodinium truncatum* og *Palaeocystodinium miocaenicum* er karakteristiske for overgangen øvre Arnum – Odderup Formation, et acme af *Polysphaeridium zoharyi* er karakteristisk for Odderup Formationen, mens forekomsten af *Gramocysta verricula* samt en hyppig forekomst af *Homotryblium tenuispinosum* og *Hystrichokolpoma rigaudiae* er karakteristisk for Gram Formationen) (Dybkjær *et al.* 1999; Piasecki, 1980). På trods af at alle disse dinoflagellater må anses for at være omlejrrede i Kvartæret er de miocæne arter her vist som ikke-omlejrrede, for at fremhæve skiftet i selskabet (se bilag 1). Der ses også et skift i selskabet af ferskvandsalger. *Pseudokomewuia* aff. *granulata* er fundet i samtlige prøver fra den underliggende miocæne lagserie mens den ikke er fundet i prøven 97–98m. Forekomsten i prøverne 94–95m og 89–90m antages at skyldes omlejring eller caving.

## Regional korrelation

Profilen i Fig. 7 korrelerer borerne Bastrup (DGU 133.1298), Gram (DGU 141.423), Hovslunde (DGU 151.1487) og Rødekro (DGU 161.1561). Lokaliseringen af disse borer ses på Fig. 1. Den nederste del af profilen er domineret af lerede aflejringer tilhørende Søvind Mergel Formation, Vejle Fjord Formation og Klintinghoved Formation. Sidstnævnte er dog kun tilstede i de 2 sydligste borer. Det nederste led i Vejle Fjord Formationen, Brejning Ler, er anført med sikkerhed i Rødekro og Bastrup borerne. Over Vejle Fjord og Klintinghoved formationerne følger sandede sedimenter fra Ribe Formationen. Ribe Formation tolkes til at repræsentere sandrige fluvio-deltaiske aflejringer. Ved Hovslunde boringen er sandlaget tolket til at være afsat i en nedskåret dal pga. at logmønsteret viser en finende opad enhed (stigende gamma log signal opad; typisk kanal aflejring) i modsætning Ribe Formationen i de 3 andre borer, der klart viser at sedimenterne er grovest øverst i formationen (faldende gammalog respons). Ribe Formationen overlejres af lerede sedimenter tilhørende nedre Arnum Formation. De lerede sedimenter fra nedre Arnum Formation følges af Bastrup sand i alle borer. Bastrup sandet er tykkest og mest grovkornet i Bastrup boringen og tynder ud mod syd. Bastrup sandet overlejres af øvre Arnum Formation i alle borer. Herover følger sandede sedimenter tilhørende Odderup Formationen. Sedimentene herfra afspejler en prograderende kystslette, som ses ved en generel opad grovende kornstørrelse (faldende gamma log respons opad). I Gram boringen følger lerede sedimenter fra Hodde og Gram formationerne. Disse lag er ikke erkendt i de 3 andre borer. Endeligt følger kvartære lag over den markante erosionsflade øverst i profilen. Den kvartære erosionsflade er mest markant i Rødekro boringen.

## Konklusion

Baseret på en sedimentologisk beskrivelse, samt en palynologisk undersøgelse af boringen er stratigrafien i boringen DGU nr. 160.1561 ved Rødekro tolket. Den miocæne lagserie indeholder to niveauer med potentielle grundvandsmagasiner. Et ca. 40m tykt sandlag henført til Ribe Formationen findes fra 159–120m under terræn, mens et ca. 5m tykt sandlag henført til Bastrup sand findes fra 106-102m. Grænsen mellem Miocæn og Kvartær er tolket til at være placeret omkring 99m under terræn. Undersøgelsen viser endvidere at i områder, hvor kun ét af disse to potentielle grundvandsmagasiner (Ribe Formation og Bastrup sand) er til stede vil det på det nuværende datagrundlag ikke være muligt at afgøre hvorvidt det er Ribe Formation eller Bastrup sand. Det vil derfor p.t. ikke være muligt at afgøre om der er mulighed for tilstedeværelsen af yderligere et potentielt grundvandsmagasin under den først ancorede miocæne sandenhed.

En del af problemet skyldes at yngre (kvartære) sedimentter er drysset ned under boreprocessen, hvilket i høj grad har vanskeliggjort tolkningen af de opnåede biostratigrafiske data. Et andet problem er at der på nuværende tidspunkt findes meget få biostratigrafiske (palynologiske) data fra Ribe Formationen.

En detailkortlægning af udbredelsen af disse miocæne grundvandsmagasiner i Sønderjyllands Amt kræver derfor yderligere data fra boringer og seismik. En eller flere stratigrafiske boringer (placeret strategisk med hensyn til at belyse stratigrafien) er påkrævet for at belyse problematikken med at kende Ribe Formation og Bastrup sand fra hinanden og dermed være i stand til at kortlægge de enkelte sandlegemers udbredelse.

For at undgå problemer med forurening af prøverne med neddrystet materiale er det nødvendigt at gøre borefolkene opmærksomme på dette problem, så det så vidt muligt kan undgås i fremtiden.



