

Miocæn 3D

Den rumlige geologiske model

Margrethe Kristensen, Thomas Vangkilde-Pedersen
og Erik Skovbjerg Rasmussen



Miocæn 3D

Den rumlige geologiske model

Margrethe Kristensen, Thomas Vangkilde-Pedersen
og Erik Skovbjerg Rasmussen

Indholdsfortegnelse

1.	Indledning og baggrund	5
2.	Geologisk ramme	7
2.1	Lagseriens arkitektur og strukturelle elementer.....	8
3.	Den rumlige geologiske model	10
3.1	Det geologiske datagrundlag.....	10
3.1.1	Geologiske data	10
3.1.2	Geofysiske data	13
3.1.3	Eksisterende tolkninger	20
3.2	Fokusområder for den rumlige geologiske model	20
3.3	Definition af lag i den rumlige geologiske model	21
3.3.1	Principper for navngivning af lag	21
3.3.2	Stratigrafiske enheder, aflejningsmodel og palæogeografi	24
3.4	Konstruktion af modelskelet	31
3.4.1	Modeltype.....	31
3.4.2	Sammenstilling med andre modeller	31
3.4.3	Modelafgrænsning	32
3.4.4	Profilnetværk og projektionsafstande	33
3.5	Rumlig geologisk modellering	34
3.5.1	Punkttolkning.....	34
3.5.2	Modellering af særlige geologiske strukturer og områder	34
3.5.3	Arbejdsgangen	38
3.5.4	Interpolation af tolkningspunkter	43
3.6	Usikkerhedsvurderinger	44
3.7	Afsluttende bemærkninger	45
4.	Referencer	46
Bilag 1	Oversigt over nøgleboringer samt deres tilknytning til korrelationspaneler	
Bilag 2	Oversigt over beregnede top- og bundkoter for de seismiske billedfiler	
Bilag 3	Korrelationspaneler fra 2009	
Bilag 4	GIS-kort med maksimal udbredelse for deltalober og fluviatile aflejringer	

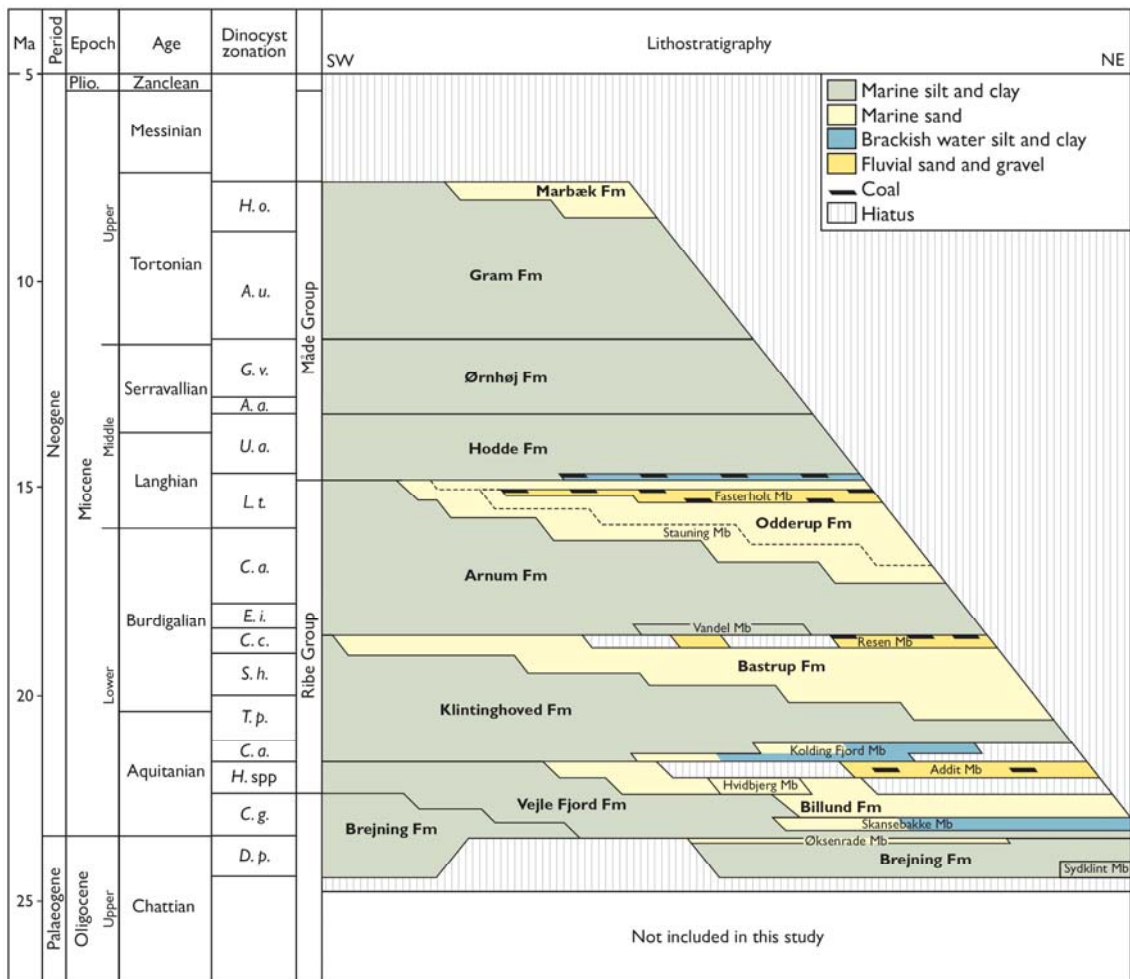
1. Indledning og baggrund

GEUS er af Miljøcenter Århus, Ribe og Ringkøbing blevet bedt om at opstille en digital rumlig geologisk model i modelværktøjet GeoScene 3D for den miocæne lagserie i det danske landområde. Miocænet er opbygget af skiftende sandede og lerede formationer, og modellen skal udgøre et redskab til at kunne udpege egnede miocæne grundvandsmagasiner og vurdere deres sårbarhed.

Et stigende behov for rent drikkevand har gennem de seneste mere end 10 år givet anledning til en omfattende kortlægning af de miocæne aflejringer gennem talrige borekampagner og indsamling af højopløselige seismiske data. Der er opstillet en højopløselig biostratigrafi og alle kendte blotninger er blevet genbesøgt. Det har gjort det muligt at integrere boredata og seismiske data med detaljerede sedimentologiske undersøgelser og opstille en aflejringsmodel for hele miocænet.

Den rumlige geologiske model er således baseret på de resultater der er opnået gennem den afgiftsfinansierede grundvandskortlægning, og tager udgangspunkt i den stratigrafiske ramme, der er opstillet for området i forbindelse med projektet Højopløselig Stratigrafi, HØST (Rasmussen et al., 2009), se Figur 1.

Opgaveløsningen er tilrettelagt efter den anbefalede arbejdsgang i "Geo-Vejledning 3: Opstilling af geologiske modeller til grundvandsmodellering". Det overordnede fokus har været at identificere de sandede enheder i den miocæne lagserie, og opbygge en model for deres udbredelse.



Figur 1 Miocæn stratigrafiske ramme

2. Geologisk ramme

Den miocæne lagserie blev afsat i en periode med omfattende tektonik og markante klimænderinger. To af de mest markante faser af den Alpine orogenese fandt sted i Sen Oligocæn - Tidlig Miocæn og Midt Miocæn, ligesom åbningen af Nordatlanten intensiveredes i Tidlig Miocæn. I Tidlig - tidlig Midt Miocæn var klimaet varmt tempereret og ændredes til koldt tempereret i Sen Miocæn og området var domineret af vestlige vinde (Rasmussen et al., 2010).

Det nuværende danske område var en del af et aflejringsbassin i den østlige Nordsø, afgrænset mod nordøst af den nordvest - sydøst strygende Sorgenfrei-Tornquist Zone, som markerer overgangen til det Fennoskandiske Skjold. Bassinet var opdelt i to sub-bassiner; det Norsk-Danske Bassin og Nordtyske Bassin, adskilt af den vest-nordvest – øst-sydøst strygende Ringkøbing-Fyn Højderyg. Ringkøbing-Fyn Højderyggen gennemskæres igen af det nord-syd strygende Brande Trug, se Figur 2.



Figur 2 Strukturelle elementer i det Norsk-Danske Bassin (fra Rasmussen et al. 2010)

Sen Oligocæn var karakteriseret ved et varmt klima og højt havspejlsniveau med aflejring af marine finkornede sedimenter. Ved overgangen til Miocæn sker et markant havspejlsfald som følge af et køligere klima og vækst af iskappen på Antarktis (Miller et al., 1996). Samtidig påbegyndes inversion af det Norsk-Danske bassin, og Sorgenfrei-Tornquist zonen og Ringkøbing-Fyn Højderyggen reaktiveres. Det medfører en ændring i aflejringsregimet fra

fuldt marine lerrige sedimenter til grovkornede sandrige deltasedimenter aflejret på lavt vand.

Gennem Tidlig - tidlig Midt Miocæn udbygges således tre større prograderende deltakomplekser fra nord og nordøst repræsenteret ved Billund Formationen, Bastrup Formationen og Odderup Formationen. I forbindelse med mindre transgressive begivenheder afbrydes deltaudbygningerne og mellemliggende lerede og siltede marine aflejringer afsættes, repræsenteret ved Vejle Fjord Formationen, Klintinghoved Formationen og Arnum Formationen.

Gennem Midt – Sen Miocæn dominerede marine forhold og de lerede formationer Hodde, Ørnhøj og Gram blev afsat, efterfulgt af en fjerde og sidste miocæn deltaudbygning i sen Sen Miocæn, repræsenteret ved Marbæk Formationen. Herefter fremstod det danske område inklusiv Nordsø-sektoren som landområde.

2.1 Lagseriens arkitektur og strukturelle elementer

Som beskrevet kort herover er den miocæne lagserie opbygget af vekslende enheder af henholdsvis sand og ler, som fletter sig ind mellem hinanden.

Sandaflejringer stammer fortrinsvis fra deltalober og fluviale kanaler samt omlejret sand fra andre dele af deltakomplekset i form af kysttransporterede sedimenter. Under, over og i mellem disse er aflejret lerede sedimenter under marine forhold. I både Billund og Bastrup formationen sker deltaudbygningen først under stigende havspejl som følge af øget sedimenttilførsel. Senere udbygges de sydlige dele af deltakomplekserne under faldende havspejl, dvs. under tvungen regression. De deltalober der er afsat under tvungen regression er de mest sandrige og grovkornede og observeres lokalt i kortlægningsområdet.

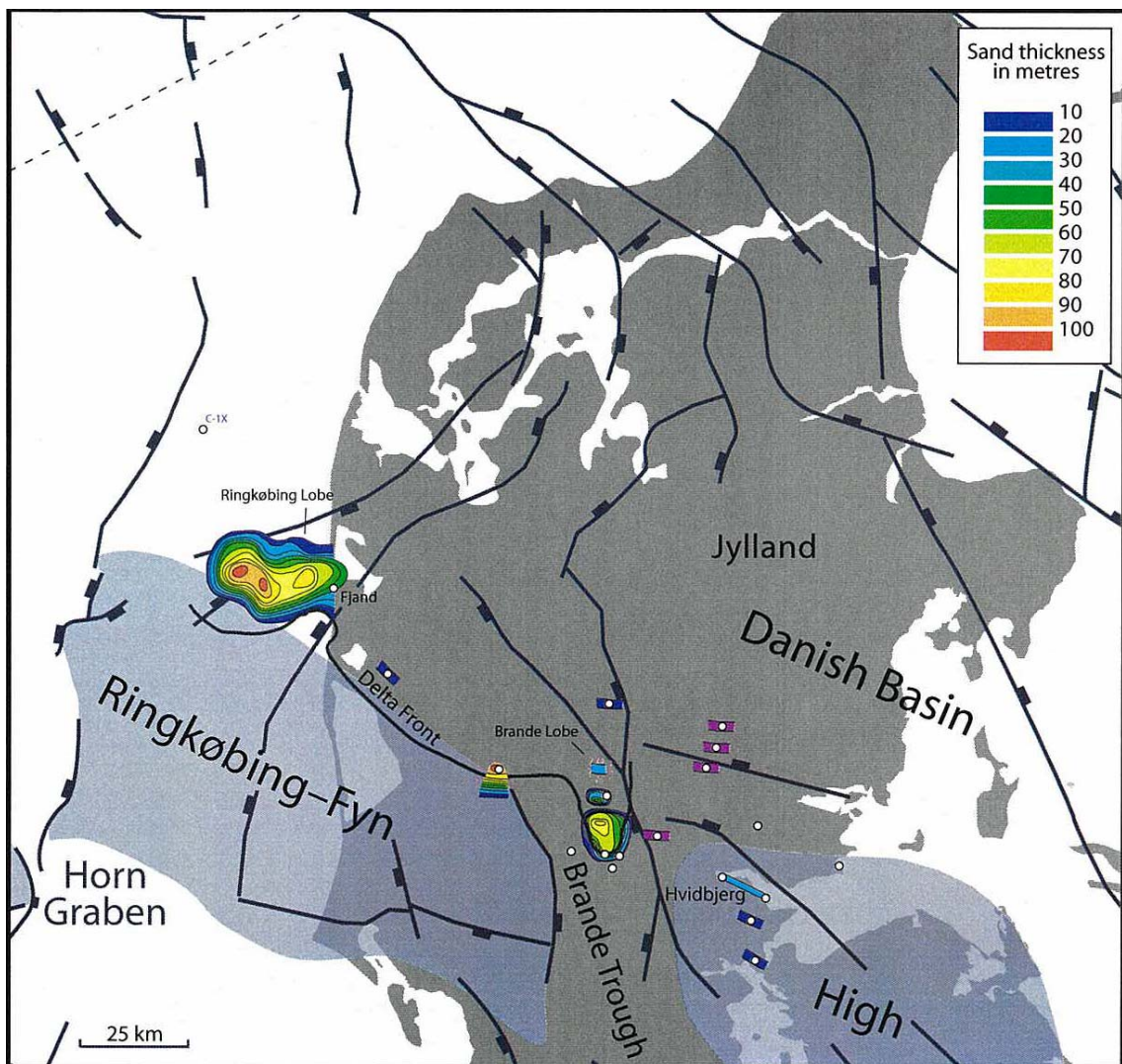
I forbindelse med aflejring af Odderup Formationen sker et skift i aflejningsmiljø fra prograderende "Gilbert type" deltaer (Rasmussen et al., 2010) til aggraderende sokkel- og kystplansaflejringer.

I forbindelse med de miocæne aflejringer ses også en stor sammenhæng mellem strukturelle elementer og deltaaflejringerne. De tykkeste og mest sandrige aflejringer optræder således i smalle bånd, især i forbindelse med forkastningszoner. Et vigtigt strukturelt element under aflejringen af de miocæne sedimenter er den østlige forkastning i Brandetruget, som adskiller et højt topografisk område øst for forkastningen fra lavere liggende områder vest for forkastningen. Principielt kontrollerer denne forkastning hoveddeltaaflejringen på relativt dybt vand og det associerede odde/barrieresystem, aflejret på lavt vand i den østlige del af området. Mindre strukturelle elementer kontrollerer også aflejring af sand og ler, og f.eks. følger oddesystemet ved Hvidbjerg den vest-nordvest – øst-sydøstlige retning af mindre forkastninger på Ringkøbing-Fyn Højderyggen (Hansen and Rasmussen, 2008).

