

# Miocæn stratigrafi i boringen DGU nr. 160.1526, Lunderup ved Rødekro, Sønderjyllands Amt

Karen Dybkjær & Erik Skovbjerg Rasmussen

**Miocæn stratigrafi i boringen DGU nr. 160.1526,  
Lunderup ved Rødekro, Sønderjyllands Amt**

Karen Dybkjær & Erik Skovbjerg Rasmussen



# Indhold

<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 160.1526 (Rødekro).....	11
<b>Palynologi/biostratigrafi</b>	<b>14</b>
Søvind Mergel Formationen .....	14
Vejle Fjord Formation.....	14
Brejning Ler .....	14
Vejle Fjord Ler.....	16
Klintinghoved Formation .....	17
Ribe Formationen.....	18
Kvartær.....	19
<b>Regional korrelation</b>	<b>20</b>
<b>Konklusion</b>	<b>21</b>
<b>Referencer</b>	<b>22</b>
<b>Figurer</b>	<b>24</b>
<b>Bilag</b>	<b>25</b>

## **Sammenfatning**

Denne undersøgelse er baseret på materiale fra boringen DGU 160.1526 ved Rødekro, i den østlige del af Sønderjyllands Amt. Formålet med undersøgelsen har været at bidrage til kortlægningen af potentielle grundvandsmagasiner i amtet. Materialet fra boringen er beskrevet litologisk og 21 udvalgte prøver er blevet analyseret biostratigrafisk. Resultaterne er sammenholdt med resultater fra den nærliggende boring DGU 160.1561 (Dybkjær & Rasmussen 2004), samt 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 dinoflagellatcyster (fra éncellede marine alger) har vist sig at være et effektivt biostratigrafisk redskab til at datere lagserien og til at korrelere på tværs af lithologien. Sekvensstratigrafi, hvor korrelation af erosionsflader og markante marine flader bruges til at korrelere boringer, er ligeledes et meget vigtigt værktøj til at udrede stratigrafi. Ved at kombinere palynologi/dinoflagellatstratigrafi og sekvensstratigrafi er boringen korreleret til nærliggende boringer.

Den miocæne lagserie i boringen indeholder ét niveau med et potentielt grundvandsmagasin, nemlig et ca. 34m tykt sandlag, som er henført til Ribe Formationen. Sandlaget findes fra 163m til 126m under terræn. Miocæn–Kwartær grænsen er tolket til at ligge 126m under terræn.

Det fundne, potentielle grundvandsmagasin er henført til Ribe Formationen dels på baggrund af den store lighed mellem dinoflagellat selskaberne i denne boring og intervallet henført til Ribe Formationen i boringen DGU 160.1561 (Dybkjær & Rasmussen 2004), dels på baggrund af logkorrelation mellem disse to boringer og andre nærliggende boringer.

## Indledning

Den undersøgte boring, DGU 160.1526, er lokaliseret ved Lunderup 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; Vejbæk 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 formodenligt 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 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 Højderiggen (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 Paleocæn og Eocæn tid var udbygningen koncentreret til de marginale dele af bassinet syd for det nuværende Norge (f.eks. Jordt *et al.* 1985) mens aflejringerne i Danmark var domineret af finkornede 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 Højderiggen. Deltaudbygning fra nord dominerede lokalt, men generelt blev sedimenterne 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 aflejningsmønstret. Ligeledes har globale havniveauændringer i Oligocæn også sat sit præg på aflejningsmiljøet, bla. ved at en stor del af Nedre Oligocæn mangler (f.eks. Michelsen 1994; Heilmann-Clausen 1995). Nedre Oligocæne aflejninger 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 aflejningsmiljøet. Ringkøbing-Fyn Højderiggen spillede en særlig rolle her idet den adskilte mere åben marine/kystprograderende aflejningsmiljøer syd for ryggen fra parallele/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 barriere-øer med bagved liggende laguner på tværs af Jylland. Sedimentkilden til disse oddekomplekser har været store floder fra nord. Sedimenterne er transporteret langs kysten indtil aflejring i oddekomplekserne. Et markant fald i havniveau resulterede i en markant udbygning i seneste Chattian (seneste Oligocæn) til Aquitanien (Tidlig Miocæn) (Fig. 2B,C) (Rasmussen 1996) og da udbygningen skete under stadig faldende havniveau aflejredes forholdsvis rent sand og grus. Efter havniveaufaldet i Aquitanien steg havniveauet generelt op igennem Miocæn med maksimum i Seravallien (øvre Mellem Miocæn) (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 tungmineraler (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 Langhian 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 Mellem Miocæn under aflejring af Hodde Formationen. Under aflejringen af Gram Leret i Mellem til Øvre Miocæn, blev det generelt koldere globalt og dermed skete der også et fald i havniveau. 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 aflejet op til 400 m mellem til 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 den nyere regionale kortlægning og er vist på Fig. 4.

**Vejle Fjord Formationen** er den ældste af disse litostratigrafiske enheder. Den nederste del af Vejle Fjord Formationen, Brejning Ler, 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 samtidigt med Vejle Fjord Formationen. Dette benævnes Billund sand.

**Ribe Formationen** er et meget sandrigt system, som kendes fra det sydlige Jylland. Det er en videreudbygning af Billund deltaet, men er dog isoleret fra Billund deltaet. De lerede sedimenter, som blev aflejret foran Ribe deltaet på dybere vand, kaldes for **Klintinghoved Formationen**.

**Arnum Formationen** overlejer disse enheder og består hovedsageligt af lerede sedimenter. Den nederste sandrige del af Arnum Formationen 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.

**Odderup Formationen** er et meget sandrigt system, som overlejer Arnum Formationen.

**Hodde og Gram formationerne** udgøres af lerrige sedimenter og kendes overvejende fra syd- og vestjylland.

# Metoder

Nærværende rapport bygger på data fra boringen DGU 160.1526, lokaliseret ved Lundrup, nær Rødekro 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 søje 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 søje er der også indikeret, hvilken formation, der er gennemboret. Endelig er der vist om der er registreret mollusker.

## Palynologi

Til den palynologiske undersøgelse blev der udtaget 24 prøver i alt. Prøverne blev behandlet i det stratigrafiske laboratorium på GEUS efter palynologiske standardmetoder, omfattende 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 hurtig gennemgang af præparaterne blev der udvalgt en serie på 21 prøver til videre analyse. Disse prøver blev så undersøgt i lysmikroskop. Fordelingen af organiske partikler i hver prøve blev beskrevet, til brug for tolkningen af aflejringsmiljøet. Alle tilstedevarende dinoflagellatarter blev 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. Procentandelen af den enkelte dinoflagellatart og den enkelte ferskvandsalgetype i forhold til summen af registrerede dinoflagellater og ferskvandsalger i hver prøve, er vist i Bilag 1. Disse variationer i dinoflagellatselskabet og i ferskvandsalgeselskabet afspejler dels stratigrafiske ændringer og dels ændringer i aflejringsmiljøet, f.eks. i salinitet, tilførsel af næringsstoffer og i havvandstemperaturer. En stor andel af ferskvandsalger (FA) indikerer f.eks. stor tilførsel af ferskvand til aflejringsområdet, som det bl.a. ses i Ribe Formationen.

I Bilag 2 er den relative hyppighed af den enkelte dinoflagellatart præsenteret semikvantitativt. Omlejrede dinoflagellatarter ("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

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

# Sedimentologisk beskrivelse

## DGU 160.1526 (Røde Kro)

Boringen gennemborer kvartære, miocæne og oligocæne lag og stopper i eocænt Søvind Mergel (Fig. 5). Grænsen mellem Kvartær og Miocæn er tolket til at ligge ca. 126 meter under terræn. Den gennemborede miocæne lagserie er repræsenteret ved følgende litostratigrafiske enheder angivet ved toppen af enheden: 126m Ribe Formation, 163m Klin-tinghoved Formation, 177m Vejle Fjord Formation, 177m Vejle Fjord Ler, 192m Brejning Ler, 196m Søvind Mergel Formation.

