

Dinoflagellat stratigrafi i Borg-1 boringen, DGUnr. 158.760, i Sønderjylland, Danmark

Stefan Piasecki, Karen Dybkjær & Erik Skovbjerg Rasmussen



Dinoflagellat stratigrafi i Borg-1 boringen, DGUnr. 158.760, i Sønderjylland, Danmark

Stefan Piasecki, Karen Dybkjær & Erik Skovbjerg Rasmussen

Indhold

Indledning	3
Geologisk ramme	4
Litostratigrafi	6
Metoder	7
Litologi.....	7
Palynologi	7
Boredata	9
Palynologi/biostratigrafi	10
Holocæn–Pleistocæn	10
<i>Hystriosphæeropsis obscura</i> Zone	10
<i>Amiculosphaera umbraculum</i> Zone – <i>Achomosphaera andalusiense</i> Zone.....	10
<i>Unipontidinium aquaeductum</i> Zone.....	11
<i>Labyrintodinium truncatum</i> Zone.....	11
<i>Cousteaudinium aubryae</i> – <i>Exochosphaeridium insigne</i> Zoner	11
<i>Cordosphaeridium cantharellus</i> – <i>Sumatradinium hamulatum</i> Zoner.....	12
<i>Thalassiphora pelagica</i> Zone	12
<i>Caligodinium amiculum</i> Zone	13
Regional biostratigrafisk korrelation	14
Stratigrafisk konklusion	15
Figur tekster	16
Referencer	17

Indledning

Borg-1 boringen ved Bredebro i Sønderjylland er én af en række tidlige kulbrinte efterforskningsboringer på dansk landområde. Den blev boret i april 1988 af firmaet Kenting Drilling Services i-s for en gruppe olieselskaber og nåede en dybde af 3074 meter. Det primære mål var Zechstein. Der er 708 meter præ-kridt sedimenter af Palæogen–Holocæn alder. Som et led i projektet "Højopløselig Stratigrafi" ved GEUS blev der udtaget vaskede cuttingsprøver af den øverste, neogene del af boringen. Prøverne blev analyseret for indholdet af dinoflagellat cyster med henblik på en stratigrafisk analyse af lagserien. Der er tidligere gennemført stratigrafisk foraminiferanalyse af samme lagserie i Borg-1 boringen (Laursen & Kristoffersen 1999) og dette giver en god mulighed for korrelering af de to biostratigrafiske zoner.

Flere års undersøgelser har vist at dinoflagellat stratigrafi er den bedste biostratigrafiske metode i de oligocæne og miocæne sedimenter og at denne metode, kombineret med sekvensstratigrafi og seismiske data, kan udrede de stratigrafiske forhold for lagserien (Dybkjær & Rasmussen 2000; Dybkjær *et al.* 2003; Dybkjær 2004; Dybkjær & Rasmussen 2005; Piasecki 2005; Rasmussen & Dybkjær 2005; Rasmussen *et al.* 2006; Dybkjær & Piasecki 2008, submitted).

Analysen af Borg-1 boringen er et vigtigt bidrag til forståelsen af den danske, neogene dinoflagellat stratigrafi fordi boringen er placeret syd for Ringkøbing-Fyn Højderyggen i sydvest Sønderjylland (Fig. 1) dvs. i et område hvor relativt få boringer er blevet analyseret i forbindelse med dette projekt.



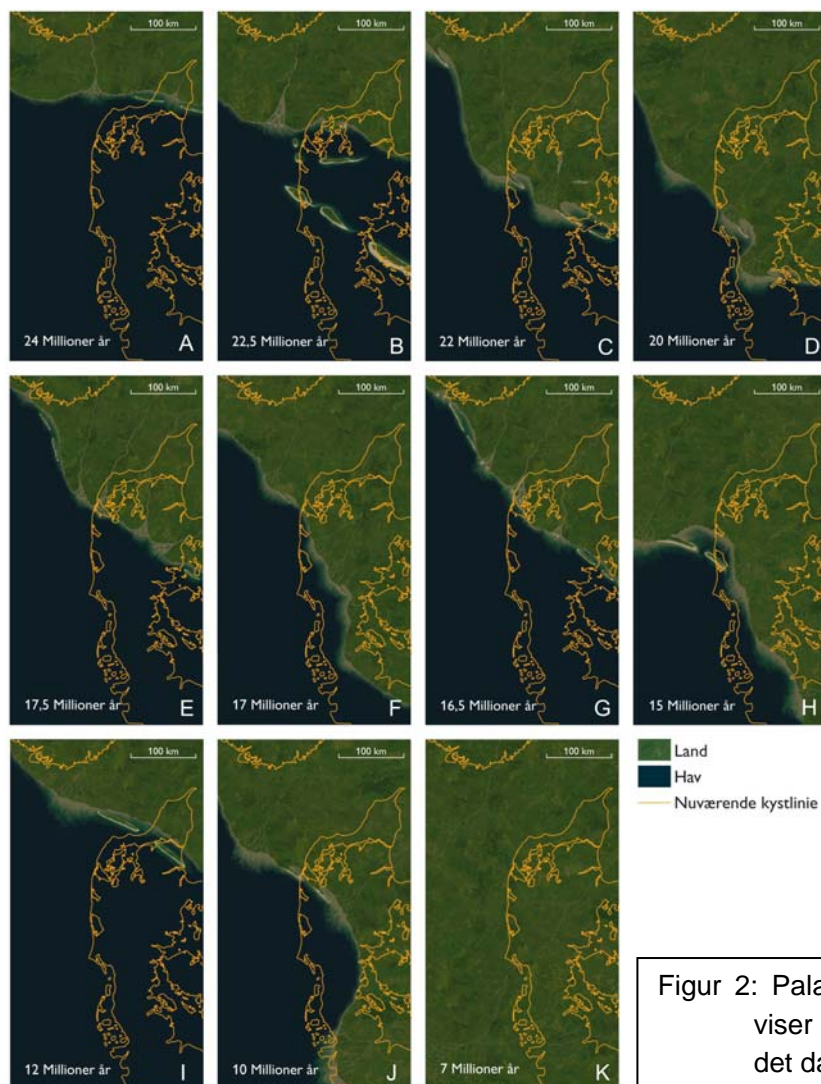
Figur 1: Kort over Danmark med placeringen af Borg-1 boringen ved landsbyen Borg i det sydvestlige Sønderjylland.