Også den sandrige deltalobe-udbygning ved Ringkøbing optræder i forbindelse med en strukturel lavning, og både den og Brande-loben inkluderer aflejringer på op til 100 meters

mægtighed. På Figur 3 er vist sandlagstykkelser fra udvalgte borer i området nord for Ringkøbing-Fyn Højderyggen (Hansen and Rasmussen, 2008).

I det hele taget dannede forkastningsaktivitet og remobilisering af salt i det Norsk-Danske Bassin en kompleks havbundsmorfologi, der kontrollerede sedimentationsmønstret. Tektonisk bevægelse i Tidlig Miocæn har været medvirkende til at igangsætte salt-tektonisme, der har resulteret i lokale forkastninger rundt om strukturerne. Remobilisering af saltstrukturer nord for Ringkøbing-loben har således højst sandsynligt haft indflydelse på dannelsen af den vestlige del af deltakomplekset (Rasmussen, 2004a).



Figur 3 Strukturelle elementer set i forhold til deltaaflejringer (fra (Hansen and Rasmussen 2008)).

3. Den rumlige geologiske model

Der er fokuseret på at modellere de 3 niveauer med gode sandede formationer; Billund, Bastrup og Odderup, samt de mellemliggende mere lerede formationer; Vejle Fjord, Klintinghoved og Arnum.

Der er anvendt geologiske og geofysiske data samt eksisterende tolkninger til opstilling af den rumlige geologiske model.

3.1 Det geologiske datagrundlag

3.1.1 Geologiske data

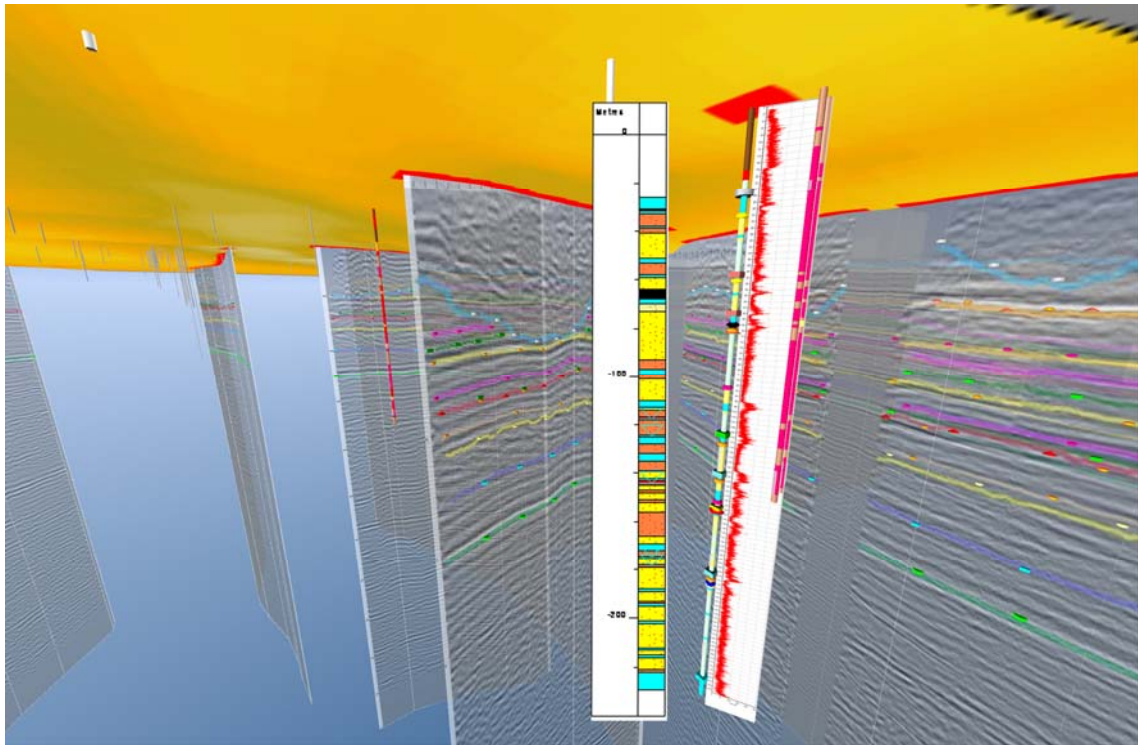
3.1.1.1 Boredata

Modellen er opbygget ved at tage udgangspunkt i nøgleboringer, som er vurderet til at have en bedre kvalitet end de øvrige boringer i kraft af en detaljeret stratigrafisk tolkning.

Nøgleboringerne i denne 3D-tolkning af den miocæne lagserie er boringer fra stratigrafiske korrelations-paneler, udarbejdet i forbindelse med opstillingen af den nye stratigrafiske ramme. Disse er blevet suppleret med boringer fra korrelations-paneler i tidligere rapporter fra kortlægningen af miocæne grundvandsmagasiner. Der er således i alt anvendt omkring 150 nøgleboringer som er tolket med baggrund i den opstillede litostratigrafi (se bilag 1).

I de fleste nøgleboringer er der udtaget prøver til biostratigrafisk analyse, som er benyttet til stratigrafisk indplacering af lagene. Ud over at være forholdsvis dybe, er boringerne også placeret i områder, hvor der er en tyk miocæn lagpakke. Til næsten alle nøgleboringerne er der desuden tilknyttet en gammalog, som er et godt supplement til boringernes prøvebeskrivelse i forbindelse med den detaljerede stratigrafiske tolkning.

Det har ikke været muligt at indlæse de detaljerede stratigrafiske tolkninger af nøgleboringerne direkte som boringsstave i GeoScene 3D. I stedet for blot at indlæse dem som billedfiler, er der anvendt almindelige boringsudtræk fra Jupiterdatabasen. Når der er snappet tolkningspunkter i GeoScene 3D til disse boringer vil de derfor ikke altid følge de lag og laggrænser som fremgår af Jupiter boringsstaven, fordi den stratigrafiske tolkning ofte afviger fra tolkningen i Jupiterdatabasen. (se Figur 4).



Figur 4 Der tolkes på almindelige jupiterboringer efter nøgletolkningerne

Efter tolkning af nøgleboringerne er der efterfølgende tolket videre på øvrige boringer med miocæne sedimenter fra jupiterdatabasen, som kan korreleres til tolkninger af stratigrafiske nøgleboringer eller seismik.

3.1.1.2 Informationer fra blotninger

De mest direkte oplysninger om jordlagenes opbygning fås fra blotninger. I forbindelse med opstilling af den stratigrafiske ramme for miocænet, har blotninger i grusgrave og kystprofiler været det primære grundlag for forståelsen af aflejringsmiljøet (se Figur 5).

I udarbejdelsen af den rumlige geologiske model for miocænet er blotningerne dog ikke anvendt direkte, men gennem kendskab til blotninger og deres tolkning, kan nærliggende boringer tolkes mere præcist og detaljeret end ellers.



Figur 5 Voervadsbro grusgrav Skrålejeret sand med "backflow ripples" dannet i en barre aflejret i et flettet flodsystem fra Billund Formationen

3.1.1.3 Stratigrafiske data

Flere undersøgelser har vist, at dinoflagellatstratigrafi er den bedste biostratigrafiske metode, kombineret med sekvensstratigrafi og seismiske data til udredning af de stratigrafiske forhold for den miocæne lagserie (Dybkjær and Rasmussen, 2005; Dybkjær et al., 2005; Dybkjær and Rasmussen, 2005; Rasmussen et al., 2009). Derfor er der under tolkningen i GeoScene 3D lagt særlig vægt på borer med dinoflagellatstratigrafi.

Anvendelse af sekvensstratigrafi i forbindelse med opstilling af geologiske modeller skal ses som et overordnet rammeværktøj, og har været en stor hjælp for opstilling af den rumlige geologiske model for miocænet. Ofte vil en sekvens indeholde både sandede og lerede aflejringer, da den kan være opbygget af både fluviale sedimenter, deltasedimenter samt marine sedimenter (Dybkjær and Rasmussen, 1998), men metoden er også en hjælp, fordi den opstillede sekvensstratigrafi beskriver den geologiske dannelseshistorie i detaljer. Når dannelseshistorien kendes, kan de forventede sedimenttyper forudsiges og indarbejdes i modellen (Jørgensen et al., 2008).

3.1.2 Geofysiske data

3.1.2.1 Seismik

Med den seismiske metode kortlægges grænseflader mellem geologiske lag med forskellige seismiske udbredeshastigheder og/eller densiteter. Det kan både være laggrænser mellem lag med forskellig litologi og stratigrafiske grænseflader, hvor der ikke nødvendigvis sker et skift i litologi. Metoden er således velegnet til kortlægning af jordens strukturelle opbygning, men giver ikke direkte informationer om de enkelte lags litologi. Tolkning af lagenes indbyrdes strukturelle forhold kan imidlertid give informationer om aflejningsmiljø og dermed også indirekte om litologiske forhold, ligesom tolkning af forskelle i interne refleksionsmønstre kan danne baggrund for tolkning af litologi.

Tolkning

I forbindelse med opstilling af den rumlige geologiske model er der udført seismisk tolkning af den del af det foreliggende seismiske datasæt fra grundvandskortlægningen, som GEUS har haft til rådighed, og som ligger inden for kortlægningsområdet. Der eksisterer således seismiske data fra grundvandskortlægningen, som GEUS ikke har til rådighed på digital form (og heller ikke nødvendigvis i rapportform), og som således ikke har kunnet bearbejdes i det seismiske tolkningssystem. Det drejer sig blandt andet om seismiske linjer i det østlige Jylland, som er optaget primært med henblik på kortlægning af begravede dale. Nogle af disse data forventes ikke at indeholde betydelig information, relevant for kortlægning af miocæne sandmagasiner, mens andre muligvis ville kunne bidrage til modellen. Herudover eksisterer der seismiske linjer inden for modelområdet optaget af Geologisk Institut, Aarhus Universitet som GEUS ikke har til rådighed, men som forventes at ville kunne bidrage til modellen (enkelte linjer optaget af GI AU har dog været til rådighed og indgår i modellen).

Konventionelle olieseismiske data er benyttet i forbindelse med tolkningen til korrelation mellem områder med seismik fra grundvandskortlægningen, men der er ikke foretaget en systematisk kvalitetssikring og færdiggørelse af den allerede foreliggende tolkning (udført af Erik Skovbjerg Rasmussen) af de konventionelle linjer. Disse er således ikke overført til og direkte nyttiggjort i den rumlige geologiske model. Igennem de seneste år er der sket en del ændringer i den miocæne litostratigrafi og de seismiske tolkninger af miocænet i takt med at der er udført nye seismiske linjer og nye stratigrafiske borer, som har bidraget med supplerende information. Det vil således være nødvendigt med en gennemgribende retolkning af de konventionelle olieseismiske data, for at disse kan inddrages i modellen, hvilket må anses for at være særdeles relevant.

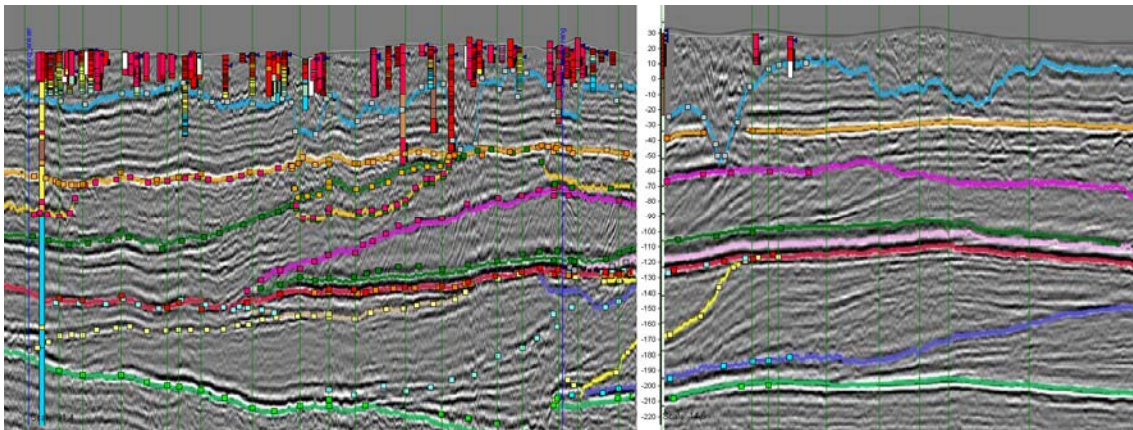
Tolkningen er udført på en seismisk tolkningsstation i Landmarks SeisWorks2D.

I forbindelse med tolkningen af de seismiske linjer fra grundvandskortlægningen, er der udført kvalitetssikring og færdiggørelse af tolkningen af de overordnede lag Top Miocæn, Bund Miocæn, MRS Billund og MRS Bastrup. Som støtte til opstillingen af den geologiske model i GeoScene 3D, er der udført detailtolkning af de underordnede lag Vejle Fjord, Billund, Klintinghoved, Bastrup, Arnum og Odderup på det seismiske datasæt. Detailtolkningen er baseret på en samtolkning af seismik og borer, som er tolket med baggrund i den

nye litostratigrafi, og er et forsøg på at afgrænse udstrækningen af sandede enheder på de seismiske profiler (se Figur 6).

I nogle tilfælde er der tolket sandede enheder alene ud fra refleksionsmønstret på profilerne. F.eks. er tilstedeværelsen af stejle skråtstillede reflektorer (parallel klinoform refleksionsmønster) med en hældning på $7^\circ - 10^\circ$ internt i en enhed, en indikation på at enheden består af mellem-grovkornet sand (Rasmussen et al. 2007); (Hansen and Rasmussen, 2008). Enheder med mindre stejle og mere kurvede skråtstillede reflektorer (sigmoidal klinoform refleksionsmønster) indikerer typisk vekslende sandede og lerede aflejringer (Hansen and Rasmussen 2008). Ved vurdering af hældningen af de skråtstillede reflektorer, er det vigtigt at være opmærksom dels på underlagets hældning og kompensere for denne, og dels på strygningen af den seismiske linje i forhold til udbygningsretningen af f.eks. et delta. Hvis en seismisk linje stryger skævt eller vinkelret på deltaudbygningsretningen, vil interne reflektorer fremstå med lavere eller ingen hældning. Nedskårne dale og flodkanaler kendetegnet som opad-konkave erosionsflader i de seismiske profiler er generelt antaget at repræsentere relativt grovkornet sand og grus (Rasmussen et al. 2007).

Hvor tilstedeværelsen af sand i borerne understøttes af refleksionsmønstret i seismikken, er der foretaget relativt sikker ekstrapolation og afgrænsning af de sandede enheder.



