

Dinoflagellat - zoner og sekvensstratigrafi i den miocæne lagpakke i Midt- og Sønderjylland

Karen Dybkjær, Stefan Piasecki
og Erik S. Rasmussen

Dinoflagellat - zonerings og sekvensstratigrafi i den miocæne lagpakke i Midt- og Sønderjylland

Karen Dybkjær, Stefan Piasecki
og Erik S. Rasmussen

Indhold

Sammenfatning	4
Indledning	5
Geologisk ramme	6
Nordsø Bassinets udvikling	6
Oligocæn–Miocæn litostratigrafi i Danmark	7
Metoder	9
Litostratigrafiske enheder beskrevet palynologisk/biostratigrafisk.	10
Søvind Mergel Formationen	10
Grundfør Ler.....	11
Rupelien Ler (?Linde Ler).....	11
Chattien Ler (?Brejning Ler):	12
Brejning Ler.....	13
Vejle Fjord Ler/Sand:.....	14
Hvidbjerg Sand	15
?Klintinghoved Formationen.....	16
Arnum Formationen	17
Hodde Formationen	18
Gram Formationen.....	18
Miocæn mollusk stratigrafi	20
Lokal dansk mollusk biozonering.....	20
Regional mollusk biozonering.....	21
Sekvensstratigrafi	24
Litostratigrafi	26
Konklusion	28
Referencer	29
Figurtekster	33

Bilag 1: Rangechart, Klovborg boringen, ordnet efter førsteforekomster.

Bilag 2: Rangechart, Klovborg boringen, ordnet efter sidsteforekomster.

Bilag 3: Rangechart, Høruphav boringen, ordnet efter førsteforekomster.

Bilag 4: Rangechart, Høruphav boringen, ordnet efter sidsteforekomster.

Bilag 5: Rangechart, Gram-II boringen, ordnet efter førsteforekomster.

Bilag 6: Rangechart, Gram-II boringen, ordnet efter sidsteforekomster.

Bilag 7: Rangechart, Skansebakke profilet.

Bilag 8: Rangechart, Pjedsted profilet.

Bilag 9: Skema over stratigrafisk vigtige "biohorisonter" (første- og sidste forekomster, samt masseforekomster) sammenholdt med foraminifer zoner, nannoplankton zoner, litostratigrafi, kronostratigrafi, samt dybder for forekomsten i de enkelte boringer/profiler.

Sammenfatning

Undersøgelsen omfatter en palynologisk analyse af 97 prøver fra 3 borer (Høruphav, Gram II og Klovborg) og 2 daglokaliteter (Skansebakke og Pjedsted). Resultaterne heraf, samt af tidligere sedimentologiske studier og sekvensstratigrafiske analyser, danner basis for en stratigrafisk ramme for den oligocæne–miocæne lagserie.

Nærværende undersøgelse viser at palynologi/dinoflagellatstratigrafi er et meget stærkt redskab til datering og korrelation af den oligocæne–miocæne lagserie. En lang række dinoflagellat-biohorisonter er udpeget og på basis af disse er det muligt at opdele lagserien i en række mindre, korrelerbare enheder på tværs af litologien. Metoden har nogle flere væsentlige fordele frem for mollusk- og foraminiferdateringer, dels giver den en væsentlig mere detaljeret opdeling af lagserien, dels kan den bruges på materiale fra såvel daglokaliteter udsat for forvitring, grunde borer, hvor materialet har været udsat for surt grundvand, samt til datering af materiale fra gamle borer. Desuden kan palynologiske studier bruges til facies-tolkninger som supplement til detaljerede sedimentologiske studier. Sekvensstratigrafi, hvor korrelation af erosionflader og markante marine flader bruges til at binde borer eller daglokaliteter sammen, er ligeledes et meget vigtigt værktøj til at udrede stratigrafi og en integration af disse to stratigrafiske discipliner gør det muligt at opstille en bedre og mere detaljeret geologisk model end ved anvendelse af andre metoder. Palynologi/dinoflagellatstratigrafi og sekvensstratigrafi er optimale værktøjer til at korrelere de marine og fluviale oligocæne–miocæne aflejringer i Midt- og Sønderjylland.

Resultaterne i denne rapport er baseret på relativt få borer og daglokaliteter. For at få en robust stratigrafisk model for den oligocæne–miocæne lagserie er det nødvendigt at undersøge yderligere nøgleboringer, da en af hovedkonklusionerne af arbejdet er, at den oligocæne–miocæne stratigrafi er langt mere kompliceret end tidligere undersøgelser har vist.

En detaljeret stratigrafi for den oligocæne–miocæne lagserie vil give en øget forståelse af fordelingen af litologier, hvilket er essentielt i forbindelse med kortlægning af grundvandsmagasiner. Det er i nærværende undersøgelse observeret at de gode grundvandsmagasiner er relateret til bestemte systemkomplekser, tvungent regressiv- og lavstandskomplekser. Derfor er sekvensstratigrafi ikke bare relevant med hensyn til korrelering af borer, men også til kortlægning af grundvandsmagasiner.

Indledning

Denne rapport præsenterer resultaterne af et pilotprojekt, der er blevet til i et samarbejde mellem Vejle Amt, Sønderjyllands Amt, samt Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse (GEUS). Formålet med projektet var at belyse, hvorvidt det er muligt ved hjælp af dinoflagellatstratigrafi at opdele den oligocæne–miocæne lagserie i Midt- og Sønderjylland i mindre, korrelerbare enheder. I undersøgelsen indgår prøver fra 3 borer, Gram-II, Høruphav og Klovborg, samt fra to daglokaliteter, Skansebakke og Pjedsted (se figur 1).

På basis af den palynologiske undersøgelse og tidligere undersøgelser af blotninger og borer i Øst- og Sønderjylland er der opstillet en sekvensstratigrafisk model for den oligocæne–miocæne lagserie. Resultatet heraf indgår i en revideret litostratigrafisk ramme.

Geologisk ramme

Nordsø Bassinets udvikling

Den termale indsynkning, der efterfulgte gravdannelsen i Jura, resulterede i udformningen af et stort interkontinentalt basin (Ziegler 1982; Vejrbæk 1992). Dette bassin, kaldet Nordsø Bassinet, strakte sig fra Norge i nord, nedover Skåne, Baltikum og Nordtyskland, hvorefter den sydlige afgrænsning forløb nedover Belgien og Nordfrankrig. Den vestlige afgrænsning er mindre kendt, men har formodentlig forløbet op langs Østengland og videre op langs Skotlands og Shetlandsøernes østkyst. 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 hævnning af Det fennoskandiske Skjold. Specielt ses en markant udbygning fra nord i Eocæn, men gravitetsafsætninger på Ringkøbing-Fyn Højderyggen allerede i Paleocæn tid (Danielsen et al. 1995) indikerer at udbygning 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., i trykken). I Paleocæn og Eocæn tid var udbygningen koncentreret til de marginale dele af bassinet syd for det nuværende Norge (f.eks. Jordt et al. 1995) mens aflejringerne i Danmark var domineret af finkornede sedimentter (Heilmann-Clausen 1995a). I Oligocæn nåede udbygningen ned i det danske område (fig. 2) 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 (fig. 2) (Friis et al. 1998; Rasmussen og Dybkjær 1999). Tektoniske bevægelser i Oligocæn har sandsynligvis haft indflydelse på kildeområdet og aflejringsmønstret. 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 1995a). Specielt i Sønderjylland mangler disse sedimentter, mens nedre oligocæne aflejringer er bevaret i Nordjylland i depressioner relateret til saltstrukturer og depressioner dannet i forbindelse med grundfjelds-relaterede tektoniske bevægelser i Oligocæn. I Øvre Oligocæn transgrederedes Det danske Bassin på ny. Den topografi, blev dannet i forbindelse med de tektoniske bevægelser har haft afgørende betydning for aflejringsmiljøet. Ringkøbing-Fyn Højderyggen spillede en særlig rolle, idet den adskilte mere åbent marine/kystprograderende aflejringsmiljøer syd for ryggen fra paraliske/afsnørede miljøer nord for ryggen (fig. 2) (Rasmussen og Dybkjær 1999). 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, der tilførte store mængder klastisk materiale til Nordsø Bassinet, hvorefter en del af sedimentterne blev transporteret langs med kysten indtil aflejring i odde-

komplekserne. Et markant fald i havniveau resulterede i en markant udbygning i Aquitanian (nedre Nedre Miocæn) (Rasmussen 1996) og da udbygningen skete under stadig faldende havniveau aflejredes forholdsvis rent sand og grus. Efter havniveauet faldet i Aquitanian steg havniveauet generelt op igennem Miocæn med maksimum i Serravallien (øvre Mellem Miocæn). Nye tektoniske bevægelser karakteriserede bassinet i slutningen af Burdigalien (øvre Nedre Miocæn). Dette resulterede i nye udbygninger, bl.a. aflejringer beriget med tungminerale. 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. Overgangen Burdigalien/Langhien (Nedre/Mellem Miocæn) repræsenterer en vigtig fase i udviklingen af Nordsø Bassinet. Perioden er karakteriseret ved en markant transgression og ligeledes viser forkastninger i nedre miocæne sedimente at tektonisk aktivitet foregik ved denne overgang (Koch 1989). Kildeområdet skiftede også i denne periode fra overvejende nord i Nedre Miocæn til nordøst og øst i Mellem og Øvre Miocæn.

Oligocæn–Miocæn litostratigrafi i Danmark

På grund af tektoniske faser og markante havniveau-svingninger i Øvre Oligocæn er specielt Rupelien (nedre oligocæne) sedimente dårligt repræsenteret i Danmark. I Nordjylland de er dog bevaret bl.a. i depressioner omkring saltstrukturer fra denne periode. De ældste oligocæne aflejringer er Grundfør Leret, som udgør det nederste led i Viborg Formationen (fig. 3). Ledet er karakteriseret som en glaucony-rig sandet/siltholdig ler. Herover følger Viborg Leret, der består af en ret fed, kalkholdig ler med lyst glimmer og laminae af finsand. Opefter bliver Viborg Leret mere siltet og indholdet af kalk falder. Ifølge Heilmann-Clausen (1995a) er alderen af Viborg Formationen Sen Eocæn til tidligste Oligocæn. I Linde boringen er der beskrevet en gråbrun, siltholdig ler, der uformelt er kaldt Linde Leret (Heilmann-Clausen 1995a,b). Alderen af dette ler er Rupelien (Tidlig Oligocæn). Branden Leret er ikke formelt defineret, men første gang beskrevet af Ravn (1906). Leret er et gråt, glaucony-rigt sediment, der dog varierer noget, hvis ækvivalente lag, f.eks. Hesselbjerg facies, medregnes (Heilmann-Clausen, 1995a). Alderen af Branden Leret er sen Tidlig Oligocæn – Sen Oligocæn (Chattien A) (Heilmann-Clausen, 1995a). Fælles for disse oligocæne lag er, at de er aflejret i åbent marine aflejringsmiljøer. Markante hiati gør at lagserien er meget ukomplet. I Sen Oligocæn oversvømmedes det meste af Danmark og en karakteristisk glaucony-rig aflejring blev afsat. Dette lag er kendt som Brejning Leret og udgør det nederste led i Vejle Fjord Formationen (Larsen og Dinesen 1959; Dinesen 1965; Ulleberg 1987). Brejning Leret kan genfindes i det meste af Midt- og Sønderjylland. Over Brejning Leret følger Vejle Fjord Leret, der er aflejret i et lagune miljø. Vejle Fjord Leret går gradvist over i sandede afsætninger aflejret som stormsandslag i lagunen. Dette er ved type lokaliteten (Skansebakke profilet) defineret som Vejle Fjord Sandet. Vejle Fjord Ler og Vejle Fjord Sand er på basis af dinoflagellater dateret til Sen Oligocæn (Dybkjær og Rasmussen, in prep.), mens tidligere dateringer baseret på mollusker indikerede en Sen Oligocæn til Tidlig Miocæn alder (Eriksen 1937; Rasmussen 1961). Over Vejle Fjord Formationen følger den marine Klintinghoved Formation, henført til Nedre Miocæn (Rasmussen 1961). Denne formation er karakteriseret ved mørkt glimmerler vekslende med fint glimmersand. Definition af Klinting-

hoved er dog meget uklar. I den nærliggende Høruphav boring viser molluskfaunaen stor affinitet til Arnum Formationen og der er derfor stor usikkerhed om, hvorvidt dele af det gennemborede interval tilhører Arnum Formationen (Rasmussen 1961; Sorgenfrei 1961). Ved Ribe blev der anført et gruset sandlag uden fossiler i en dybde af 125.6 m. Disse aflejringer blev antaget for at være terrestiske og benævnt Ribe Formationen (Sorgenfrei 1958). Over Ribe Formationen følger igen marine sedimenter, henført til Arnum Formationen, der mest består af glimmersand og kvartssand med enkelte gruslag. Både nederst og øverst er enheden dog mere leret og kan være meget fossilrig. I 2 borerer ved Arnum er formationen defineret som de lag der er repræsenteret i henholdsvis 40m til 107m og 40m til 107.5m's dybde (Sorgenfrei 1958). Arnum Formationen blev på basis af mollusker tidligere henført til Mellem Miocæn (Sorgenfrei 1958; Rasmussen 1961), men på basis af dinoflagellater er formationen senere dateret til Burdigalien (Tidlig Miocæn) (Piasecki 1980). Arnum Formationen overlejres i de østlige og nordlige egne af sand- og grusrige, deltaiske – fluviale sedimenter med brunkul, tilhørende Odderup Formationen. Odderup Formationen er defineret som de limnisk sediment, brunkul og kvartssand, der er i intervallet mellem 28,2m–40,3m i boringen ved Odderup teglværk (Rasmussen 1961). Arnum Formationen (i Sønderjylland) og Odderup Formationen overlejres af en sort ler med et basalt gruslag, Hodde Formationen. Hodde Formationen er af Mellem Miocæn alder og er på basis af dinoflagellater dateret til Serravallien. Lagserien afsluttes med Gram Formationen (Rasmussen 1961). Nederst i Gram Formationen findes et tyndt glaucony-rigt lag, der i toppen ofte viser tegn på iltning (goethificering), men ellers er formationen karakteriseret ved at være en gråbrun, glimmerler, der opefter bliver mere siltet og øverst ender med hyppige indslag af finsandslag. Gram Formationen er dateret til seneste Serravallien–Tortonien (seneste Mellem Miocæn til Sen Miocæn) (Piasecki 1980).

Metoder

Der blev udtaget 117 prøver ialt, heraf 46 prøver fra Klovborg boringen, 35 prøver fra Høruphav boringen, 27 prøver fra Gram-II boringen, 6 prøver fra Skansebakke-profilet, samt 3 prøver fra "Hvidbjerg-selskabet" (Pjedsted-profilet). Prøverne blev behandlet i det palynologiske laboratorium på GEUS efter palynologiske standardmetoder, omfattende behandling med HCl, HF, HNO₃ og filtrering på 20µm filtre. De organiske sedimentære partikler, der er modstandsdygtige overfor syrebehandlingen, blev derefter monteret i glycerin-gelantine på glaspræparater. Efter en hurtig gennemgang af præparaterne blev der udvalgt en serie prøver til videre analyse (udfra kriterier som størst indhold af velbevarede dinoflagellater samt en jævn fordeling af prøver). Disse prøver (32 fra Klovborg, 32 fra Høruphav, 25 fra Gram-II, 5 fra Skansebakke og 3 fra Pjedsted) blev så undersøgt under almindeligt lysmikroskop. Alle tilstedeværende dinoflagellat-arter blev registreret og der blev talt minimum 200 eksemplarer per prøve til brug for kvantitative analyser.

Resultaterne af det palynologiske studie er præsenteret i såkaldte "range-charts", bilag 1–8. På basis af disse "range-charts" er der udpeget en række dinoflagellat-biohorisonter (første forekomst (FAD) eller sidste forekomst (LOD) af en dinoflagellat-art, eller evt. masseforekomster), der menes at kunne bruges stratigrafisk. Disse er angivet på de enkelte "rangecharts".

I skemaet, bilag 9, er de fundne biohorisonter stillet op samlet, med de ældste biohorisonter nederst og sammenholdt med nannoplankton zoner og foraminifer zoner. Nannoplanktonzoneringen er opstillet af Martini (1971) og korrelationen mellem dinoflagellatstratigrafien og nannoplanktonzoneringen følger Köthe (1990, 1996). Den angivne foraminiferzonering er lavet i Høruphav boringen og Gram-I boringen af Laursen og Kristoffersen (in press). Desuden viser skemaet sammenhængen mellem biohorisonter, litostratigrafi og kronostratigrafi og endelig er dybderne på biohorisonterne angivet for hver boring/hvert profil.