## Referencer

- Bujak, J. & Mudge, D. 1994: A high-resolution North Sea Eocene dinocyst zonation. *Journal of the Geological Society, London* 151, 449–462.
- 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. Rapport nr. 7. Geologisk Institut Aarhus Universitet, 26pp.
- de Verteuil, L. & Norris, G. 1996: Miocene dinoflagellate stratigraphy and systematics of Maryland and Virginia. *Micropaleontology* 42 (Supplement), 172 pp.
- Dybkjær, K. 2003: Palynostratigraphy of the Upper Miocene - Middle Miocene succession in the Frida-1 well. Danish North Sea sector and correlation to onshore sections, 28pp., Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse Rapport 2003/28.
- Dybkjær, K., 2004, a: 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., 2004, b: 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. 1999: Dinoflagellat-zonering og sekvensstratigrafi i den miocæne lagpakke i Midt- og Sønderjylland, 33pp. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse Rapport 1999/73.
- Dybkjær, K. & Rasmussen, E.S. 2000: Palynological dating of the Oligocene – Miocene successions in the Lille Bælt area, Denmark. *Bulletin of the Geological Society of Denmark* 47, 87–103.
- Dybkjær, K., Rasmussen, E.S.R. & Piasecki, S. 2001: Oligocæn - Miocæn stratigrafi i Vejle Amt, 37 Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse rapport 2001/104.
- 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 idag. Aarhus Geokompender 1, 69–114.
- Hindsby, K., Harrar, B., Nyegaar, P., Konradi, P., Rasmussen, E.S., Bidstrup, T., Gregeresen, 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: Comments on Cenozoic evolution of the eastern Danish North Sea. Discussion. *Marine Geology* 177, 243-269. *Marine Geology* 186, 577–581.
- 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 Geoscience* 1, 85–92.
- Koch, B.E. 1989: *Geology of the Søby-Fasterholt area*. Geological Survey of Denmark, Serie A 22, 177pp.
- 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.
- Piasecki, S., 1980. Dinoflagellate cyst stratigraphy of the Miocene Hodde and Gram Formations, Denmark. *Bulletin of the Geological Society of Denmark* 29, 53–76.
- 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. 2003: Korrelation af miocæne grundvandsmagasiner i Vejle Amt med speciel fokus på Give-Brædstrup området 2003/3, 18pp.
- Rasmussen, E.S. & Dybkjær, K. 1999: Excursion: Upper Oligocene - Lower Miocene storm and tidal dominated deposits at Lillebælt and Vejle Fjord, Denmark. Unpublished excursion guide.
- Rasmussen, E.S.R. & Dybkjær, K. in press: Sedimentology and sequence stratigraphy of upper Oligocene – lower Miocene deposits in East Jylland, Denmark: A storm and tidal dominated shallow marine environment. *Sedimentology*.
- Strauss, C. & Lund, J.J. 1992: A Middle Miocene dinoflagellate cyst microflora from Papendorf near Hamburg, Germany. *Mitt. Geol.-Paläont. Inst. Univ. Hamburg* 73, 159–189.
- 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.

## Figurer

Fig. 1: Lokalisering af den undersøgte boring, DGU nr. 160.1561, samt af de borerer der indgår i korrelationspanelet vist i figur 6.

Fig. 2: Palæogeografisk udvikling fra Chattien (Øvre Oligocæn) til Tortonien (Øvre Miocæn).

Fig. 3: Korrelationspanel af borerer fra Sønderjylland og det centrale Jylland. Bemærk at litologiske enheder og sekvenser (A til F) er vist på figuren.

Fig. 4: Litostratigrafi og kronostratigrafi for den oligocæne og miocæne lagserie i Midt- og Sønderjylland.

Fig. 5: Gamma-log, litologi og litostratigrafisk opdeling for den undersøgte boring, DGU nr. 160.1561.

Fig. 6: Stratigrafisk vigtige førsteforekomster (FAD's) og sidsteforekomster (LOD's) af dinoflagellatarter korreleret til nannoplanktonzoner, foraminiferzoner og kronostratigrafi. Desuden er indikeret det tidsinterval, hvor indenfor hver enkelt litostratigrafisk enhed er aflejret.

Fig. 7: Logkorrelationspanel, der viser den geologiske model for den undersøgte lagserie.

## Bilag

Bilag 1: I dette rangechart er alle registrerede dinoflagellatarter og ferskvandsalger er opstillet alfabetisk og deres procentvise forekomst i de undersøgte prøver er angivet.

Bilag 2: De registrede dinoflagellatarter er organiseret efter sidsteforekomster i kolonnen "Dinoflagellate Cysts". Formodede cavede forekomster er angivet med et rødt C. Omlejrede dinoflagellatarter (reworked occurrences) er vist i den næste kolonne, mens andre marine alger (OM), acritarcher og ferskvandsalger (FA) er vist i de følgende kolonner. De stratigrafisk vigtige biohorisonter (førsteforekomster, FAD, og sidsteforekomster, LOD) er vist i kolonnen "comments".