Figur 6 Tolkninger på seimiklinjer med farvede streger. Stejle skråtstillede reflektorer indikerer enheder med mellem til grovkornet sand.

I tilfælde hvor en nærtstående boring viser tilstedeværelsen af tykke sandlag uden at det direkte underbygges af refleksionsmønstret på de seismiske linjer, er der alligevel forsøgt foretaget en tolkning og afgrænsning af sådanne enheder ud fra en række forskellige kriterier. F.eks. er fraværet af egentlige interne refleksioner benyttet som en indikation på sandede aflejringer, idet finkornede sedimenter aflejret ved lavt energiniveau typisk giver anledning til relativt svage, men sammenhængende parallelle horisontale (eller konforme med underlaget) interne reflektorer (Anstey 1982). Et andet eksempel er skråtstillede reflektorer med lavere hældning end nævnt ovenfor, hvor det evt. kan antages, at den seismiske linje stryger skævt på den lokale deltaudbygningsretning.

Visualisering af seismiske profiler i GeoScene 3D

I starten af projektet blev der etableret en metodik til indlægning af seismiske data i GeoScene 3D. De seismiske data blev plottet fra den seismiske tolkningsstation til såkaldte cgm-filer, som efterfølgende blev konverteret til jpg-filer med programmet Larson VizEx Pro

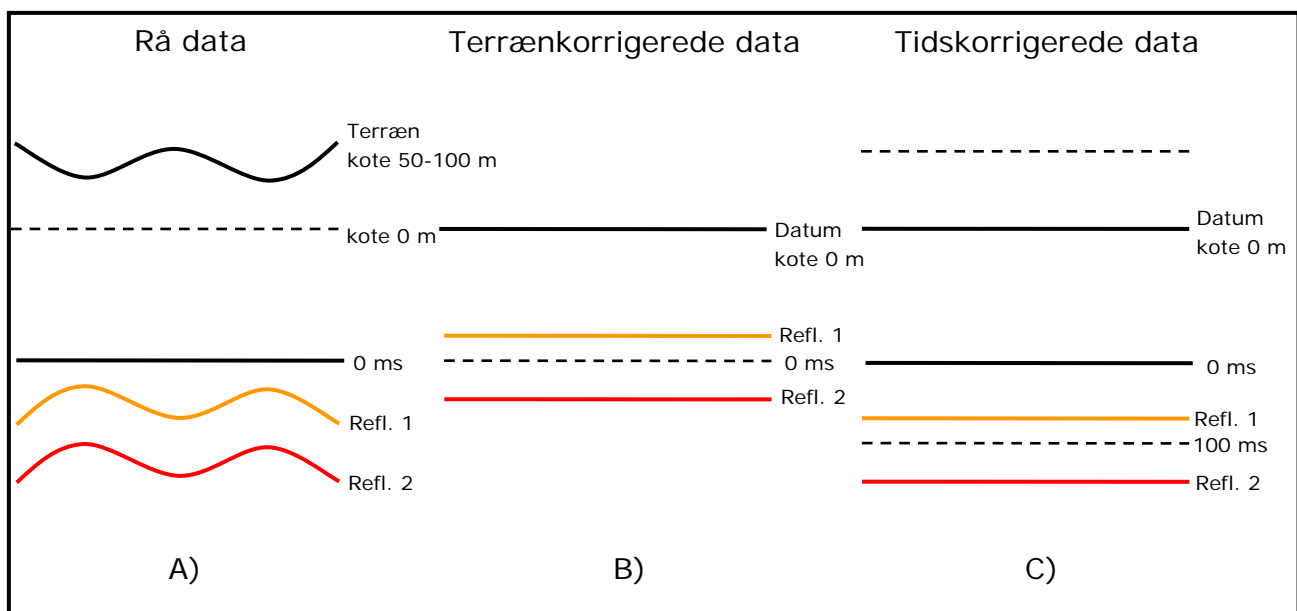
v9.5.0 fra Larson Software Technology, Inc. Alle linjer er plottet med stigende CDP-numre fra venstre mod højre uanset linjens retning. Positionsdata blev eksporteret til ascii-filer fra den seismiske tolkningsstation og efterfølgende hentet ind i et map-vindue i GeoScene 3D som shape-filer via ArcGIS og med CDP-nummerering som labels. I map-vinduet blev linjerne digitaliseret i stigende CDP-retning og med så få knæpunkter som muligt. Endelig er jpg-filerne lagt ind i GeoScene 3D langs de digitaliserede linjer.

Terrænkorrektion, tidskorrektion og korrektion for lavhastighedslag

Når man optager seismiske data registreres tiden fra der frembringes energi ved terrænoverfladen og til der modtages refleksioner fra laggrænser i undergrunden, også kaldet tovejs-løbetiden. For en horisontal reflektor vil den registrerede tid variere med terrænhøjden over reflektoren, se Figur 7, A), og 0 ms i de seismiske data svarer til terræn langs linjen.

For at fjerne effekten af variationerne i terrænhøjde foretages en terrænkorrektion af data ved at beregne nye løbetider svarende til at data var optaget langs et fiktivt fladt plan som benævnes seismisk datum. Ofte anvendes kote 0 m som datum, men der er også eksempler på valg af datum tættere på terræn, f.eks. kote +40 m eller +60 m. Efter terrænkorrektion svarer 0 ms i de seismiske data til det valgte seismiske datum, se Figur 7, B).

Ved terrænkorrektionen flyttes de tidligste seismiske data til negative løbetider (se Figur 7, B), hvilket er u hensigtsmæssigt og derfor påføres data ofte en yderligere tids-korrektion som flytter alle løbetider nedad med en konstant værdi, f.eks. 100 eller 200 ms. Efter denne korrektion er det således 100 eller 200 ms i de seismiske data som svarer til det valgte seismiske datum, se Figur 7, C).



Figur 7 Illustration af terrænkorrektion og tidskorrektion af data. I A) vises hvordan reflektorerne afspejler forløbet af terræn langs linjen. I B) er data korrigeret til seismisk datum i kote 0 m og det ses at der forekommer data til negative løbetider (tidligere end 0 ms). I C) er data flyttet 100 ms nedad og 100 ms svarer nu til det valgte seismiske datum kote 0 m.

Mens vandmættede sedimenter typisk har seismiske hastigheder på 1500 m/s og højere kan umættede og ukonsoliderede sedimenter umiddelbart under terræn have seismiske hastigheder helt ned omkring 500 m/s eller endda 2-300 m/s. Denne zone med meget lave hastigheder benævnes lavhastighedslaget og variationer i tykkelse og hastighed af lavhastighedslaget påvirker også de registrerede løbetider så en horisontal reflektor vil fremstå med et mere eller mindre bølget forløb afhængig af størrelsen af variationerne. Ved at påføre data *refraction statics* beregnet ud fra en analyse af første-ankomsterne på de seismiske data korrigeres for effekter af variationer i lavhastighedslaget.

Konvertering fra tovejs-tid til koter

Med udgangspunkt i jpg-filerne er der beregnet en top og bundkote for hver enkelt seismisk profil. Top- og bundkoterne er beregnet og angivet (se Bilag 2) for top og bund af selve billedfilen og ikke for top og bund af de seismiske data, hvilket hænger sammen med den måde, hvorpå billedfiler indlæses og georefereres i GeoScene 3D.

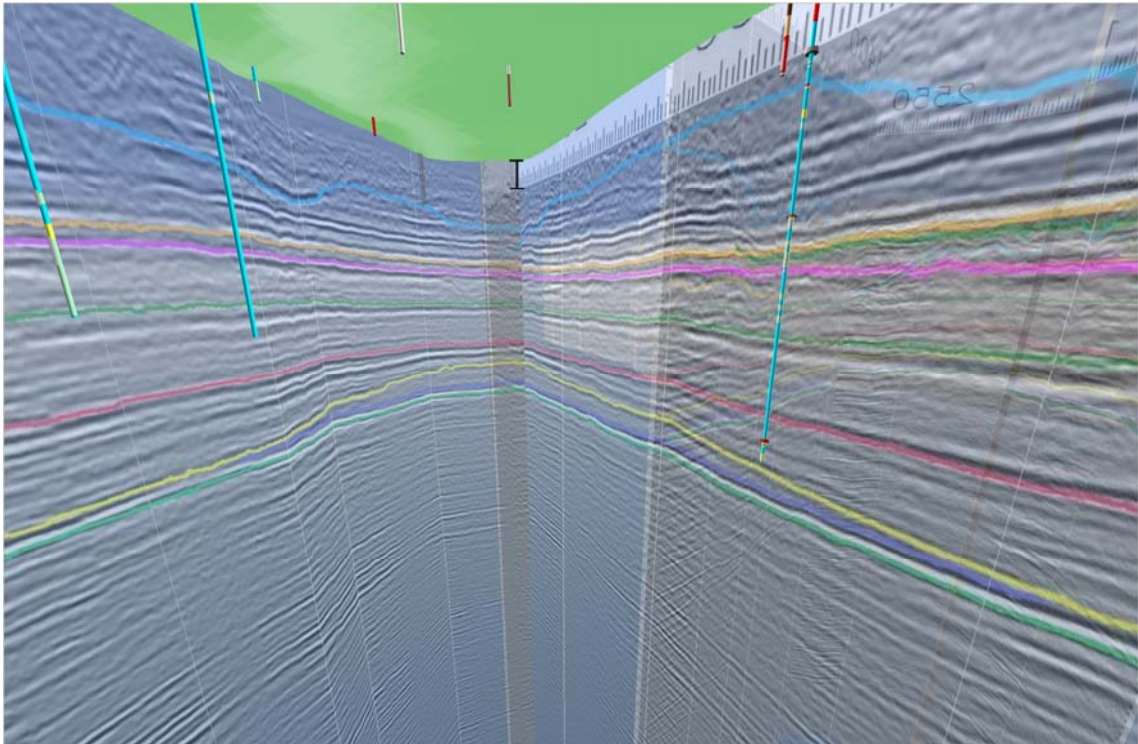
Langt de fleste anvendte seismiske linjer er terrænkorrigerede og korrigerede for variationer i lavhastighedslaget, se afsnittet ovenfor. Langt de fleste linjer har seismisk datum i kote 0 m, og er påført tidslige korrektioner på 100 eller 200 ms (for THY1 300 ms). Enkelte andre linjer har seismisk datum i kote +40 m (BH1-8) eller +60 m (Vb01), og er påført tidslig korrektion, så 200 ms svarer til det valgte seismiske datum. Ved beregningen af top og bundkoter for jpg-filerne er der taget højde for disse forskelle, og som udgangspunkt skal terrænfladen i den rumlige geologiske model svare nogenlunde til det terrænniveau, som fremgår af de seismiske data som det niveau hvor data "starter" (se også Bilag 2).

Der er anvendt en fast gennemsnitshastighed på 1800 m/s for hele det seismiske profil ved beregningen af top og bundkoter. Den anvendte hastighed på 1800 m/s vurderes i stor udstrækning at være repræsentativ for den miocæne lagpakke, men i realiteten varierer de seismiske lyd hastigheder både med dybden og lateralt. I de øvre dele af de seismiske profiler kan den seismiske hastighed både være højere og lavere end 1800 m/s. Ukonsoliderede sedimenter af sand og ler kan typisk have seismiske hastigheder på 1500-1600 m/s, og moræneaflejringer kan typisk have seismiske hastigheder på 2000-2200 m/s (Jørgensen et al., 2003). I de dybere dele af de seismiske profiler, dvs. under de neogene og paleogene lagpakker, vil den reelle seismiske hastighed være væsentlig højere end de anvendte 1800 m/s, og de koter hvori dybe reflektorer på profilerne optræder i GeoScene 3D kan således ikke tages for pålydende. Alligevel er det valgt at vise alle seismiske profiler til en tovejs-tids-dybde på 1200 ms for at nyttiggøre de strukturelle informationer, som kan udledes af de dybere dele af de seismiske linjer.

Selvom beregningen af top og bundkoter for de seismiske profiler er foretaget med en fast gennemsnitshastighed for alle profiler og under hensyntagen til det aktuelle seismiske datum og eventuelle tidslige korrektioner, forekommer det, at profiler som krydser hinanden ikke korrelerer fuldstændigt. Det kan skyldes, at der i forbindelse med processeringen af data er anvendt forskellige nmo-korrektionshastigheder, eller at der ved korrektionen for terrænvariationer og/eller lavhastighedslag er anvendt forskellige hastigheder eller gjort forskellige antagelser (se Figur 8).

Særlige bemærkninger til dybdekonvertering

For nogle af de seismiske linjer er data korrigeret til et fladt datum, uden at der også er påført en tidslig korrektion. Det medfører, at data som efter datumkorrektion ligger over 0 ms er skåret væk, svarende til at den del af lagfølgen, som ligger over det valgte datum, er fjernet. På disse linjer svarer terrænfladen i modellen således ikke til det niveau, hvor de seismiske data "starter". Linjerne Stauning_1-8 og RM1 har seismisk datum i kote 0 m, linje HOL1 i kote +22,5 m, linjerne STR1-2 i kote +25 m, linjerne ORN1-3 i kote +50 m og linjerne Braed_L1-3 har seismisk datum i kote +100 m. For alle disse linjer gælder, at 0 ms svarer til det aktuelle seismiske datum.



Figur 8 To seismiklinjer der støder op til hinanden med forskellig seismisk datum

For linjerne VOR1m4f, VOR2m4f og VOR3m4f er der ikke i forbindelse med processeringen foretaget korrektion for terrænvariationer og lavhastighedslag. For disse linjer gælder, at 0 ms svarer til det aktuelle terræn (de har terræn som seismisk datum), og beregningen af top og bundkoter for jpg-filerne er baseret på en gennemsnitskote for terrænet langs linjen.

For den seismiske linje THY1 er der tilsyneladende under processeringen af data benyttet en relativt lav hastighed til korrektion for terrænvariationer, og/eller tykkelsen af lavhastighedslaget er overvurderet. Det betyder, at terræn i de seismiske data ligger noget højere end terræn i modellen. Det niveau i de seismiske data, som svarer til de miocæne aflejringer, forventes derimod at være placeret nogenlunde rigtigt i modellen.

For den seismiske linje VID004A-B ser det ud som om, at korrektionen for lavhastighedslag ikke er påført, eller i al fald ikke har været så effektiv. Det betyder, at der under bakketoppe i terrænet kan observeres tilsvarende lavninger i de seismiske data. Det rigtige niveau for de forskellige tolkede reflektorer på dette profil er således formentlig at finde langs en linje, som skærer toppene mellem disse lavninger. Linje VID004A-B skærer linje VID2 i netop en

af de omtalte lavninger, og de tolkede reflektorer ligger da også noget lavere på VID004A-B, end på VID2 i skæringspunktet.

I området omkring Videbæk og Rækker Mølle observeres en række forskelle mellem de seismiske linjer, som formentlig hænger sammen med forskelle i valg foretaget under processeringen af data. På linjerne RM1 og RM2 ligger reflektorerne ca. 10 ms lavere, end de tilsvarende reflektorer på LM02. På LM03 ligger de ca. 5 ms lavere end på LM02. Tilsvarende ligger reflektorerne på linje VID2 ca. 10 ms højere, end de tilsvarende reflektorer på linjerne SNE1, VID3 og VID1.