Udvalgte biohorisonter er indsat på et korrelationsprofil (figur 4) så det er muligt at sammenholde disse med den litostratigrafiske og kronostratigrafiske opdeling af den undersøgte lagserie.

Litostratigrafiske enheder beskrevet palynologisk/biostratigrafisk.

I det følgende er hver litologisk enhed, der indgår i studiet, beskrevet mht. aflejningsmiljø, dinoflagellat selskab, vigtige biohorisonter, alder, samt indplacering i foraminifer- eller nanoplankton zoneringsen (Martini 1971; King 1983; Köthe 1990, 1996; Laursen & Kristoffersen, in press).

Søvind Mergel Formationen

Tilstedeværelse: Formationen er repræsenteret i Høruphav-boringen (80m–76.80m) og Klovborg-boringen (183m–175m).

Aflejringsmiljø: Palynologisk er Søvind Mergel Formationen karakteriseret ved en kraftig dominans af dinoflagellat cyster. Derudover ses sporadisk bisaccate pollen og træstumper. Disse observationer indikerer et fuld-marint aflejningsmiljø.

Dinoflagellat selskab, generelt: Blandt dinoflagellatcysterne dominerer *Spiniferites* spp., *Thalassiphora pelagica*, *Cribooperidinium tenuitabulatum*, *Operculodinium centrocarpum*, og *Areosphaeridium pectiniforme*, mens *Deflandrea phosphorica*, *Tectatodinium pellitum*, *Systematophora placacantha*, *Lingulodinium machaerophorum*, *Hystrichokolpoma rigaudiae*, *Dinopterygium cladoides*, *Dapsilodinium pseudocolligerum*, *Cordosphaeridium gracile*, *Cerebrocysta bartonensis*, *Tityrosphaeridium cantharellus*, samt *Areosphaeridium dictyoplokus* forekommer jævnlige.

Biohorisonter:

Klovborg

Forekomsten af *Areoligera sentosa* i den nederste prøve i Klovborg (183m) indikerer en Mellem Eocæn alder (Bujak & Mudge, 1994). LOD af *Diphyes colligerum* og *Areoligera tauloma* i samme prøve indikerer en alder ikke yngre end Mellem Eocæn (Bujak & Mudge, 1994; Williams et al. 1999). FAD af *Thalassiphora fenestrata* i 176m i Klovborg boringen indikerer en Sen Eocæn alder for denne prøve (Köthe, 1990; 1996). FAD af *Wetzeliella gochtii* i 175m i Klovborg boringen indikerer en Tidlig Oligocæn alder (Köthe, 1990; 1996), LOD af *Areosphaeridium michoudii* i samme prøve indikerer en Sen Eocæn alder (Bujak & Mudge, 1994), mens LOD af *Cerebrocysta bartonensis* indikerer en alder nær grænsen Eocæn–Oligocæn (Köthe, 1990; 1996).

Høruphav

Forekomsten af *Tityrosphaeridium cantharellus* i den nederste prøve, 77.50m, indikerer en alder ikke ældre end Mellem Eocæn, mens LOD af *Diphyes colligerum* i den samme prøve indikerer en alder ikke yngre end Mellem Eocæn (Williams et al. 1999).

Alder: Mellem Eocæn – Sen Eocæn (evt. tidligste Oligocæn)

Foraminifer/nannoplankton-zonering: Ifølge Köthe (1990; 1996) kan de ovenfor nævnte dinoflagellat-events korreleres til nannoplankton-zonerne NP14–NP21.

Grundfør Ler

Tilstedeværelse: I Klovborg boringen er der fundet et leret interval fra 175.00m til 171.00m som menes at svare til Grundfør Ler.

Aflejringsmiljø: De organiske partikler er domineret af dinoflagellat cyster, hvilket indikerer et fuld marint miljø. Samtidigt ses flere træstumper, mørkebrunt amorft materiale (AOM) og bisaccate pollen end i prøverne fra Søvind Mergel Formationen, hvilket indikerer kortere afstand til land.

Dinoflagellat selskab, generelt: Blandt dinoflagellat-cysterne dominerer *Spiniferites* spp., *Dapsilidinium pseudocolligerum* og *Areosphaeridium pectiniforme*, mens *Homotryblium tenuispinosum*, *Tityrosphaeridium cantharellus*, *Thalassiphora delicata*, *Spiniferites pseudofurcatus*, *Operculodinium centrocarpum*, *Lingulodinium machaerophorum*, *Hystrichokolpoma rigaudiae*, *Dinopterygium cladoides*, *Deflandrea phosphoritica*, *Cribroperidinium tenuitabulatum*, *Cordosphaeridium minimum*, *Cordosphaeridium gracile*, samt *Areosphaeridium dictyoplokus* forekommer jævnligt.

Biohorisonter: LOD af *Areosphaeridium dictyoplokus* og *Thalassiphora fenestrata* i 174m indikerer en alder nær grænsen Eocæn–Oligocæn (Köthe 1990, 1996; Heilmann-Clausen 1995).

Alder: Seneste Eocæn – tidligste Oligocæn.

Foraminifer/nannoplankton-zonering: NP21 (Köthe 1990, 1996)

Rupelien Ler (?Linde Ler)

Forekomst: : I Klovborg-boringen, 170m–171m, forekommer der et leret interval, der formentligt svarer til den uformelle litologiske enhed, Linde Ler.

Aflejringsmiljø: Domineret af mørkebrunt AOM og træpartikler, samt bisaccate pollen. Markant færre dinoflagellater end i prøverne fra Grundfør Leret. Dette indikerer et marint aflejringsmiljø, med større influx af partikler med terrestrisk oprindelse og dermed kortere afstand til land end prøverne fra Grundfør Leret.

Dinoflagellat selskab, generelt: Blandt dinoflagellat-cysterne dominerer *Spiniferites* spp., *Dapsilidinium pseudocolligerum*, *Systematophora placacantha* og *Areosphaeridium pectiniforme*, mens *Chiropteridium galea*, *Homotryblium tenuispinosum*, *Tityrosphaeridium cantharellus*, *Reticulatosphaera actinocoronata*, *Operculodinium centrocarpum*, *Lingulodinium machaerophorum*, *Hystrichokolpoma rigaudiae*, *Deflandrea phosphoritica*, *Cordosphaeridium minimum*, samt *Cordosphaeridium gracile* forekommer jævnlige.

Biohorisonter: FAD af *Chiropteridium galea* og *Apteodinium spiridoides* i 171m indikerer en tidligste Oligocæn alder for denne prøve (Köthe 1990, 1996). FAD *Rhombodinium draco* og LOD *Areosphaeridium pectiniforme* i 170m indikerer en Tidlig Oligocæn alder.

Alder: Tidlig Oligocæn.

Foraminifer/nannoplankton-zonering: NP22–NP24 (Köthe 1990, 1996).

Chattien Ler (?Brejning Ler):

Tilstedeværelse: I Klovborg boringen, 169m–158m

Aflejringsmiljø: Domineret af dinoflagellater og inertinit, mens bisaccate pollen, mørkebrunt AOM og træstykker forekommer jævnlige. Indikerer et fuld marint miljø med en vis influx af terrestrisk materiale, men med større afstand til land end prøverne fra Rupelien (?Linde) Leret.

Dinoflagellat selskab, generelt: Domineret af *Spiniferites* spp. og *Dapsilidinium pseudocolligerum*. Desuden forekommer *Deflandrea phosphoritica*, *Dinopterygium cladoides*, *Hystrichokolpoma cinctum*, *Hystrichokolpoma rigaudiae*, *Lingulodinium machaerophorum*, *Operculodinium centrocarpum*, *Spiniferites pseudofurcatus*, *Systematophora placacantha*, *Tectatodinium pellitum*, *Thalassiphora pelagica*, *Tityrosphaeridium cantharellus*, *Pentadinium laticinctum*, *Apteodinium australiense*, *Chiropteridium galea* samt *Rhombodinium draco* alle jævnlige.

Biohorisonter: Der er ikke fundet nogle stratigrafisk vigtige events i dette interval. LOD af *Areosphaeridium pectiniforme* i 170m og LOD af *Rhombodinium draco* og *Wetzeliella gochtii* i 156m indikerer en Øvre Oligocæn alder for denne lagpakke i Klovborg boringen (Köthe 1990, 1996).

Alder: Sen Oligocæn.

Foraminifer/nannofossil-zonering: NP24 eller NP25 (Köthe 1990, 1996)

Brejning Ler

Tilstedeværelse: Klovborg boringen, 157m–155m, Høruphav, 76.8m–72.40m.

Aflejringsmiljø: I Klovborg: Som for de foregående prøver fra Chattien (?Brejning) Ler.

I Høruphav: I den nedre del (76.8m–75.4m) dominerer palynomorferne, især dinoflagellaterne men der er også mange bisaccate pollen, mens små træstykker forekommer jævnligt. Fra 75.4m til 72.4m stiger andelen af mørkebrunt AOM gradvist, mens der bliver relativt færre dinoflagellater og flere bisaccate og non-saccate pollen. I prøven 73.0m–72.4m forekommer der desuden en del ferskvandsalger. Denne udvikling indikerer en udvikling fra et fuldmarint aflejringsmiljø til et mere kystnært miljø med stor terrestrisk influx, altså en gradvis fremrykning af kysten. Det relativt store antal af dinoflagellatslægten *Homotryblium* i prøverne fra 74.8m til 72.4m indikerer også et meget kystnært marint aflejringsmiljø (Brinkhuis, 1992).

Dinoflagellat selskab, generelt:

Klovborg

Domineret af *Spiniferites* spp., *Hystrichokolpoma rigaudiae* og *Dapsilidinium pseudocolligerum*. Desuden forekommer *Deflandrea phosphorica*, *Hystrichokolpoma cinctum*, *Lingulodinium machaerophorum*, *Operculodinium centrocarpum*, *Spiniferites pseudofurcatus*, *Systematophora placacantha*, *Tectatodinium pellitum*, *Thalassiphora pelagica*, *Tityrosphaeridium cantharellus*, *Pentadinium laticinctum*, *Apteodinium australiense*, *Chiropteridium galea* og *Palaeocystodinium golzowense* jævnligt.

Høruphav

Domineret af *Spiniferites* spp., *Systematophora placacantha*, *Lingulodinium machaerophorum* og *Homotryblium tenuispinosum* (især fra 74.8m–73.7m). Desuden forekommer følgende arter jævnligt: *Hystrichokolpoma rigaudiae*, *Operculodinium centrocarpum*, *Tityrosphaeridium cantharellus*, *Apteodinium australiense*, *Dapsilidinium pseudocolligerum*, *Distatodinium paradoxum*, *Homotryblium plectilum*, *Reticulosphaera actinocoronata*, *Glaphyrocysta* sp. cf. *G.? vicina*.

Biohorisonter:

Klovborg

LOD *Wetzeliiella gochtii* og *Rhombodinium draco* i 156m, samt LOD *Deflandrea phosphorica* i 149m i Klovborg boringen indikerer en Øvre Oligocæn alder (Köthe 1990, 1996).

Høruphav

LOD *Chiropteridium galea* i 76.80m i Høruphav indikerer en alder ikke yngre end Øvre Oligocæn (Köthe 1990,1996), mens den del af Brejning Ler, der ligger over dette niveau må antages at være yngre end Øvre Oligocæn, formodentligt Aquitanien.

Alder: I Klovborg boringen har Brejning Ler en Sen Oligocæn alder, mens det har en Sen Oligocæn – Tidlig Miocæn (Aquitanien) alder i Høruphav boringen. Brejning Ler er således en diakron enhed, hvis øvre grænse bliver yngre fra nord mod syd.

Foraminifer/nannofossil-zonering: Klovborg boringen: NP25 (Köthe 1990, 1996), Høruphav boringen: NP25–?NN2 (Köthe 1990, 1996; Williams et al., 1999).

Vejle Fjord Ler/Sand:

Tilstedeværelse: Klovborg boringen 154m–123m, Skansebakke-profilet.

Aflejringsmiljø: De sedimentære organiske partikler i denne enhed er kraftigt domineret af mørkebrunt AOM og pollenkorner. Desuden forekommer en del træstumper, acritarcher og ferskvandsalger, især *Botryococcus* spp., mens dinoflagellaterne kun forekommer sporadisk. Blandt dinoflagellaterne dominerer slægten *Homotryblium*, der i nutiden hovedsageligt forekommer i meget kystnære til lagunale aflejringsmiljøer (Brinkhuis 1992). Disse observationer tyder på et kystnært, formodentligt afsnøret marint til brakvandsmiljø med stor tilførsel af terrestrisk materiale.

Dinoflagellat selskab, generelt:

Klovborg boringen

Domineret af *Homotryblium plectilum* og *Spiniferites* spp. Desuden forekommer *Systematophora placacantha*, *Dapsilidinium pseudocolligerum*, *Lingulodinium machaerophorum*, *Operculodinium centrocarpum*, *Hystrichokolpoma rigaudiae*, *Impletosphaeridium insolitum*, *Chiropteridium galea* samt *Cometodinium* spp. jævnlige. Der blev ikke fundet nogen *Glaphyrocysta* sp. cf. *G.? vicina* og *Homotryblium tenuispinosum* forekommer kun sporadisk.

Skansebakke profilet

Domineret af *Homotryblium tenuispinosum* og *Spiniferites* spp. Desuden forekommer *Systematophora placacantha*, *Dapsilidinium pseudocolligerum*, *Glaphyrocysta* sp. cf. *G.? vicina*, *Distatodinium paradoxum*, *Homotryblium plectilum*, *Lingulodinium machaerophorum*, *Operculodinium centrocarpum*, *Hystrichokolpoma rigaudiae*, *Reticulosphaera actinocoronata*, samt *Tityrosphaeridium cantharellum* jævnlige. Der blev ikke fundet nogen *Chiropteridium galea*.

Biohorisonter:

Kløvborg boringen

LOD *Deflandrea phosphoritica* i 149m indikerer en Sen Oligocæn alder. Ligeledes indikerer LOD *Chiropteridium galea* og LOD *Membranophoridium aspinatum* i 123m en alder ikke yngre end Sen Oligocæn (Köthe 1990,1996).

Skansebakke profilet

Tilstedeværelsen af *Membranophoridium aspinatum* i den nedre del af profilet samt en tvivlsom *M. aspinatum* i den øvre del indikerer en Sen Oligocæn alder.

Alder: Sen Oligocæn.

Foraminifer/nannofossil-zonering: NP25 (Köthe 1990, 1996).

Hvidbjerg Sand

Tilstedeværelse: Kløvborg boringen, 123m–98m, Pjedsted profilet, 0.90m–1.20m.

Aflejringsmiljø:

Kløvborg boringen

De sedimentære organiske partikler er kraftigt domineret af mørkebrunt AOM og pollen-korn. Desuden forekommer en del træstumper, acritarcher og ferskvandsalger, især *Botryococcus* spp., mens dinoflagellaterne kun forekommer sporadisk. Blandt dinoflagellaterne dominerer slægten *Homotryblium*, der i nutiden hovedsageligt forekommer i meget kystnære til lagunale aflejringsmiljøer (Brinkhuis 1992). Disse observationer tyder på et kystnært, formodentligt afsnøret marint til brakvandsmiljø med stor tilførsel af terrestrisk materiale.

Pjedsted

De sedimentære organiske partikler er kraftigt domineret af mørkebrune træpartikler og bisaccate pollen. Desuden forekommer en del acritarcher og ferskvandsalger, især *Botryococcus* spp., mens dinoflagellaterne kun forekommer sporadisk. Blandt dinoflagellaterne er der en del tilhørende slægten *Homotryblium* (se diskussion ovenfor), men den er ikke så dominerende som i Vejle Fjord Leret. Disse observationer tyder på et kystnært, marint til brakvands miljø med stor tilførsel af terrestrisk materiale. Dominansen af træpartikler fremfor AOM skyldes muligvis et højere energiniveau, eller mere ilt ved havbunden, end i sedimenterne beskrevet ovenfor.

Dinoflagellat selskab, generelt:

Kløvborg boringen

Domineret af *Homotryblium plectilum* og *Spiniferites* spp. Desuden forekommer *Dapsilidinium pseudocolligerum*, *Systematophora placacantha* og *Lingulodinium machaerophorum* jævnlige. Ingen *Chiropteridium galea* blev observeret.

Pjedsted profilet

Domineret af *Homotryblium tenuispinosum*, *H. plectilum* og *Glaphyrocysta* sp. cf. *G.? vicina*. Desuden forekommer *Systematophora placacantha*, *Chiropteridium galea*, *Membranophoridium aspinatum*, *Spiniferites pseudofurcatus* samt *Spiniferites* spp. jævnligt. Selskabet er meget lig det fra Skansebakke-profilet, bortset fra tilstedeværelse af *C. galea*.