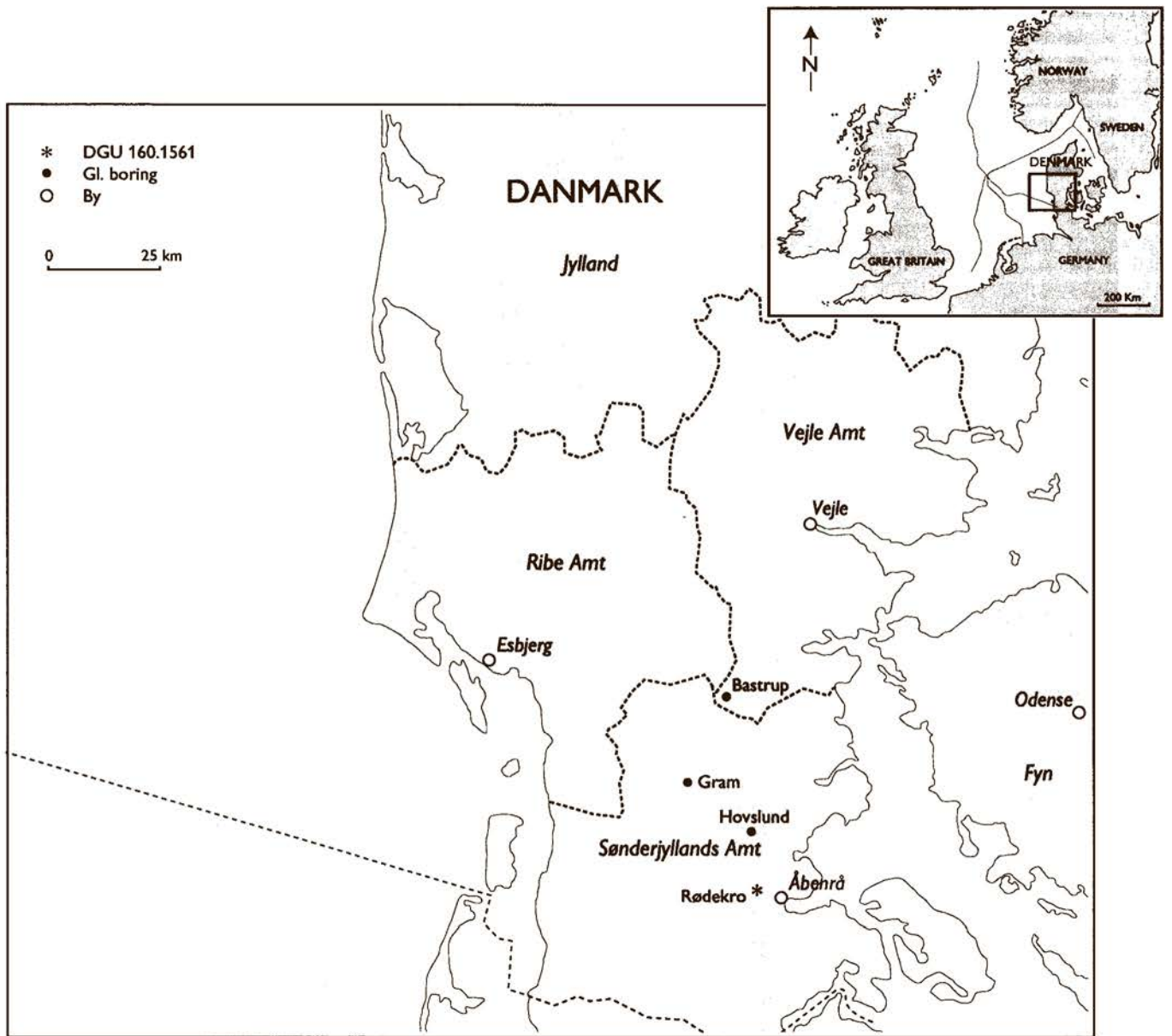


Fig.1



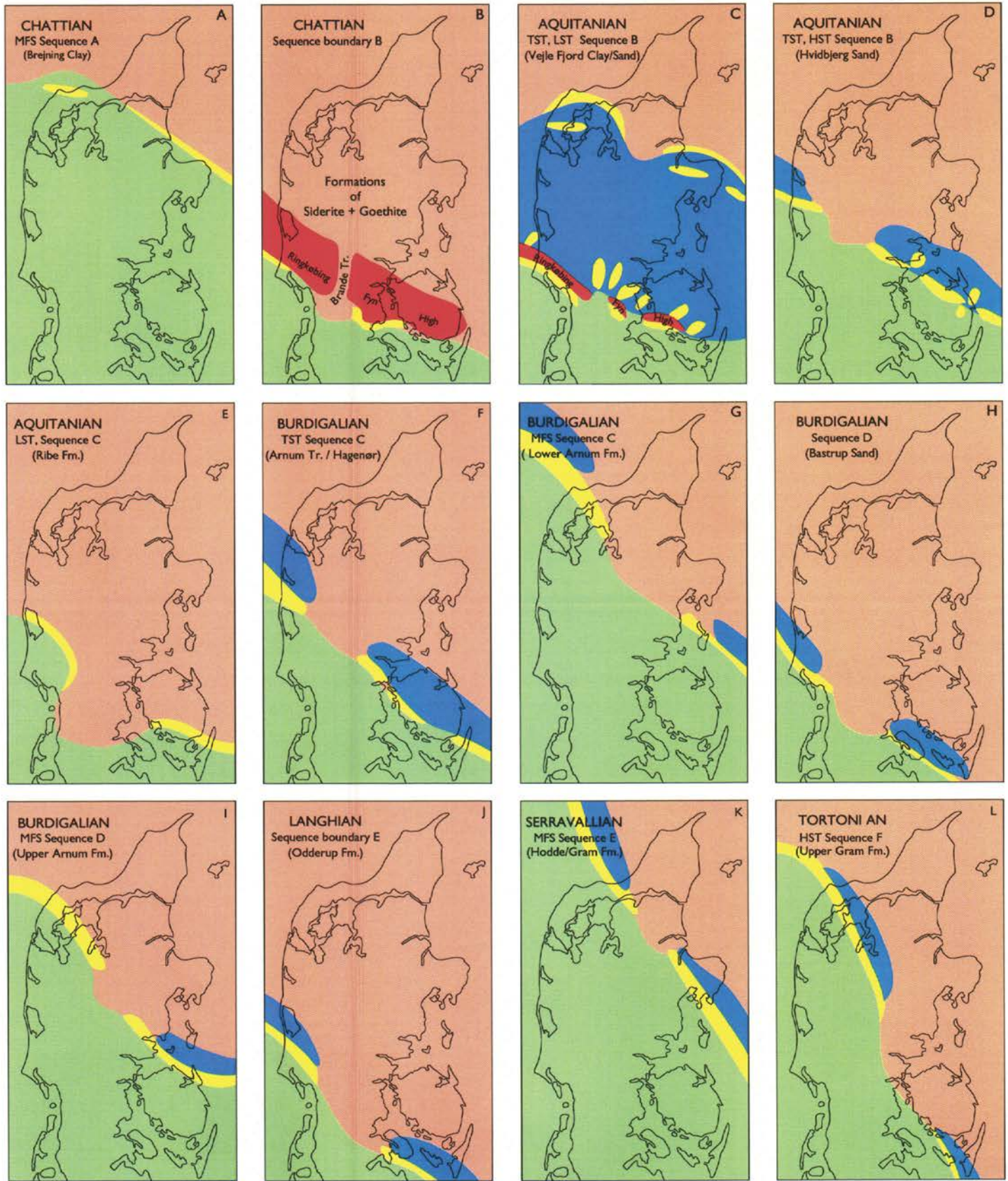
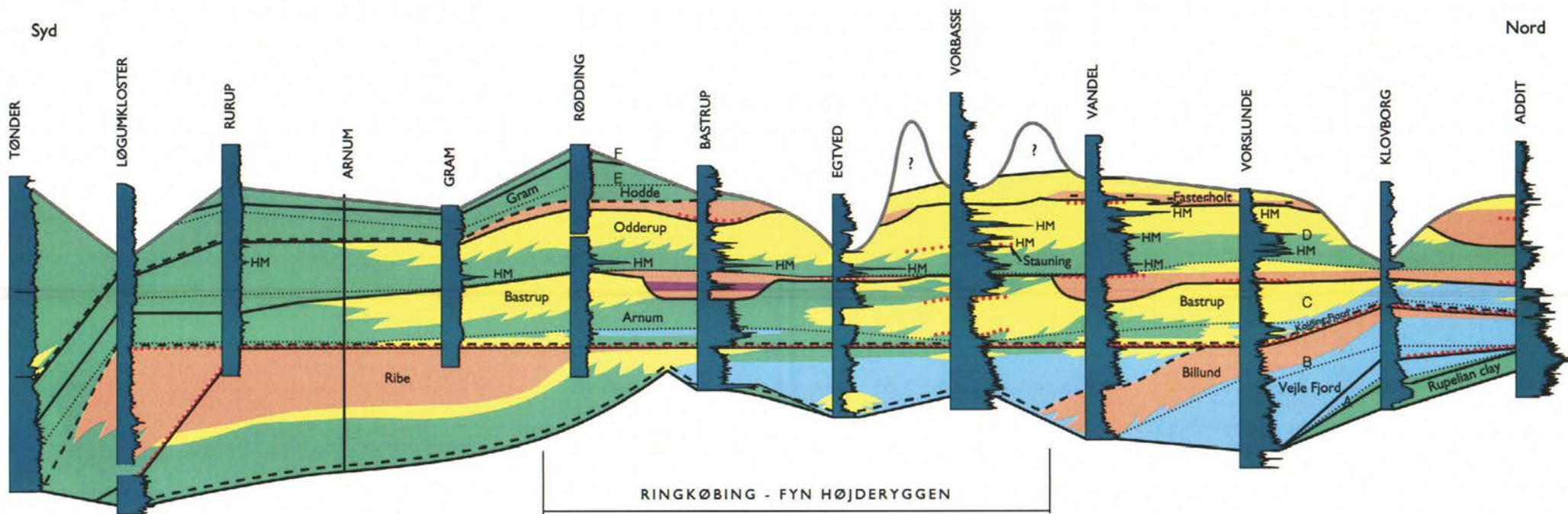


Fig.2





LEGENDE

- Marint silt og ler
- Marint sand
- Fluvial - deltaisk sand
- Brakvandsler og silt
- Flodsletteler