3.1.2.2 TEM

Som tommelfingerregel kan TEM kun opløse et lag, hvis det er mindst halvt så tykt som dybden til laget. Den vertikale opløsning aftager dermed med dybden. Det kan dog lade sig gøre at opløse væsentlig tyndere lag, hvis de har lave modstande (Jørgensen et al., 2008). Der er stor usikkerhed forbundet med at tolke miocæne sandlag ud fra TEM data, og i dette projekt har der derfor været fokus på andre geofysiske datatyper som seismik og gammalogs.

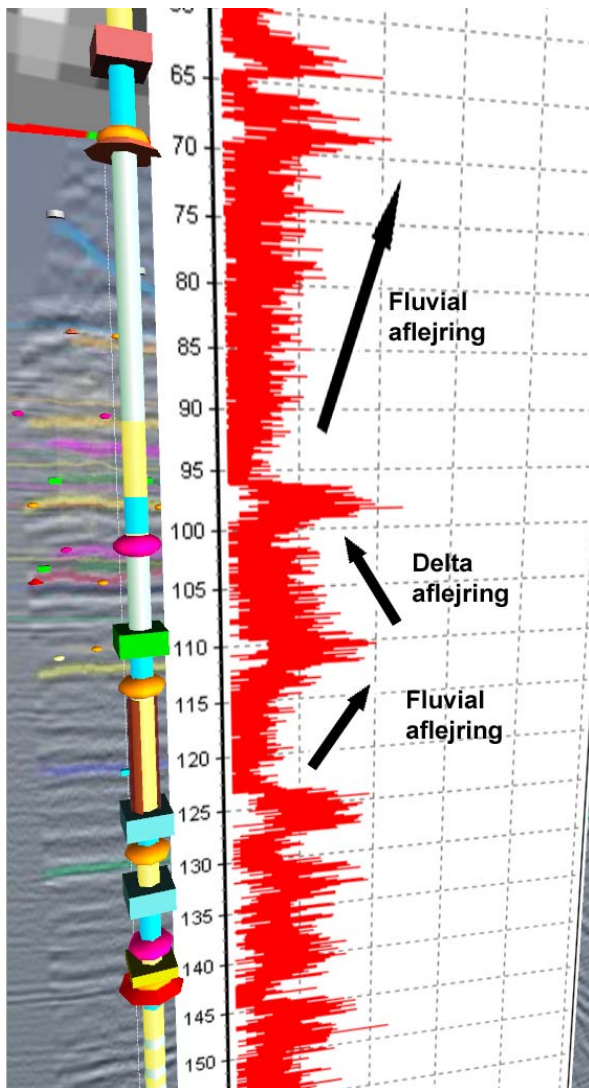
TEM metoden er særlig anvendelig til kortlægning af prækvartæroverfladen, når den udgøres af fede lere. I store dele af projektområdet svarer prækvartæroverfladen til toppen af de miocæne aflejringer, men udgøres både af lerede og sandede aflejringer. Det har endvidere været en forudsætning for projektet, at toppen af de miocæne aflejringer i form af prækvartær overfladen ville blive modelleret i anden forbindelse. Prækvartæroverfladen er således ikke forsøgt tolket på TEM-datasæt i området. Da der heller ikke er foretaget ny modellering af fladen i forbindelse med andre projekter, er den eksisterende prækvartæroverflade anvendt i form af Binzer og Stockmarks kort (Binzer and Stockmarr, 1993). Kun langs højopløselige seismiklinjer og i stratigrafiske nøgleboringer er toppen af de miocæne aflejringer retolket i forhold til den eksisterende flade.

3.1.2.3 Borehulslogs

I den enkelte boring udgør loggingdata et værdifuldt supplement til informationen fra jordprøverne, og det kan i mange tilfælde være afgørende for forståelsen af lagseriens opbygning. Ved flere boringer i samme område kan der udføres en logstratigrafisk tolkning som gør det muligt at korrelere lag, der ellers kun vanskeligt kan modelleres ud fra andre datatyper (Jørgensen et al., 2008).

I udarbejdelsen af den rumlige geologiske model er der anvendt geofysiske logs fra GERDA-databasen. Det drejer sig om naturlige gammalogs, der benyttes til litologisk tolkning som supplement til prøvebeskrivelser i boringerne.

Lerede sedimenter viser en relativt høj gammastråling, mens sand typisk har en relativt lav gammastråling. Grus og silt kan have en mellemløst naturlig gammastråling. I den rumlige geologiske model er gammalogs bl.a. blevet brugt til at vurdere kvaliteten af boringsoplysninger.



Figur 9 Via gammalog-mønsteret kan man ofte skelne mellem deltaaflejring og fluviale aflejringer

Ved udførelse af f.eks. skylleboringer er der risiko for at grovkornet silt og finkornet sand samt i nogle tilfælde op til mellemkornet sand opslæmmes i boremudderet og derved tabes i sedimentationsbassinet, så det ikke altid bliver repræsenteret i jordprøverne (Ditlefsen et al., 2008). Gammalloggen vil i disse tilfælde kunne vise, om lag, der er tolket som ler i borebeskrivelsen, burde være beskrevet som sand.

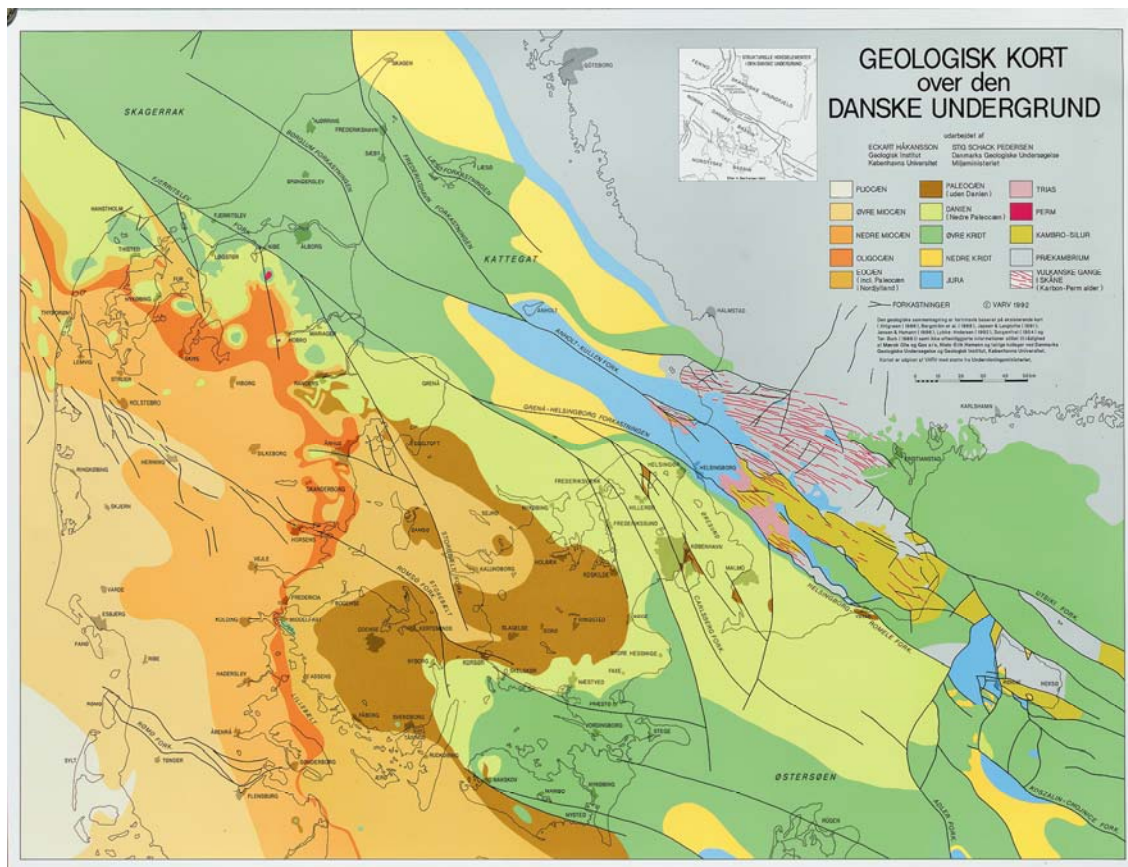
Gammalloggene benyttes også til at skelne mellem f.eks. deltaaflejringer og fluviale aflejringer. Kornstørrelsen i deltaaflejringer viser ofte en tendens til at grove-opad, hvilket afspejler sig som faldende gamma-niveau opad. Det hænger sammen med, at deltaaflejringer afspejler en successiv udvikling af lag aflejret på lavere vanddybder og dermed højere energiforhold. Fluviale aflejringer viser typisk en tendens til at fine-opad, afspejlet som stigende gamma-niveau opad (se Figur 9).

Gammalloggene viser også ofte regionale markører, som kan anvendes i en sekvensstratigrafisk tolkning. F.eks. kan strandzoned sedimenter rige på tungminerale give anledning til regionale markører, dvs. tynde horisonter med meget højt gamma-niveau.

3.1.3 Eksisterende tolkninger

Tolkningen af den miocæne lagserie har ændret sig gennem de sidste mange års kortlægning. En del af tolkningerne i de gamle miocæn-rapporter fra grundvandskortlægningen er blevet revideret de seneste år på grund af nye oplysninger fra både stratigrafiske borer og nye seismiske data. Det har derfor været nødvendigt at gennemgå de gamle tolkningsrapporter med henblik på en retolkning af den detaljerede stratigrafi.

3.2 Fokusområder for den rumlige geologiske model



Figur 10 Fokusområde for modellen er områder hvor miocæne (eller yngre) aflejringer findes umiddelbart under prækvartær grænsen (Håkansson and Pedersen, 1992).

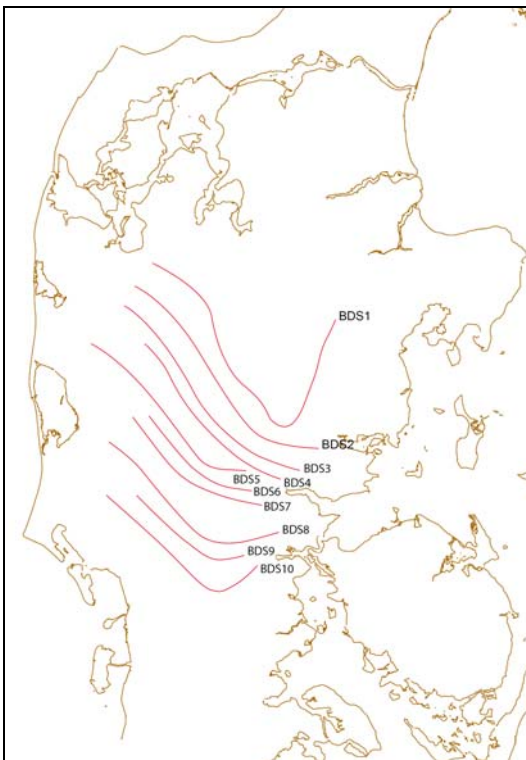
Den rumlige geologiske model opstilles i forbindelse med den afgiftsfinansierede grundvandskortlægning. Der er derfor fokus på de områder, hvor der findes miocæne grundvandsmagasiner, dvs. Midt- og Vestjylland. Modellen opstilles for miljøcentrene Ribe, Ringkøbing og Århus, hvor det dog mest er i den vestlige del af det område, som dækkes af Miljøcenter Århus, at det er relevant med grundvandsindvinding fra miocæne aflejringer (se Figur 10).

3.3 Definition af lag i den rumlige geologiske model

3.3.1 Principper for navngivning af lag

I den rumlige geologiske model er de enkelte lag navngivet således, at navnet fortæller mest muligt om alderen og aflejningsmiljøet. Lagene er afsat under henholdsvis regressive og transgressive perioder. Nogle er afsat i flodsystemer som fluviale aflejringer, nogle er afsat i strandzonen, nogle er afsat på soklen på 60-100 meters vanddybde som deltalober, og andre er afsat under marine forhold som lerede aflejringer. Lagserien er inddelt efter en systematik, hvor der kun navngives efter formationer og aflejningsmiljøer. Der er således ikke anvendt *Led - Member navne*.

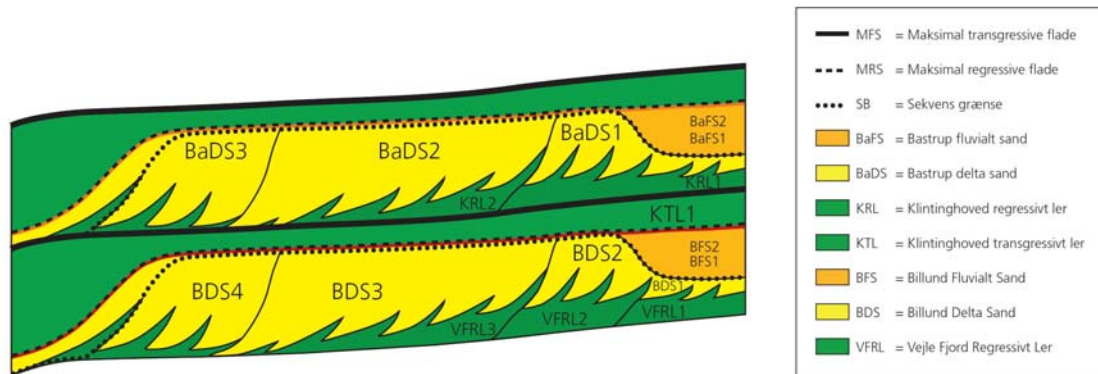
Under den miocæne epoke blev hovedparten af de sandende sedimenter i Ribe-gruppen (især i Billund og Bastrup Formationerne) aflejret som sandede deltalober, adskilt af mere lerede indslag (Vejle Fjord og Klintinghoved Formationerne) som følge af variationer i havniveau. Den gradvise kystudbygning fra nordøst mod sydvest har bevirket, at de sandede formationer kan underinddeles i adskilte generationer af deltalober, som nummereres stigende mod sydvest (se Figur 11).



Figur 11 Principskitse for udbygning af deltalober fra nordøst mod sydvest.

I næsten hele modelområdet er der tolket gennemgående flader i den miocæne lagserie, som betegnes overordnede flader. Det drejer sig dels om Top Miocæn og Bund Miocæn, der udgør henholdsvis toppen og bunden af modellen, og dels om de sekvensstratigrafisk definerede maksimale regressive flader (MRS), som udgør toppen af henholdsvis Billund og Bastrup Formationen. Der er dog ikke fundet aflejringer fra Bastrup Formationen i den

nordøstlige del af modelområdet, og der er ikke fundet aflejringer fra Billund Formationen i den sydvestlige del af modelområdet.