Biohorisonter: Tilstedeværelsen af *Chiropteridium galea* og *Membranophoridium aspinatum* i Pjedsted profilet indikerer en Sen Oligocæn alder. Det formodes at alderen for intervallet i Klovborgboringen er den samme, og at manglen på *C. galea* og *M. aspinatum* her skyldes meget afsnørede marine/brakvandsforhold.

Alder: Sen Oligocæn.

Foraminifer/nannofossil-zonering: NP25 (Köthe 1990, 1996; Williams et al., 1999).

?Klittinghoved Formationen

Forekomst: Høruphav boringen, 72.40m–52.00m. Intervallet 62.80m–52.00m i Høruphav boringen er her beskrevet som ?Klittinghoved Formation, men pga. den store usikkerhed vedrørende definitionen af Klittinghoved Formationen er det muligt at dette interval burde henføres til Amum Formationen.

Aflejringsmiljø: Sammensætningen af sedimentære organiske partikler i prøverne, der repræsenterer intervallet fra 72.40m–52.00m er generelt domineret af træpartikler, bisaccate og non-saccate pollen, samt mørkebrunt AOM, mens dinoflagellaterne kun udgør en mindre del af palynomorferne. Der forekommer også enkelte ferskvandsalger. Disse observationer indikerer et kystnært, marint aflejringsmiljø med stor tilførsel af terrestrisk materiale. I prøverne 62.50m og 61.30m er andelen af dinoflagellater dog markant højere, hvilket tolkes som et resultat af en transgression.

Dinoflagellat selskab, generelt: Domineret af *Systematophora placacantha*, *Lingulodinium machaeophorum* og *Spiniferites* spp. Følgende dinoflagellat taxa forekommer jævnligt: *Hystriochokolpoma rigaudiae*, *Tityrosphaeridium cantharellus*, *Operculodinium centrocarpum*, *Cometodinium* spp. , *Dapsilidinium pseudocolligerum/pastielsii*, *Distatodinium paradoxum* og *Reticulosphaera actinocoronata*. I intervallet fra 72.40m til ca. 63 m forekommer *Homotryblium tenuispinosum*, *H. plectilum* samt *Glaphyrocysta* sp. cf. *G.? vicina* jævnligt, mens *Apteodinium australiense*, *Cordosphaeridium minimum* og *Apteodinium spiridoides* forekommer jævnligt fra 62.80m og opefter.

Biohorisonter: FAD af *Operculodinium israelianum* og LOD af *Glaphyrocysta* sp. cf. *G.? vicina* i 64.80m har et stratigrafisk potentiale, men deres kronostratigrafiske indplacering er

ikke kendt fra litteraturen. FAD af *Hystrichosphaeridium obscura* i 62.50m indikerer en tidlig Burdigalien alder (Williams et al., 1999).

Alder: Aquitanien–Burdigalien (Tidlig Miocæn).

Foraminifer/nannofossil-zonering: NSB 9, NSP10 (Laursen & Kristoffersen, in press).

Arnum Formationen

Forekomst: Høruphav 52.00m–41.80m, Klovborg boringen, 97.00m–64.00m, Gram-II 120.00m– 2m. Intervallet fra 55m–42m i Gram-II burde måske henføres til Odderup Formationen.

Dinoflagellatselskab: De analyserede prøver fra Arnum Formationen er fra generelt kystnære aflejringer hvilket også præger sammensætningen af floraen. *Spiniferites* spp., *Systematophora placacantha*, *Operculodinium centrocarpum* og *Lingulodinium machaerophorum* er de generelt dominerende arter. *Apteodinium* spp., *Cerebrocysta satchelliae* og *Homotryblium* spp. er lokalt dominerede. I den øverste del af formationen (45m) optræder *Polysphaeridium zoharyi* med maksimal forekomst. Den er ikke fundet højere i den undersøgte lagserie men kendes fra yngre lag. Både artsrigdom og mængden af dinoflagellatcyster er høje især det kystnære aflejringsmiljø taget i betragtning.

Aflejringsmiljø: Det organiske materiale er generelt domineret af terrestriske sporomorfer og plantemateriale, mens dinoflagellatcysterne generelt er dårligere repræsenteret, dog lokalt med rige floraer.

Biohorisonter: Der er foreløbig præsenteret ca. 20 markante biohorisonter i Arnum Formationen, og flere vil blive etableret gennem yderligere arbejde. Der er både veletablerede, publiserede arter og nye, ubeskevnede arter i listen. Det ser ud til at FAD *Hystrichosphaeropsis obscura* og FAD *Batiacasphaera spherica* markerer basis af formationen. LOD *C. aubryae* karakteriserer den øvre del af Arnum Formationen, mens maximal hyppighed af *Polysphaeridium zoharyi* karakteriserer det interval der muligvis burde henføres til Odderup Formationen i Gram-II boringen.

Alder: Arnum Formationen er af Tidlig Miocæn alder, Burdigalien.

Foraminifer/nannofossil-zonering: Laursen & Kristoffersen (in press) har identificeret de planktoniske (NSP) foraminifer zoner 11 og de bentoniske foraminifer (NSB) zoner 10 I–10 II i Arnum Formationen.

Hodde Formationen

Forekomst: Fra 42.0m–29.0m i Gram-II boringen ved Gram teglværk.

Dinoflagellat selskab: Dinoflagellat floraen i Hodde Formationen er domineret af kosmopolitiske arter så som *Systematophora placacantha*, *Operculodinium centrocarpum*, *Lingulodinium machaerophorum* samt *Spiniferites* spp. Disse arter er kendt for at optræde både i høj marine aflejringer men også i mere stressede (f. eks. marginalt marine) miljøer. Enkelt niveauer eller korte intervaller kan have kortvarig dominerende arter som for eksempel *Heteraulacysta campanula*, *Hystrichokolpoma rigaudiae* og *Palaeocystodinium "striatogranulosum"*.

Aflejringsmiljø: Dinoflagellatcysteerne i Hodde Formationen udgør en god marin flora med store variationer i artsrigdom og i absolut mængde af dinoflagellat cyster. Disse variationer afspejler det kystnære aflejringsmiljø, hvor marine transgressioner giver rige floraer mens progradering af kystfacies giver dominans af terrestrisk materiale og en mere begrænset dinoflagellat flora.

Biohorisonter: Basis af Hodde Formationen i Gram-II boringen er karakteriseret ved FAD af *Cerebrocysta poulsenii*, efterfulgt af FAD *Labyrinthodinium truncatum* og FAD *Unipontidinium aqaeductum*. Alle tre arter er kendt for en første optræden i nedre Langhien; *C. poulsenii* måske allerede i øverste Burdigalian (Zevenboom, 1995).

Alder: I Gram-II boringen er alderen af Hodde Formationen Mellem Miocæn (Langhien og Serravallien).

Foraminifer/nannofossil-zonering: Laursen & Kristoffersen (in press) har identificeret de bentoniske foraminifer zoner (NSB) 11I–11II og 12a samt de planktoniske foraminifer zoner (NSP) 12I–12II og nederste 13 i Hodde Formationen i Gram-I boringen.

Gram Formationen

Tilstedeværelse: Gram Formationen optræder fra 29.0m–5,0m i Gram-II boringen.

Aflejringsmiljø: Dinoflagellat floraen i den nedre del af formationen er klar marint præget med høj diversitet og mange arter, mens floraen i den øverste del afspejler en tydelig opadtiltagende terrestrisk indflydelse med kystnære "monotypiske" floraer, det vil sige helt domineret af enkelt arter. Det samme mønster ses i det organiske indhold generelt. Den nederste del af formationen er næsten tom for organisk materiale (nederste glaucony-rige ler) mens mængden af terrestriske sporomorfer, feskvandsalger og træagtigt materiale tiltager gradvist opad i formationen.

Dinoflagellat selskab: Gram Formationen i Gram-II boringen indeholder en god marine flora i den nederste del (både glaukonit leret og Gram Leret) mens floraen dels bliver domineret af enkelt arter og dels bliver markant fattigere på arter i den øverste del for til sidst at blive domineret helt af terrestrisk material i de øverste meter. Det glaucony-rige interval nederst i formationen afviger fra resten af formationen ved signifikant lavt indhold af dinoflagellat cyster (og af organisk materiale i det hele taget). Det overlejrende Gram Ler har til gengæld rige dinoflagellat floraer i den nedre del, mens floraerne bliver domineret af enkelt arter højere i formationen. Ligeledes aftager indholdet af dinoflagellater op ad i formationen med minimum i de øverste lag.

De dominerende arter er især *Homotryblium tenuispinosum* og *Grammocysta verriculum*, mens *Spiniferites* spp. og *Operculodinium* spp. er almindelige.

Biohorisonter: Første forekomst (FAD) af *Achomosphaera andalousiense* og sidste forekomsterne (LOD) af *Labyrinthodinium truncatum* og *Unipontodinium aquaeductum* er sammenfaldende i 27.5m i Gram-II boringen. *Grammocysta verricula* optræder første gang ved 19.0m i Gram-II boringen.

Alder: Gram Formationen er af Mellem til Sen Miocæn alder (Serravallien, Tortonien og Messinien).

Foraminifer/nannofossil-zonering: Laursen & Kristoffersen (in press) rapporterer de bentoniske foraminifer zoner (NSB) 12b til 13a og de planktoniske foraminifer zoner (NSP) 13–14b i Gram Formationen i Gram-I boringen.

Miocæn mollusk stratigrafi

Der er opbygget en mollusk biostratigrafi for Nordsø området med hovedvægt på Nordtyskland og Danmark (Hinsch et al. 1988). Stratigrafien er baseret på bentoniske mollusker og er korreleret med de nordtyske "mollusc stages". Stratigrafien er delvist "rænset" for indflydelse af lokale aflejnings miljøer, men forekomsten af fossile molluskfaunaer i Miocæn aflejringerne er udpræget styret af det lokale aflejningsmiljø, og der er tydelige regionale variationer indenfor de enkelte zoner (Hinsch et al. 1988).

Lokal dansk mollusk biozonering

Rasmussen (1966) og Sorgenfrei (1958) beskriver en række mollusk faunaer/zoner fra Midt- og Sønderjylland, som er korreleret med de nordtyske "mollusc stages". Faunaernes stratigrafiske position er bundet op på de litostratigrafiske enheder. De korresponderende regionale mollusk biozoner (Hinsch et al. 1988) er angivet til sidst. Især i den nederste del af Miocænet er der korrelerings problemer delvis på grund af den ældre taxonomisk nomenklatur. Det er ud over pilotprojektets ramme at forsøge at løse disse problemer. Zonerne gennemgås stratigrafisk nede fra:

Vierlandien:

"Klittingehoved-faunaen"
Nassa fuchi Zone

"Klittingehoved Formation" (Sorgenfrei, 1940); sml. BM 17
nedre Arnem formation (Sorgenfrei, 1958);
(sml. ?BM 17/18 A)

Hemmerien:

Varicoebula gibba – *Nassa cimbrica* Zone

øvre Arnem Formation – skallag III & (IV) (Rasmussen 1966);
sml. BM 18

Nassa pölsense Zone

øvre Arnem Formation – skallag II (Rasmussen 1966);
sml. BM 18

Reinbekien:

Nassa cimbrica – *Aquilofusus festivus* Zone

Hodde Formation – skallag I (Rasmussen 1966);
sml. BM 19A

Nassa fuchsi – *Limnopsis lamellata* Zone

Hodde Formation; sml. BM 19B

Lüneburgien:

Zone BM 20A er ikke identificeret i Gram/Danmark; zone indeksfossilerne er *Astarte anus* og *Aquilofusus lategradatus*

Langenfeldien:

"fattig fauna" (Rasmussen 1966)
Astarte vetula Zone

Gram Formation (glaucyony rig ler); sml. BM 20
Gram Formation (Gram ler); sml. BM 20

Gramien:

<i>Astarte reimersi</i> – <i>Goodallia esbjergensis</i> Zone	Gram Formation (Gram ler); sml. BM 21A
<i>Astarte reimersi</i> – <i>Nuculana pygmaea</i> Zone	Gram Formation (Gram ler); sml. BM 21A

Syltten: <i>Nassa sleswicia</i>	Sæd Formation; sml. BM 21B
------------------------------------	----------------------------

Regional mollusk biozonering

Der er kun delvis overensstemmelse mellem de danske lokal faunaers indeksarter og indeksarterne i den regionale stratigrafi, men faunaerne er generelt korreleret på deres artsindhold. Nogle af zonerne er rykket stratigrafisk, det vil sige alderen er ændret i forhold til de oprindeligt angivne aldre. Zonerne er korreleret til de danske faunaer og dermed til de danske litologiske enhedder (Hinsch et al. 1988).

Nedre Miocæn

Vierlandian:

BM 17: *Aquilofusus guerichi* – "*Nassarius meyneri*" Zone i Klintingehoved Member i Nordtyskland

Hemmorien:

Nedre Hemmorien / Beherendorfien

BM 18A: *Tritonella cimbrica* – *Sphenia pusilla* Zone i Arnum Formationen

Øvre Hemmorien / Oxlundien

BM 18B: *Tritonella voorthuyseni* Zone i Arnum Formationen

Mellem Miocæn – Reinbekien:

BM 19A: *Scalaspira festiva* – *Streptodictyon abruptus* – *Magnella andersoni* Zone i Hodde Formation

Levensauien;

BM 19B: *Lamellinucula georgiana* – *Saccella westendorpi* Zone i øvre Hodde Formation.

Langenfeldien:

BM 20: *Carinastarte vetula* – *Aquilofusus luneburgensis* Zone i nederste Gram Formation

* Mellem – Øvre Miocæn, – Gramien:

BM 21A: *Carinastarte reimersii* – *Aquilofusus semiglaber* Zone i den øverste, største del af Gram Formation.

*Foraminifer datering af Gram-I boringen (Laursen & Kristoffersen, in print) fastlægger Mellem – Øvre Miocæn grænsen ca. 12,5 meter over basis af formationen. Dette niveau svarer til Fauna IV (Rasmussen 1966) som er en blandings fauna af Fauna III og Fauna V, og derfor ikke defineret som biozone. Niveaulet adskiller derfor den mellem miocæne *Astarte reimersi* – *Goodallia esbjergensis* Zone fra den øvre miocæne *Astarte reimersi* – *Nuculana pygmaea* Zone, begge henføres til Gramien. Dette er sammenfaldende med at

Laursen et al. (1998) placerer overgangen Serravallien/Tortonien (Mellem/Øvre Miocæn) midt i Gramien i Gram Formationen i Lille Tønde boringen.

Syltten:

BM 21B: *Carinastarte rollei* – *Liomesus ventrosus* – *Aquilofusus semiglaber* Zone i øverste Gram Formation /Sæd Formation

Den foreløbige dinoflagellat stratigrafi i denne rapport er opstillet som en serie af identificerede biohorisonter, som er defineret på basis af udvalgte arters første, sidste eller maximum optræden. Dette giver en stratigrafisk meget tæt "zonerings" af de undersøgte lagserier og en stratigrafisk opløselighed som overgår den traditionelle mollusk biostratigrafi. Desuden optræder mollusk faunaerne i den største del af Nedre – Mellem Miocæn hovedsagelig i bestemte lag, skallag. Det vil sige at aldersdateringen kun gælder det enkelte skallag. Mikrofossilerne (foraminiferer og dinoflagellat cyster) findes i hele den marine lagserie og hele lagserien bliver derfor dateret. Kun i Gram Formationen optræder molluskerne så talrigt og konstant, at forekomsten minder om den måde mikrofossiler optræder på.

En reel (videnskabelig) korrelation af Miocæn mollusk zonerings med den rapporterede dinoflagellat stratigrafi kræver at sedimentprøver med identificeret fauna præpareres palynologisk og analyseres. Det er dog svært at se et praktisk formål med dette. En teoretisk korrelation kan gennemføres ret enkelt ved at sammenligne niveauer med fauna med tilsvarende niveauer, som er analyseret for deres indhold af dinoflagellat cyster. Dette kan mest effektivt gennemføres i Mellem og Øvre Miocæn, Hodde og Gram Formationerne ved Gram teglværk, mens det er vanskeligere i ældre aflejringer.