Geologisk ramme

Nordsøbassinet er blevet dannet som en konsekvens af den termale indsynkning, der efterfulgte gravdannelsen i Jura (Ziegler 1982; Vejrbæk 1992). Dette bassin strakte sig fra Norge i nord, nedover Skåne, Baltikum og Nordtyskland, hvorefter den sydlige afgrænsning forløb nedover Belgien og Nordfrankrig. Den vestlige afgrænsning er mere upræcis, men har formodentligt forløbet op langs Østengland og videre op langs Skotlands- og Shetlandsøernes østkyst. Mellem Shetland og Norge var der et smalt stræde, der virkede som en barriere så Nordsøen i perioder har været brak. Den maksimale udbredelse af havet i dette bassin forekom i Øvre Kridt, hvor kalk og limsten blev aflejret. I forbindelse med Den Alpine Foldning (Øvre Kridt og Paleocæn) blev dele af bassinet kraftig påvirket. Dette resulterede i kraftig inversionstektonik og sandsynligvis også i hævnning af Det fennoskandiske Skjold. Specielt ses en markant udbygning af kystlinien i bassinet fra nord i Eocæn, men paleocæne gravitetsafsætninger på Ringkøbing-Fyn Højderyggen (Danielsen *et al.* 1995) indikerer formodentligt at udbygningen startede allerede på dette tidspunkt. Den centrale del af bassinet var karakteriseret ved en typisk sokkeludbygning i et hav med 500 – 700 meters vanddybde. Længere mod øst (det nuværende Danmark) var vanddybderne væsentligt lavere, mellem 0 og ca. 100 meter (Hindsby *et al.* 1999). I Paleocæn og Eocæn tid var udbygningen koncentreret til de marginale dele af bassinet syd for det nuværende Norge (f.eks. (Jordt *et al.* 1985) mens aflejringerne i Danmark var domineret af finkornede sedimentter (Heilmann-Clausen 1995). I Oligocæn nåede udbygningen ned i det danske område og der aflejredes lavmarine, sandrige sedimentter i Nordjylland og Midtjylland, især omkring Ringkøbing-Fyn Højderyggen. Deltaudbygning fra nord dominerede lokalt, men generelt blev sedimentterne aflejret i oddekomplekser med bagved liggende laguner og åbent hav mod syd og sydvest (Friis *et al.* 1998; Rasmussen 2004; Rasmussen & Dybkjær 2005). Tektoniske bevægelser i Oligocæn har sandsynligvis haft indflydelse på kildeområdet og aflejringsmønsteret. Ligeledes har globale havniveauændringer i Oligocæn også sat sit præg på aflejringsmiljøet, bl.a. ved at en stor del af Nedre Oligocæn mangler (f.eks. (Michelsen 1994; Heilmann-Clausen 1995). Nedre Oligocæne aflejringer er bevaret lokalt, i depressioner relateret til saltstrukturer og depressioner dannet i forbindelse med grundfjeldsrelaterede tektoniske bevægelser i Oligocæn.

I Øvre Oligocæn transgrederedes Det danske Bassin på ny (fig. 2A). Den topografi, der dannedes i forbindelse med de tektoniske bevægelser, har haft afgørende betydning for aflejringsmiljøet. Ringkøbing-Fyn Højderyggen spillede en særlig rolle, idet den adskilte mere åben marine/kystprograderende aflejringsmiljøer syd for ryggen fra parallel/afsnørede miljøer nord for ryggen (Rasmussen 2004; Rasmussen & Dybkjær 2005). De strukturelle rygge var vigtige områder for dannelse af oddekomplekser, der resulterede i en serie af barriere-øer med bagved liggende laguner på tværs af Jylland. Sedimentkilden til disse oddekomplekser har været store floder fra nord. Sedimentterne er transporteret langs kysten indtil aflejring i oddekomplekserne. Et markant fald i havniveau resulterede i en markant udbygning af kysten i seneste Chattien (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 havniveauet faldet i Aquitanien steg havniveauet generelt op igennem Miocæn med maksimum i Serravallien (Øvre Mellem Miocæn)(fig. 2D) (Printice & Matthews 1988). Nye tektoniske bevægelser karakteriserede bassinet i slutningen af Burdigalien (sen Tidlig Miocæn). Dette resulterede i nye udbygning-

ger, bl.a. aflejringer beriget med tungmineraller (fig. 2H). Da denne udbygning foregik under stigende havniveau var den ikke så markant som den i Aquitanien og pga. stigende grundvandsspejl i landområderne var mulighederne optimale for afsætning af brunkul, som det kendes fra Midtjylland (fig. 2H). Langhien (Mellem Miocæn) repræsenterer en vigtig fase i udviklingen af Nordsøbassinet. Midt i perioden skete der en markant transgression og ligeledes viser forkastninger i Odderup Formationen at tektonisk aktivitet foregik ved denne overgang (Koch 1989). Kildeområdet skiftede i denne periode fra overvejende nord i Nedre Miocæn til nordøst og øst i Mellem og Øvre Miocæn. Under den markante transgression i Langhien var klimaet varmt. Det varme klima i begyndelsen af Mellem Miocæn var et globalt fænomen og derfor steg det globale havniveau også markant i denne periode. Sandsynligvis var hele det danske område oversvømmet i den sidste del af Mellem Miocæn under aflejring af Hodde Formationen. Under aflejringen af Gram Formationen i Øvre Miocæn, blev det generelt koldere globalt og dermed skete der også et fald i havniveau i den sidste del af Miocæn (fig. I-K) Dette blev kompenseret af en større regional indsinking, således at området forblev fuldt marint trods det faldende globale havniveau. Nye undersøgelser viser endda at der blev aflejret op til 400 m øvre miocæne sedimenter over Midtjylland (Japsen *et al.* 2002). Gram Formationen er kendt for en rig flora og fauna, der må derfor have været en høj tilførsel af næringsstoffer fra land.