Figur 12 Principskitse for opbygning af den miocæne lagserie

Mellem de overordnede flader er tolket en række underordnede enheder, der hver især har en begrænset udbredelse. De underordnede enheder navngives efter de formationer de tilhører (Vejle Fjord, Billund, Klittinghoved, Bastrup, Arnum og Odderup) (se Figur 12). Der arbejdes med i alt med ca. 75 flader og litologiske enheder i den rumlige geologiske model for miocænet og i Figur 12 ses en oversigt over de anvendte navne.

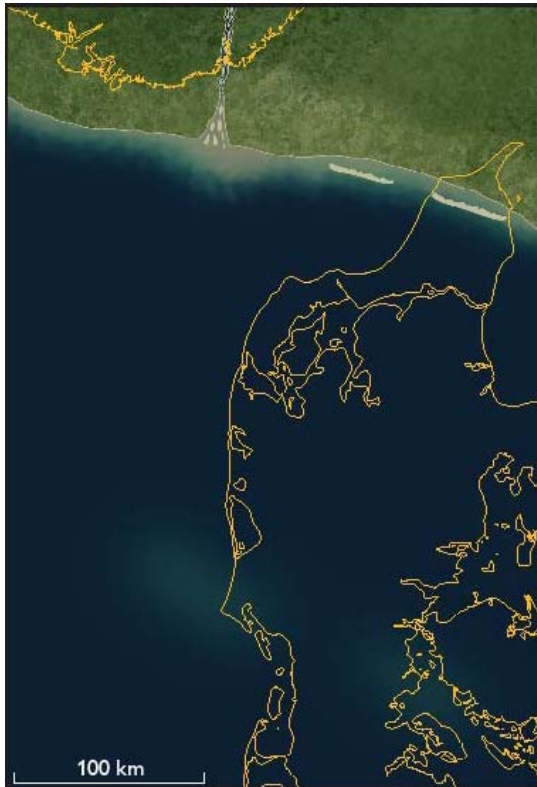
Value	Code	Red	Green	Blue	Color	Text
1	TMIO	192	192	192		Top Miacen
2	TMAE	0	0	0		Top Maede
3	MRS_O	128	0	128		MRS Odderup
4	ODFS2	255	128	192		Odderup Fluvialt sand 2
5	ODFL2	128	128	192		Odderup Fluvialt ler 2
6	ODFS1	255	128	192		Odderup Fluvialt sand 1
7	ODFL1	128	128	192		Odderup Fluvialt ler 1
8	ODS3	255	0	128		Odderup Delta sand 3
9	ARL3	128	0	255		Arnum regressivt ler 3
10	ODS2	255	0	128		Odderup Delta sand 2
11	ARL2	128	0	255		Arnum regressivt ler 2
12	ODS1	255	0	128		Odderup Delta sand 1
13	ARL1	128	0	255		Arnum regressivt ler 1
14	TBA5	213	106	0		Maksimal regressiv flade (MRS) Bastrup
15	BAF54	255	155	106		Bastrup Fluvialt sand 4
16	BAFL4	128	255	128		Bastrup Fluvialt ler 4
17	BAF53	255	155	106		Bastrup Fluvialt sand 3
18	BAFL3	128	255	128		Bastrup Fluvialt ler 3
19	BAF52	255	155	106		Bastrup Fluvialt sand 2
20	BAFL2	128	255	128		Bastrup Fluvialt ler 2
21	BAF51	255	155	106		Bastrup Fluvialt sand 1
22	BAFL1	128	255	128		Bastrup Fluvialt ler 1
23	BADS10	255	128	0		Bastrup Delta sand 10
24	KRL10	0	128	0		Klintinghoved regressivt ler 10
25	BADS9	255	128	0		Bastrup Delta sand 9
26	KRL9	0	128	0		Klintinghoved regressivt ler 9
27	BADS8	255	128	0		Bastrup Delta sand 8
28	KRL8	0	128	0		Klintinghoved regressivt ler 8
29	BADS7	255	128	0		Bastrup Delta sand 7
30	KRL7	0	128	0		Klintinghoved regressivt ler 7
31	BADS6	255	128	0		Bastrup Delta sand 6
32	KRL6	0	128	0		Klintinghoved regressivt ler 6
33	BADS5	255	128	0		Bastrup Delta sand 5
34	KRL5	0	128	0		Klintinghoved regressivt ler 5
35	BADS4	255	128	0		Bastrup Delta sand 4
36	KRL4	0	128	0		Klintinghoved regressivt ler 4
37	BADS3	255	128	0		Bastrup Delta sand 3
38	KRL3	0	128	0		Klintinghoved regressivt ler 3
39	BADS2	255	128	0		Bastrup Delta sand 2
40	KRL2	0	128	0		Klintinghoved regressivt ler 2
41	BADS1	255	128	0		Bastrup Delta sand 1
42	KRL1	0	128	0		Klintinghoved regressivt ler 1
43	KTS2	255	255	0		Klintinghoved transgressivt sand 2
44	KTL2	128	128	0		Klintinghoved transgressivt ler 2
45	KTS1	255	255	0		Klintinghoved transgressivt sand 1
46	KTL1	128	128	0		Klintinghoved transgressivt ler 1
47	TBIL	213	0	0		Maksimal regressiv flade (MRS) Billund
48	BFS2	255	128	128		Billund Fluvialt sand 2
49	BFL2	170	255	255		Billund Fluvialt ler 2
50	BFS1	255	128	128		Billund Fluvialt sand 1
51	BFL1	170	255	255		Billund Fluvialt ler 1
52	VFL11	0	213	254		VejleFjord regressivt ler 11
53	BDS10	255	0	0		Billund Delta sand 10
54	VFL10	0	213	254		VejleFjord regressivt ler 10
55	BDS9	255	0	0		Billund Delta sand 9
56	VFL9	0	213	254		VejleFjord regressivt ler 9
57	BDS8	255	0	0		Billund Delta sand 8
58	VFL8	0	213	254		VejleFjord regressivt ler 8
59	BDS7	255	0	0		Billund Delta sand 7
60	VFL7	0	213	254		VejleFjord regressivt ler 7
61	BDS6	255	0	0		Billund Delta sand 6
62	VFL6	0	213	254		VejleFjord regressivt ler 6
63	BDS5	255	0	0		Billund Delta sand 5
64	VFL5	0	213	254		VejleFjord regressivt ler 5
65	BDS4	255	0	0		Billund Delta sand 4
66	VFL4	0	213	254		VejleFjord regressivt ler 4
67	BDS3	255	0	0		Billund Delta sand 3
68	VFL3	0	213	254		VejleFjord regressivt ler 3
69	BDS2	255	0	0		Billund Delta sand 2
70	VFL2	0	213	254		VejleFjord regressivt ler 2
71	BDS1	255	0	0		Billund Delta sand 1
72	VFL1	0	213	254		VejleFjord regressivt ler 1
73	BDS0	255	0	0		Billund Delta sand 0
74	VFL0	0	213	254		VejleFjord regressivt ler 0
75	MFS_VF	0	0	0		MFS Vejle Fjord
76	BMIO	0	255	0		Bund Miacen

Figur 13 Legende for lag og lagflader i den rumlige geologiske model

3.3.2 Stratigrafiske enheder, aflejningsmodel og palæogeografi

I det følgende beskrives, baseret på (Rasmussen et al., 2010), de enkelte stratigrafiske enheder i den rumlige geologiske model sammen med en aflejningsmodel og en rekonstruktion af de palæogeografiske forhold på aflejringstidspunktet.

I Sen Oligocæn var klimaet varmt og vandstanden høj. Det meste af det Jydske område var marint med vanddybder i Nordjylland på over 200 m, (se Figur 14).



Figur 14 Paleogeografisk rekonstruktion af det seneste Oligocæn, Brejning Formationen (Rasmussen et al., 2010)

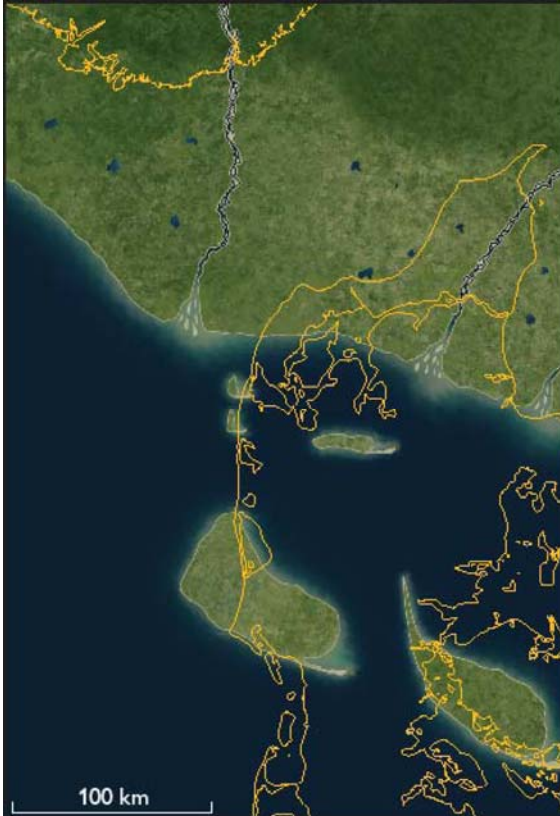
3.3.2.1 Vejle Fjord Formationen og Skansebakke Member

Overgangen til Miocæn er karakteriseret ved et kort men markant fald i havniveau. Samtidig opløftes det Norsk-Danske Bassin som følge af inversionstektonik. Opløftede dele af Ringkøbing-Fyn Højderyggen udgjorde en barriere til det nuværende Sønderjylland og saltdiapirer i bassinet kom til at udgøre kernen i småøer. Der dannedes således et afgrænset bassin nord for Ringkøbing-Fyn Højderyggen, hvor brakvandsforhold var fremherskende. Sand aflejret da vandstanden var lavest ved Oligocæn-Miocæn grænsen blev oparbejdet og transporteret langs de strukturelle elementer og omlejret som odde- og barriereø komplekser øst for disse og de nedre dele af Vejle Fjord Formationen blev aflejret. Med stigende vandstand i Tidlig Aquitanian blev Ringkøbing-Fyn Højderyggen oversvømmet, aflejringen af Vejle Fjord Formationen fortsatte og odde- og barriereø komplekserne blev nedbrudt og aflejret som Skansebakke Member, se Figur 15.

Vejle Fjord Formationen består af mørkebrun leret silt. Nogle steder domineret af lamineret grøn-grå sand og mørkebrun leret silt. Gammalog-mønsteret ses som både faldende og

stigende opad gennem formationen. Vejle Fjord Formationen indeholder Skansebakke Member. Skansebakke Member består af finkornet velsorteret, gulligt sand og brunt ler. Gammaloggen viser lavt niveau med savtakket mønster.

I den rumlige geologiske model for den miocæne lagserie er Vejle Fjord Formationen ind-delt i 12 enheder benævnt VFL0 til VFL11 (se Figur 13). Skansebakke Member er fundet i kystprofiler, men er kun registret i Store Vorslunde (DGU nr 64.613) og er ikke tolket i den rumlige geologiske model.



Figur 15 Paleogeografisk rekonstruktion af det tidligste Aquitanian, Vejle Fjord Formationen (Skansebakke Member) (Rasmussen et al., 2010)

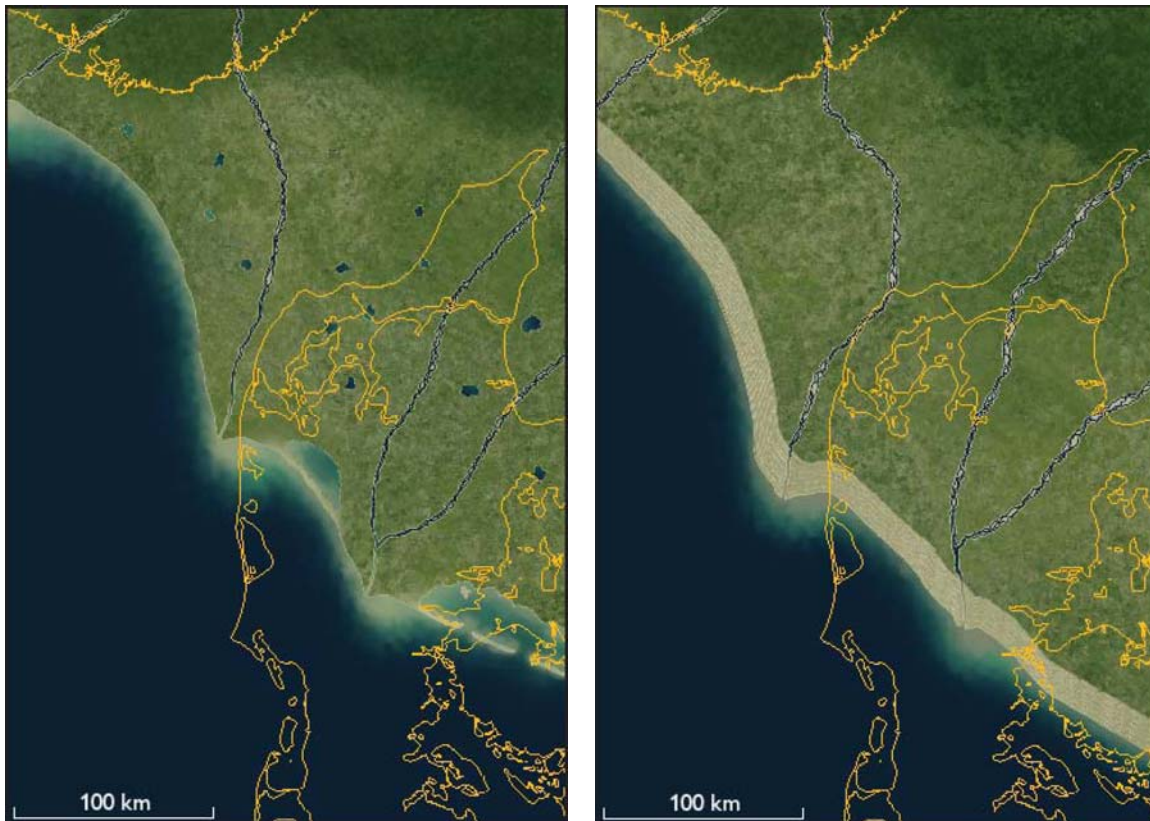
3.3.2.2 Billund Formationen, Hvidbjerg og Addit Member

Da vandstanden var højest var kystlinjen trukket tilbage til en linje omtrent mellem Thisted og Norddjursland. Høj sedimenttilførsel via flettede flodsystemer fra nord og nordøst gav imidlertid anledning til aflejring af et prograderende deltakompleks som udgør Billund Formationen. Aflejringerne fra selve floderne udgør Addit Member. En del af sandet afsat i deltamundingerne blev omlejret som odde- og barriererø-komplekser og udgør Hvidbjerg Member. Som følge af et koldere klima faldt vandstanden, og deltakomplekserne blev tvunget mod sydvest og der blev afsat en sammenhængende række af strandvoldsaflejringer, se Figur 16.