Liste over foreløbig, teoretisk korrelation af dinoflagellat biohorisonter med mollusk biozonerings:

BM 21A:

<i>Palaeocystodinium striatogranulosum</i>		LOD
<i>Grammocysta verricula</i>	FAD	
<i>Labyrinthodinium truncatum</i>		Top almindelig Forekomst
<i>Unipontidinium aquaeductum</i>		LOD
<i>Filisphaera filifera</i>	FAD	
<i>Dissiliodinium</i> sp.		LOD
<i>Achomosphaera andalusiense</i>	FAD	

BM 19-20:

<i>Apteodinium australiense</i>		LOD
<i>Distatodinium paradoxum</i>		LOD
<i>Cerebrocysta satchelliae</i>		LOD
<i>Unipontidinium aquaeductum</i>	FAD	
<i>Apteodinium tectatum</i>		LOD
<i>Labyrinthodinium truncatum</i>	FAD	
<i>Tectatodinium</i> aff. <i>Psilatium</i>	FAD	
<i>Apteodinium spiridoides</i>		LOD

<i>Heteraulacysta campanula</i>	maximal hyppighed	
<i>Cerebrocysta poulsenii</i>	FAD	
<i>Palaeocystodinium striatogranulosum</i>	FAD	

BM 18:

<i>Polysphaeridium zoharyi</i>	maximal hyppighed	
<i>Coustaudinium aubryae</i>		LOD
<i>Spiniferites</i> sp. 1 SP	FAD	
<i>Sumatradinium druggii</i>	FAD	
<i>Spiniferites gracilimembranaceus</i>	FAD	
<i>Coustaudinium aubryae</i>	FAD	
<i>Barssidinium evangelinae</i>	FAD	
<i>Cerebrocysta satchelliae</i>	FAD	
<i>Tityrosphaeridium cantharellus</i>		LOD
<i>Operculodinium "piaseckii"</i>	FAD	
<i>Thalassiphora pelagica</i>		LOD
<i>Hystrichokolpoma</i> sp. nov. 3	FAD	
<i>Apteodinium tectatum</i>	FAD	
<i>Hystrichokolpoma</i> sp. nov. 1	FAD	
<i>Hystrichokolpoma</i> sp. nov. 2	FAD	
<i>Lusatidinium claudium</i>	FAD	
<i>Spiniferites mirabilis</i>	FAD	
<i>Spiniferites solidago</i>	FAD	
<i>Batiacasphaera spherica</i>	FAD	
<i>Hystrichosphaeropsis obscura</i>	FAD	

BM 17:

<i>Operculodinium israelianum</i>	FAD	
<i>Glaphyrocysta</i> sp. cf. <i>G.?</i> <i>vicina</i>		LOD
<i>Tuberculodinium vancampoae</i>	FAD	
<i>Chiropteridium galea</i>		LOD
<i>Membranophoridium aspinatum</i>		LOD
<i>Hystrichokolpoma cinctum</i>		LOD

Sekvensstratigrafi

Den sekvensstratigrafiske undersøgelse er baseret på en række daglokaliteter og borer i Midt- og Sønderjylland. Disse borer dækker den oligocæne–miocæne lagserie i Danmark. Den øverste del af lagserien er dog kun repræsenteret i Gram-II boringen og derfor er det ikke muligt at lave egentligt sekvensstratigrafi her. Der er dog skitseret et forslag til en sekvensstratigrafisk indeling, baseret på tidligere arbejder (Rasmussen 1996) og logs fra Midt- og Sønderjylland (fig. 5).

Den sekvensstratigrafiske indeling starter ved et meget markant litologisk skift, der kan erkendes i de borer og daglokaliteter, som repræsenterer den nederste del af den oligocæne–miocæne lagfølge. Dette skift repræsenterer en større hiatus for de fleste sektioner. Under SB1 grænsen ligger det eocæne Søvind Mergel (fig. 4, 6). Kun ved Klovborg er overgangen mere gradvist, da Søvind Merglen her overlejres af den øvre eocæne – nederste oligocæne Viborg Formation. Hvorvidt denne overgang og overgangen til Chattien Ler, der ligeledes kun er erkendt i Klovborg boringen, repræsenterer sekvensgrænser, kan ikke afgøres ud fra det til rådighed værende datamateriale.

En litologisk enhed, der kan erkendes i hele området, er det øvre oligocæne Brejning Ler. Basis af Brejning Leret definerer den nederste sekvensgrænse i denne undersøgelse (SB1) (fig. 6). Brejning Leret blev aflejret under meget lav sedimenttilførsel, derfor er det ikke muligt at inddele dette i systemkomplekser. I Brejning Leret findes et sideritlag, der kan følges på alle daglokaliteter (i området ved Lillebælt og Vejle Fjord) og ved Jønsgård er det sammenfaldende med en oolitisk sandsten, der viser tegn på strømaflejring. I samme niveau ses også en markant stigning af ferskvandsalger og mineralet goethit er også fundet her (Rasmussen 1987). Dette indikerer at vi i det ellers fuldt marint miljø, pludselig har fået ændrede aflejningsforhold. Dette kan tolkes som et resultat af et fald i havniveau, derfor placeres en sekvensgrænse over siderit laget (SB2) (fig. 6). Om det direkte har været subærisk eksponeret vides ikke. Lagene over sekvensgrænsen (Vejle Fjord Ler) blev aflejret i laguner og afsnørede miljøer i Østjylland (Larsen og Dinesen 1959; Rasmussen 1995; Friis et al. 1998) og repræsenterer et lavstandskompleks. De tidsækvivalente sedimenter i Sønderjylland blev stadig aflejret under marine forhold, dog med en forøget tilførsel af terrestriske materialer. De første indikationer af en ny transgression ses som overskylsvifter ved Skansebakke og Dykær (Vejle Fjord Sand) og ved Lillebælt følges lagene af æstuarine sedimenter (fig. 6). Basis af oversvømmelsesfladen FS (fig. 6) definerer overgangen til det transgressive kompleks. Det transgressive kompleks er opad afgrænset af en maksimal oversvømmelsesflade (MFS2), der indikerer en regional oversvømmelse og marine aflejringer kan erkendes overalt, hvor en komplet Øvre Oligocæn lagfølge eksisterer. Det overliggende højstandskompleks består af 2 parasekvenser, der på fortrinlig vis er illustreret ved både Hvidbjerg og Hindsgavl-Børup sektionerne (Lillebælt). Højstandskomplekset overlejres skarpt af et gruslag der kan korreleres regionalt (fig. 6). Den nedre grænse her er tolket som en ravinement flade, der falder sammen med en sekvensgrænse (SB3) (Rasmussen 1998). Biostratigrafiske data indikerer en lakune på 2 –3 mill. år her. Sektionen over denne grænse (den nederste del af Arnum Formationen) repræsenterer det transgressive kompleks og kan kun studeres ved Lillebælt. Den øvre grænse for det transgres-

sive kompleks kan på basis af et marint indslag (MFS3) følges i Jelling- og Klovborg borerne. Over den maksimale oversvømmelsesflade i Klovborg, Jelling og Gram borerne erkendes en generel opad grovende tendens, der afspejler en udbygning under stigende havniveau (se tidslinier på figur 7). Derfor tolkes dette som et højstandskompleks. Om højstandskomplekset afsluttes som et tvungent regressivt kompleks eller et lavstandskompleks kan ikke afgøres i denne undersøgelse. Over dette systemkompleks ses igen mere marine forhold (Gram-II boringen) og en sekvensgrænsen (SB4) placeres her. Over sekvensgrænsen kommer en periode med marine forhold efterfulgt af en ny udbygning og derfor tolkes den maksimale oversvømmelsesflade (MFS4) til at ligge umiddelbart under det første indslag af sand. Udviklingen af det efterfølgende højstandskompleks kan ses på gammaloggene i figur 5, hvor det er repræsenteret i Grindsted, Rødding og Gram, men dør ud ned mod Rurup. Det er sandsynligt, at den øverste del af det opadgrovende interval, svarende til Odderup Formationen, skal tolkes som et tvungent regressivt kompleks eller et lavstandskompleks. Undergrænsen af dette lavstandskompleks ses på logmønsteret som en ret skarp grænse i de nævnte borer og det svarer også til den meget skarpe overgang til det øvre sand i Søby – Fæsteholt (Koch 1989). Derfor placeres sekvensgrænsen SB5 her (fig. 5 og 6). Over det tvungne regressive/lavstandskompleks stiger gammalog-responset i alle borer, hvor kvartær erosion ikke har fjernet de Neogene aflejringer (Tønder-3, Borg-1, Rurup, Gram, Rødding og Grindsted). I Gram-II boringen svarer dette til en transgression i Serravalien (Hodde Formationen). Det generelle log-mønster her viser først en gradvis stigning og derefter et gravist fald. Den maksimale oversvømmelsesflade (MFS5) placeres ved det maksimale gammalog udslag (fig. 5 og 6). Over den maksimale oversvømmelsesflade falder logresponset generelt (fig. 5) og tolkes derfor som en overordnet udbygning (højstandskompleks), hvor de første indikationer på mere kystnære aflejringsforhold ses i stormsandslag øverst i Gram Leret i Gram teglværksgrav (Rasmussen og Larsen 1989). Logmønsteret er dog mere komplekst i Borg-1 og Gram-borerne (fig. 5). Dette kan svare til goethitlagene i bunden af Gram Leret, der indikerer et fald i havniveau (Dinesen 1976) og som kan korreleres til sekvensgrænsen mellem SJOM5/SJOM6 i Borg-1 boringen (Rasmussen 1996).

Litostratigrafi

Med baggrund i den bio- og sekvensstratigrafiske analyse er der lavet en litologisk korrelation mellem de undersøgte borer og daglokaliteter samt borer og daglokaliteter undersøgt af Rasmussen og Dybkjær (1999) (fig. 7). Korrelationen viser at den oligocæne-miocæne lagserie er mere kompliceret end tidligere antaget. De vigtigste afvigelser fra tidligere korrelationskemaer er: a) introduktionen af Hvidbjerg Sand, b) at der er 2 sandlegmer i Ribe Formationen, c) en nedre Odderup Formation, som er tidsækvivalent med Arnum Formation. Disse afvigelser er diskuteret i det følgende:

a) Introduktionen af Hvidbjerg Sandet som en uformel litologisk enhed er nødvendig, da den udgør en kortlægbar enhed i hele Østjylland. Enheden er marin og kan derfor dateres. Hvidbjerg Sandet ligger over Vejle Formationen og er tidligere nævnt af Larsen og Dinesen (1959), men på grund af et andet tungmineralselskab end sedimenterne ved Skansebakke og Brejninghoved, er den ikke medregnet i Vejle Fjord Formationen. Kortlægning af Hvidbjerg Sandet i Vejle Fjord-området blev udført af Mikkelsen (1983) ("Hvidbjergselskabet"). Nye undersøgelser viser at Hvidbjerg Sandet kan kortlægges ned til Lillebælt (Rasmussen og Dybkjær 1999) og desuden kendes det fra Morsholt-2 boringen ved Odder (Rasmussen 1987).

b) Ribe Formationen er indelt i 2 sand-rige enheder. Dette er baseret på de 2 efterforskningsboringer i Sønderjylland; Brøns-1 og Løgumkloster-1 (fig. 5). I det interval, der svarer til SJOM1, er der i de to borer beskrevet 2 sandlag, som på gammaloggene kan erkendes som 2 intervaller med lave gamma værdier (se "Completion reports" for Brøns-1 og Løgumkloster-1). De 2 sand-rige intervaller samt det mellemliggende lerlag giver en samlet mægtighed af enheden på godt 100 m. Dette svarer omtrent til mægtigheden af Ribe Formationen i Arnum-1 boringen (Rasmussen 1961), samt til den formodede mægtighed i Gram-området (Friborg og Thomsen 1999).

c) Det har længe været praksis på GEUS at henføre liminske aflejringer, der tolkes til at være tidsækvivalent med Arnum Formationen, til Odderup Formationen. Nærværende undersøgelse viser dog, at man, på baggrund af dinoflagellatstratigrafi, kan skelne mellem en øvre og en nedre Odderup-sandenhed (fig. 4).

Klittinghoved Formationen er i nærværende undersøgelse tilskrevet prodelta/prokyst sediment, som aflejredes i forbindelse med udbygningen af Ribe Formationen (se også Rasmussen 1961). Den uklare definition af Klittinghoved Formationen (Rasmussen 1961; Sorgenfrei 1961) gør dog at dette kan være i uoverensstemmelse med de sediment, der er blottet ved Klittinghoved.

Endelig tyder nærværende undersøgelse på at den øvre grænse af Brejning Leret er diakron. I Øvre Oligocæn, under aflejringen af Vejle Fjord Formationen, har der kun været høje aflejringsrater i de nordlige egne, mens aflejringsraten har været betydelig lavere mod syd. Dette er i overensstemmelse med det generelle aflejringsmønster i Nordsøbassinet (Jordt et al. 1995). Det betyder at der i Sønderjylland var betingelser for afsætning af glaucony-rige sediment (Brejning Ler) i længere tid. Den øvre grænse for Brejning Leret i

området omkring Lillebælt er således af Sen Oligocæn alder, mens den i Høruphav borin-
gen er tidligste Miocæn (Aquitanién).

Konklusion

Nærværende undersøgelse viser at palynologi/dinoflagellatstratigrafi er et meget stærkt redskab til datering og korrelation af den oligocæne–miocæne lagserie. Det har vist sig muligt at identificere en lang række dinoflagellat- biohorisonter i de undersøgte borer og profiler, jo mere marine aflejringer, jo mere detaljeret stratigrafi. Der udover har metoden nogle væsentlige fordele frem for mollusk- og foraminiferdateringer, dels giver den en væsentlig mere detaljeret opdeling, dels kan den bruges på materiale fra såvel daglokaliteter udsat for forvitring, grunde borer, hvor materialet har været udsat for surt grundvand, samt til datering af materiale fra gamle borer. Desuden kan palynologiske studier bruges til facies-tolkninger som supplement til detaljerede sedimentologiske studier. Sekvensstratigrafi, hvor korrelation af erosionsflader og markante marine flader bruges til binde borer eller daglokaliteter sammen, er ligeledes et meget vigtigt værktøj til at udrede stratigrafi og en integration af disse to stratigrafiske discipliner gør det muligt at opstille en bedre og mere detaljeret geologisk model end ved anvendelse af andre metoder. Dinoflagellatstratigrafi og sekvensstratigrafi er optimale værktøjer til at korrelere de marine og fluviale oligocæne–miocæne aflejringer i Midt- og Sønderjylland.

Resultaterne i denne rapport er baseret på relativt få borer og daglokaliteter. For at få en robust stratigrafisk model for den oligocæne–miocæne lagserie er det nødvendigt at undersøge yderligere nøgleboringer, da en af hovedkonklusionerne af arbejdet, er, at den oligocæne–miocæne stratigrafi er langt mere kompliceret end tidligere undersøgelser har vist.

En detaljeret stratigrafi for den oligocæne–miocæne lagserie vil give en øget forståelse af fordelingen af litologier, hvilket er essentielt i forbindelse med kortlægning af grundvandsmagasiner. Det er i nærværende undersøgelse observeret at de gode grundvandsmagasiner er relateret til bestemte systemkomplekser, tvungent regressive- og lavstandskomplekser. Derfor er sekvensstratigrafi ikke bare relevant med hensyn til korrelering af borer, men også til kortlægning af grundvandsmagasiner.

Referencer

Brinkhuis, H., 1992: Late Eocene to early Oligocene dinoflagellate cysts from central and northeast Italy. Ph.D. dissertation, Utrecht University, 169pp., 23 plates.

Brøns-1, 1A, Completion report, 1981. Dansk boreselskab A/S, Copenhagen, Denmark.

Bujak, J. and Mudge, D., 1994: A high-resolution North Sea Eocene dinocyst zonation. *Journ. Geol. Soc. London*, 151, 449-462.

Danielsen, M., Michelsen, O. and 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. Report no.7, 26pp.

Dinesen, A., 1965: Boringen LB. 38 på Lyngs Odde. *Geologisk Rapport. Danm. Geol. Unders.* (unpublished report), 83pp.

Dinesen, B., 1976: Geochemical properties of the marine Younger Miocene at Gram, SW Jutland. *Danm. Geol. Unders., Årbog 1975*, 5-29.

Dybkjær, K. and Rasmussen, E.S.R., in prep.: Palynological dating and correlation of the Oligocene–Miocene deposits outcropping at Hindsgavl, Hagenør and Rønshoved, in the Lillebælt area, Denmark.

Eriksen, K., 1937: En foreløbig Meddelelse om Tertiæret ved Brejning på Sydsiden af Vejle Fjord. *Meddr. Dansk geol. Foren.* 9 (2), 137-150.

Friberg, R. og Thomsen, S., 1999: Kortlægning af Ribe Formationen. Et fællesjysk grundvandssamarbejde. Teknisk rapport. Ribe Amt, Ringkjøbing Amt, Viborg Amt, Århus Amt, Vejle Amt, Sønderjyllands Amt. 76pp.

Friis, H., Mikkelsen, J. and 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* 17, 221-244.

Heilmann-Clausen, C., 1995a: Palæogene aflejringer over Danskekalken. I: Nielsen, O.B. (Ed.): *Danmarks geologi fra Kridt til i dag. Aarhus Geokompender* 1, 69-114.

Heilmann-Clausen, C., 1995b: Linde-1 borehole: Paleogene dinocysts, palynofacies and stratigraphy. EFP-92 Project: Basin development of the Tertiary of the Central Trough with emphasis on possible hydrocarbon reservoirs. Report no. 18, 28pp.