- 111-112: Gråbrunt, siltet ler. Grus (>3cm) samt bjergartsfragmenter.
- 112-113: Gråbrunt, siltet ler og mellem- til grovkornet sand. Gruset.
- 113-114: Gråbrunt, siltet ler og mellem- til grovkornet sand. Gruset samt flint.
- 114-115: Gråbrunt, siltet ler samt gulligt, mellemkornet sand. Sten ca. 5 cm i diameter.
- 115-116: Gråt, grovkornet sand. Gruset.
- 116-117: Gråt, grovkornet sand. Gruset, bjergartsfragmenter og flint.
- 117-118: Gråt, grovkornet sand. Gruset, samt gråt, leret silt.
- 118-119: Velsorteret, gråt til gulligt, mellemkornet sand. Få lerlag.
- 119-120: Gråt til gulligt, grovkornet sand. Gruset og med lignit.
- 120-121: Velsorteret, grovkornet sand. Bjergartsfragmenter.
- 121-122: Gråt, grovkornet sand med grus. Enkelte brune, lerede siltlag samt lignit.
- 122-123: Gråt til gulligt, grovkornet sand. Gruset.
- 123-124: Gråt, grovkornet sand. Lignit samt bjergartsfragmenter.
- 124-125: Velsorteret, mellemkornet sand. Enkelte lerede siltlag samt bjergartsfragmenter.
- 125-126: Velsorteret, fint- til mellemkornet sand. Gruset og med lignit.
- 126-127: Velsorteret, mellemkornet sand. Brune lerlag.
- 127-128: Gullig-gråt, mellemkornet sand. Brune lerlag.
- 128-129: Gråt til gulligt, grovkornet sand med mørkebrune, lerede siltlag.
- 129-130: Grovkornet sand. Gruset.
- 130-131: Grovkornet sand. Gruset.
- 131-132: Grovkornet sand. Gruset.
- 132-133: Gråt, mellemkornet sand. Gruset og med lysegrå lerlag.
- 133-134: Gråt til brunt, mellemkornet sand med lysegrå lerlag.
- 134-135: Gråt til brunt, mellemkornet sand med lysegrå lerlag.
- 135-136: Gråt til brunt, mellemkornet sand med lysegrå lerlag.
- 136-137: Gråt til brunt, mellemkornet sand med mørkegrå lerlag.
- 137-138: Gråt til brunt, mellemkornet sand med lysegrå lerlag.
- 138-139: Gråt til brunt, mellemkornet sand med lysegrå lerlag.
- 139-140: Gråt til brunt, mellemkornet sand. Flint.
- 140-141: Gråt til brunt, mellemkornet sand med få lysegrå lerlag.
- 141-142: Gråt til brunt, mellemkornet sand.

- 142-143: Gråt til brunt, mellemkornet sand.
- 143-144: Gråt til brunt, mellemkornet sand med få, grå lerlag.
- 144-145: Gråt til brunt, mellem- til grovkornet sand med få grå lerlag. Cementeret finsand.
- 145-146: Gråt til brunt, mellemkornet sand med få grå lerlag. Cementeret finsand.
- 146-147: Velsorteret, gråt til brunt, fin- til mellemkornet sand. Skaller.
- 147-148: Velsorteret, gråt til brunt, mellemkornet sand og lysegrå lerlag.
- 148-149: Velsorteret, gråt til brunt, mellemkornet sand. Meget cementeret finsand.
- 149-150: Velsorteret, gråt til brunt, mellemkornet sand.
- 150-151: Velsorteret, gråt til brunt, mellemkornet sand med grå lerlag.
- 151-152: Velsorteret, gråt til brunt, mellemkornet sand med brune lerlag.
- 152-153: Velsorteret, gråt til brunt, mellemkornet sand med laminerede, grå og brune lerlag.
- 153-154: Velsorteret, gråt til brunt, mellemkornet sand med lerlag. Cementeret sand og skal?
- 154-155: Velsorteret, gråt til brunt, mellemkornet sand med laminerede, grå og brune lerlag.
- 155-156: Velsorteret, gråt til brunt, mellemkornet sand med laminerede, grå og brune lerlag.
- 156-157: Velsorteret, gråt til brunt, mellemkornet sand med laminerede, grå og brune lerlag.
- 157-158: Velsorteret, gråt til brunt, mellemkornet sand med få laminerede, grå og brune lerlag.
- 158-159: Veksellejrende brune, finkornede sandlag og laminerede, lysebrune og mørkebrune lerlag.
- 159-160: Mellemkornet sand med brune til gråbrune lerlag. Skaller og grus.
- 160-161: Mellemkornet sand med brune til gråbrune lerlag. Skaller og grus.
- 161-162: Lamineret, grønligt, finkornet sand med mørkebrune, lerede siltlag. Skaller og glaukony?
- 162-163: Veksellejrende mørkebrune, lerede siltlag og finkornede sandlag. Klast af et gråt lerlag.
- 163-164: Mørkebrunt, leret silt med enkelte finkornede sandlag (forurening).
- 164-165: Mørkebrunt, leret silt.
- 165-166: Mørkebrunt, leret silt.
- 166-167: Mørkebrunt, leret silt.
- 167-168: Mørkebrunt, leret silt. Skaller.
- 168-169: Lamineret, mørkebrunt og lysegråt, leret silt og finkornet sand. Skaller.
- 169-170: Lamineret, mørkebrunt og lysegråt, leret silt og finkornet sand. Skaller.
- 170-171: Lamineret, mørkebrunt og lysegråt, leret silt og finkornet sand. Skaller.
- 171-172: Lamineret, mørkebrunt og lysegråt, leret silt og finkornet sand. Skaller.
- 172-173: Mørkebrunt, leret silt. Skaller.
- 173-174: Lamineret, mørkebrunt og lysegråt, leret silt og finkornet sand. Skaller.
- 174-175: Lamineret, mørkebrunt og lysegråt, leret silt og finkornet sand. Skaller.
- 175-176: Lamineret, mørkebrunt og lysegråt, leret silt og finkornet sand. Skaller.
- 176-177: Lamineret, mørkebrunt og lysegråt, leret silt og finkornet sand.
- 177-178: Lamineret, mørkebrunt og lysegråt, leret silt og finkornet sand.
- 178-179: Lamineret, mørkebrunt og lysegråt, leret silt og finkornet sand.

- 179-180: Lamineret, mørkebrunt og lysegråt, leret silt og finkornet sand. Gråbrune lerlag og skaller.
- 180-181: Gråbrunt, siltet ler.
- 181-182: Lamineret, mørkebrunt og lysegråt, siltet ler.
- 182-183: Lamineret, mørkebrunt og lysegråt, siltet ler.
- 183-184: Lamineret, mørkebrunt og lysegråt, siltet ler. Skaller.
- 184-185: Lamineret, mørkebrunt og lysegråt, siltet ler. Skaller.
- 185-186: Lamineret, mørkebrunt og lysegråt, siltet ler.
- 186-187: Mørkebrunt, siltet ler.
- 187-188: Mørkebrunt, siltet ler. Skaller.
- 188-189: Mørkebrunt, siltet ler.
- 189-190: Veksellejrende gråbrunt og mørkebrunt, siltet ler.
- 190-191: Veksellejrende gråbrunt og mørkebrunt, siltet ler. Skaller.
- 191-192: Mørkebrunt, leret silt. Skaller.
- 192-193: Mørkebrunt, leret silt. Masser af glaukony og enkelte finkornede sandlag.
- 193-194: Mørkebrunt, leret silt. Masser af glaukony og enkelte finkornede sandlag.
- 194-195: Mørkebrunt, leret silt. Små gravegange eller sprækker fyldt med finkornet sand.
- 195-196: Mørkebrunt, leret silt. Masser af glaukony og enkelte sandkorn. Skaller.
- 196-197: Grønliggråt ler.

# Palynologi/biostratigrafi

I det følgende er hver litologisk enhed, der indgår i studiet, beskrevet med hensyn til aflejringsmiljø, dinoflagellatselskab, vigtige biohorisonter, alder, samt indplacering i nannoplankton og foraminifer zoneringen opstillet af henholdsvis Martini (1971) og King (1989).

## Søvind Mergel Formationen

**Tilstedeværelse:** Formationens nedre afgrænsning kan ikke afgøres udfra boringsdata, da boringen sluttede i Søvind Mergel. Formationen er repræsenteret fra TD op til 197m, se Fig. 5. Overgangen mellem Søvind Mergel Formationen 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 aflejringsmiljø med en relativt stor afstand til kysten (til ferskvandsinfluks).

**Dinoflagellatselskab:** Stærkt domineret af *Spiniferites* spp. (se Bilag 1). Desuden dominerer *Phthanoperidinium* spp., mens *Areosphaeridium dictyoplokum*, *A. michoudii*, *Rottnestia borussica*, *Systematophora placacantha* og *Thalassiphora pelagica* alle forekommer almindeligt til jævnligt.

**Biohorisonter:** Forekomsten af *Cerebrocysta bartonensis* og *Diphyes ficusoides* i 199–198m (Bilag 2) indikerer en alder ikke yngre end Mellem Eocæn (Lutetien) (Fig. 6). Den jævnlige forekomst af *Areosphaeridium diktyoplokum* og fraværet af *Eatonicysta ursulae* indikerer en alder ikke ældre end Mellem Eocæn (Lutetien) (Bujak & Mudge 1994; Hardenbol *et al.* 1998).