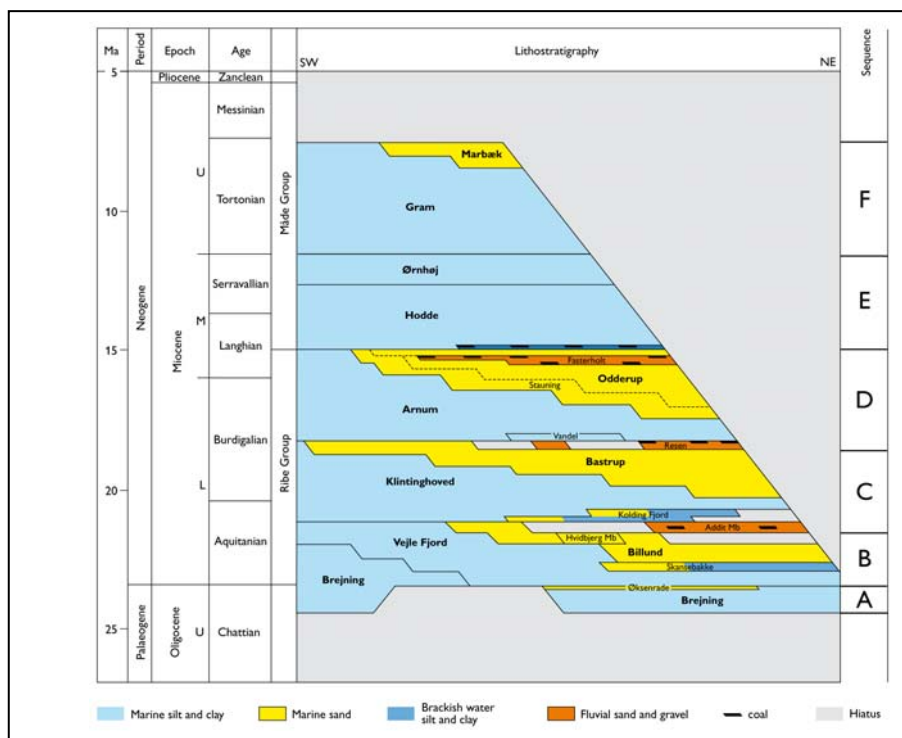


Litostratigrafi

De nyere undersøgelser af den øvre oligocæne – miocæne lagserie i Jylland har vist at den tidligere litostratigrafiske opdeling (Sorgenfrei 1958; Larsen & Dinesen 1959; Rasmussen 1961) er for simpel. Den her anvendte litostratigrafiske opdeling er vist på figur 3. De enkelte litostratigrafiske enheder er beskrevet i (Rasmussen 2003; Rasmussen & Hansen 2005).

Den nederste del af den tidligere Vejle Fjord Formation, Brejning Ler, henregnes til Oligocæn, så den miocæne lagserie starter med Vejle Fjord Formation. I det centrale og vestlige Jylland er der kortlagt et større deltakompleks, som er samtidig med Vejle Fjord Formationen (Rasmussen *et al.* 2004). Dette benævnes Billund Formationen. I det sydlige Jylland aflejredes et meget sandrigt system, som er en videre udbygning af Billund deltaet, men som dog er isoleret fra Billund deltaet. Dette sandrige system (tidligere Ribe Formationen) inkluderes nu i Billund Formationen. Over disse enheder følger Klintinghoved Formationen, der hovedsageligt består af lerede sedimenter. Den nederste del af Klintinghoved Formationen består af sandrige sedimenter afsat på strandplan og i laguner. Disse lag benævnes Kolding Fjord Member. 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 de lerede aflejringer mellem Klintinghoved og Arnum formationerne. Dette lag benævnes Bastrup Formationen. Højere oppe i Arnum Formationen blev den sandede Stauning Member aflejret som stormsandsaflejringer i forbindelse med aflejringer af de fluviale og kystslette-sedimenter der henføres til Odderup Formationen. Generelt bliver sandet fra både Stauning Member og Odderup Formation successivt yngre mod sydvest. Såvel Stauning Member som Odderup Formation interfingerer med det marine ler i den allerøverste del af Arnum Formationen. Over Odderup og Arnum formationerne træffes generelt kun lerrige sedimenter i Jylland. Disse lag er kendt som Hodde, Ørnhøj og Gram Formationerne. Men i det sydvestlige Jylland afsluttes lagserien af Marbæk Formation be-

stående af pro-
graderende
kystsand.



Figur 3:
Ny litostratigrafi for
det danske Miocæn
i Jylland (Rasmus-
sen *et al.* in prep.).