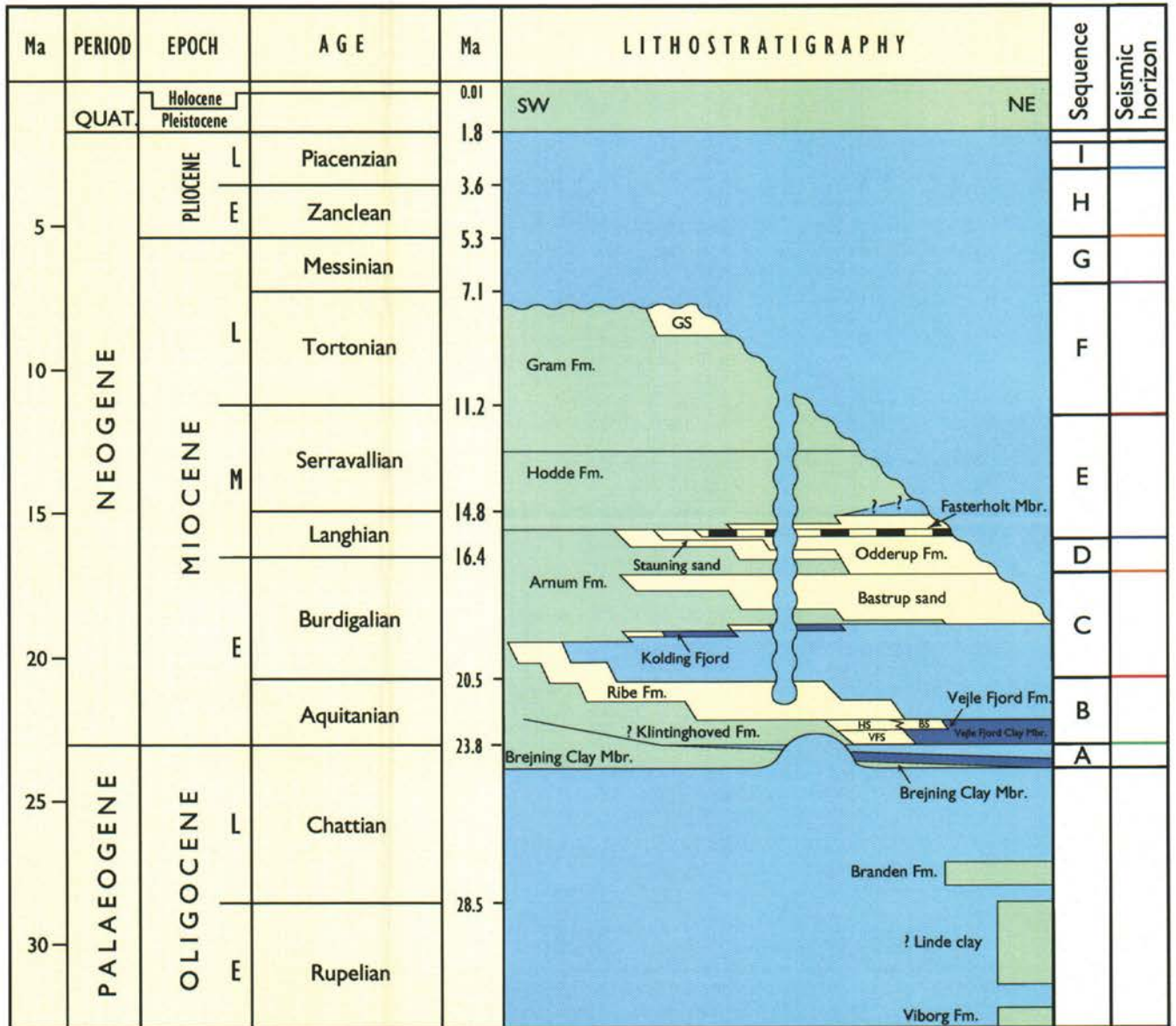
- Kvartær grænsen
- Sekvensgrænse
- ..... Maksimal oversvømmelsesflade
- - Oversvømmelsesflade
- HM Tungmineraler

- - Brunkul
- ..... Grus

in m  
0  
50



Fig. 3



Lerede marine aflejringer    
  Sandede fluviale og marine aflejringer    
  Brakvandsaflejringer    
  Kullag    
  Hiatus  
 VFS= Vejle Fjord Sand Mbr.     BS= Billund sand     HS=Hvidbjerg sand     GS=Gram silt/sand     ~ Kvartær erosion