**Alder:** Mellem Eocæn (Lutetien).

**Foraminifer/nannoplankton zonering:** 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 (Martini 1971) (Fig. 6).

## Vejle Fjord Formation

### Brejning Ler

**Tilstedeværelse:** Intervallet fra 197m til 193m 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, bisaccate 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 *Apteodinium australiense*, *Hystrichokolpoma rigaudiae*, *Impletosphaeridium insolitum*, *Lingulodinium machaerophorum*, *Melitasphaeridium choanophorum*, *Spiniferites crassivariabilis* type (Strauss & Lund 1992), samt *Tityrosphaeridium cantharellus* forekommer jævnligt.

Palynologisk erkendes Brejning Leret normalt på et acme af *Deflandrea phosphoritica* i den øvre del. Her er der kun fundet et enkelt eksemplar i 193–194m. Også i den nærliggende boring (DGU 160.1561) blev der kun fundet et enkelt eksemplar af *D. phosphoritica* i intervallet henført til Brejning Ler (Dybkjær & Rasmussen 2004). Denne sporadiske forekomst kan i begge tilfælde skyldes "fortynding" af selskabet pga. neddrysstet materiale fra yngre dele af lagserien ("caving"). Det kan dog også muligvis tilskrives en variation i afeljringsmiljøet fra det centrale Jylland til Røde Kro-området.

Forekomsten af *Hystrichosphaeropsis obscura* i 195–196m og i 193–194m 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 195–196m, samt af *Apteodinium tectatum* i både 195–196m og i 193–194m 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 Bilag 1 og 2 er de arter, der med sikkerhed kan udpeges som caved mærket med et rødt c.

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

**Biohorisonter:** Forekomsten af *Apteodinium spiridoides* fra 196m indikerer en alder ikke ældre end Tidlig Oligocæn (Rupelien). Forekomsten af *Chiropteridium galea* i 177–178m (i Vejle Fjord Leret oven over) indikerer en alder ikke yngre end tidligste Miocæn (Aquitanian) (Hardenbol *et al.* 1998) (Fig. 6). Disse biohorisonter giver ikke nogen særlig detaljeret alder, men ved at korrelere det fundne dinoflagellatselskab regionalt kan alderen indsævres væsentligt. I Frida-1 boringen i Nordsøen forekommer et interval ækvivalent til Brejning Leret. I denne boring er sidsteforekomsten af *Distatodinium biffi* fundet under dette interval og førsteforekomsten af *Ectosphaeropsis burdigalensis* over (Dybkjær 2003). Disse biohorisonter indsævrer alderen af Brejning Leret til seneste Sen Oligocæn (seneste Chattien) (Hardenbol *et al.* 1998) (Fig. 6). Dette understøttes af dateringen af Brejning Leret i Harre Boringen, baseret på foraminiferer (King 1994).

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

**Foraminifer/nannoplankton zonerung:** 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 (Martini 1971). Ifølge Laursen & Kristoffersen (1999) korrelerer Brejning Leret til NSP?10 og NSB8c (King 1989). Dette stemmer delvis overens med dateringen baseret på dinoflagellater, dog tilhører Brejning Leret formodentlig NSP9c.

## Vejle Fjord Ler

**Tilstedeværelse:** Vejle Fjord Ler er repræsenteret fra 193m til 177m.

**Aflejringsmiljø:** De sedimentære organiske partikler i denne enhed er domineret af brunt AOM, bisaccate og nonsaccate pollen. Træpartikler og dinoflagellater forekommer almindeligt, mens ferskvandsalger forekommer sporadisk. Blandt ferskvandsalgerne dominerer *Botryococcus* og *Pediastrum*. Denne sammensætning tyder på et kystnært marint aflejringsmiljø med stor tilførsel af terrestrisk materiale.

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

Intervallet er henført til Vejle Fjord Formationen på baggrund af forekomsten af *Caligodinium amicum* (i 185–186m og i 177–178m), *Chiropteridium galea* (190–191m og i 177–178m) og *Membranilamacea cf. picena* group i 177–178m. I den centrale del af Jylland kendtes Vejle Fjord Ler af en dominans af slægten *Homotryblium* Dybkjær (2003, 2004b). Her ses kun en sporadisk til konsistent forekomst af *H. plectilum* og *H. tenuispinosum*. Dette kan skyldes at selskabet er ”fortyndet” pga. caving, men det kan også skyldes en anden facies i området omkring Røde Kro i forhold til det centrale Jylland. I den nærliggende boring DGU 160.1561 er der ligeledes kun en sporadisk forekomst af *Homotryblium* i intervallet henført til Vejle Fjord Ler. I begge boringer (DGU 160.1526 og DGU 160.1561) ses et acme af *Impletosphaeridium insolitum* og af *Operculodinium centrocarpum* i Vejle Fjord Leret (Dybkjær & Rasmussen 2004, Bilag 1).

Forekomsten af *Hystrichosphaeropsis obscura* i 185–186m og i 177–178m formodes at være et resultat af caving, da denne normalt har førsteforekomst i den nedre del af Arnum Formationen (Dybkjær 2003, 2004a). Forekomsterne af *Apteodinium tectatum* i 190–191m og i 177–178m, samt af *Hystrichokolpoma "pseudoceanicum"* i 185–186m 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.

**Biohorisonter:** Forekomsten af *Chiropteridium galea* op til 177–178m indikerer en alder ikke yngre end tidligste Miocæn (Aquitanien) (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 (Aquitani-en) alder.

**Foraminifer/nannoplankton zonerung:** Ifølge Hardenbol *et al.* (1998) kan dinoflagellat-biohorisonterne fra sidsteforekomsten af *Distatodinium biffi* til sidsteforekomsten af *Chi-ropteridium 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 dinoflagella-ter, dog tilhører Vejle Fjord Leret formodentligt NSB9.

## Klintinghoved Formation

**Tilstedeværelse:** Klintinghoved Formation er repræsenteret fra 177m til 163m.

**Aflejringsmiljø:** De sedimentære organiske partikler domineres af brunt AOM, træpartikler, samt bisaccate og nonsaccate pollen. Dinoflagellater og ferskvandsalger forekommer sporadisk til almindeligt. Der ses en markant stigning i andelen af ferskvandsalger (især *Pseudokomewuia aff. granulata*) fra prøven under (177–178m, Vejle Fjord Ler) til 170–171m (Klintinghoved Formation) og i begge boringerne DGU 160.1526 og DGU 160.1561 domi-nerer ferskvands dinoflagellaten *Pseudokomewuia aff. granulata* i Klintinghoved Formatio-nen samt i den nedre del af Ribe Formationen (Dybkjær & Rasmussen 2004, Bilag 1). I prøven 162–163m var der så få dinoflagellater at det ikke var muligt at tælle 200. Denne sammensætning tyder på et kystnært marint aflejringsmiljø med meget stor tilførsel af ter-restrisk materiale.

**Dinoflagellatselskab:** *Impletosphaeridium insolitum*, *Spiniferites* spp. og *Systematophora placacantha* dominerer intervallet, mens *Apteodinium australiense*, *Hystrichokolpoma rigaudiae*, *Lingulodinium machaerophorum*, *L. multivirgatum*, *Operculodinium centrocarpum*, samt *Spiniferites crassivariabilis* type (Strauss & Lund 1992) forekommer jævnligt.

Forekomsten af *Palaeocystodinium miocaenicum/minor* i 162–163m formodes at skyldes caving. Der blev fundet enkelte omlejrede dinoflagellater, der indikerer omlejrede E-ocæne og Oligocæne aflejringer.

**Biohorisoner:** Sidsteforekomsten af *Chiropertidium galea* i 177–178m (i Vejle Fjord Leret) indikerer en alder ikke ældre end Tidlig Miocæn (tidlig Aquitanien). Forekomsten af *Tityrosphaeridium cantharellus* i 128–129m (i den øvre del af Ribe Formationen) indikerer en alder ikke yngre end midt-Burdigalien (Hardenbol *et al.* 1998) (fig. 6). I den nærliggende boring DGU 160.1561 blev der fundet *Hystrichosphaeropsis obscura* i den nedre del af Klintinghoved Formationen (Dybkjær & Rasmussen 2004). Forudsat at denne forekomst er *in situ* og ikke skyldes caving indikerer denne en alder ikke ældre end tidlig til midt-Burdigalien (de Verteuil & Norris 1996; Hardenbol *et al.* 1998).

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

**Foraminifer/nannofossil zonering:** Ifølge Hardenbol *et al.* (1998) kan intervallet fra FAD *H. obscura* til LOD *T. cantharellus* korreleres til NN3 – nederste del af NN4. Laursen & Kristoffersen (1999) har identificeret NSP10 og -11 og NSB9 i Klintinghoved Formationen. Dette stemmer fint overens med dateringerne baseret på dinoflagellater.