Metoder

Litologi

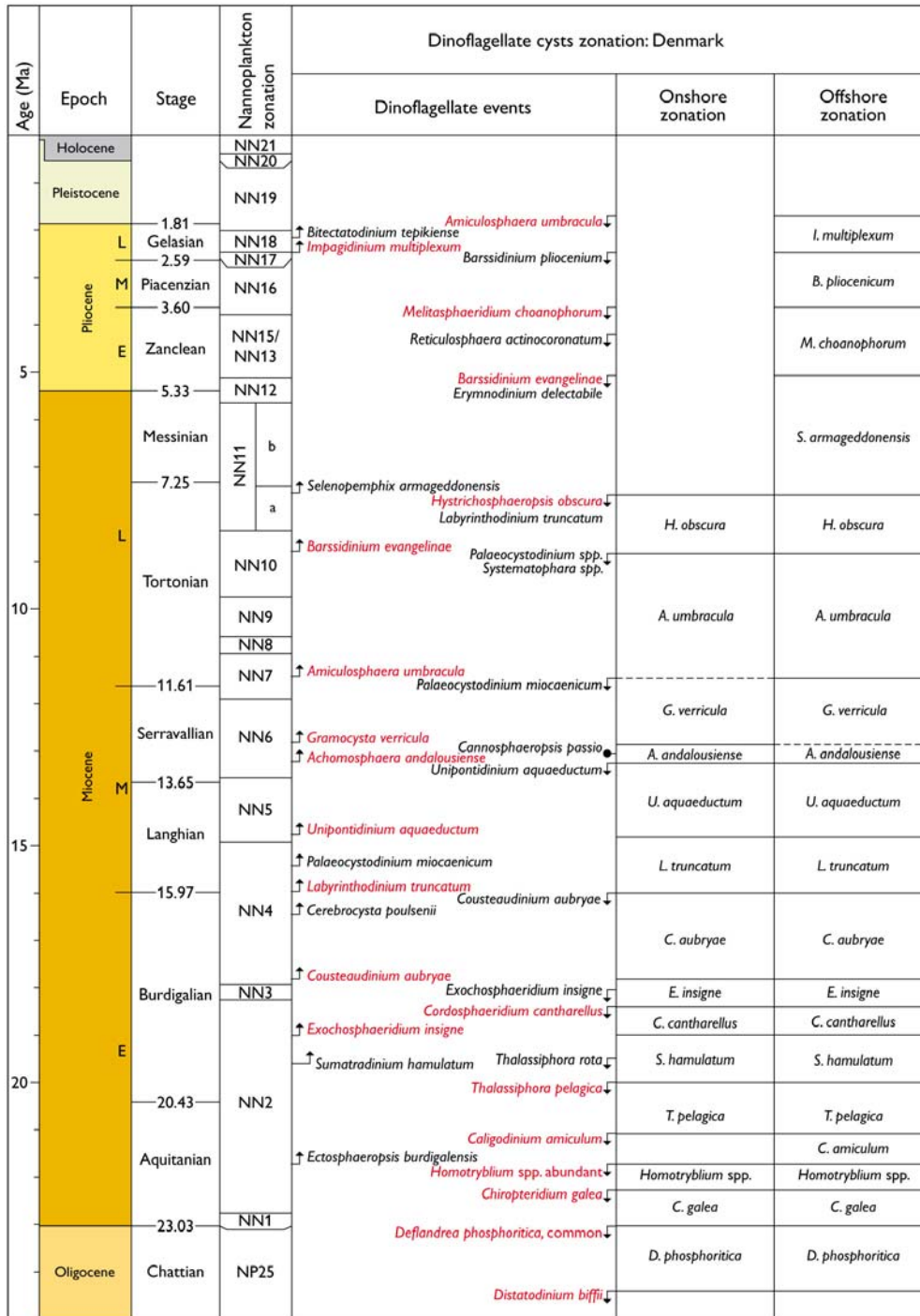
Boringen er ikke beskrevet litologisk/sedimentologisk i denne undersøgelse. Biostratigrafien er korreleret til boringen baseret på dybder og gamma-log, og litologiske/litostatigrafiske enheder er herefter identificeret. Det reviderede litostatigrafiske skema (Rasmussen 2009) danner grundlag for navnene på enhederne. Borehuls gamma-loggen er brugt til at korrelere biostratigrafien med litostatigrafien (Bilag 2).

Palynologi

Til den palynologiske undersøgelse blev der udtaget 37 prøver fra intervallet 90–450 meter. Prøverne blev behandlet i det stratigrafiske laboratorium på GEUS efter palynologiske standardmetoder, som omfatter behandling med HCl, HF, HNO₃ og filtrering på 20 µm filtre. Denne behandling fjerner karbonater (kalk) og silikater (ler, silt, sand) fra prøverne. De organiske sedimentære partikler, der er modstandsdygtige overfor syrebehandlingen, blev derefter monteret i glyceringelantine på præparatglas. Disse præparater blev så undersøgt i lysmikroskop. Der blev (om muligt) talt minimum 200 dinoflagellater pr. prøve og samtidigt blev andelen af andre marine alger, acritarcher samt ferskvandsalger registreret til brug for kvantitative analyser. Der er dog nogle intervaller i boringen med generelt meget få dinoflagellater. I nogle af disse prøver, var det ikke muligt at tælle 200 eksemplarer.

Resultaterne af det palynologiske studie er præsenteret i et "range chart" og de stratigrafiske konklusioner i et stratigrafisk skema (Bilag 1 & 2). Procentandelen af den enkelte art dinoflagellat og den enkelte ferskvandsalge er vist i forhold til summen af registrerede dinoflagellater og ferskvandsalger i hver prøve. Disse variationer i dinoflagellatselskabet og i ferskvandsalgeselskabet afspejler dels stratigrafiske ændringer og dels ændringer i aflejningsmiljøet, f.eks. i salinitet, tilførsel af næringsstoffer og i havvandstemperaturer. En stor andel af ferskvandsalger indikerer f.eks. stor tilførsel af ferskvand til aflejningsområdet, som det bl.a. ses i Marbæk Formation og Stauning Member. Forekomster af dinoflagellater, der er tolket som et resultat af forurening med nedfaldet materiale, kaldes "caving" og er markeret med et C i rangechartene. Omlejrrede dinoflagellatarter ("reworked") er vist i en søjle for sig og mærket med et C. Registrerede acritarcher og ferskvandsalger er også vist i separate søjler.

Baseret på forekomsten af stratigrafisk vigtige dinoflagellater er boringen opdelt i biozoner på grundlag af den nye dinoflagellat stratigrafi for Neogen i Danmark (Figur 4)(Dybkjær & Piasecki 2008, submitted). Biozonerne indikerer en alder af sedimenterne og ud fra gamma-loggen tolkes også tilstedeværelsen af litologiske enheder f.eks. formationer.



● Maximum occurrence

Figur 4: Ny dinoflagellat stratigrafi for det danske Neogen (Dybkjær & Pia-secki 2008, submitted)

Boredata

Nærværende rapport er baseret på data fra Borg-1 boringen (DGU nr. 158.760) lokaliseret 2 km SSW for Bredebro i den sydligste del af Sønderjylland. Lokaliseringen af boringen er vist på figur 1. Fra "Digitale Boredata" på GEUS hjemmeside (www.geus.dk):

Boring Borg-1
Borested 6261 Bredebro
Boringsdato 29/05–1988
Formål Dybdeboring
Kommune Tønder
Miljøcenter Miljøcenter Ribe
Region Syddanmark
Dybde 3074 meter
Kortblad 1112 IISV
Datum ED50
UTM zone 32
UTM-koordinater 487628, 6100414
EUREF89-koord. 487547.7, 6100207.5
Kote, meter 11.74 DNN, 11.74 DVR90
Fikspunktsbeskrivelse Terræn
Fikspunktskote 11.74 DVR90
Fikspunkt, 0 meter over terræn

Den følgende, oprindelige beskrivelse af litologien af den neogene lagserie i Borg-1 boringen er også hentet fra GEUS hjemmeside, "Digitale Boredata":

Meter under terræn	Beskrivelse
0 – 20 meter	ler
20 – 38 meter	sand
38 – 196 meter	ler, gråsort, glimmer-holdigt, glaukonit-holdigt, skalfragmenter (kantede), "glimmerler".
196 – 284 meter	ler, grønsort, glimmer-holdigt, glaukonit-holdigt, pyrit-holdigt, skalfragmenter (kantede).
284 – 491 meter	ler, grønsort, glimmer-holdigt, glaukonit-holdigt, skalfragmenter (kantede).