Hinsby, K., Harrar, B., Nyegaard, P., Konradi, P., Rasmussen, E.S., Bidstrup, T., Gregeresen, U. and Boaretto, E., 1999: The Ribe Formation in SW Jylland, Denmark: Holocene and Pleistocene groundwaters in a coastal Miocene sand aquifer. In: Edmunds and 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

Hinsch, W., Jakubowski, G., Janssen, A. W., King, C. 1988: 4.7.1. Benthic molluscs (Pelecypods, Gastropods). The description of the interregional zonation (BM zones) and its correlation with the regional lithostratigraphy. In: Ed. R. Vinken, The Northwest European tertiary Basin. Results of the Geological Correlation Programme, Project No. 124. geologisches Jahrbuch, Reihe A, Heft 100, 344-356.

Jordt, H., Faleide, J.I., Bjørlykke, K. and Ibrahim, T., 1995: Cenozoic sequence stratigraphy of the central and northern North Sea Basin: tectonic development, sediment distribution and provenance areas. *Marine and Petroleum Geology* 12, 845-879.

King, C., 1983: Cainozoic micropalaeontological biostratigraphy of the North Sea. *Rep. Inst. Geol. Sci.* 82/7, 1-40.

Knudsen, C., 1999: Heavy mineral exploration in Miocene sediments, Jylland. *Danmarks og Grønlands geologiske Undersøgelse rapport 1998/45*, 44pp.

Koch, B.E., 1989: Geology of the Søby-Fasterholt area. Geological Survey of Denmark, Serie A, 22, 177pp.

Köthe, A., 1990: Paleogene Dinoflagellates from Northwest Germany. *Geol. Jb. Rh. A*, 118, 111pp.

Köthe, A., 1996: Dinoflagellatenzysten- und Kalknannoplankton-Untersuchungen im Grenzbereich Eozän/Oligocän am Doberg bei Bünde ("Piepenhagen-Profil", Westfalen). *Newsl. Stratigr.* 33 (3), 145-155.

Larsen, G. & Dinesen, A., 1959: Vejle Fjord Formationen ved Brejning. Sedimenterne og foraminiferfaunaen (Oligocæn–Miocæn). *Danm. geol. Unders. Rk. II*, 82, 114pp.

Laursen, G. V., Poulsen, N. E., Rasmussen, L. B. 1998: Correlation of the Northwest European Miocene Stages with the international stages - preliminary results. *Newsl. Stratir.* 36, 1, 55-61.

Laursen, G.V. and Kristoffersen, F.N., in press: Detailed foraminiferal biostratigraphy of the Danish marine Miocene Formations. EFP-92-project: Basin development of the Tertiary of

the Central Trough with emphasis on possible hydrocarbon reservoirs. Contributions to Tertiary and Quaternary Geology.

Løgumkloster-1, Completion report, 1981. Dansk boreselskab A/S, Copenhagen, Denmark.

Martini, E., 1971: Standard Tertiary and Quaternary calcareous nannoplankton zonation. In: Farinacci, A. (ed.), Proceedings of the First Planktonic Conference, Roma, 739-785.

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.

Mikkelsen, J., 1983: En lithofaciesundersøgelse af Ungtertiæret omkring Vejle Fjord. Unpublished Thesis, University of Aarhus, 100pp.

Piasecki, S., 1980: Dinoflagellate cyst stratigraphy of the Miocene Hodde and Gram Formations, Denmark. Bull. geol. Soc., Denmark, 29, 53-76.

Rasmussen E.S., 1987: En mineralogisk og geokemisk undersøgelse af Vejle Fjord Formationen (Ø. Oligocæn – N. Miocæn). Unpublished Thesis, University of Aarhus.

Rasmussen E.S., 1995: Vejle Fjord Formation: Mineralogy and geochemistry. Bull. geol. Soc., Denmark, 42, 57-67.

Rasmussen, E.S., 1996: Sequence stratigraphic subdivision of the Oligocene and Miocene succession in South Jutland. Bull. geol. Soc. Denmark, 43, 143-155.

Rasmussen, E.S., 1998: Detached lowstand deposits illustrated through seismic data, lithology and clay mineralogy: an example from the Lower Miocene of Denmark. In: Gradstein, F.M., Sandvik, K.O. & Milton, N.J.: Sequence Stratigraphy – Concepts and Applications. Norwegian Petroleum Society (NPF), Spec. Publ. 8, 413-421.

Rasmussen, E.S. og Larsen, O.H., 1989: Mineralogi og geokemi af det øvre miocæne Gram Ler. Geological Survey of Denmark, Serie D, 81pp.

Rasmussen, E.S. og Dybkjær, K., 1999: Excursion: Upper Oligocene – lower Miocene storm and tidal dominated deposits at Lillebælt and Vejle Fjord, Denmark. Unpublished excursionguide.

Rasmussen, L.B., 1961: De miocæne formationer i Danmark. Danm. geol. Unders. Rk. IV, 4 (4), 45pp.

Rasmussen, L.B., 1966: Biostratigraphical studies on the marine younger Miocene of Denmark. Based on molluscan faunas. Geol. Surv. Denm., II series, 88, 358pp.

Ravn, J.P.J., 1906: Om det saakaldte plastiske Lers Alder. Meddr. Dansk geol. Foren. 2 (12), 23-28.

Ravn, J.P.J., 1907: Molluskfaunaen i Jyllands Tertiæraflejringer. Kgl. Dan. Vid. Selsk. Skr. 7 Rk., natv.-math. Afd. III, 2.

Sorgenfrei, T. 1940: Marint Nedre-Miocæn i Klittingehoved på Als. Et bidrag til løsningen på Aquitanian-Spørgsmålet. Danmarks Geologisk Undersøgelse, II. Række, Nr. 65, 143 pp.

Sorgenfrei, T., 1958: Molluscan assemblages from the marine middle Miocene of South Jutland and their environments.

Danm. geol. Unders., Rk. II, 79, 503pp.

Sorgenfrei, T., 1961: Die Entwicklung des unteren und mittleren Miocæn im südlichen Dänemark. *Meyniana*, 10, 53-58.

Ulleberg, K., 1987: Foraminiferal zonation of the Danish Oligocene sediments. *Bull. geol. Soc. Denmark*, 36, 191-202.

Vejbæk, O.V., 1992: Geodynamic modelling of the Danish Central Trough. In: Larsen, R.M., Brekke, H., Larsen, B.T. and Talleraas, E., (eds.): *Structural and tectonic modelling and its application to petroleum geology*, 1-17. Norwegian Petroleum Society, Amsterdam: Elsevier.

Williams, G.L., Bujak, J.P. and Brinkhuis, H., 1999: *Mesozoic-Cenozoic dinoflagellate cyst course. Course manual.*

Urbino, Italy, May 17-22, 1999.

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

Figurtekster

Fig. 1: Lokaltetskort, der viser henholdsvis borer (stor cirkel) og daglokaliteter (lille cirkel) der er undersøgt tidligere eller indgår i nærværende undersøgelse.

Fig. 2: Placering af kystlinien under højstandskomplekset i Nedre Miocæn. Pile indikerer ruter for sediment transport.

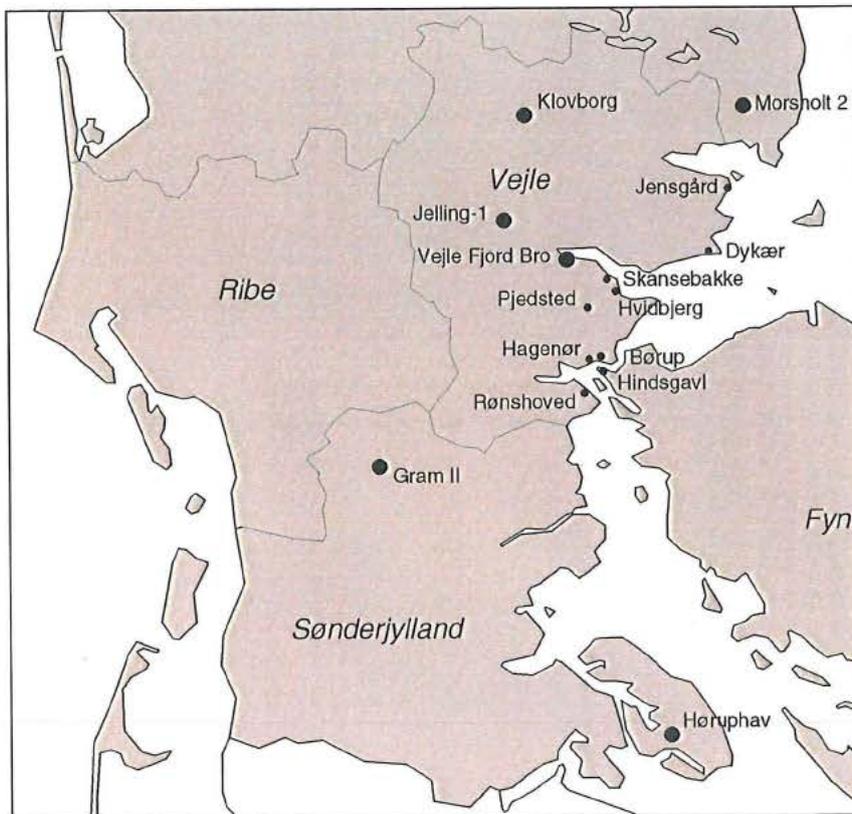
Fig. 3: Stratigrafisk skema over den paleogene–neogene litostratigrafi i Danmark, efter Michelsen (1994).

Fig. 4: Korrelation af dinoflagellat-biohorisonter mellem de undersøgte borer og daglokaliteter. FAD = første forekomst og LOD = sidste forekomst.

Fig. 5: Logkorrelation mellem en række sønderjyske og midtjyske borer. Sekvenser fra Rasmussen (1996) er angivet til venstre samt litostratigrafiske tolkning fra Knudsen (1998).

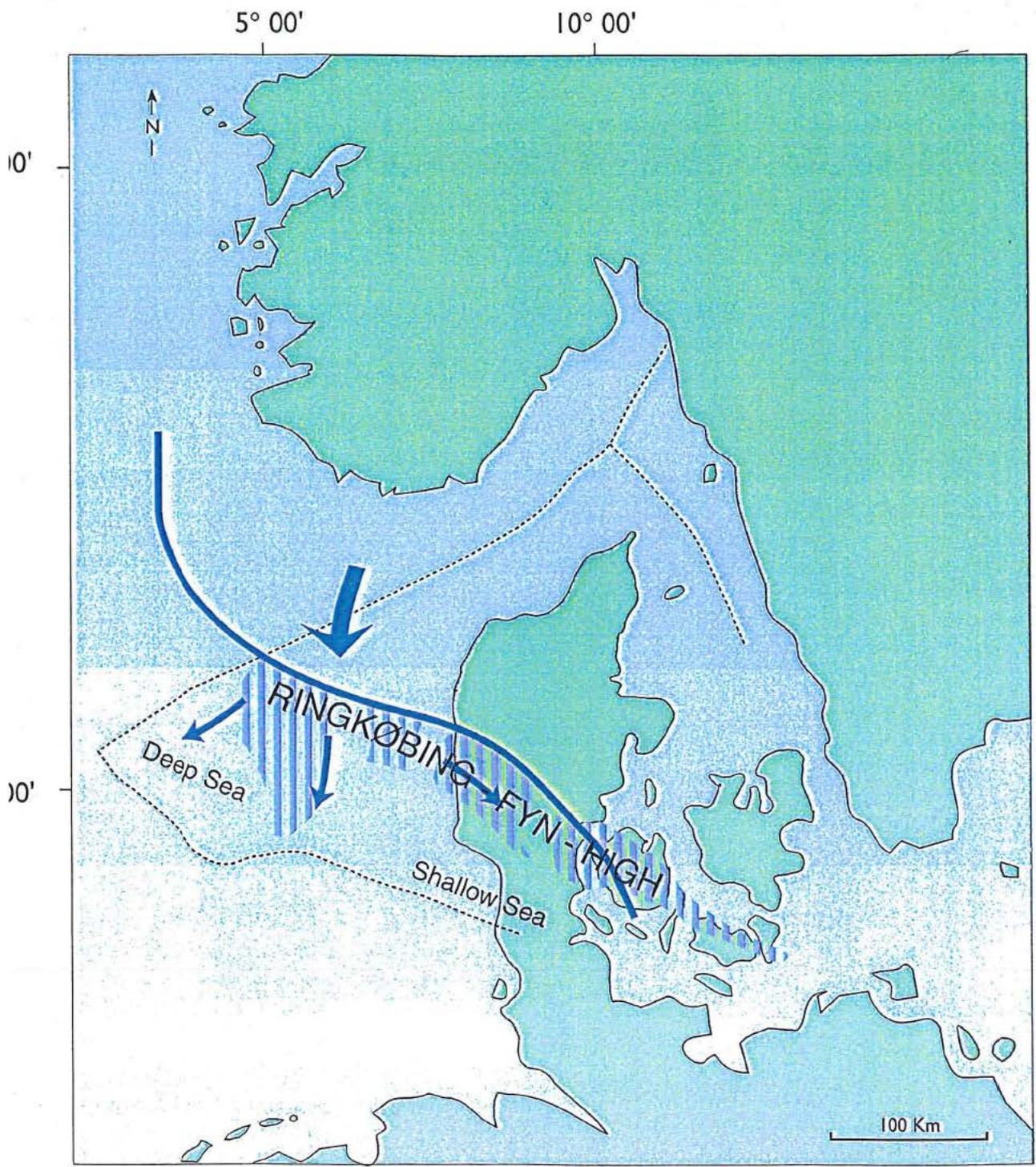
Fig. 6: Sekvensstratigrafisk korrelation mellem de undersøgte borer og daglokaliteter samt en række borer og daglokaliteter fra Østjylland (se også Rasmussen og Dybkjær 1999).

Fig. 7: Korrelation af nøgleboringer og blotninger hvorpå litostratigrafien er angivet. Udvalgte biohorisonter fra dinoflagellat-undersøgelsen er angivet med en rød streg. Bemærk at blotningerne ved Lillebælt er sammensat til én sektion. Den formodede dybde til Søvind Formationen i Gram-boringen er baseret på Friborg og Thomsen (1999). Opdelingen af Ribe Formationen i 2 sandede enheder er baseret på Rasmussen (1996).