## Ribe Formationen

**Tilstedeværelse:** Ribe Formationen er repræsenteret fra 163m til 126m.

**Aflejringsmiljø:** De sedimentære organiske partikler er domineret af brunt AOM, træpartikler, bisaccate og nonsaccate pollen. I prøverne fra 163m op til 133m optræder dinoflagellaterne så sporadisk at det ikke var muligt at tælle 200 eksemplarer. Ferskvandsalger, især *Pseudokomewuia* aff. *granulata*, optræder almindeligt i den nedre del af formationen, men er sporadiske fra 152–153m op til 129m. I de to øverste prøver, 128–129m og 126–127m optræder dinoflagellater almindeligt. I disse to prøver er der desuden et acme af ferskvandsalger, især *Pediastrum* og *Pseudokomewuia* aff. *granulata*. Et tilsvarende mønster i ferskvandsalge-selskabet blev fundet i DGU 160.1561 (Dybkjær & Rasmussen 2004, Bilag 1). Denne sammensætning af sedimentære partikler indikerer et kystnært marint miljø, til tider med meget høj influx af ferskvand.

**Dinoflagellatselskab:** Denne enhed er domineret af *Apteodinium* cf. *australiense*, *Spiniferites* spp. og *Systematophora placacantha*. *Hystrichokolpoma rigaudiae*, *Lingulodinium multivirgatum* og *Operculodinium centrocarpum* forekommer almindeligt, mens *Dapsilidinium pseudocolligerum*, *Distatodinium paradoxum*, *Homotryblium tenuispinosum*, *Implotosphaeridium insolitum*, *Lingulodinium machaerophorum*, *Polysphaeridium zoharyi*, *Spiniferites crassivariabilis* type (Strauss & Lund) og *S. pseudofurcatus* forekommer jævnligt. Også i den nærliggende boring (DGU 160.1561) blev der fundet et (svagt) acme af *Apteodinium* cf. *australiense* i den øvre del af Ribe Formationen.

Der blev registreret en del caving i dette interval. Arter som *Achomosphaera andalousiense* og *Gramocysta verricula* har førstetræden i Gram Formationen (Piasecki, in press) og er således med sikkerhed cavede, mens *Labyrinthodinium truncatum* og *Palaeocystodinium miocaenicum/minor* normalt har førsteforekomst i den øvre del af Arnum Formationen eller den nedre del af Odderup Formationen. Forekomsten her i Ribe Formationen antages derfor ligeledes at være et resultat af caving. Andre registrerede dinoflagellater kan også være cavede.

Der blev også registreret mange dinoflagellat arter, der er karakteristiske for Øvre Paleocæn, Eocæn og Nedre Oligocæn. Forekomsten af disse dinoflagellater kan skyldes omlejring, som følge af erosion ved lavt havniveau og/eller hævet bagland. Deres massive optræden i det samme interval som er stærkt præget af caving kunne dog tyde på at nogle af disse ligeledes skyldes caving af kvartære aflejringer. Kvartære aflejringer indeholder nemlig ofte store mængder omlejrede paleocæne, eocæne og oligocæne sedimenter.

**Biohorisonter:** Forekomsten af *Tityrosphaeridium cantharellus* i 128–129m indikerer en alder ikke yngre end midt-Burdigalien (Hardenbol *et al.* 1998) (fig. 6). Sidsteforekomsten af *Chiropteridium galea* i 177–178m (i Vejle Fjord Leret) indikerer en alder ikke ældre end tidligste Tidlig Miocæn (tidlig Aquitanien). Forekomsten af *Hystrichosphaeropsis obscura* i

den nedre del af Klintinghoved Formationen i den nærliggende boring DGU 160.1561 (Dybkjær & Rasmussen 2004) indikerer en alder ikke ældre end tidlig til midt-Burdigalien, forudsat at denne forekomst er *in situ*.

I de centrale dele af Jylland har *Exochosphaeridium insigne* førsteforekomst lige under eller i den nedre del af Bastrup sandet (Dybkjær 2003; 2004a) og udgør der en vigtig biohorisont. Hvis forekomsten af denne art i 148–149m er *in situ* indikerer det at denne biohorisont skal korreleres til den nedre del af Ribe Formationen. Forekomsten af ét formodet caved eksemplar af *E. insigne* i 190–191m, nede i Vejle Fjord Leret, indikerer dog at forekomsten i Ribe Formationen muligvis ligeledes skyldes caving.

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

**Foraminifer/nannofossil zonering:** Ifølge Hardenbol *et al.* (1998) kan intervallet fra FAD *H. obscura* til LOD *T. cantharellus* korreleres til NN3 – nederste del af NN4. Laursen & Kristoffersen (1999) har identificeret NSP10 og -11 og NSB9 i Klintinghoved Formationen. Dette stemmer fint overens med dateringerne baseret på dinoflagellater.

## Kwartær

Grænsen mellem miocæne aflejringer og Kvartæret er tolket til at ligge omkring 126m. Der ses et skifte i dinoflagellat selskabet fra prøven 126–127m til prøven 125–126m, bl.a. et drastisk fald i den relative hyppighed af *Apteodinium*-slægten, samtidig med en stigning i *Homotryblium tenuispinosum* og *Hystrichokolpoma rigaudiae*. Førstnævnte er generelt meget almindelig i Nedre Miocæn, mens de to sidstnævnte er meget hyppige i den Mellem til Øvre Miocæne Gram Formation. Prøverne over 126m udviser desuden konsistente forekomster af dinoflagellater karakteristiske for de mellem til øvre miocæne formationer, Odderup, Hodde og Gram (*Labyrinthodinium truncatum* og *Palaeocystodinium miocaenicum/minor* er karakteristiske for overgangen øvre Arnum – Odderup Formationen, et acme af *Polysphaeridium zoharyi* er karakteristisk for Odderup Formationen, mens forekomsten af *Gramocysta verricula* er karakteristisk for Gram Formationen) (Dybkjær *et al.* 1999; Pia-secki, in press). På trods af at alle disse dinoflagellater må anses for at være omlejrede i kvartæret er de miocæne arter her vist som ikke-omlejrede, da man derved lettere kan se skiftet i selskabet. Der ses også et skifte i ferskvandsalge selskabet fra prøven 126–127m, hvor *Pseudokomewuia aff. granulata* fra at udgøre 9% af det samlede selskab af dinoflagellater og ferskvandsalger til prøverne over, hvor der ikke er registreret nogen, undtagen tre eksemplarer i prøven 114–115m. Disse tre formodes at være omlejrede. Dominans af *Pediastrum* og *Botryococcus* i prøverne i henholdsvis 123–124m og 118–119m kan udmarket være *in situ* og repræsentere kvartære limniske aflejringer. Lokaliseringen af grænsen er dog noget usikker på grund af risikoen for at det observerede skyldes caving, som det ses længere nede i boringen.

## Regional korrelation

Boringerne Bastrup (DGU 133.1298), Gram (DGU 141.423), Hovslunde (DGU 151.1487), DGU 160.1561 samt DGU 160.1526 er korreleret i profilet i Fig. 7. Lokaliseringen af disse boringer ses på Fig. 1. Den nederste del af profilet er domineret af lerede aflejringer tilhørende Søvind Mergel Formation, Vejle Fjord Formation og Klintinghoved Formation. Sidstnævnte er dog kun tilstede i de tre sydligste boringer. Det nederste led i Vejle Fjord Formationen, Brejning Ler, er anboret med sikkerhed i de to Rødekro boringer, samt i Bastrup boringen. 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 da logmønsteret viser en finende opad enhed (stigende gamma log signal opad) i modsætning Ribe Formationen i de fire andre boringer, der klart viser at sedimenterne er grovest øverst i formationen (faldende gammalog respons). Ribe Formationen overlejres af lerede sedimentter tilhørende nedre Arnum Formation undtagen i Rødekro (DGU 160.1526), hvor Ribe Formationen overlejres af kvartære aflejringer. De lerede sedimentter fra nedre Arnum Formation følges af Bastrup sand. Bastrup sandet er tykkest og mest grovkornet i Bastrup boringen og tynder ud mod syd. Bastrup sandet overlejres af øvre Arnum Formation og herover følger sandede sedimentter tilhørende Odderup Formationen. Sedimenterne herfra afspejler en prograderende kystslette, som ses ved en generel opad grovende kornstørrelse (faldende gamma log respons opad). I Gram boringen følger lerede sedimentter fra Hodde og Gram formationerne. Disse lag er ikke erkendt i de andre boringer. Endeligt følger kvartære lag over den markante erosionsflade øverst i profilet. Den kvartære erosionsflade er mest markant i Rødekro (DGU 160.1561) boringen.