Palynologi/biostratigrafi

De vaskede cuttings prøver fra Borg-1 boringen er voldsomt præget af nedfaldede sedimenter (caving) hvilket vanskeliggør/umuliggør identificeringen af første forekomster af dinoflagellat arter. Derfor er der er lagt stor vægt på sidste forekomster og på toppen af lokal, maximal udbredelse.

Holocæn–Pleistocæn

0–109 meter antages at være Holocæn–Pleistocæn aflejringer.

Dinoflagellat floraen er domineret af omlejrrede, ældre arter (f.eks. Palæogen) blandet med øvre miocæne, sandsynligvis lokalt omlejrrede dinoflagellater og ferskvands alger.

Hystriosphæropsis obscura Zone

Prøverne fra 110 – 190 meter henføres til *H. obscura* Zonen på grundlag af at *H. obscura* og *Labyrinthodinium truncatum* er til stede i den øverste prøve og at *Barssidinium evangelinae* har første optræden og *Palaeocystodinium* spp. har sidste optræden i den nederste prøve i 190 meter (Bilag 1).

Homotryblium tenuiserratum har sidste optræden i 150 meter ca. midt i *H. obscura* Zonen og dinoflagellat floraen er fattigere herover. Til gengæld er ferskvandsalger som *Botryococcus* spp., *Mougeotia laetevirens* og *Pediastrum* spp. meget almindelige i denne succession.

Alderen er sen Tortonien, Sen Miocene

Litostratigrafisk korreleres øverste del af *H. obscura* Zonen med Marbæk Formation og nederste del med Gram – øverste Ørnhøj Formation (Bilag 2).

Amiculosphaera umbraculum Zone – *Achomosphaera andalousiense* Zone

Prøven i 190 meter indeholder sidste forekomst af *Palaeocystodinium miocaenicum* (samtidig med sidste forekomst af *Palaeocystodinium* spp.) så vel som første forekomst af *A. andalousiense*. *Cannosphaeropsis passio* forekommer kun i denne prøve (Bilag 1).

Prøven fra 190 meter repræsenterer lag som er aflejret meget kondenseret; intervallet er kendt fra hele miocænets udbredelse i Jylland og kan kun inddeles stratigrafisk ved en tæt prøvetagning. Cuttingsprøven fra 190 meter repræsenterer mindst 10 meter kondenseret lagserie, blandet med udbredt nedfald fra den højere liggende lagserie. Lagene omkring

denne prøve henføres derfor til 3 dinoflagellat zoner; *Amiculosphaera umbraculum*, *Gramocysta verricula* og *Achomosphaera andalusiense* zonerne.

Alderen er tidlig Tortonien – sen Serravallien, Sen – Mellem Miocæn.

Litostratigrafisk korreleres prøven ved 190 meter med nederste Ørnhøj Formationer. Dette støttes af gamma målingerne, som er markant høje i dette interval (Bilag 2).

***Unipontidinium aquaeductum* Zone**

Prøverne ved 200 – 210 meter indeholder henholdsvis sidste og første forekomst af *U. aquaeductum*. Lagene mellem disse to prøver henføres derfor til *U. aquaeductum* Zone (Bilag 1).

Alderen er tidlig Serravallien – sen Langhien, Mellem Miocæn.

Litostratigrafisk korreleres lagene til øvre Hodde Formation (Bilag 2).

***Labyrintodinium truncatum* Zone**

Prøven ved 210 meter indeholder første forekomst af *U. aquaeductum* og prøven ved 230 meter indeholder sidste forekomst af *Costeaudinium aubryae*. Lagene mellem disse to prøver henføres derfor til *L. truncatum* Zone (Bilag 1).

Alderen er tidlig Langhien, Mellem Miocæn.

Litostratigrafisk korreleres lagene til nedre Hodde Formation (Bilag 2).

***Cousteaudinium aubryae* – *Exochosphaeridium insigne* Zoner**

Prøven ved 210 meter indeholder sidste forekomst af *Cousteaudinium aubryae* og prøven ved 360 meter indeholder sidste forekomst af *Cordosphaeridium cantharellus*. Lagene mellem disse prøver henføres derfor til *C. aubryae* og *E. insigne* zonerne. Maximum forekomst af *Polysphaeridium zoharyi* og af *Palaeocystodinium miocaenicum* optræder i den øverste del af zonen. Disse findes ofte i nærheden af grænsen mellem *Labyrintodinium truncatum* og *Cousteaudinium aubryae* zonerne, så disse maxima ligger stratigrafisk, relativt lavt, men er sandsynligvis facies afhængige.

Zonerne omfatter, specielt i den nedre del (280–350 meter) en fattig dinoflagellat flora (Bilag 1). Dette modsvarer mærkværdigvis af en relativ rig foraminifer fauna i samme interval (Laursen & Kristoffersen 1999).

Alderen er sen Burdigalien, Tidlig Miocæn.

Litostratigrafisk korreleres lagene til henholdsvis Arnum og Odderup Formationerne (Bilag 2). Øverste i zonen findes en relativ tynd Odderup Formation afspejlet ved lave gammaværdier, ovenover Arnum Formationen. Her under henføres det dinoflagellat fattige interval til Odderup Formationen – Stauning Member, som er afgrænset nedad ved et markant gamma maximum ved 320 meter (Bilag 2). Den nederste del af zonerne korreleres til Arnum Formationen på trods af det begrænsede indhold af dinoflagellater.