Billund Formationen består af fin- til grovkornet sand. Nogle steder domineret af lamineret grøn-grå sand og mørkebrun leret silt. Gammaloggen viser lavt niveau. På steder ses der et savtakket mønster i den nederste del. Billund Formationen indeholder Hvidbjerg og Addit Member. Hvidbjerg Member består af hvidt, fin- til mellemkornet sand med enkelte grusede

lag. Gammalog-niveauet er generelt lavt. Addit Member består af to sand og grusede enheder adskilt af en enhed med mere finkornede til lerede sedimenter. Gammalog-mønsteret viser lavt niveau og langsomt stigende opad i de mest sandede enheder og høje gammaværdier i de mest lerede enheder, hvilket associeres med fluviale.

I den rumlige geologiske model for den miocæne lagserie er Billund Formationen inddelt i 11 deltalober benævnt BDS0 til BDS10. Hvidbjerg og Addit Member tolkes i den rumlige geologiske model som fire fluviale enheder benævnt BFL1, BFS1, BFL2 og BFS2 (se Figur 13).



Figur 16 Paleogeografisk rekonstruktion af mellem og sen Aquitania, Billund Formationen (Rasmussen et al., 2010)

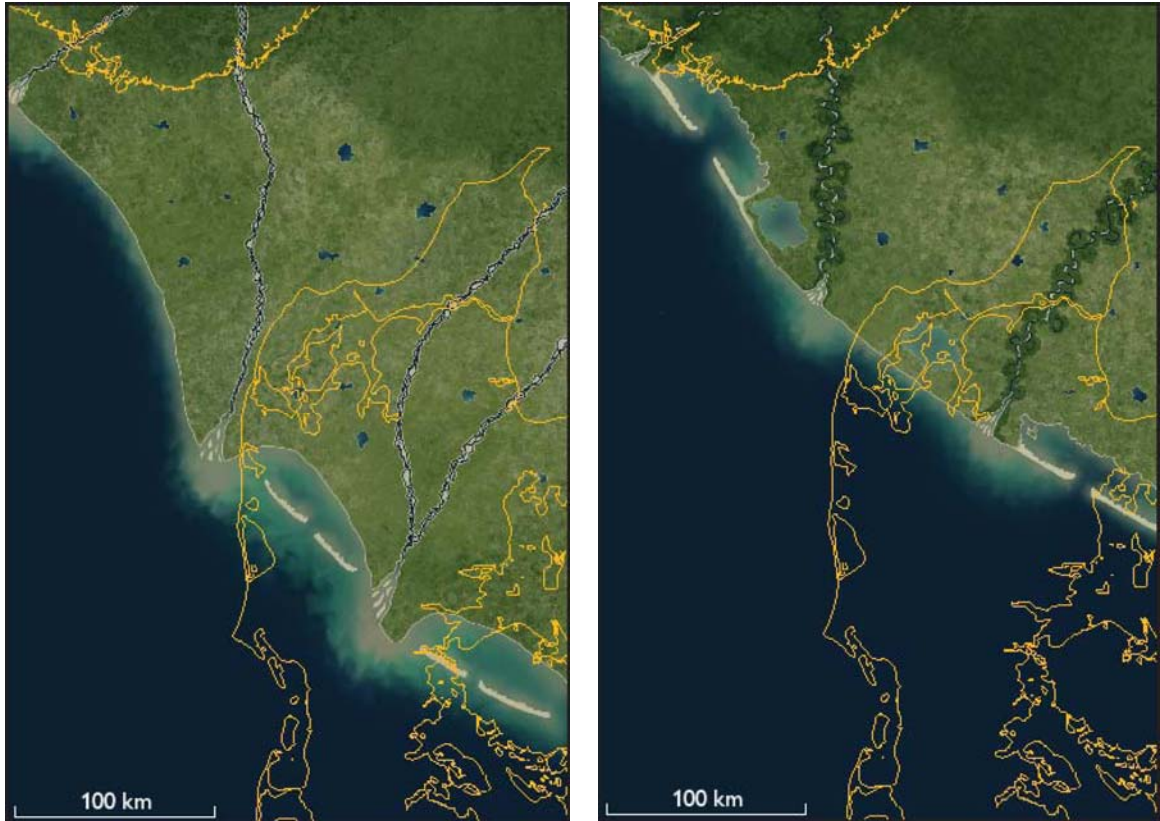
3.3.2.3 Klittinghoved Formationen og Kolding Fjord Member

En ændring af klimaet til varmere forhold i begyndelsen af Burdigalian gav endnu engang anledning til stigende vandstand og der blev afsat barriereøaflejringer øst for hoveddeltaerne som følge af erosion af deltafronterne, svarende til Kolding Fjord Member. Under fortsat og maksimal transgression blev Klittinghoved Formationen afsat, se Figur 17.

Klittinghoved Formationen består af mørkebrun siltet ler med indslag af sand. Gammalog-mønsteret er savtakket med mellem til højt niveau, der falder svagt opad. Klittinghoved Formationen indeholder Kolding Fjord Member. Kolding Fjord Member består af hvidt, fintil mellemkornet sand med få tynde, brune lerede lag. Gammalogen viser lavt til mellem niveau med savtakket mønster nogle steder.

I den rumlige geologiske model for den miocæne lagserie er Klintinghoved Formationen inddelt i 4 enheder, der er afsat under transgressive forhold benævnt KTL1, KTS1, KTL2 og KTS2. Derefter 10 enheder, der er afsat under regressive forhold benævnt KRL1 til KRL10 (se Figur 13).

Enheder under Kolding Fjord Member tolkes i den rumlige geologiske model som Bastrup Deltalober.



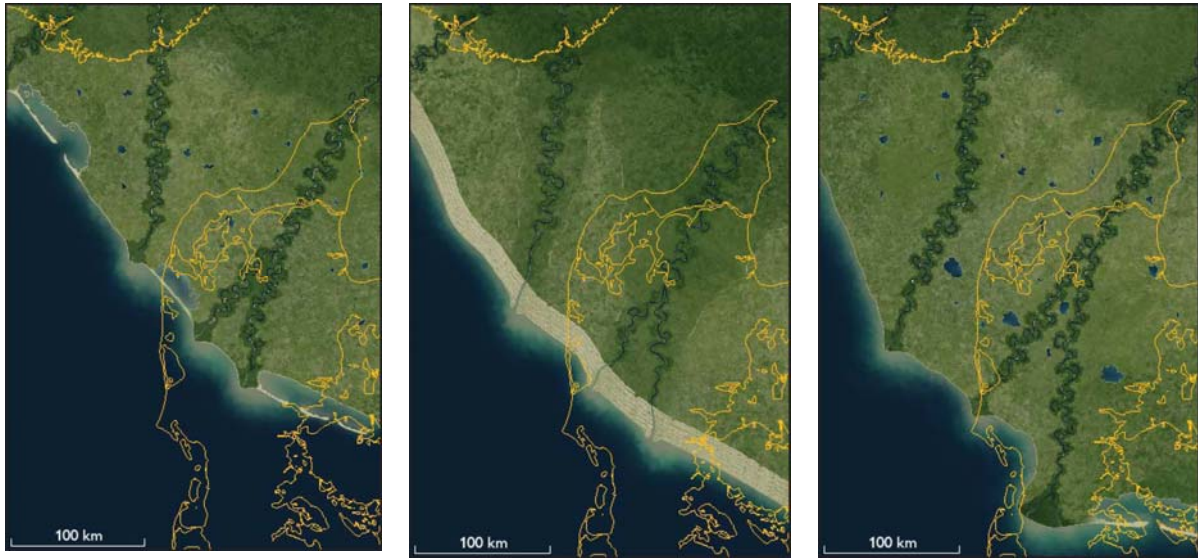
Figur 17 Paleogeografisk rekonstruktion af tidlig Burdigalian, Klintinghoved Formationen (Rasmussen et al., 2010)

3.3.2.4 Bastrup Formationen og Resen Member

Igen betød en høj sedimenttilførsel aflejringer af et prograderende deltakompleks med sydvestlig udbygningsretning i form af Bastrup Formationen, periodevis afsat under faldende vandstand. I Midt Burdigalian var deltakomplekserne rykket frem til det sydlige Danmark, og flodsystemerne havde ændret sig til at være domineret af mæandrerende floder. Aflejringerne afsat af disse floder udgør Resen Member, se Figur 18.

Bastrup Formationen består af grå, mellem- til grovkornet sand med indslag af ler. Gammalog-mønsteret viser lavt niveau med faldende opad tendens, hvilket tolkes som delta-progradering. Bastrup Formationen indeholder Resen Member. Resen Member består af gråt, mellem- til grovkornet sand med enkelte brune lerede lag lokalt. Gammalog-mønsteret viser lavt niveau med savtakket stigende opad tendens, hvilket associeres med fluviale aflejringer.

I den rumlige geologiske model for den miocæne lagserie er Bastrup Formationen inddelt i 10 deltalober benævnt BADS1 til BADS10. Resen Member tolkes i den rumlige geologiske model som otte fluviale enheder benævnt BAFL1 til BAFL8 (se Figur 13).



Figur 18 Paleogeografisk rekonstruktion af tidlig og mellem Burdigalian, Bastrup Formationen (Rasmussen et al., 2010)

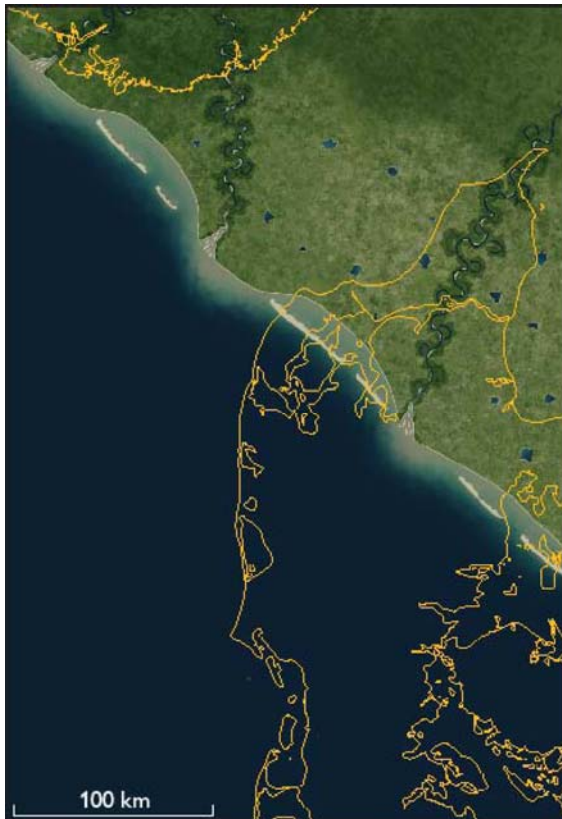
3.3.2.5 Arnum Formationen og Vandel Member

I Sen Burdigalian indtraf en markant global opvarmning med stigende havniveau og tilhørende transgression til følge og afsætning af Arnum Formationen. Ved maksimal transgression befandt kystlinjen sig langs en linje fra Nordvestjylland til det centrale Jylland, se Figur 19. Aflejningsforholdene for Vandel Member er usikre, men memberet overlejrer fluvio-deltaiske dele af Bastrup Formationen, og fraværet af fossiler kan indikere, at der er tale om flodsletteaflejringer.

Arnum Formationen består af mørkebrun siltet ler med indslag af skaller. Gammalog-mønsteret viser højt niveau, savtaket med stigende trend opad. Arnum Formationen indeholder Vandel Member. Vandel Member består af gråt til hvidt silt med højt indhold af tungmineraller. Gammaloggen viser højt niveau.

I den rumlige geologiske model for den miocæne lagserie er Arnum Formationen inddelt i tre enheder, der er afsat under regressive forhold benævnt ARL1 til ARL3 (se Figur 13).

Enheder under Vandel Member tolkes i den rumlige geologiske model som en Arnum enhed.



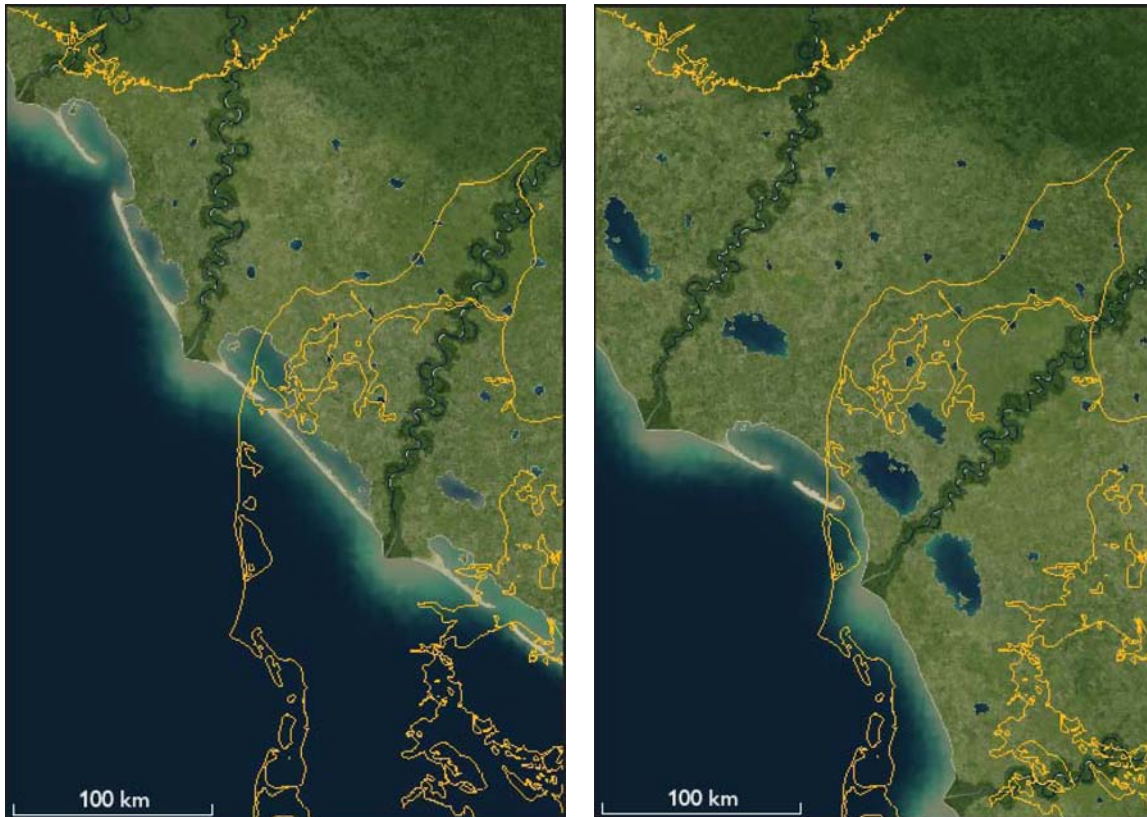
Figur 19 Paleogeografisk rekonstruktion af sen Burdigalian, Arnum Formationen (Rasmussen et al., 2010)

3.3.2.6 Odderup Formationen, Stauning og Fasterholt Member

På trods af subtropisk klima og høj vandstand påbegynder fremrykning af kystlinjen endnu en gang som følge af tektonisk opløft af baglandet og dermed stigende sedimenttilførsel til Nordsøbassinet. Hermed aflejres Odderup Formationen og finkornede storm-sandlag aflejret foran kysten udgør Stauning Member. Kullag dannet i laguner og søer udgør Fasterholt Member, se Figur 20.