## Konklusion

Stratigrafien i boringen DGU 160.1526 ved Rødekro er tolket baseret på en sedimentologisk beskrivelse samt en palynologisk undersøgelse af boringen. Den miocæne lagserie i boringen indeholder kun ét niveau med et potentiel grundvandsmagasin. Det ca. 37m tykke sandlag henført til Ribe Formationen findes fra 163m til 126m under terræn.

Grænsen mellem Miocæn og Kvartær er tolket til at være placeret omkring 126m under terræn. Undersøgelsen viser endvidere at i områder, hvor kun ét af de 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 potentiel grundvandsmagasin under den først anborede 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 borer og seismik. En eller flere stratigrafiske borer (placeret strategisk med hensyn til at belyse stratigrafien) er påkrævet for at belyse problematikken med at skelne 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.

## 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., 26 pp.
- 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, 28 pp., 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. & Rasmussen, E.S. 2004: Miocæn stratigrafi i boringen DGU nr. 160.1561 ved Bodumvej, Rødekro, Sønderjyllands Amt. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse Rapport **2004/92**, 27 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. & 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. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse Rapport **2001/104**, 37 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 idag*. Aarhus Geokompender **1**, 69–114.
- Hindsby, K., Harrar, B., Nyegaar, P., Konradi, P., Rasmussen, E.S., Bidstrup, T., GregerSEN, U. & Boaretto, E. 1999: The Ribe Formation i SW Jylland, Denmark: Holocene and Pleistocene groundwaters in a coastal Miocene sand aquifer. In: Edmunds & Milne (eds): PALAEAUX - management of coastal aquifers in Europe - Palaeowaters, natural controls and human influence. Final report for the EU project PALAEAUX (ENV4-CT95-0156) British Geological Survey, BGS Technical Report, Hydrogeology Series, **WD/99/35**, 1999.

- Japsen, P., Bidstrup, T., Rasmussen, E.S. 2002: 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* (2ne 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**, 177 pp.
- Laursen, G.V. & Kristoffersen, F.N. 1999: Detailed foraminiferal biostratigraphy of Miocene formations in Denmark. *Contr. Tert. Quatern. Geol.* **36**(1–4), 73–107.
- Martini, E. 1971: Standard Tertiary and Quaternary calcareous nannoplankton zonation. In: Farinacci, A. (ed.): *Proceedings II Planktonic Conference*, Roma 1970.
- Michelsen, O. 1994: Stratigraphic correlation of the Danish onshore and offshore Tertiary successions based on sequence stratigraphy. *Bulletin of the Geological Society of Denmark* **41**, 145–161.
- Piasecki, S., in press: Dinoflagellate cysts of the Middle – Upper Miocene Gram Formation, Denmark. In: F. Roth and K. Hoedemakers (eds): *The Gram Formation. Palaeontos*.
- 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. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse Rapport 2003/3, 18 pp.
- Rasmussen, E.S. & Dybkjær, K. 1999: Excursion: Upper Oligocene – lower Miocene storm and tidal dominated deposits at Lillebælt and Vejle Fjord, Denmark. Unpublished excursionguide.
- 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, 130 pp. Amsterdam: Elsevier.

## Figurer

Figur 1: Lokalisering af den undersøgte boring, DGU 160.1526, den nærliggende boring, DGU 160.1561, samt af de øvrige borer der indgår i korrelationspanelet vist i figur 7.

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

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

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

Figur 5: Gamma-log, litologi og litostratigrafisk opdeling for den undersøgte boring, DGU 160.1526.

Figur 6: Stratigrafisk vigtige førsteforekomster (FAD) og sidsteforekomster (LOD) af dinoflagellater korreleret til nannoplankton zoner, foraminifer zoner og kronostratigrafi. Desuden er indikeret det tidsinterval, hvor indenfor hver enkelt litostratigrafisk enhed er aflejret.

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

## Bilag

Bilag 1: I dette rangechart er alle registrerede dinoflagellatarter og ferskvandsalger 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 ferksvandsalger (FA) er vist i de følgende kolonner. De stratigrafisk vigtige biohorisonter (førsteforekomster, FAD, sidsteforekomster, LOD og "occurrence", Occ.) er vist i kolonnen "comments".