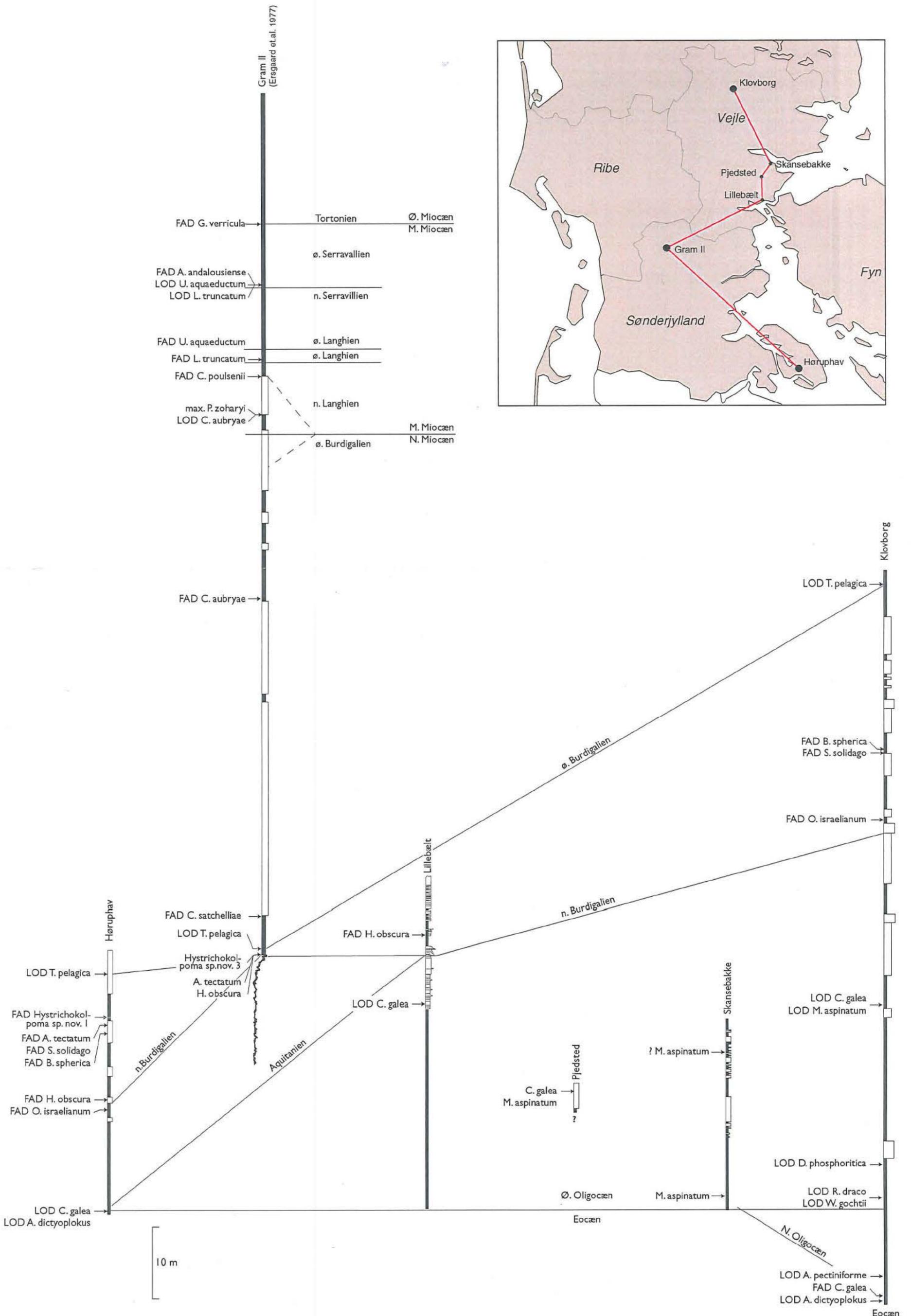
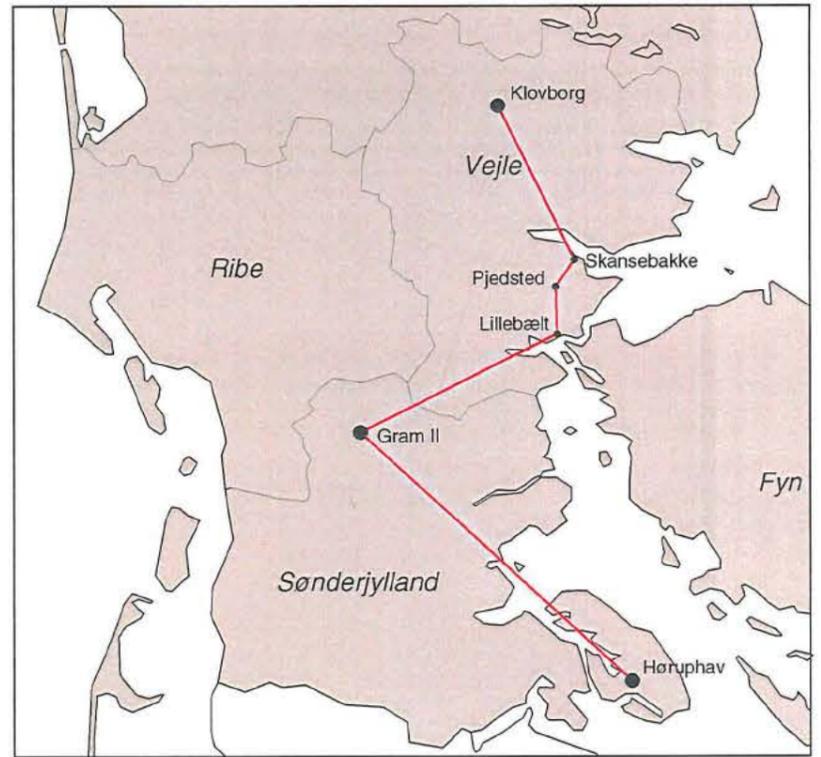


DKM01.04.004.02-ERS/99

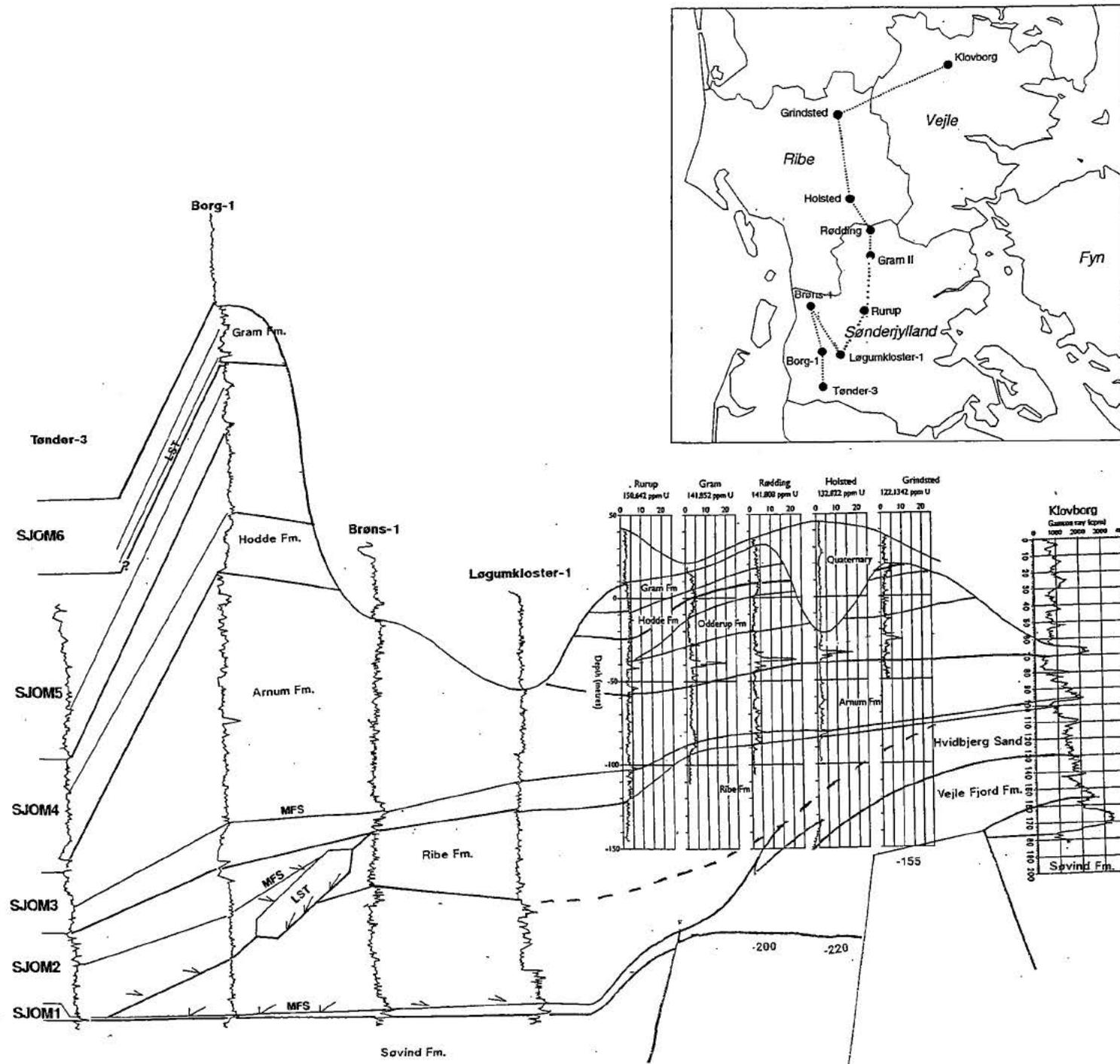
Figur 1



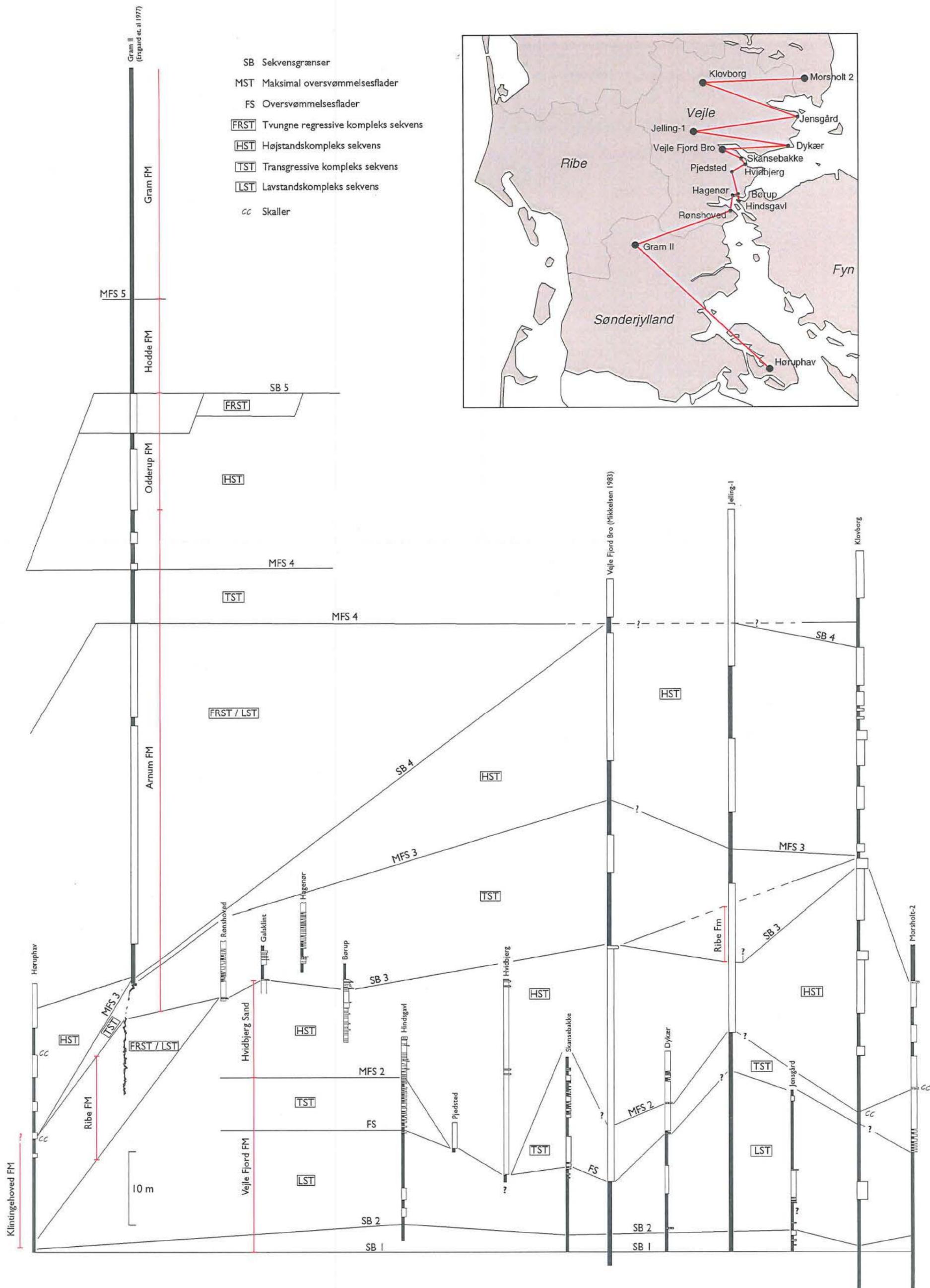
Figur 2



Figur 4



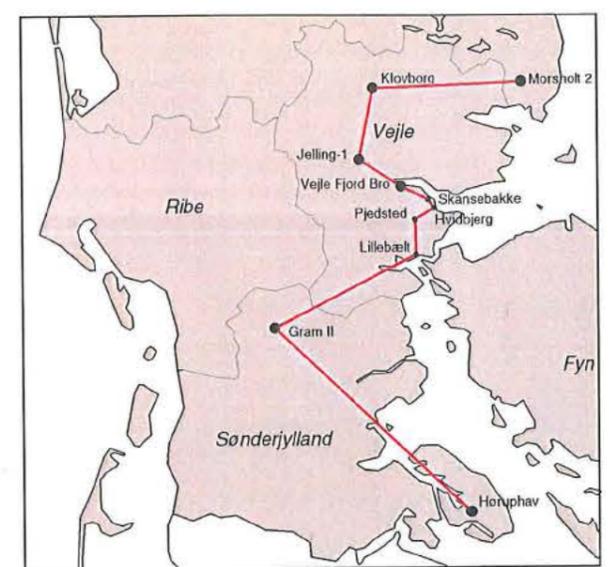
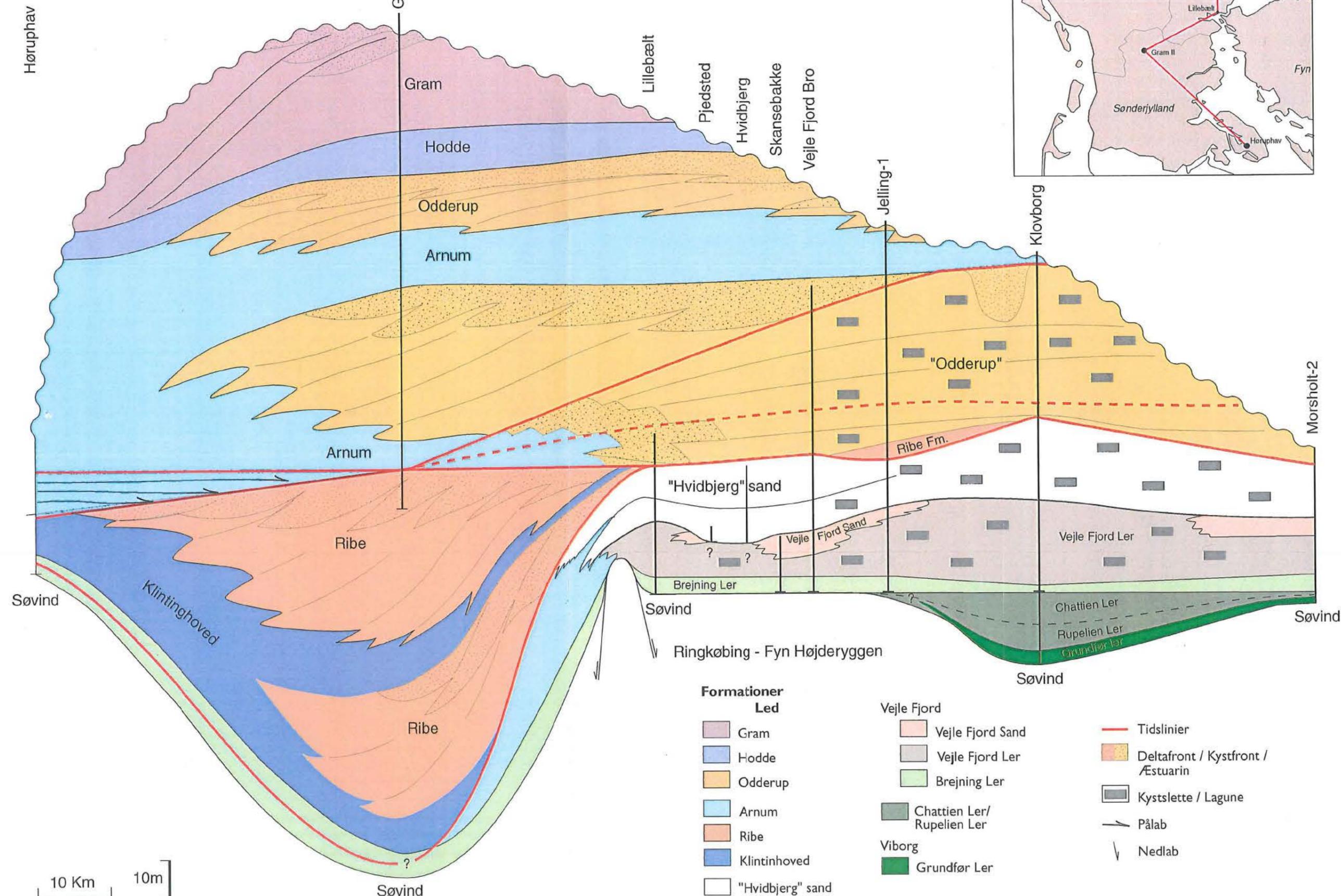
Figur 5



- SB Sekvensgrænser
- MST Maksimal oversvømmelsesflader
- FS Oversvømmelsesflader
- FRST Tvungne regressive kompleks sekvens
- HST Højstandskompleks sekvens
- TST Transgressive kompleks sekvens
- LST Lavstandskompleks sekvens
- cc Skaller

Figur 6

Høruphav



10 Km
10m

- | | | |
|--------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| Formationer | | |
| Led | | |
| Gram | Vejle Fjord Sand | Tidslinier |
| Hodde | Vejle Fjord Ler | Deltafront / Kystfront / Æstuarin |
| Odderup | Brejning Ler | Kystslette / Lagune |
| Arnum | Chattien Ler/ Rupelien Ler | Pålab |
| Ribe | Viborg | Nedlab |
| Klintinhoved | Grundfør Ler | |
| "Hvidbjerg" sand | | |