***Cordosphaeridium cantharellus* – *Sumatradinium hamulatum* Zoner**

Prøven ved 360 meter indeholder sidste forekomst af *C. cantharellus* og prøven ved 420 meter indeholder sidste forekomst af *Thalassiphora pelagica*. Lagene mellem disse prøver henføres derfor til *C. cantharellus* og *S. hamulatum* zonerne (Bilag 1).

Den øverste del af intervallet indeholder en relativt rig dinoflagellat flora, men den nederste del er mere fattig. Den øverste flora falder sammen med et minimum af foraminiferer mens den nedre fattige del falder sammen med en mindre forøgelse i foraminifer indholdet (Laursen & Kristoffersen 1999).

Alderen er tidlig Burdigalien, Tidlig Miocæn.

Litostratigrafisk korreleres den øvre del af intervallet med nederste Arnum Formation, og den nedre del med Bastrup Formation (Fig. 3; Bilag 2). Denne nedre del indeholder den omtalte fattige dinoflagellat flora.

***Thalassiphora pelagica* Zone**

Prøven ved 420 meter indeholder sidste forekomst af *T. pelagica*, mens prøven 440 meter indeholder sidste forekomst af *Caligodinium amiculum*. Lagene her imellem henføres derfor til *T. pelagica* Zone. Zonen indeholder en moderat dinoflagellat flora mens foraminiferer er fraværende (Laursen & Kristoffersen 1999) (Bilag 1).

Alderen er sen Aquitanien, Tidlig Miocæn

Litostratigrafisk korreleres intervallet med øverste Klintinghoved Formation (Rasmussen in prep.) (Fig. 3; Bilag 2).

***Caligodinium amiculum* Zone**

Prøven ved 440 meter indeholder sidste forekomst af *C. amiculum* mens der ikke er fundet andre stratigrafisk signifikante dinoflagellater i den nederste prøve 450 meter. De to prøver henføres derfor til *C. amiculum* Zone (Bilag 1).

Zonen indeholder en moderat dinoflagellat flora mens foraminiferer er fraværende (Laursen & Kristoffersen 1999).

Alderen er midt Aquitanien, Tidlig Miocæn.

Litostratigrafisk korreleres intervallet med Klintinghoved Formation (Rasmussen in prep.) (Fig. 3; Bilag 2).

Regional biostratigrafisk korrelation

Dinoflagellate stratigrafien i Borg-1 boringen falder helt inden for rammerne af den nye Neogen dinoflagellat stratigrafi for den østlige Nordsø (Dybkjær & Piasecki 2008, submitted). Kun i enkelte af de meget sandede enheder, er indholdet af *in situ* dinoflagellat cyster så begrænset at lagserien må henføres til to zoner på én gang.

Stratigrafisk konklusion

Foraminifer stratigrafien i Borg-1 boringen er effektiv fra 100 – 340 meter (Figur 4 i (Laursen & Kristoffersen 1999)). Højere end 100 meter er der registreret mange foraminiferer men de henføres ikke til NSB eller NSP zoner. Dinoflagellaterne i dette interval opfattes også som lokalt omljrede miocæne arter. Under 340 meter er foraminifererne meget sparsomme indtil Eocæn? lag optræder i boringen fra 480 – 500 meter. Det eneste interval hvor der er registreret begrænset optræden af foraminiferer (380 – 410 meter) er den sandede lagserie som i denne rapport henføres til Bastrup Formation. Det må formodes at disse foraminiferer er omljret under delta udbygningen eller nedfaldet fra højere lag. Dette interval er henført til NSP 10 og 9 zonerne.

Figur tekster

Figur 1: Kort over Danmark med placeringen af Borg-1 boringen ved byen Borg i det sydvestlige Sønderjylland.

Figur 2: Palæogeografiske kort som viser forløbet af aflejringen af det danske Miocæn.

Figur 3: Ny litostratigrafi for det danske Miocæn i Jylland (Rasmussen *et al.* in prep.).

Figur 4: Ny dinoflagellat zonerings af det danske Neogen (Dybkjær & Piasecki 2008, submitted)

Bilag 1: Palynologisk "range-chart" for Borg-1 boringen. Den stratigrafiske fordeling af dinoflagellater, acritarcher, andre alger samt dinoflagellat zonerings af den gennemboede lagserie.

Bilag 2: Dinoflagellat zonerings af Borg-1 boringen med datering af lagserien, korreleret med den nye litostratigrafi og gamma-loggen.