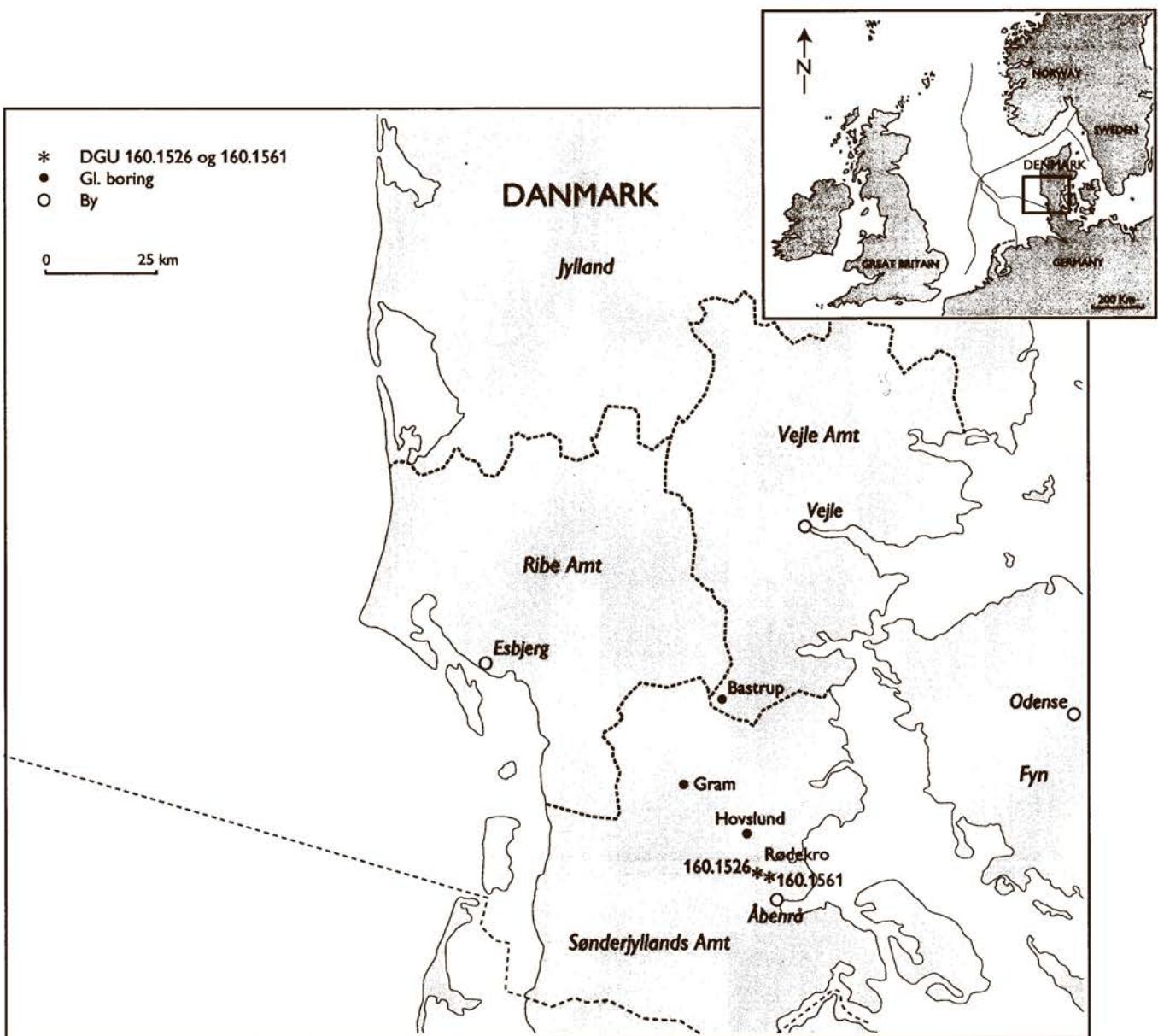


Fig.1

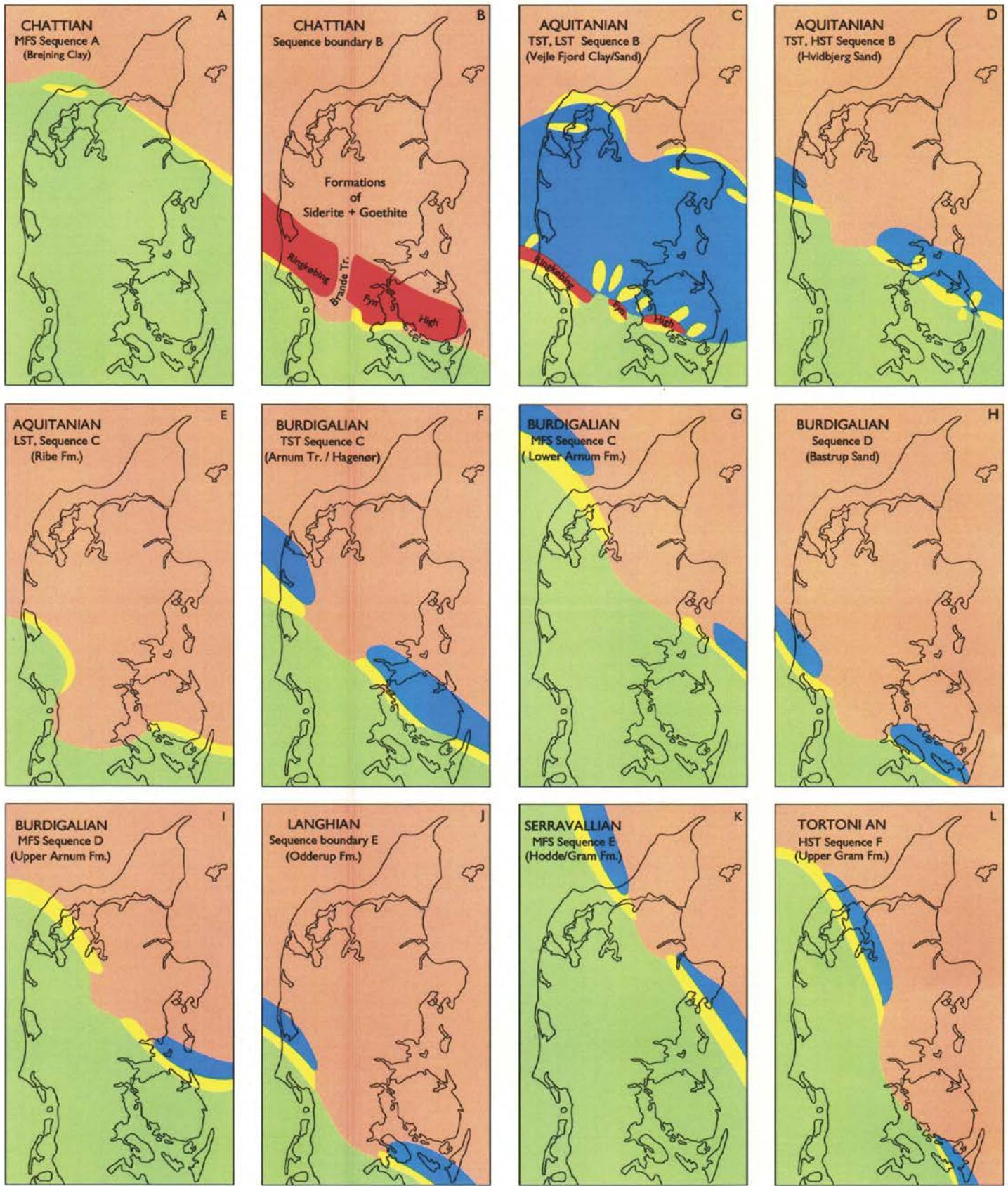
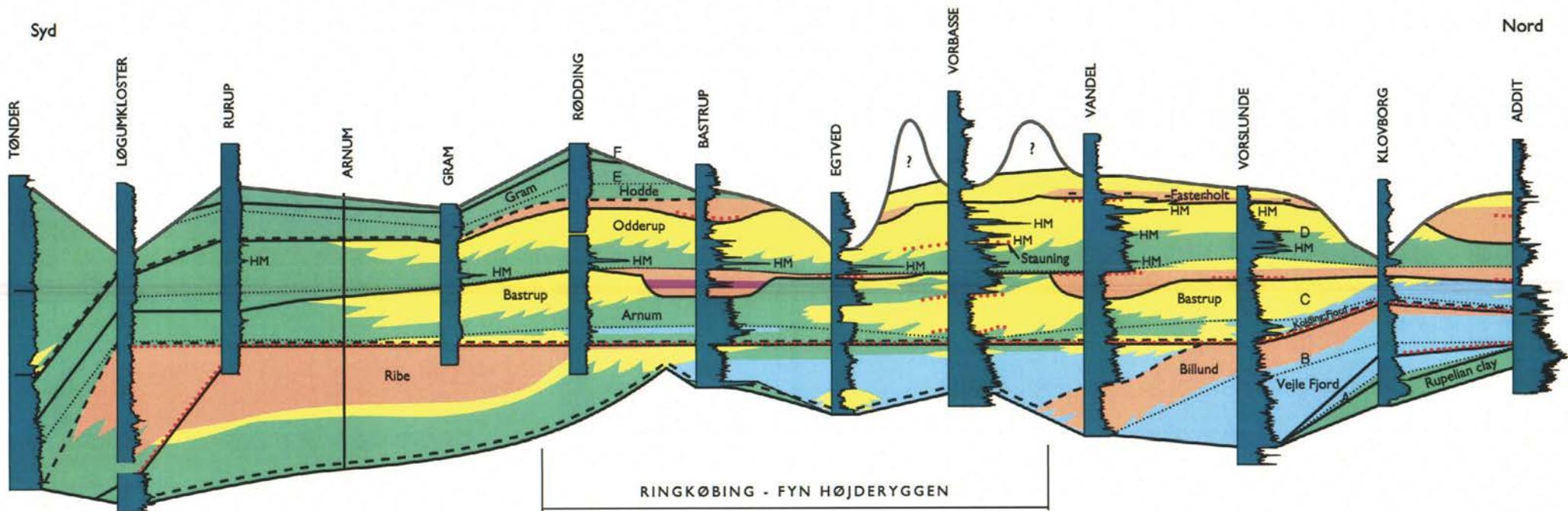


Fig.2



#### LEGENDE

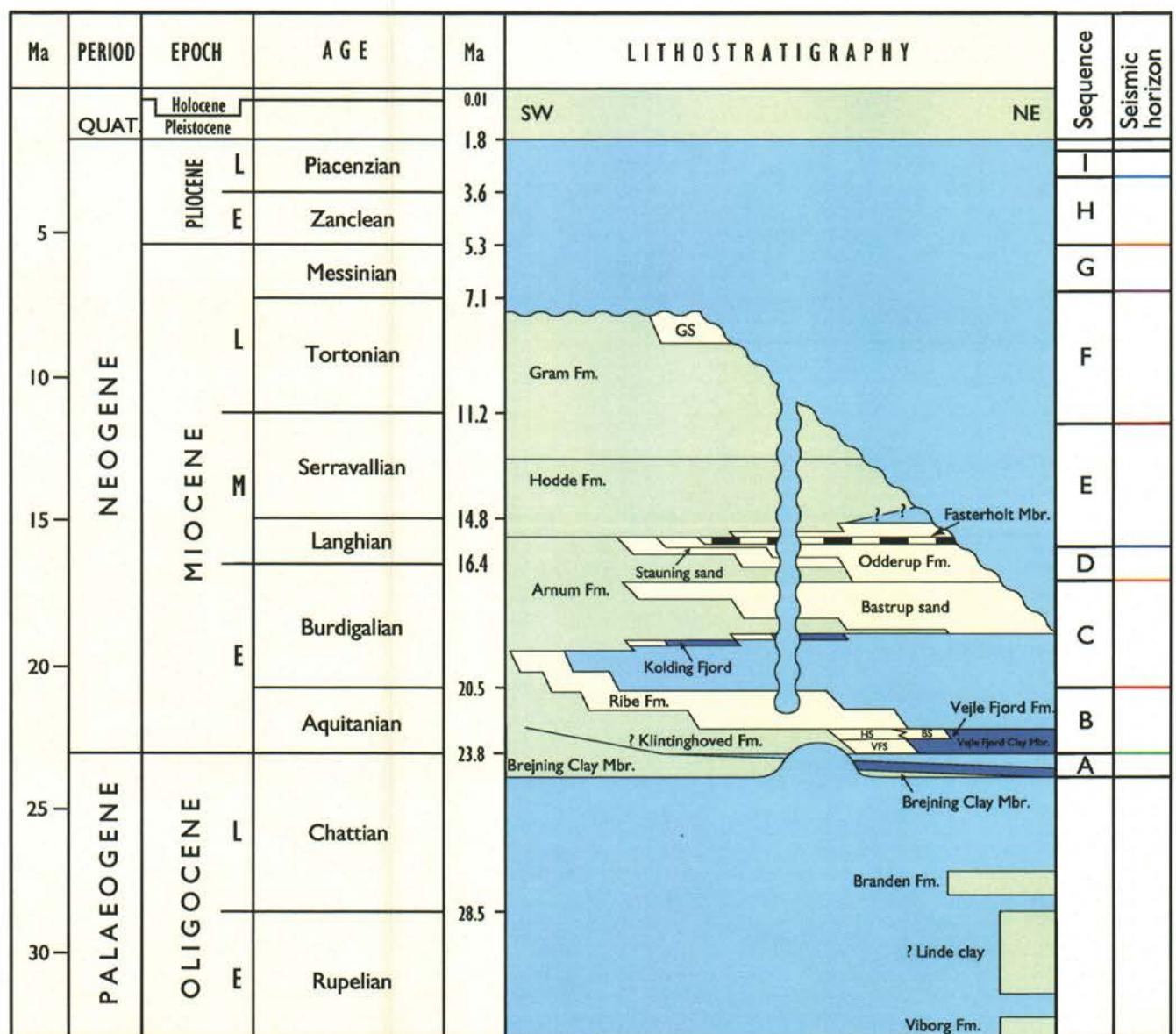
- Marint silt og ler
- Marint sand
- Fluvial - deltaisk sand
- Brakvandsler og silt
- Flodsletteler
- Kvartær grænsen
- Sekvensgrænse
- ..... Maksimal oversvømmelsesflade
- - - Oversvømmelsesflade
- HM Tungmineraler