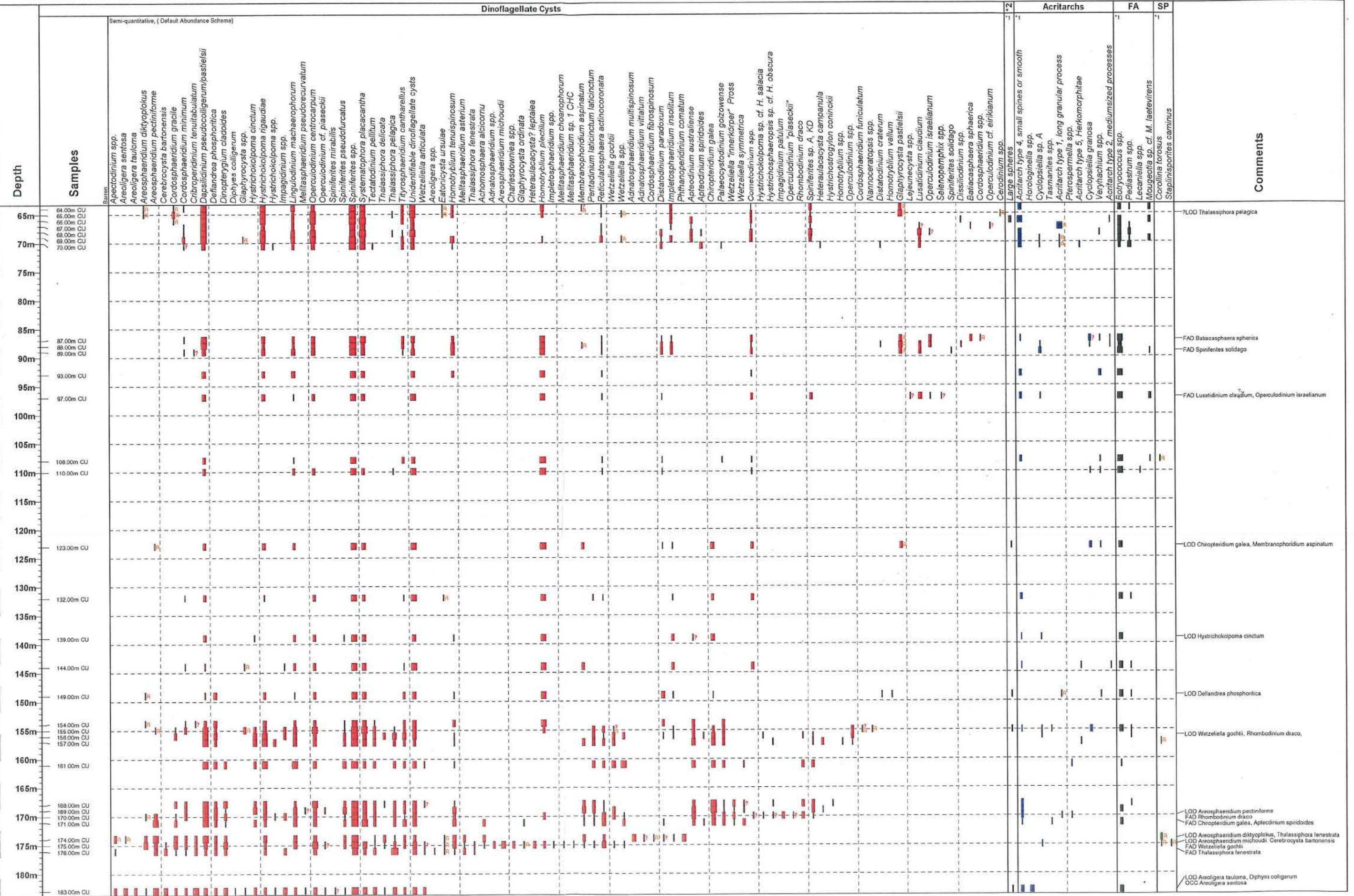
Figur 7

Interval : 64m - 183m

Scale : 1:500

Chart date : 17 December 1999

Project : MIOCENE
Chart : Klovborg_lowest000

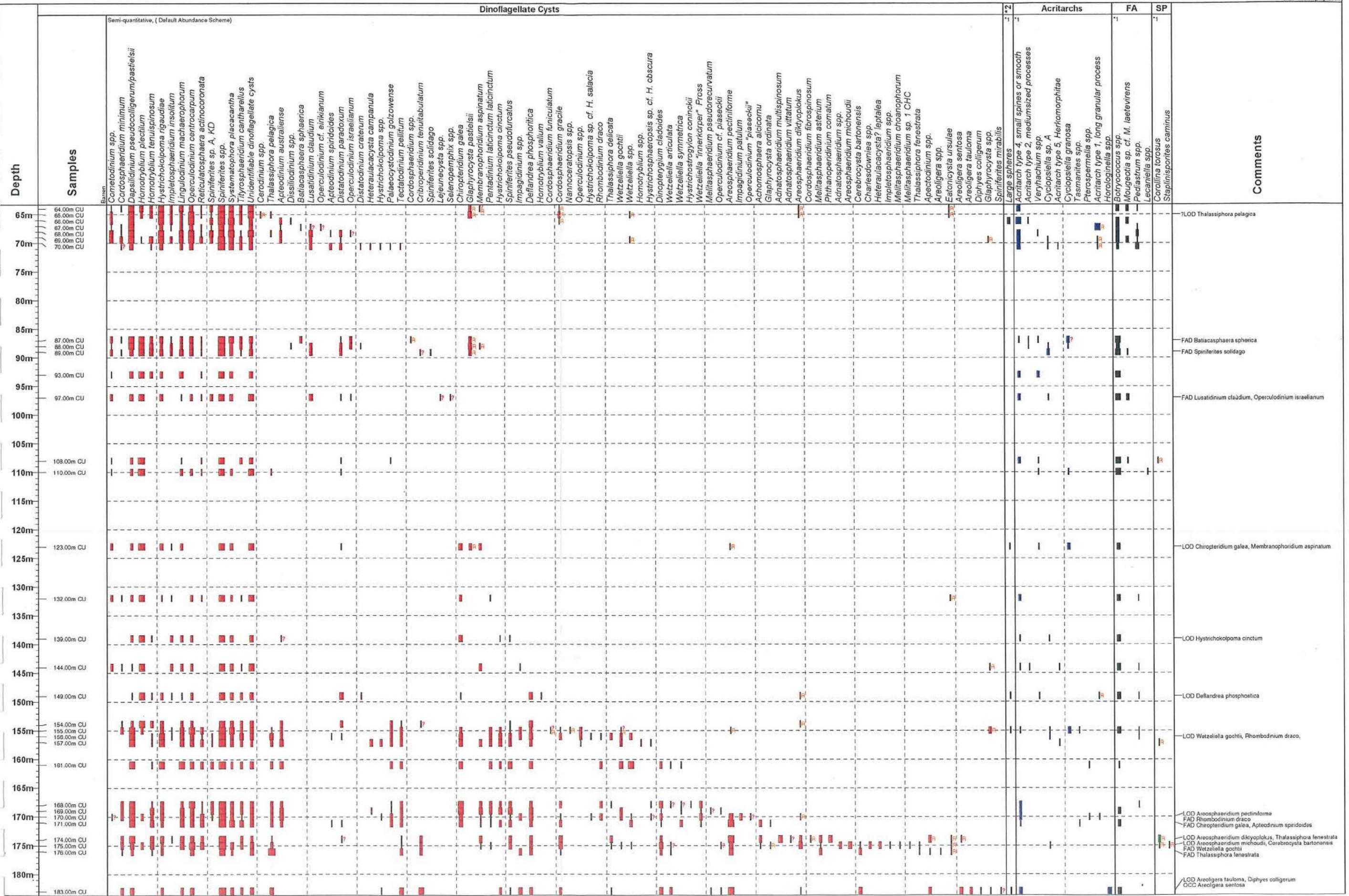


Interval : 64m - 183m

Scale : 1:500

Chart date : 17 December 1999

Project : MIOCENE
Chart : Klovborg_highst00

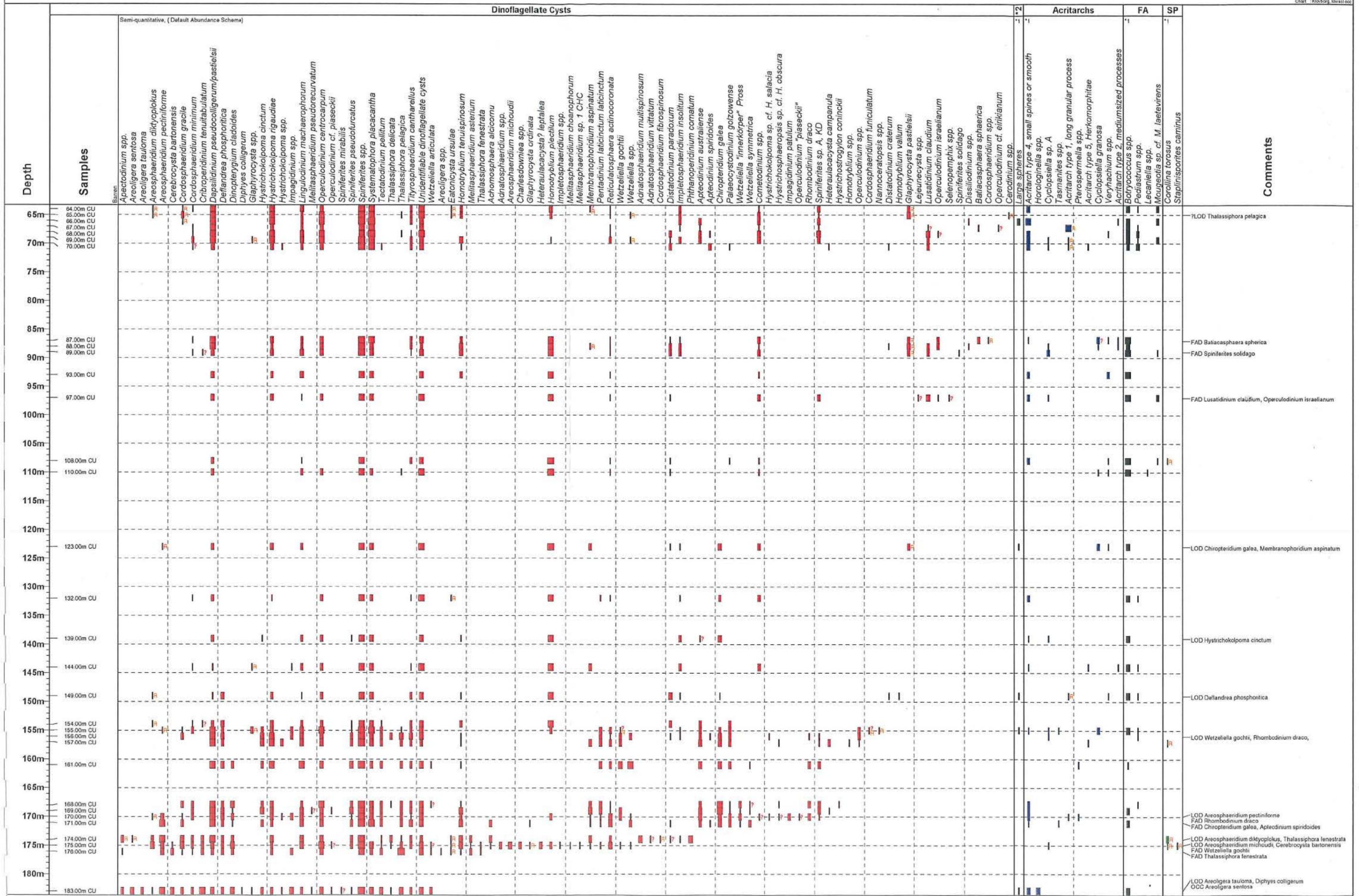


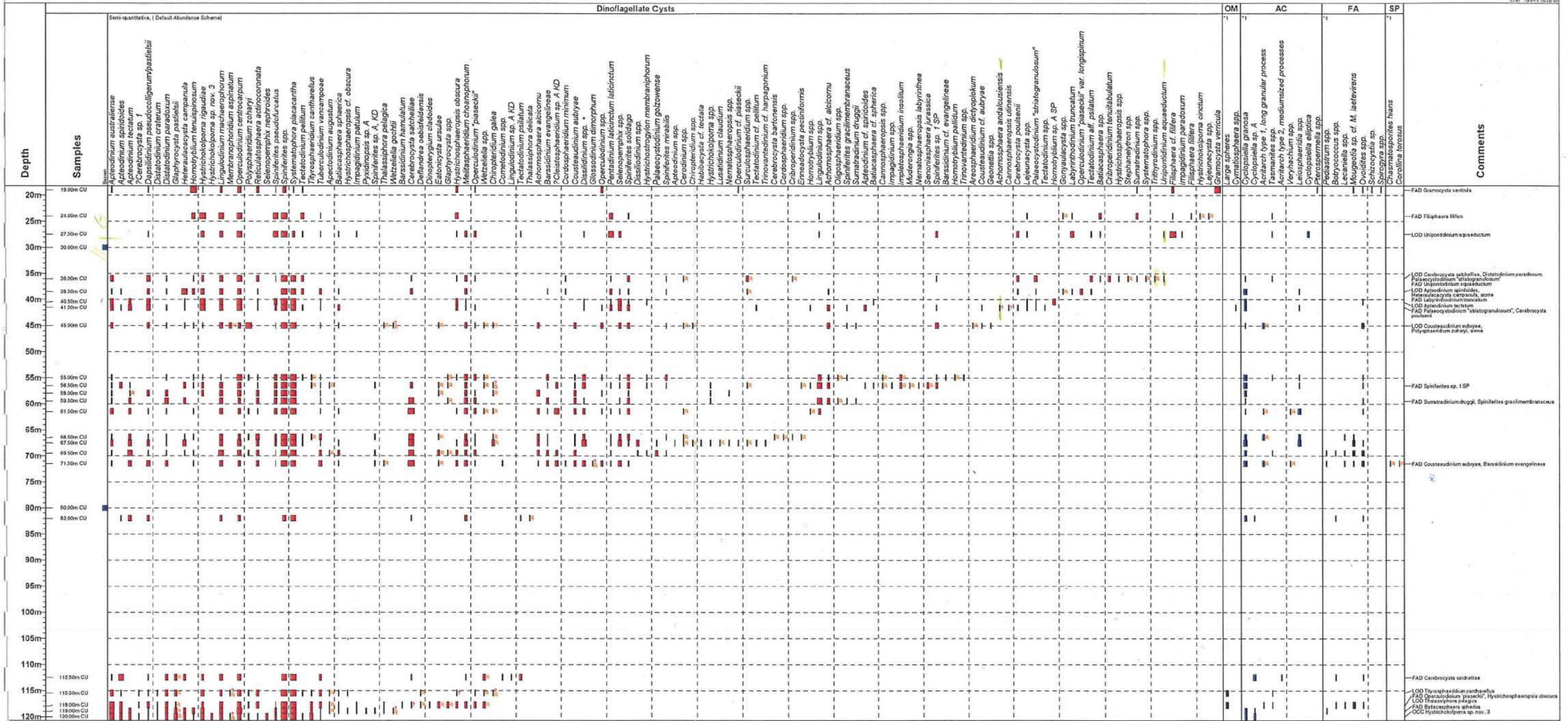
Interval : 64m - 183m

Scale : 1:500

Chart date: 17 December 1999

Project: MIOCENE
Chart: Klovborg_bilag3_000

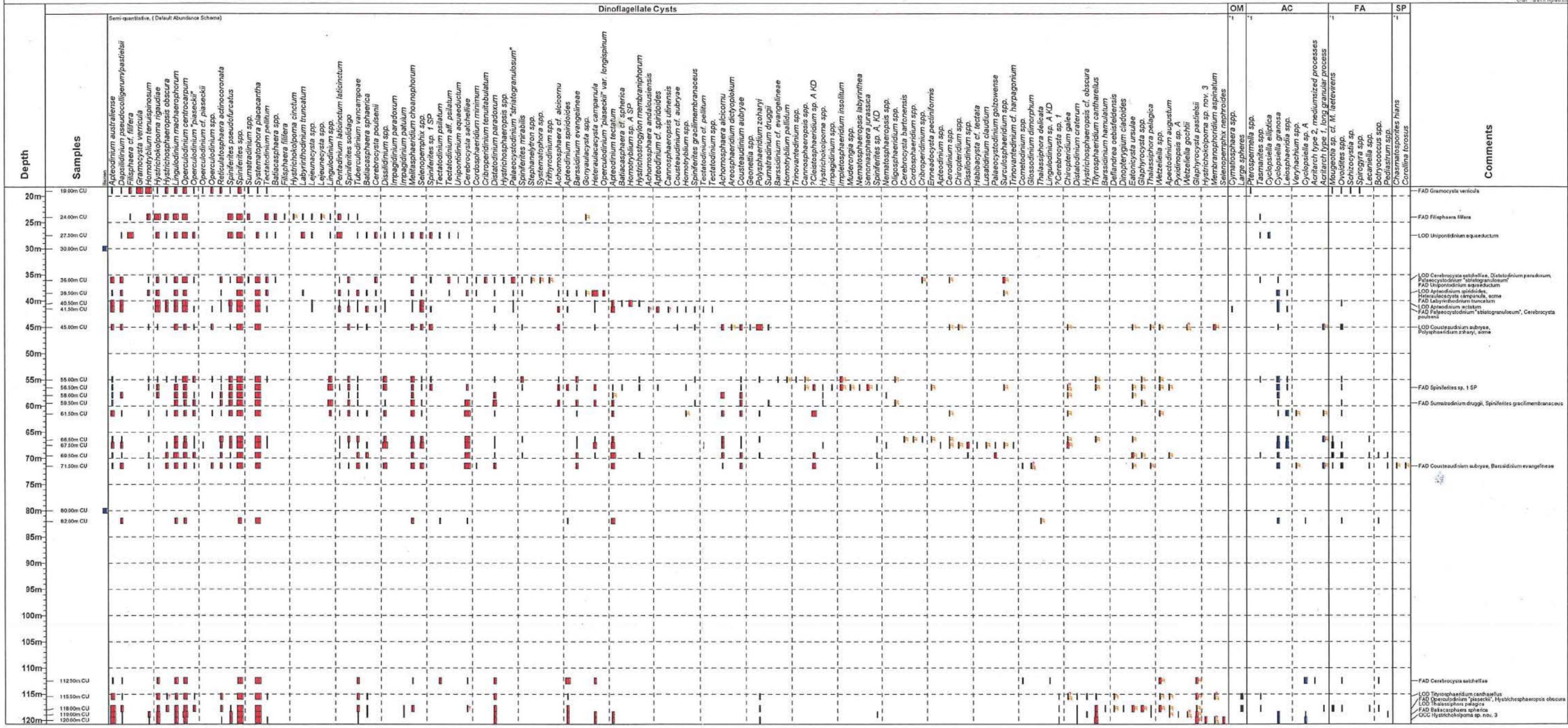




Well Name : Gram II
 Interval : 19m - 120m
 Scale : 1:500
 Chart date: 20 December 1999