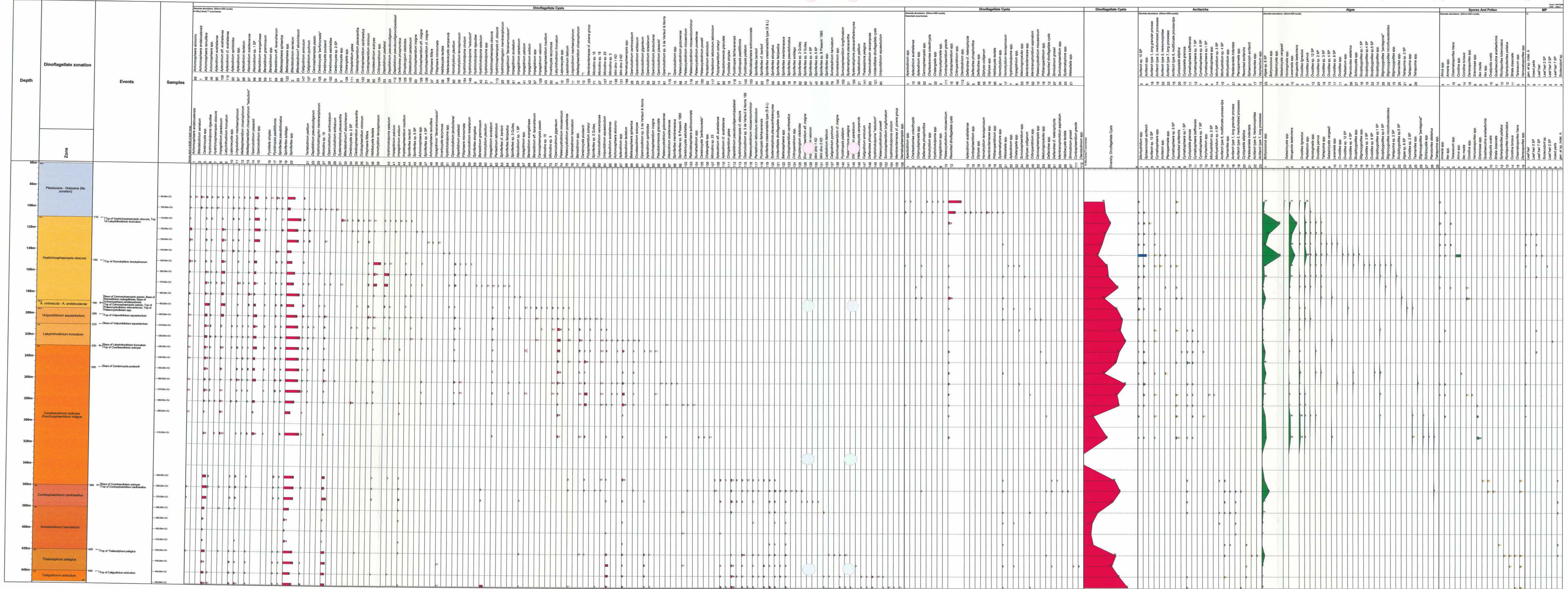
Referencer

- Danielsen, M., Michelsen, O. & Clausen, O.R. 1995: Oligocene sequence stratigraphy and basin development in the Danish North Sea sector based on log interpretations. EFP-92 Project. Basin development of the Tertiary of the Central Through with emphasis on possible hydrocarbon reservoirs, 26 pp.
- Dybkjær, K. & Rasmussen, E.S. 2000: Palynological dating of the Oligocene – Miocene successions in the Lille Bælt area. Bulletin of the Geological Society of Denmark **47**, 87–103.
- Dybkjær, K., Rasmussen, E.S. & Piasecki, S. 2003: Stratigrafi i boringerne: Fromsseier, Bække, Estrup og Føvling, Ribe Amt. Danmarks og Grønlands geologiske Undersøgelse Rapport **2003/95**, 53 pp.
- Dybkjær, K. 2004: Dinocyst stratigraphy and palynofacies studies used for refining a sequence stratigraphic model - uppermost Oligocene to lower Miocene, Jylland, Denmark. Review of Palaeobotany and Palynology **131**(3–4), 201–249.
- Dybkjær, K. & Rasmussen, E.S. 2005: Salten Profilet - stratigrafi og aflejningsmiljø. En palynologisk og sedimentologisk undersøgelse af Salten Profilet, Århus Amt. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse Rapport **2005/6**, 15 pp.
- Dybkjær, K. & Piasecki, S. 2008: A new Neogene biostratigraphy for Denmark. Geological Survey of Denmark and Greenland, Bulletin **15**, 29–32.
- Dybkjær, K. & Piasecki, S. submitted: New Neogene dinoflagellate stratigraphy for the eastern North Sea, Denmark. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology.
- Friis, H., Mikkelsen, J. & Sandersen, P. 1998: Depositional environment of the Vejle Fjord Formation of the Upper Oligocene – Lower Miocene of Denmark: a barrier island/barrier-protected depositional complex. Sedimentary Geology **117**, 221–244.
- Heilmann-Clausen, C. 1995: Palæogene aflejringer over Danskekalken. In: Nielsen, O.B. (ed.) Danmarks geologi fra Kridt til i dag. Aarhus Geokompender **1**, 69–114.
- Hindsby, K., Harrar, B., Nyegaar, P., Konradi, P., Rasmussen, E.S., Bidstrup, T., Gregeresen, U. & Boaretto, E. 1999: Holocene and Pleistocene groundwaters in a coastal Miocene sand aquifer. In: Edmunds & Milne (eds) PALAEAUX - managements of coastal aquifers in Europe - Palaeowaters, natural controls and human influence. Final report for the EU project PALAEAUX (ENV4-CT95-0156). British Geological Survey, BGS technical report, Hydrogeology Series, WD/99/35, 1999
- Japsen, P., Bidstrup, T. & Rasmussen, E.S. 2002: Cenozoic evolution of the eastern Danish North Sea Basin. Discussion. Marine Geology **177**, 571–575.

- Jordt, H., Faleide, J.L., Bjørlykke, K. & Ibrahim, M.T. 1985: Cenozoic sequence stratigraphy of the central and northern North Sea Basin: tectonic development, sediment distribution and provenance areas. *Marine and Petroleum Geology* **12**(8), 845–879.
- Koch, B.E. 1989: Geology of the Søby-Fasterholt area. Geological Survey of Denmark, Serie A **22**, 177 pp.
- Larsen, G. & Dinesen, A. 1959: Vejle Fjord Formationen ved Brejning. Sedimenterne og foraminifer faunaen (Oligocæn-Miocæn). Danmarks geologiske Undersøgelse, II. Række **82**, 114 pp.
- Laursen, G.V. & Kristoffersen, F.N. 1999: Detailed foraminiferal biostratigraphy of Miocene formations in Denmark. *Contr. Tert. Quatern. Geol.* **36**(1-4), 73–107.
- 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. 2005: Dinoflagellate cysts of the Middle - Upper Miocene Gram Formation, Denmark. In: Roth, F. & Hoedemakers, K. (eds) *The Gram Book*. *Palaeontos* 7, 29-45.
- 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: Sedimentologiske og stratigrafiske undersøgelser af de miocæne aflejringsystemer i Jylland. DGF Grundvandsmøde 18. september 2003. *Geologisk Tidsskrift* 2003 (2), 3–4.
- Rasmussen, E.S. 2004: Stratigraphy and depositional evolution of the uppermost Oligocene - Miocene succession in western Denmark. *Bulletin of the Geological Society of Denmark* **51**, 89–109.
- Rasmussen, E.S., Dybkjær, K. & Piasecki, S. 2004: The Billund delta: a possible new giant aquifer in central and western Jutland. *Geological Survey of Denmark and Greenland Bulletin* **4**, 21–24.
- Rasmussen, E.S. & Dybkjær, K. 2005: Sequence stratigraphy of the Upper Oligocene - Lower Miocene of eastern Jylland, Denmark: role of structural relief and variable sediment supply in controlling sequence development. *Sedimentology* **52**, 25–63.