- 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

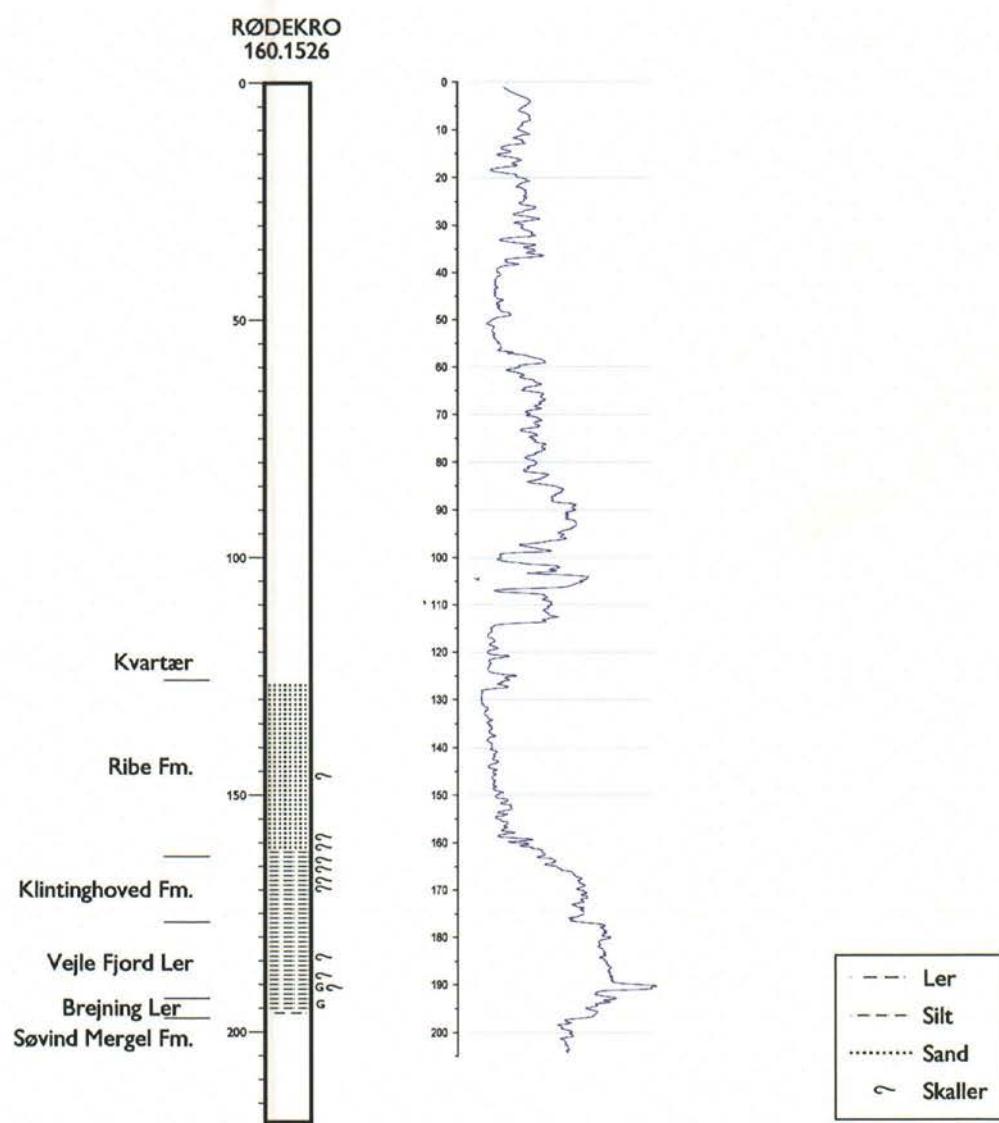


Fig.5

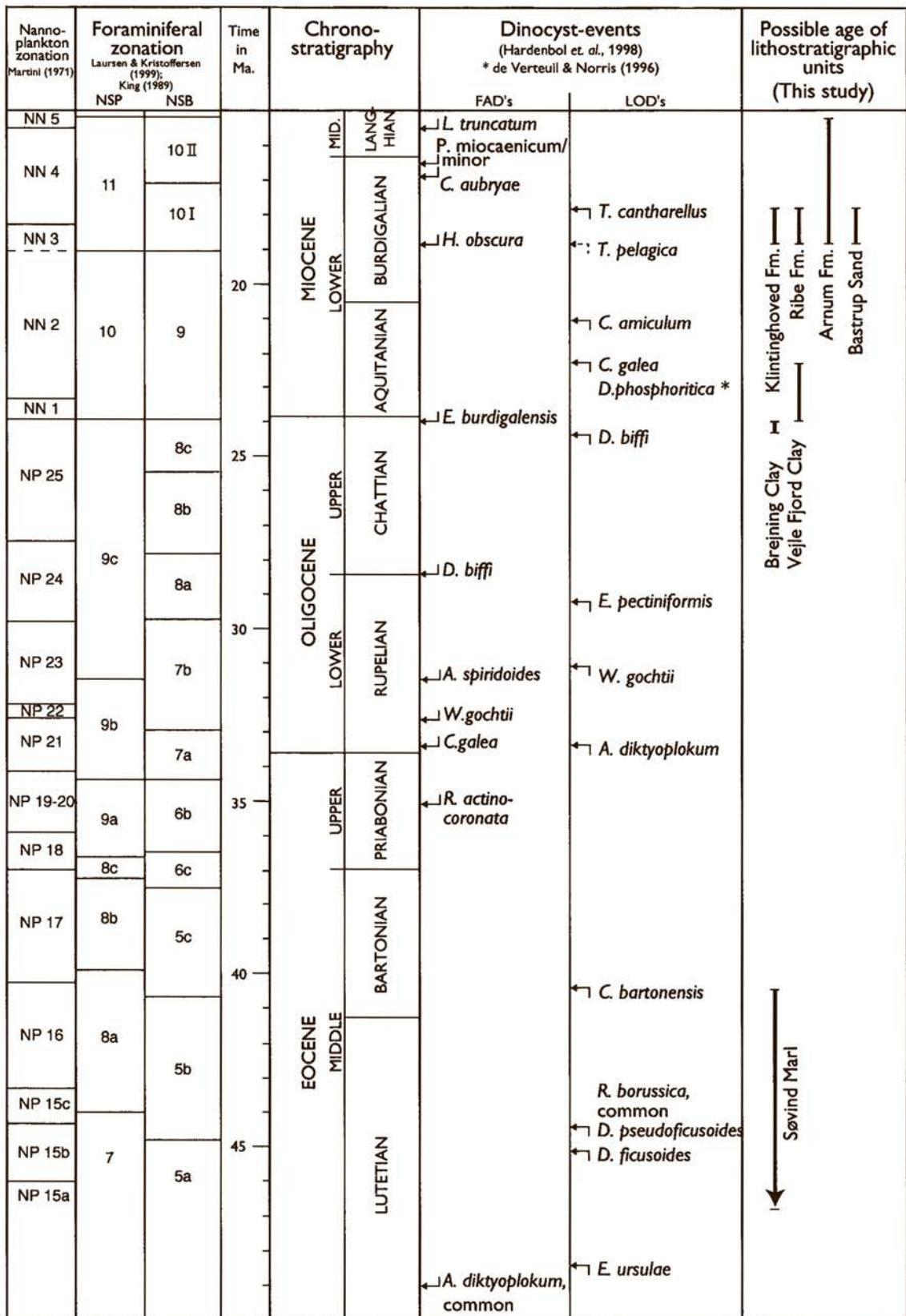
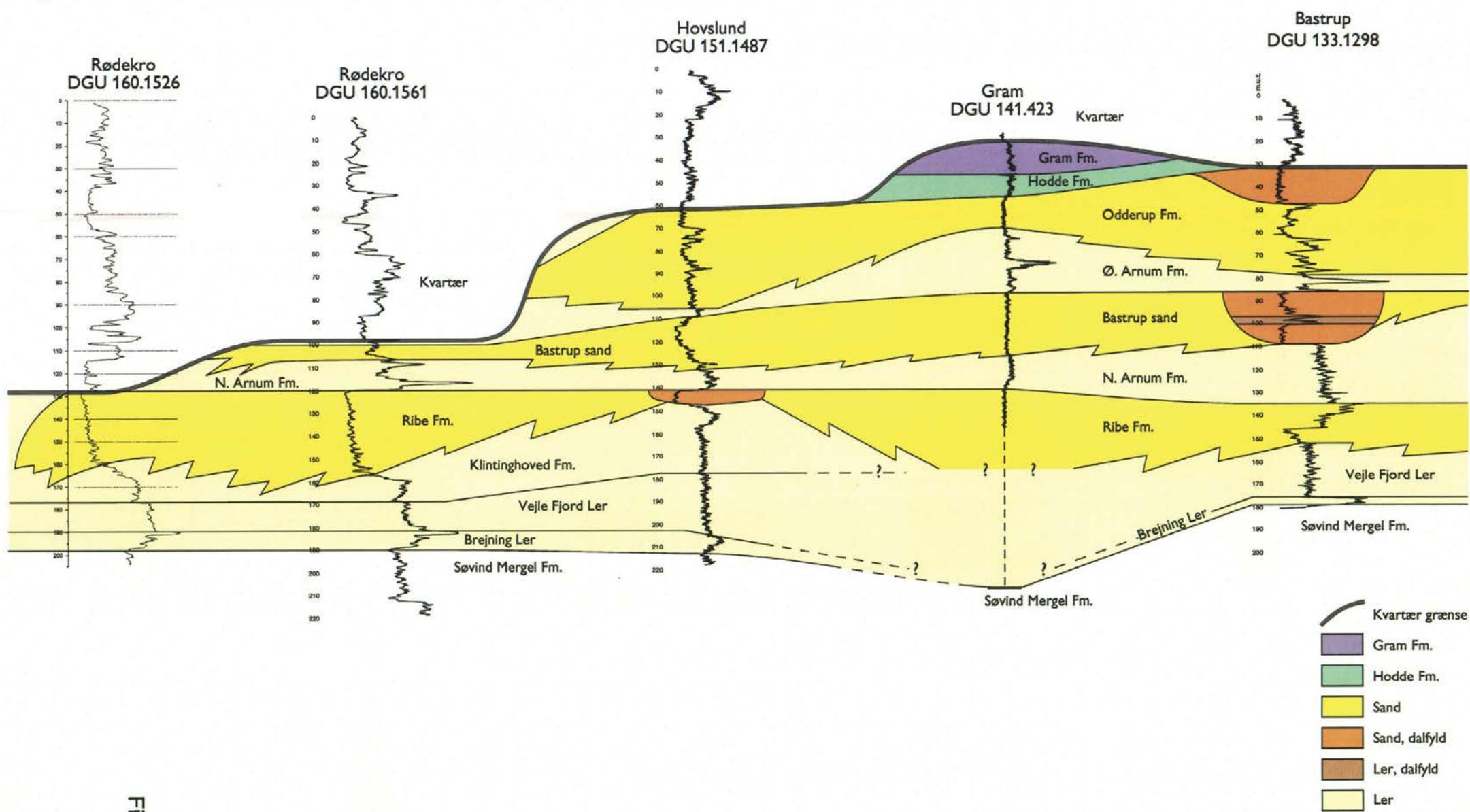


Fig.6

S

N



**Well Name : Rødekro-2 (160.1526)**

Operator : Spudded : 09 September 2004

Well Code : RK-2

Lat/Long : 0° 0' 0.00"N 0° 0' 0.00"E

Interval : 110m - 205m

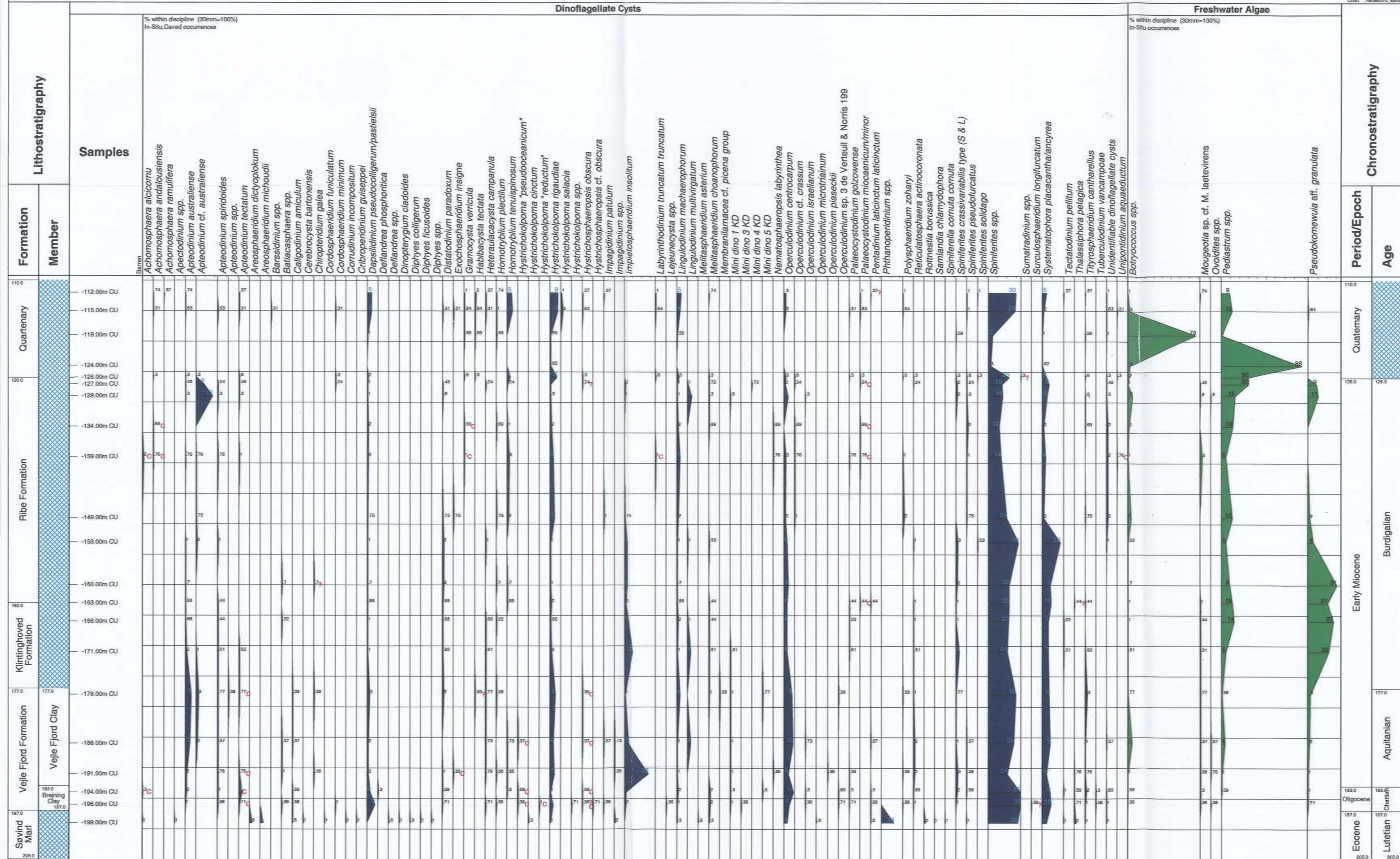
Scale : 1:500

Chart date: 19 October 2004

Print date: 19 October 2008

GEUS  
Copenhagen

## Bilag 1



# Well Name : Rødekor-2 (160.1526)

GEUS  
Copenhagen

Operator : Spudded : 09 September 2004

Well Code : RK-2 Completed : 09 September 2004

Lat/Long : 0° 0' 0.00"N 0° 0' 0.00"E

Interval : 110m - 205m

Scale : 1:500

Chart date: 19 October 2004

Bilag 2  
Project : MIOCENE  
Chart : Rødekor-2, highest occ.