Fig.4

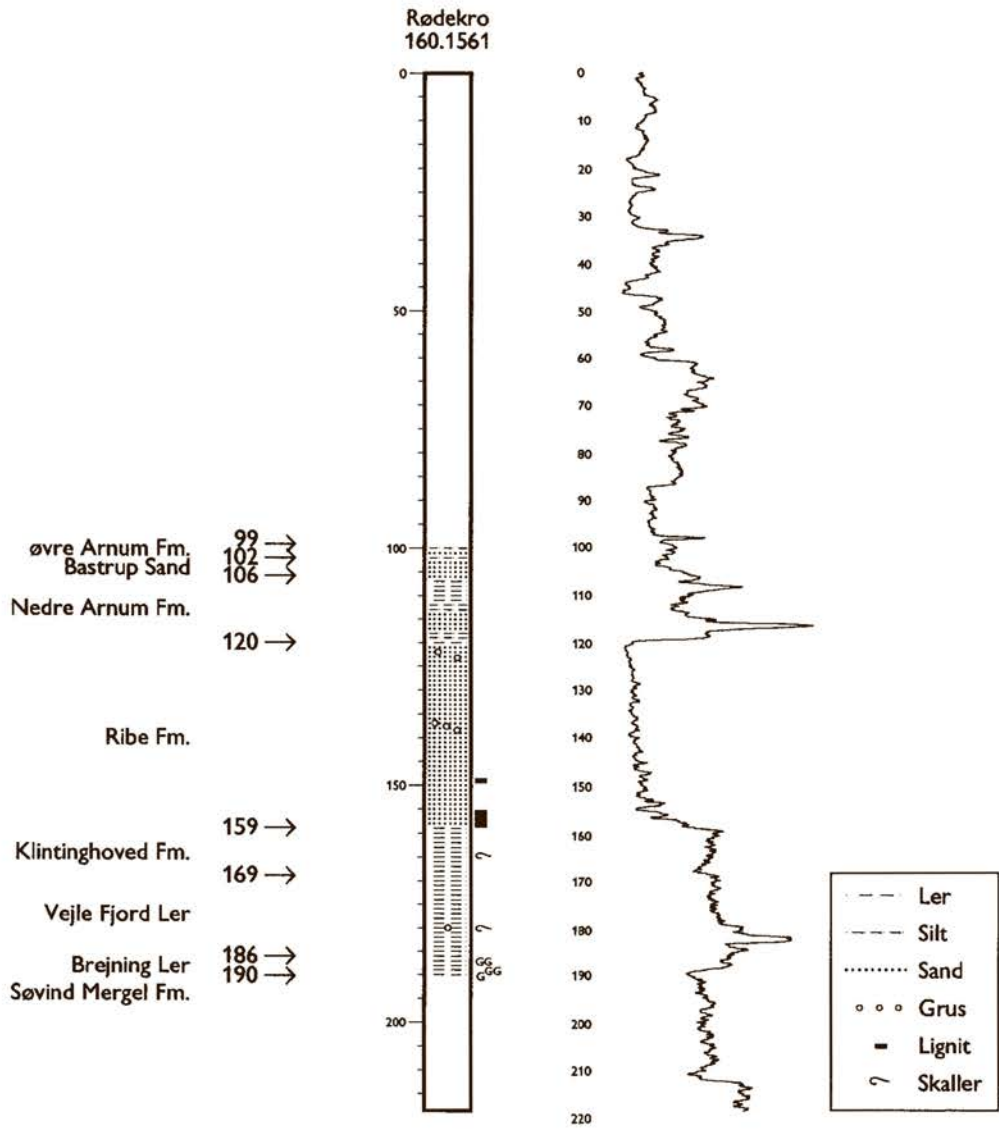


Fig.5



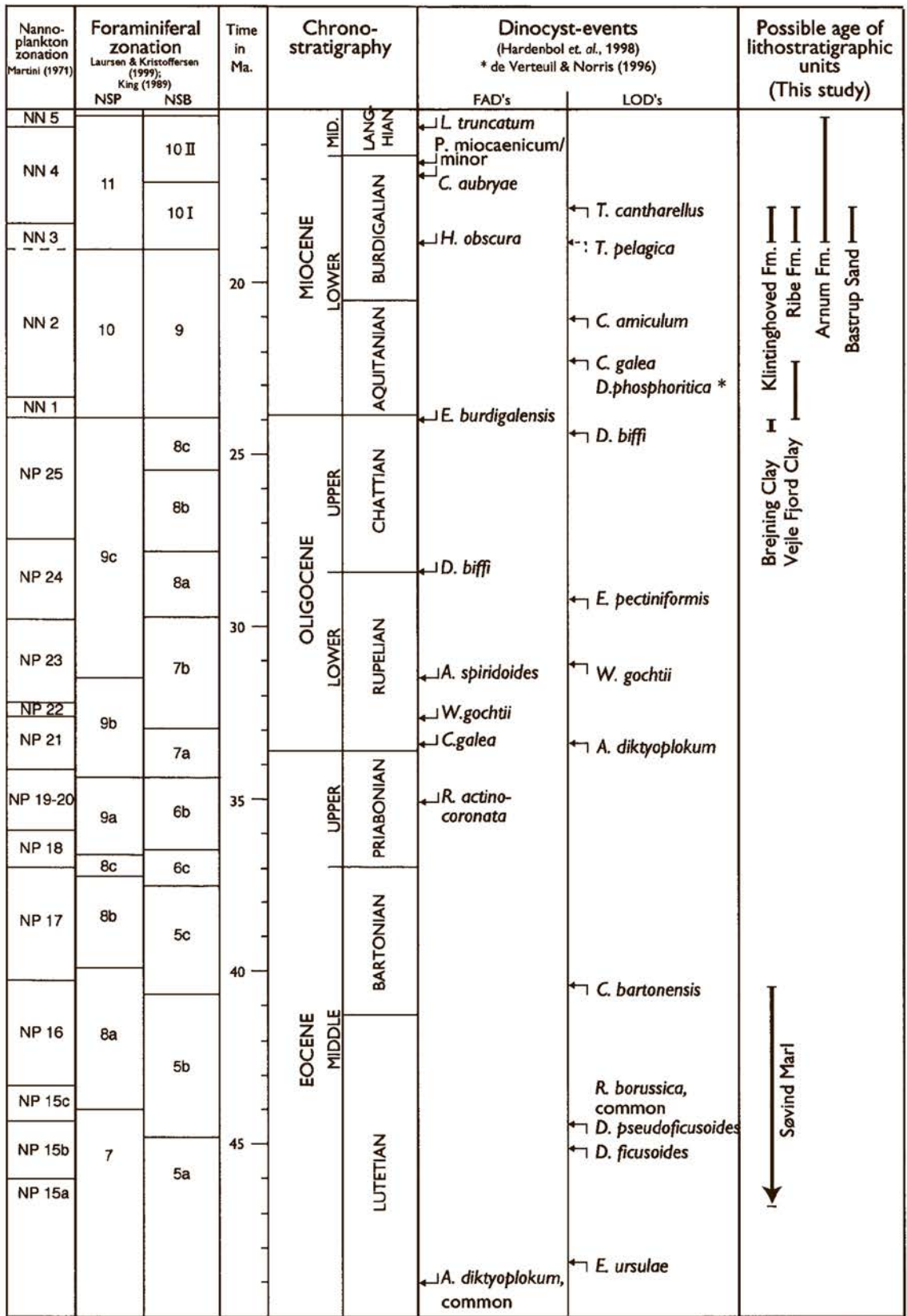


Fig.6

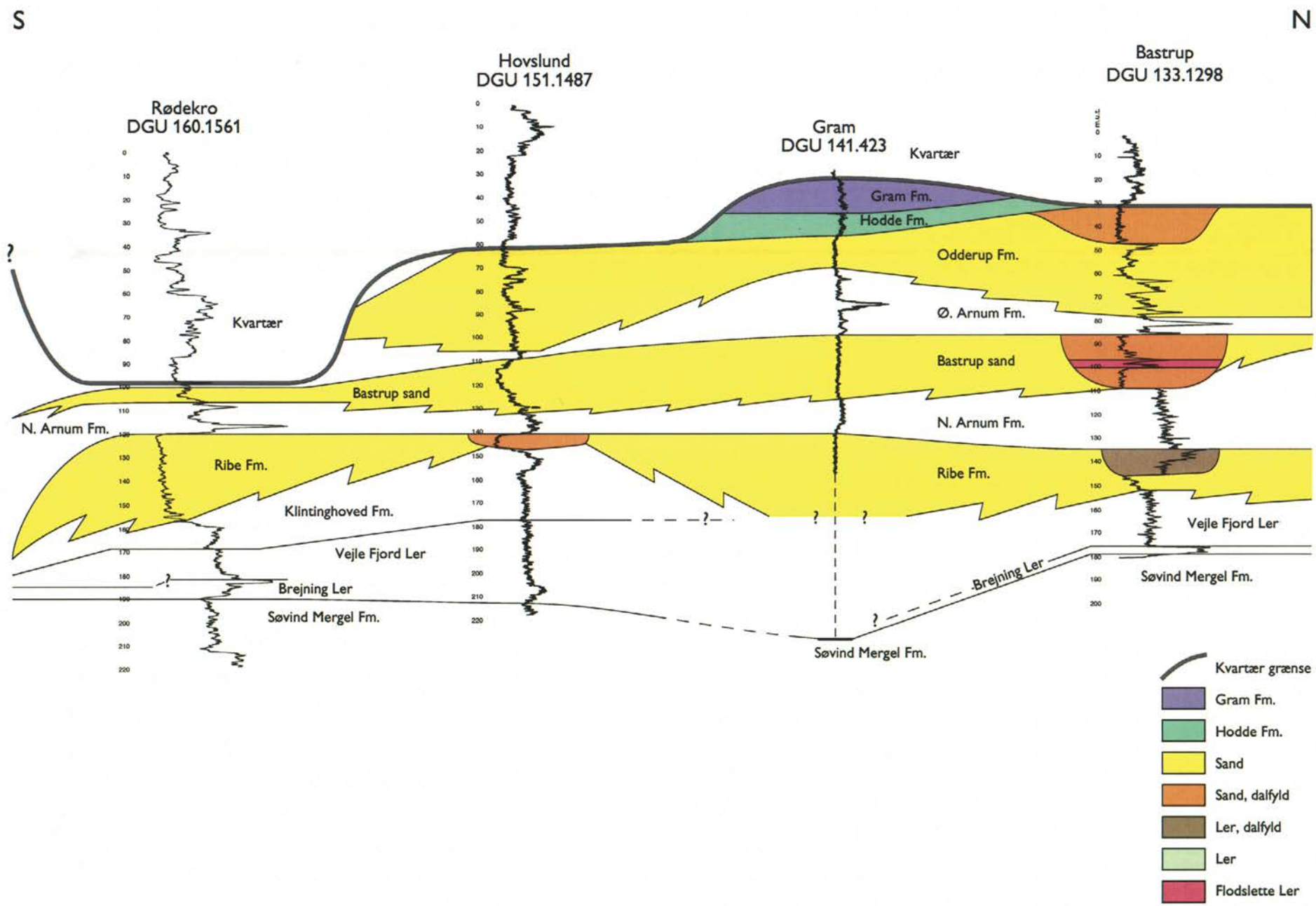
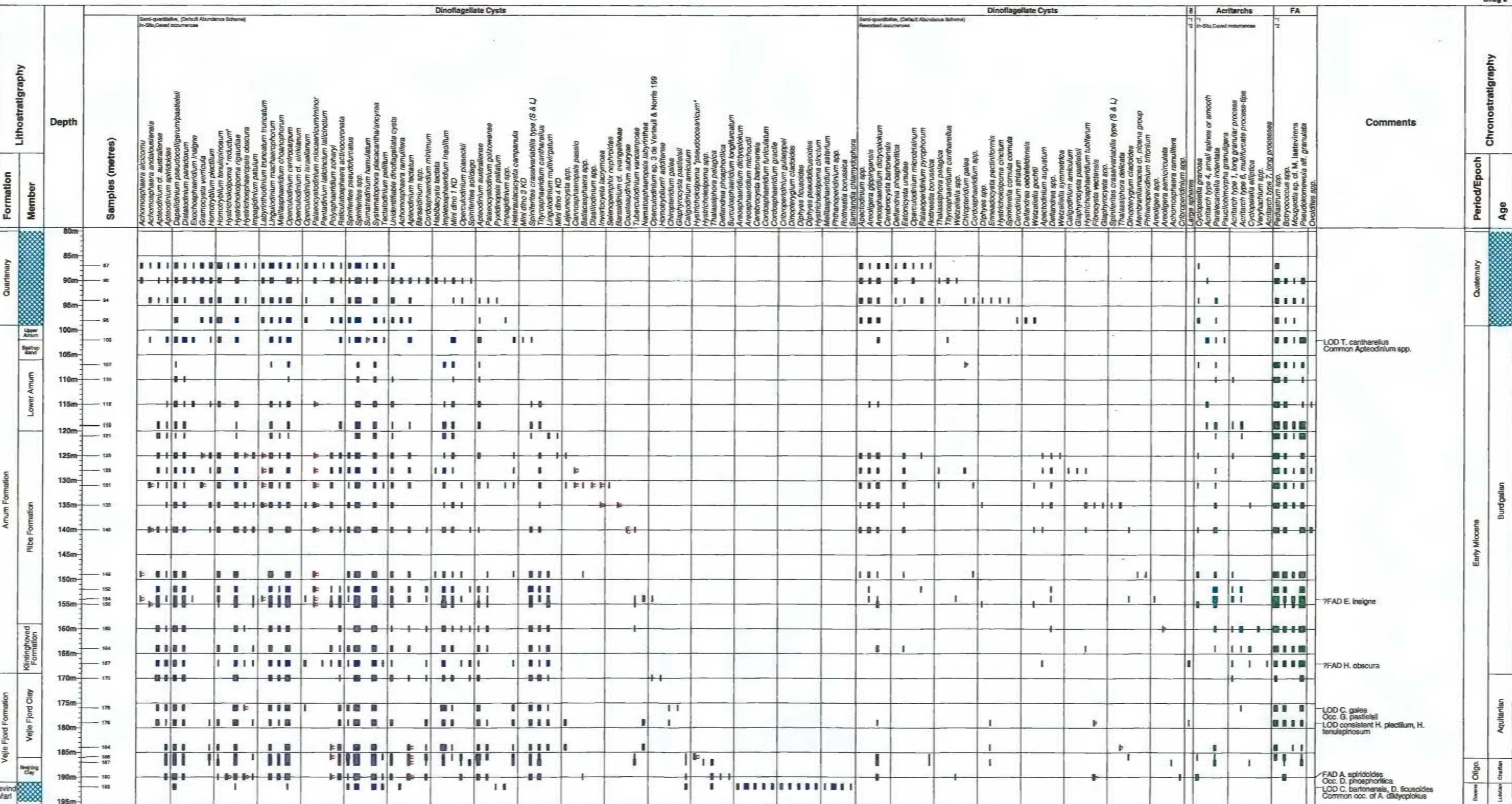


Fig. 7





LOD T. cartharellus  
Common Apteodinium spp.

?FAD E. Insigne

?FAD H. obscura

LOD C. galea  
Occ. G. pastieilli  
LOD consistent H. plectilum, H. tenuispinosum

FAD A. spiridoloides  
Occ. D. phosphorifica  
LOD C. bartonensis, D. ficusoides  
Common occ. of A. didyoplous

Recent  
Oligo.  
Miocene  
Pliocene  
Quaternary



Well Name : Rødke-ro-1 (160.1561)

Spudded : 03 August 2004  
 Completed: 03 August 2004  
 Interval : 80m - 195m  
 Scale : 1:500  
 Chart date: 08 October 2004