- Rasmussen, E.S. & Hansen, J.P.V. 2005: Kortlægning af grundvandsmagasiner i Ringkøbing Amt. Danmarks og Grønlands geologiske Undersøgelse Rapport **2005/22.**, 104 pp.
- Rasmussen, E.S., Dybkjær, K. & Piasecki, S. 2006: Neogene fluvial and nearshore marine deposits of the Salten section, central Jylland, Denmark. Bulletin of the Geological Society of Denmark **53**, 23–37.
- Rasmussen, E.S., Dybkjær, K. & Piasecki, S. in prep.: Lithostratigraphy of the upper Oligocene – Miocene succession in Denmark. Geological Survey of Denmark and Greenland, Bulletin.
- Rasmussen, L.B. 1961: De Miocæne formationer i Danmark. Danmarks Geologiske Undersøgelse, IV Række **5**, 45 pp.
- Sorgenfrei, T. 1958: Molluscan assemblages from the marine Middle Miocene of South Jutland and their environments. Danmarks geologiske Undersøgelse. Serie II **79**, 503 pp.
- Vejbæk, O. 1992: Geodynamic modelling of the Danish Central Trough. In: Larsen, R.M.e.a. (ed.) Structural and tectonic modelling and its application to petroleum geology, 1–17. Amsterdam, Elsevier, Norwegian Petroleum Society.
- Ziegler, P.A. 1982: Geological atlas of Western and central Europe, 130 pp. Amsterdam: Elsevier.

Bilag 1: S. Piasecki, K. Dybkjær & E.S. Rasmussen GEUS Rapport 2009/31



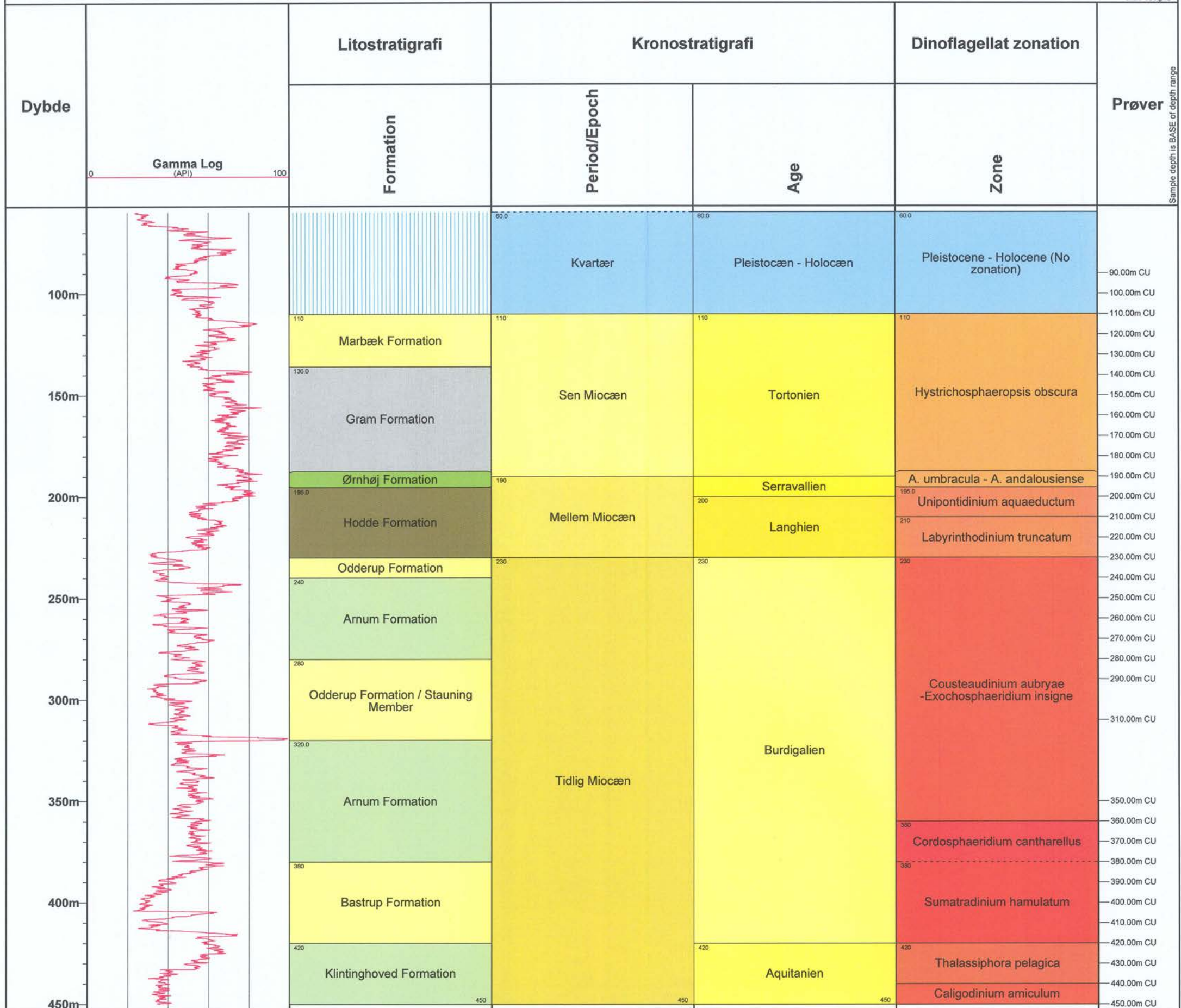
Well Name : Borg-1

Operator :
 Well Code : BORG-1
 Lat/Long : 55° 2' 57.03"N 8°48' 22.91"E
 Interval : 60m - 450m
 Scale : 1:2000
 Chart date: 11 June 2009

GEUS
Copenhagen

Bilag 2: Piasecki, S., Dybkjær, K. & Rasmussen, E.S. GEUS Rapport 2009/31

Project : NEOGEN
 Chart : Borg-1B



Sample depth is BASE of depth range