Odderup Formationen består af fin- til grovkornet sand med indslag af ler og brunkul. Gammalog-mønsteret viser lavt til mellemhøjt niveau med stigende opad tendens, hvilket tolkes som kystnær aflejring. Odderup Formationen indeholder Stauning og Fasterholt Member. Stauning Member består af gråt til hvidt, finkornet sand med højt indhold af tungminerale. Gammaloggen viser ekstremt højt niveau i forbindelse med høje koncentrationer af tungminerale. Fasterholt Member består af sand, ler og brunkul.

I den rumlige geologiske model for den miocæne lagserie er Odderup Formationen inddelt i 3 deltaenheder benævnt ODS1 til ODS3 samt fire fluviale enheder benævnt ODFL1 til ODFS2. Stauning Member tolkes i den rumlige geologiske model som Odderup Delta enheder (se Figur 13).



Figur 20 Paleogeografisk rekonstruktion af sen Burdigalian og tidlig Langhian, Odderup Formationen (Rasmussen et al., 2010)

3.3.2.7 Hodde, Ørnhøj og Gram Formationerne samt Marbæk Member

Som følge af endnu en varmeperiode og forøget indsynkning af Nordsøbassinet stiger vandstanden igen og Hodde Formationerne afsættes. Ved maksimal transgression afsættes Ørnhøj Formation hvis indhold af glauconit indikerer, at den er aflejret langt fra kysten. På trods af koldere klima betyder den øgede indsynkning af området, at det fortsat er oversvømmet, men samtidig opløft af det Norske område medfører øget sedimenttilførsel og kysten begynder at rykke frem. Gram Formationen afsættes, stadig i et åbent marin sokkelmiljø, men tynde storm-sandlag øverst i formationen indikerer at kystlinjen nærmer sig. Tæt på slutningen af Tortonian aflejres Marbæk Formationen som strandplans-sedimenter, og kystlinjen fortsætter fremrykning mod vest og sydvest ud i Nordsøbassinet, se Figur 21.

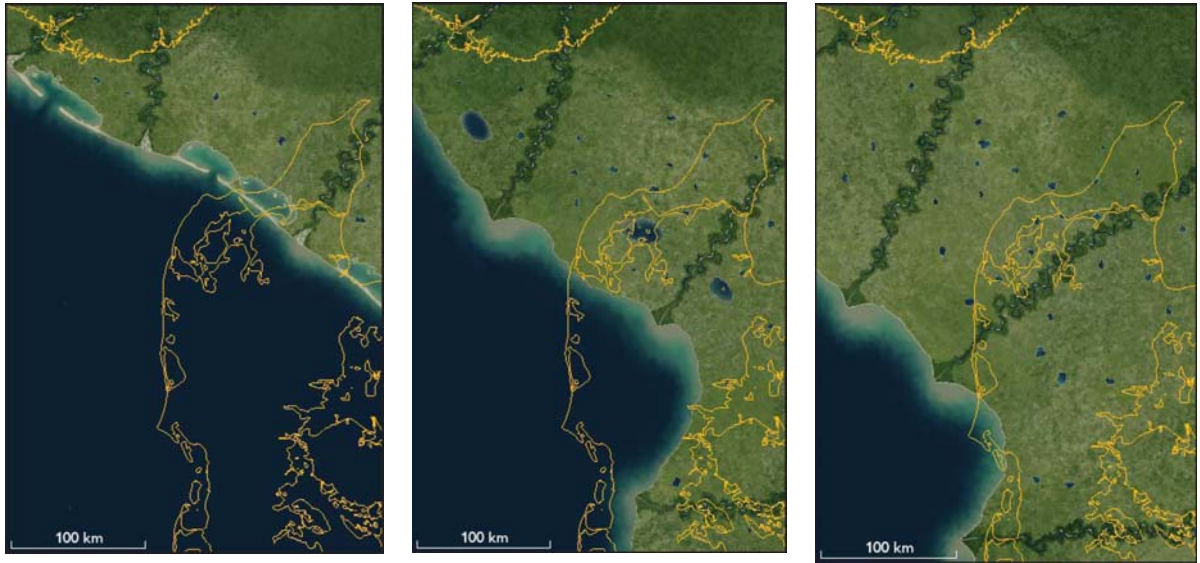
Hodde Formationen består af mørkebrunt siltet ler rigt på organisk materiale med højt pyritindhold. Gammalog-mønsteret viser mellem til højt niveau.

Ørnhøj Formationen består af grønt og brunt ler. Gammalog-mønsteret viser højt niveau.

Gram Formationen består af mørkebrunt ler med højt pyritindhold. Gammalog-mønsteret viser mellemniveau.

Marbæk Formationen består af hvid og rødligt fin- til mellemkornet sand.

I den rumlige geologiske model for den miocæne lagserie er Hodder, Ørnhøj og Gram Formationerne samlet til 1 enhed (se Figur 13). Marbæk Member er ikke tolket i den rumlige geologiske model.



Figur 21 Paleogeografisk rekonstruktion af Serravallian og Tortonian (Ørnhøj, Gram og Marbæk Formationerne) (Rasmussen et al., 2010)

3.4 Konstruktion af modelskelet

3.4.1 Modeltype

Den rumlige geologiske model er opstillet som en lagmodel. I GeoScene 3D er der mulighed for at lave en kombineret model med både lagflader og voxel.

Der har været flere overvejelser omkring at anvende voxel-modellering til nogle af lagene. Enheder med begrænset udbredelse, som f.eks. deltaloer kunne vises bedre med voxel-modellering, hvorimod gennemgående lag som Top Bastrup repræsenteres bedst som lagflader.

Da voxelmodulet i GeoScene 3D ikke var tilstrækkelig færdigudviklet og aftestet på tidspunktet for denne projektperiode, blev der valgt lagtolkning for alle lag og lagflader.

3.4.2 Sammenstilling med andre modeller

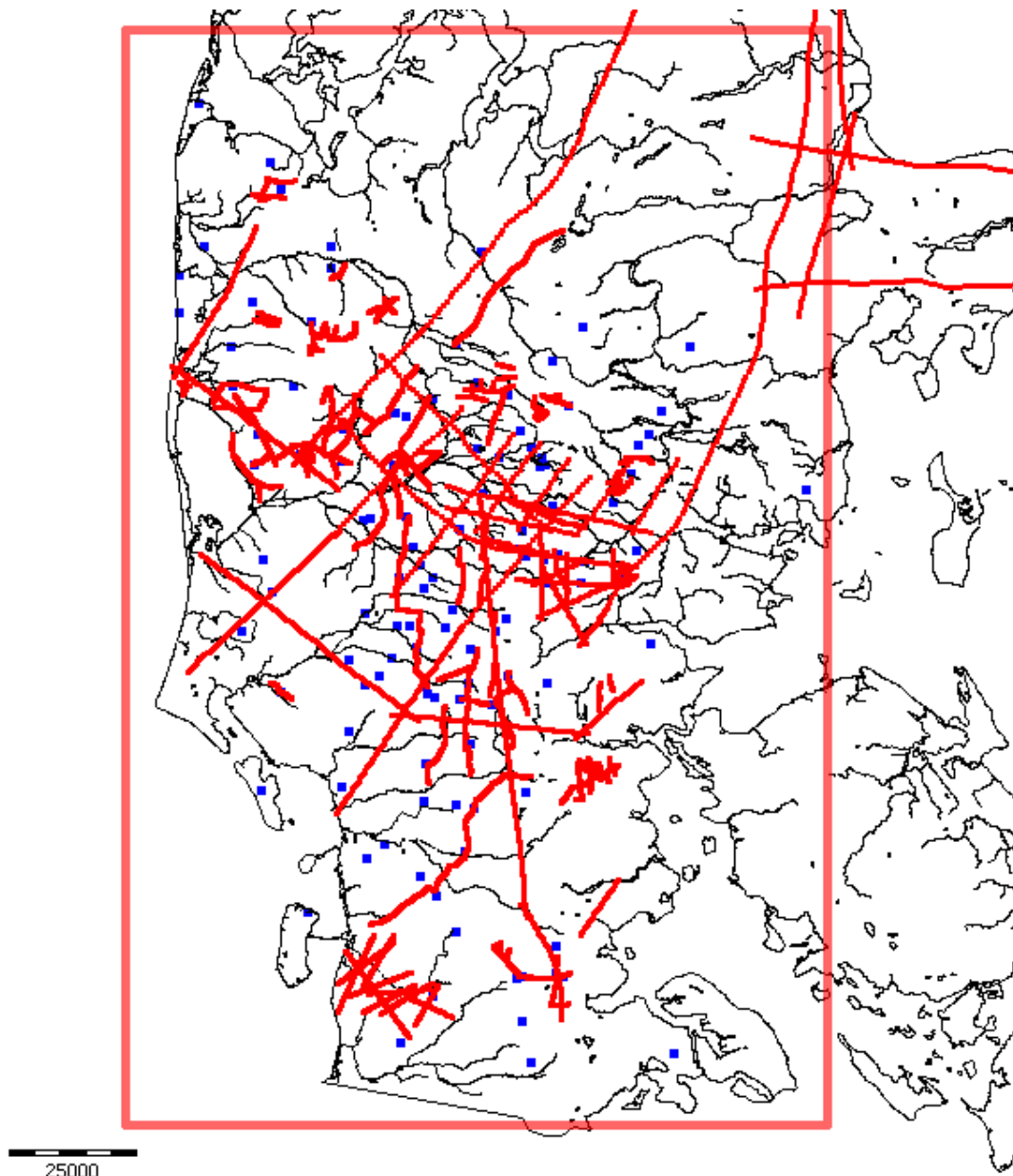
Det er forsøgt at sammenstille modellen med den tidligere opstillede model for de miocæne aflejringer i Skjern å-oplandet, samt andre modeller, der er opstillet i området gennem de senere år.

Da modellen i dette projekt er opstillet med fokus på at afgrænse deltaloer og fluviale aflejringer, har den en anden opbygning end de øvrige modeller. Modellen indeholder langt

flere lag og lagflader, og det har derfor ikke været muligt at genanvende lag og lagflader fra tidlige opstillede modeller.

3.4.3 Modelafgrænsning

Modellen dækker et kvadratisk område, der svarer nogenlunde til de ydre grænser for Miljøcenter Ribe, Miljøcenter Ringkøbing og Miljøcenter Århus (se Figur 22). Datatætheden mht. seismik og stratigrafiske borer er dog ikke jævnt fordelt, og der vil derfor være områder, hvor kvaliteten af tolkningspunkter i modellen er god, og andre hvor den er ringe.

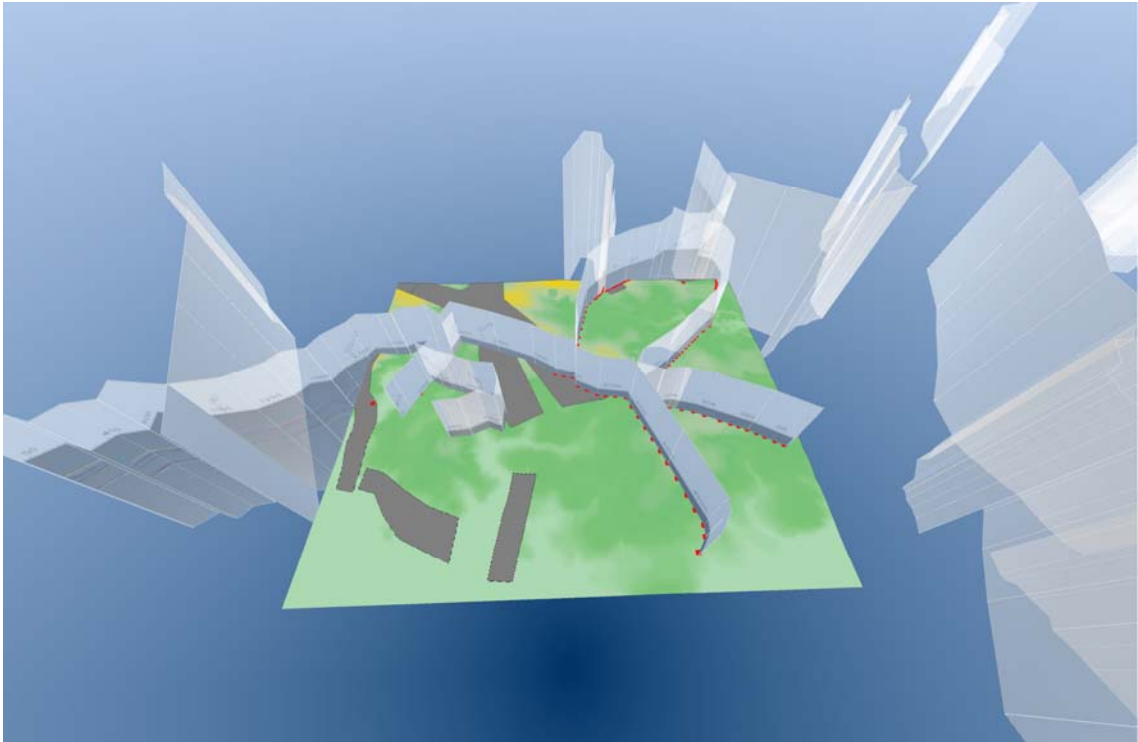


Figur 22 Modelafgrænsningen er markeret med en rød kant.

3.4.4 Profilnetværk og projektionsafstande

Modellen er opstillet i et 3D-miljø, hvor der er mulighed for både 3D-tolkning og 2D-horizontale og profil-tolkning. Tidligere blev de fleste geologiske modeller bygget op omkring et netværk af 2D-profiler, hvorpå tolkningerne blev udført. I dette tilfælde har det oftest været en fordel at tolke i 3D-vinduet.

I forbindelse med tolkning af seismik, er der næsten udelukkende anvendt 3D-tolkning, da det giver gode muligheder for at sammenligne flere seismiklinjer, der støder op til, eller ligger tæt ved hinanden (se Figur 23).



Figur 23 Profiler med seismik ligger ofte så tæt at der kan korreleres mellem linjerne uden problemer.

De stratigrafiske borer er også tolket i 3D-vinduet, da det her er muligt at få oplysninger omkring de enkelte lag, f.eks. jupiter-beskrivelse, logstratigrafi m.m. Øvrige borer er delvist tolket i 3D- eller profil-vinduet.

Der er genereret profiler, der svarer til de korrelationspaneler der er opstillet i forbindelse med den nye litostratigrafi. Profilerne er derfor udlagt i irregulære netværk, der går tæt forbi de stratigrafiske borer. Det er svært at lave profiludlægningen, så profilerne går præcist igennem borerne i GeoScene 3D, da man ikke kan snappe til borer ved digitaliseringen af profiler. Der er derfor indsat en bufferzone langs profillinjerne for at sikre, at de stratigrafiske borer inkluderes.