Bilag 6

Project: MIOCENE
 Chart: Gram II, Bilag 6



Section : Skansebakke

Bilag 7

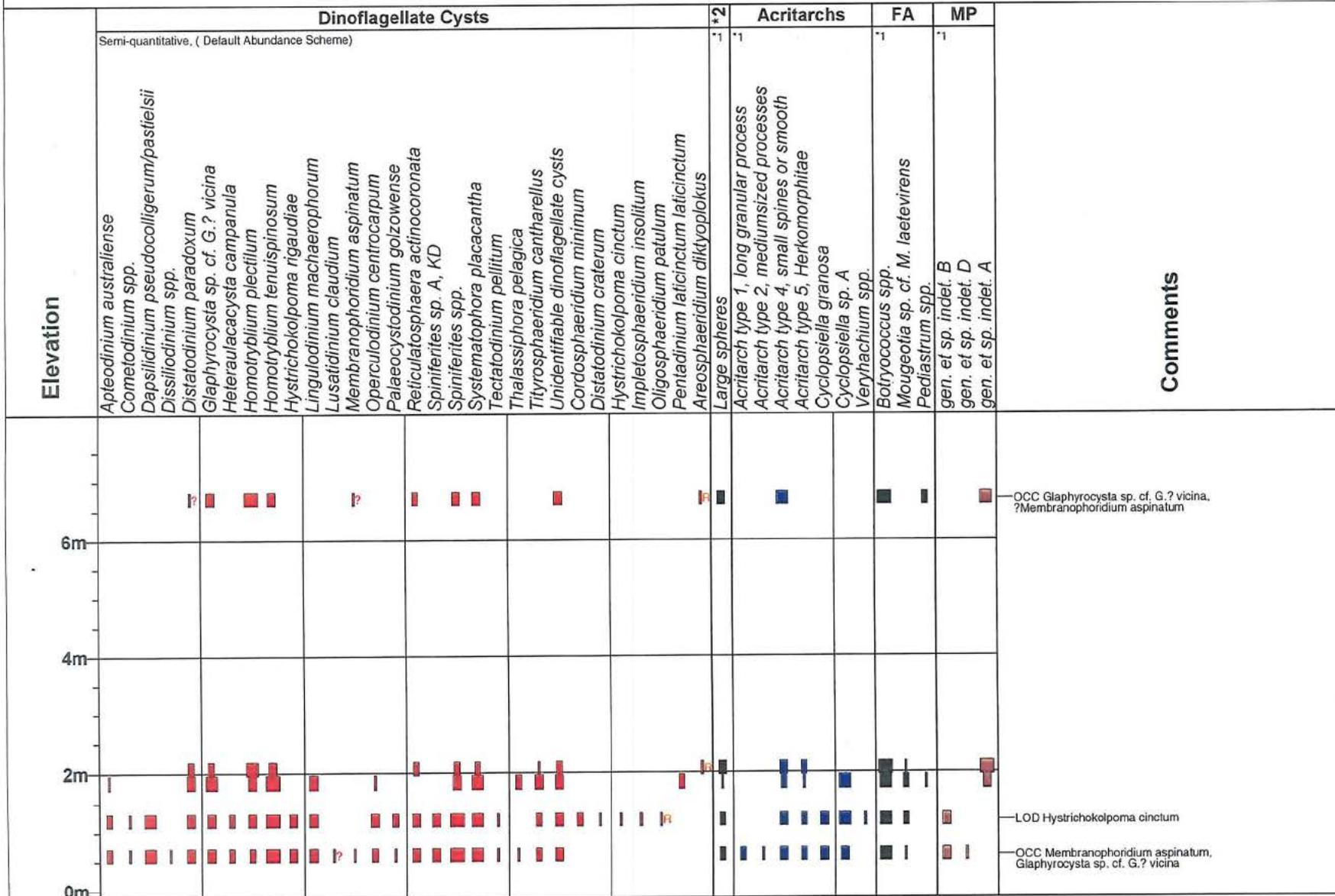
GEUS
Copenhagen

Interval : 8m - 0m

Scale : 1:100

Chart date: 17 December 1999

Project : MIOCENE
Chart : Skansebakke lowest occ.



Section : Pjedsted

Bilag 8

GEUS
Copenhagen

Interval : 0m - 2m

Scale : 1:100

Chart date: 17 December 1999

Project : MIOCENE
Chart : Hvidbjerg, lowest occ.

Depth	Dinoflagellate Cysts	+2	AC	FA	+3	Comments	Depth
	Semi-quantitative, (Default Abundance Scheme)	-1	-1	-1	-1		
0m	<i>Chiropteridium galea</i> <i>Dissilodinium</i> spp. <i>Distatodinium paradoxum</i> <i>Glaphyrocysta</i> sp. cf. <i>G.?</i> vicina <i>Homotryblium plectilium</i> <i>Homotryblium tenuispinosum</i> <i>Lingulodinium machaerophorum</i> <i>Membranophoridium aspinatum</i> <i>Spiniferites pseudofurcatus</i> <i>Spiniferites</i> spp. <i>Systematophora placacantha</i> Unidentifiable dinoflagellate cysts <i>Thalassiphora pelagica</i> <i>Distatodinium craterum</i> <i>Glaphyrocysta</i> spp. <i>Implelophaeridium insolitum</i> <i>Pentadinium laticinctum laticinctum</i> <i>Tityrosphaeridium cantharellus</i>						
	Large spheres Acritarch type 4, small spines or smooth Acritarch type 5, Herkomorphitae Acritarch type 1, long granular process Acritarch type 2, medium-sized processes Pterospermella spp. Botryococcus spp. Lecanella spp. Mougeotia sp. cf. <i>M. laetevirens</i> Pediastrum spp. gen. et sp. indet. A						
	CCC <i>Chiropteridium galea</i> , <i>Membranophoridium aspinatum</i> , <i>Glaphyrocysta</i> sp. cf. <i>G.?</i> vicina						2m

Bilag 9

Dinoflagellat-arter	Bioevents		Foraminifer zoner		Nannopl.-zoner (Köthe-96)	Stratigrafi			Boringer			Dagblotninger	
	Første forekomst (FAD)	Sidste forekomst (LOD)	NSB (Laursen & Kristoffersen)	NSP		Formation	Serie	Etage	Gram II	Hørup-hav	Klov-borg	Skanse-bakke	Hvid-bjerg
<i>Palaeocystodinium striatogranulosum</i>		LOD	(12c)13a	14		Gram Fm.	Øvre Miocæn	Tortonien	16.0				
<i>Grammocysta verrucula*</i>	FAD		midt-12c	top 13		Gram Fm.	Mellem Miocæn	Serravallien	19.0				
<i>Labyrinthodinium truncatum*</i>		top jævnlig	12b, top	13		Gram Fm.	--	--	24.0				
<i>Unipontidinium aquaeductum*</i>		LOD	12b, basis	13		Gram Fm.	--	--	27.5				
<i>Filisphaera filifera</i>	FAD		12a/b	nedre 13		Gram Fm.	--	--	27.5				
<i>Dissiliodinium sp.</i>		LOD	12b, basis	13		Gram Fm.	--	--	27.5				
<i>Achomosphaera andalousiense*</i>	FAD		12a/b	13		Gram Fm.	--	--	29.0				
<i>Apteodinium australiense</i>		LOD	11 II	12 II		Hodde Fm.	--	--	36.0				
<i>Distatodinium paradoxum</i>		LOD	11 II	12 II		Hodde Fm.	--	--	36.0				
<i>Cerebrocysta satchelliae</i>		LOD	11 II	12 II		Hodde Fm.	--	--	36.0				
<i>Unipontidinium aquaeductum*</i>	FAD		11 II	12 II		Hodde Fm.	--	--	36.0				
<i>Apteodinium tectatum</i>		LOD	11 II	12 II		Hodde Fm.	--	--	36.5				
<i>Labyrinthodinium truncatum*</i>	FAD		11 II, basis	12 II, basis		Hodde Fm.	--	--	38.5				
<i>Tectatodinium aff. psilatam</i>	FAD		11 II, basis	12 II, basis		Hodde Fm.	--	--	38.5				
<i>Apteodinium spiridoides</i>		LOD	11 II, basis	12 II, basis		Hodde Fm.	--	--	38.5				
<i>Heteraulacysta campanula</i>		maximal hyppighed	11 II, basis	12 II, basis		Hodde Fm.	--	Serravallien	38.5				
<i>Cerebrocysta poulsenii*</i>	FAD		11 I, top	12 I, top		Hodde Fm., basis	--	Langhien	41.5				
<i>Palaeocystodinium striatogranulosum</i>	FAD		11 I, top	12 I, top		Hodde Fm., basis	Mellem Miocæn	--	41.5				
<i>Polysphaeridium zoharyi*</i>		maximal hyppighed	11 I	12 I		Oddeurup Fm., top	(Mellem Miocæn)	--	45.0				
<i>Coustauidinium aubryae*</i>		LOD	11 I	12 I		Oddeurup Fm., top	(Mellem Miocæn)	--	45.0				
<i>Spiniferites sp. 1 SP</i>	FAD					Arnum Fm.	Nedre Miocæn	--	56.5				
<i>Sumatradinium druggii</i>	FAD					Arnum Fm.	--	--	59.5				
<i>Spiniferites gracilimembranaceus</i>	FAD					Arnum Fm.	--	Langhien	59.5				
<i>Coustauidinium aubryae*</i>	FAD					Arnum Fm.	--	Øvre Burdigalien	71.5				
<i>Barssidinium evangelinae</i>	FAD					Arnum Fm.	--	--	71.5				
<i>Cerebrocysta satchelliae*</i>	FAD					Arnum Fm.	--	--	112.5				
<i>Tityrosphaeridium cantharellus</i>		LOD				Arnum Fm.	--	--	115.5				
<i>Operculodinium "piaseckii"</i>	FAD					Arnum Fm.	--	--	118.0				
<i>Thalassiphora pelagica*</i>		LOD	10 I	11		Arnum Fm.	--	Øvre Burdigalien	118.0	45.00	765.00		
<i>Hystrichokolpoma sp. nov. 3*</i>	FAD		--	--		Arnum Fm.	--	Burdigalien	120.0				
<i>Apteodinium tectatum*</i>	FAD		9	--		Arnum Fm.	--	--	120.0	49.65			
<i>Hystrichokolpoma sp. nov. 1*</i>	FAD		--	11		Arnum Fm.	--	--	49.65				
<i>Hystrichokolpoma sp. nov. 2*</i>	FAD		--	10		Arnum Fm.	--	--	52.00				
<i>Lusatidinium claudium</i>	FAD		--	--		Arnum Fm.	--	--	52.00		97.00		
<i>Spiniferites mirabilis</i>	FAD		--	--		Arnum Fm.	--	--	52.00				
<i>Spiniferites solidago*</i>	FAD		--	--		Arnum Fm.	--	--	52.00		89.00		
<i>Batiacasphaera spherica*</i>	FAD		--	--		?Klintinghov/Arnum	--	--	54.80		87.00		
<i>Hystrichosphaeropsis obscura*</i>	FAD		--	--		?Klintinghov/Arnum	Nedre Miocæn	nedre Burdigalien	62.50				
<i>Operculodinium israelianum*</i>	FAD		--	--		?Klintinghoved Fm.	?Oligocæn/Miocæn	?Chattien/Aquit.	64.80		97.00		
<i>Glaphyrocysta sp. cf. G.? vicina</i>		LOD	9	--		?Klintinghoved Fm.	--	?Chattien/Aquit.	64.80			** (6.7)	** (1.2)
<i>Tuberculodinium vancampoae</i>	FAD		8C	--		Brejning/Vejle Fj.	Øvre Oligocæn	Chattien	76.00				
<i>Chiropteridium galea*</i>		LOD	--	--		Brejning/Vejle Fj.	--	--	76.80		123.00		** (1.2)
<i>Membranophoridium aspinatum</i>		LOD	--	--	NP25	Brejning/Vejle Fj.	--	--			123.00	** (0.6)	** (1.2)
<i>Hystrichokolpoma cinctum</i>		LOD	--	--	--	Brejning/Vejle Fj.	--	--	76.80		139.00	** (1.2)	
<i>Deflandrea phosphoritica*</i>		LOD	--	--	--	Brejning/Vejle Fj.	--	--			149.00		
<i>Wetzeliella gochtii*</i>		LOD	--	--	--	Chattien Ler	--	--			156.00		
<i>Rhombodinium draco*</i>		LOD	--	--	NP25	Chattien Ler	Øvre Oligocæn	Chattien			156.00		
<i>Areosphaeridium pectiniforme*</i>		LOD	--	--	NP24	Rupelien Ler	Nedre/Øvre Oligocæn	Rupelien/Chattien			170.00		
<i>Rhombodinium draco</i>	FAD		--	--	NP23	Rupelien Ler	Nedre Oligocæn	Rupelien			170.00		
<i>Apteodinium spiridoides</i>	FAD		--	--	NP22	Rupelien Ler	--	--			171.00		
<i>Chiropteridium galea*</i>	FAD		8C	--	NP22	Rupelien Ler	Nedre Oligocæn	Rupelien			171.00		
<i>Areosphaeridium dictyoplokus*</i>		LOD	?	--	NP21	Grundfør Ler	Øvre Eocæn	Priabonien			174.00		
<i>Thalassiphora fenestrata</i>		LOD	--	--	--	Grundfør Ler	--	--			174.00		
<i>Areosphaeridium michoudii</i>		LOD	--	--	--	Søvind Mergel Fm.	--	--			175.00		
<i>Cerebrocysta bartonensis</i>		LOD	--	--	--	Søvind Mergel Fm.	--	--			175.00		
<i>Wetzeliella gochtii</i>	FAD		--	--	--	Søvind Mergel Fm.	--	--			175.00		
<i>Thalassiphora fenestrata</i>	FAD		--	--	NP21	Søvind Mergel Fm.	Øvre Eocæn	Priabonien			176.00		
<i>Areoligera tauloma</i>		LOD	--	--	NP16/17	Søvind Mergel Fm.	Mellem Eocæn	Lutetien/Bartonien			183.00		
<i>Diphyes colligerum</i>		LOD	?	10	NP16	Søvind Mergel Fm.	--	Lutetien/Bartonien		77.50	183.00		
<i>Areoligera sentosa</i>	OCC				NP14	Søvind Mergel Fm.	Mellem Eocæn	Lutetien			183.00		

*: Bioevents, der er brugt til korrelation på figur 4.

**: Ikke reelle første- og sidste forekomster (FAD-er og LOD-er), da det er data fra daglokaliteter, der repræsenterer en meget begrænset del af lagserien