Ud over korrelationspanelerne, der er opstillet i forbindelse med dette projekt, er der også opstillet profiler der svarer til korrelationspaneler fra tidligere udgivene Miocæn-rapporter (Dybkjær et al., 2005; Dybkjær and Rasmussen, 2001, 2004a, b, c, 2005, 2006; Dybkjær et

al., 2001, 2003; Piasecki et al., 2004; Piasecki and Rasmussen, 2004; Piasecki et al., 2006; Rasmussen, 2003a, b, c, d, 2004b).

Da projektområdet er meget stort, har det ikke været muligt at udlægge et netværk af profiler, som inddrager alle relevante data på mindst et profil. I projektet er grænsen desuden nået for antallet af profiler i forhold til softwarens performance, og det har ikke været muligt at have alle profiler fra gamle paneler inde i projektet på samme tid. Derfor er nogle af de ældste profiler tolket i projektet, men derefter fjernet igen. Alle profillinjerne findes som csv-filer i mappen med profiler.

3.5 Rumlig geologisk modellering

3.5.1 Punkttolkning

Fladetolkningspunkterne udgør det grundlæggende element i den rumlige geologiske model. I modellen er der anvendt tre typer fladetolkningspunkter til at definere laggrænserne.

Der er anvendt snappede fladetolkningspunkter, der er knyttet præcist til datapunkter f.eks. på boringer.

Der er afsat frie fladetolkningspunkter på seismik-profilerne. Det er ikke muligt at snappe til seismikken, da den visualiseres som billed-filer i GeoScene 3D.

Der er desuden afsat støttende fladetolkningspunkter på de profiler der er optegnet efter korrelationspanelerne. De støttende fladetolkningspunkter er en hjælp til at kunne følge en laggrænse på profilerne, hvor der til tider kan være mange punkter, der er tilknyttet forskellige lagflader.

Punkterne er tilknyttet information om, hvilken lagflade punktet er tolket på og dennes sikkerhed. Denne information er løbende indbygget i modellen under modelarbejdet. Der er dog ikke sat sikkerhed eller bemærkninger til de støttende fladetolkningspunkter.

3.5.2 Modellering af særlige geologiske strukturer og områder

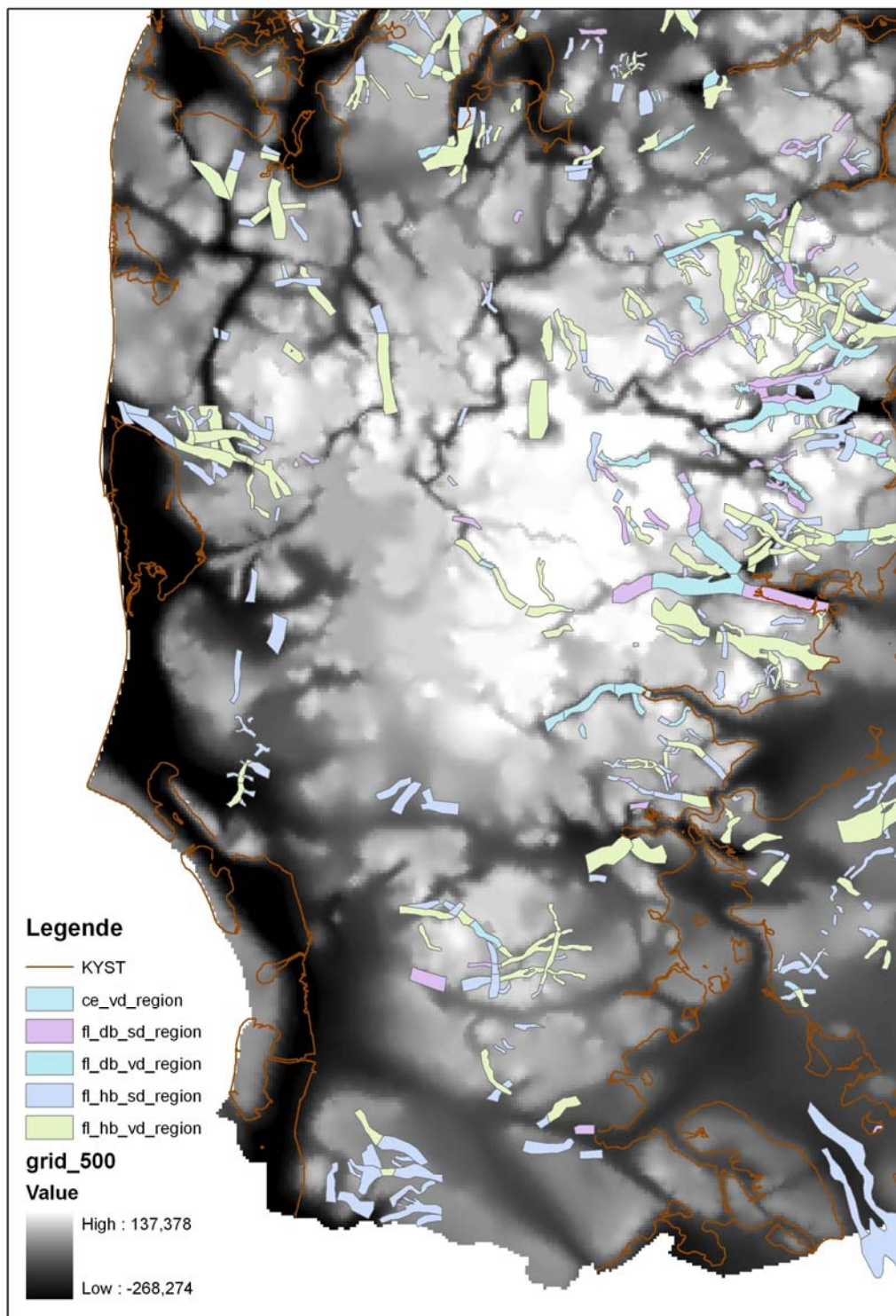
Modelområdet er præget af begravede dale, forkastninger og saltstrukturer.

Begravede dale

Enkelte af de begravede dale fremgår af kortet over prækvartæroverfladen udarbejdet af Binzer og Stockmarr (Binzer and Stockmarr, 1993). Kortet er primært fremstillet ud fra borningsoplysninger, men der er kortlagt mange flere i "Begravede dale" projektet (se www.begravede-dale.dk;(Jørgensen and Sandersen, 2009)) ud fra kortlægning med bl.a. TEM metoden (se Figur 24). Modellering af dalstrukturerne er ikke indeholdt i dette projekt.

Da prækvartæroverfladen i størstedelen af modelområdet er sammenfaldende med toppen af miocænet, er det en flade, der er nødvendig for dette projekt. Punkttolkningen for Top Miocæn er derfor lavet ved at tage udgangspunkt i gridfladen fra (Binzer and Stockmarr, 1993). Gridfladen er konverteret til gridpunkter. I et GIS-miljø er der fjernet gridpunkter med en buffer på 500 meter fra alle seismiklinjer, der er retolket i forbindelse med Miocæn 3D projektet. Punkttemaet er derefter suppleret med de fladetolkningspunkter, der er tolket på seismik og boringer.

I et område mellem Herning og Ikast er der forsøgt genanvendt tolkninger af prækvartæroverfladen, hvor der er registreret og tolket en begravet dal ud fra TEM-data i en eksisterende model.. Gridfladen for Prækvartæroverfladen i "Herning-Ikast modellen" er indlæst i GeoScene 3D, hvorefter der er fortaget horisontal punkttolkning på gridfladen i 3D-vinduet. De nye tolkningspunkter har erstattet gridpunkterne fra (Binzer and Stockmarr, 1993).

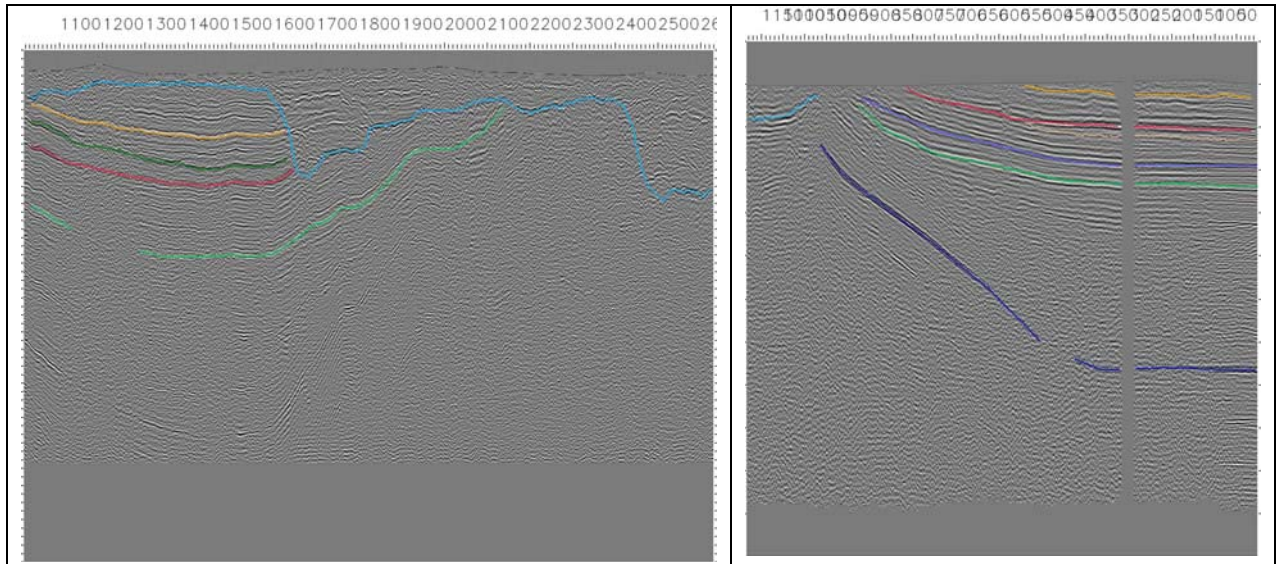


Figur 24 Begravede dale fra Jørgensen og Sandersen 2009 sammenholdt med prækvar-tærkortet fra Binzer og Stockmarr

Når forkastninger forskyder lagfølgen i et vertikalt eller næsten vertikalt plan, er det forbundet med store problemer at gengive disse i rumlige modeller.

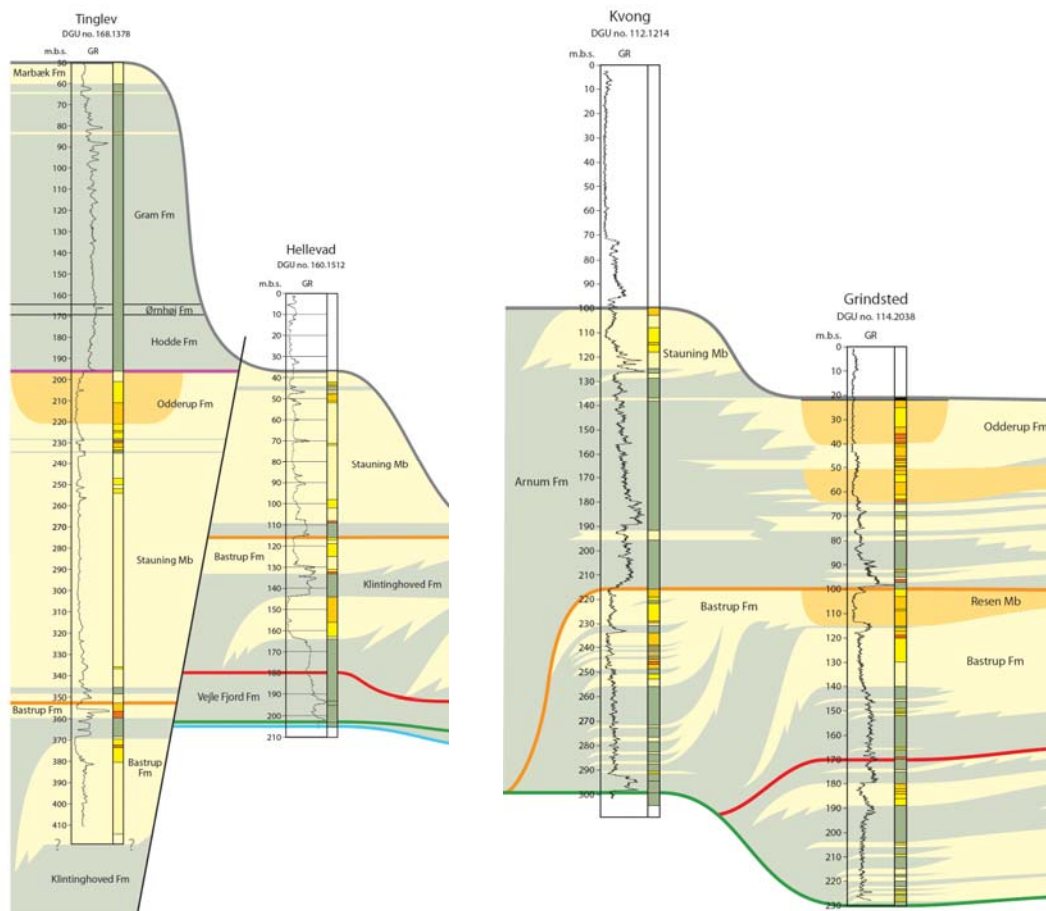
Flere steder i modellen er der registeret forkastninger og salthorste på seismikken.

De seismiske linjer omkring Vinderup (VS02 og VS03) viser en opskydning af lagene, der hænger sammen med saltstrukturen Vejrumstad i området. Da seismikken kun går ind over den vestligste del, kan strukturen ikke modelleres fuldt ud med tilstrækkelig sikkerhed. På seismikken ved Gludsted ses Pårup-saltstrukturen. Saltstrukturerne modelleres i det omfang de ses i de miocæne lag (se Figur 25).



Figur 25 Saltstrukturer på seismikken (Vejrumstad og Pårup)

I forbindelse med korrelation mellem de stratigrafiske borer registreres der også forkastninger, men da der ofte ikke er seismik eller andre data, der kan vise forkastningerne og deres forløb, er de svære at placere og modellere. Mellem de stratigrafiske borer Tinglev og Hellevad samt ved Kvong ses en forskydning af lagene, der indikerer at der er tale om en markant forkastning (se Figur 26).



Figur 26 Forkastninger der er registreret i forbindelse med korrelationer mellem stratigrafiske borer

3.5.3 Arbejdsgangen

Punkttolkningen er foretaget med afsæt i tolkningen af de stratigrafiske borer og de seismiske linjer udført i forbindelse med grundvandskortlægningen. Ud fra disse er der opstillet 5 vest-øst og 4 syd-nord gående korrelationspaneler (2009-panelerne, se bilag 3).

2009-panelerne er blevet brugt til at udarbejde de første principskitser for maksimaludbredelsen af de sandede aflejringer, samt til opstilling af den første legende over forventede lag og lagflader (se Figur 11 og Figur 12).

Der er etableret en metodik til indlægning af seismiske data i GeoScene 3D. Seismikken er blevet detailtolket og retolket i forhold til 2009-panelerne og den nye litostratigrafi samt i forhold til registrerede begravede dale.

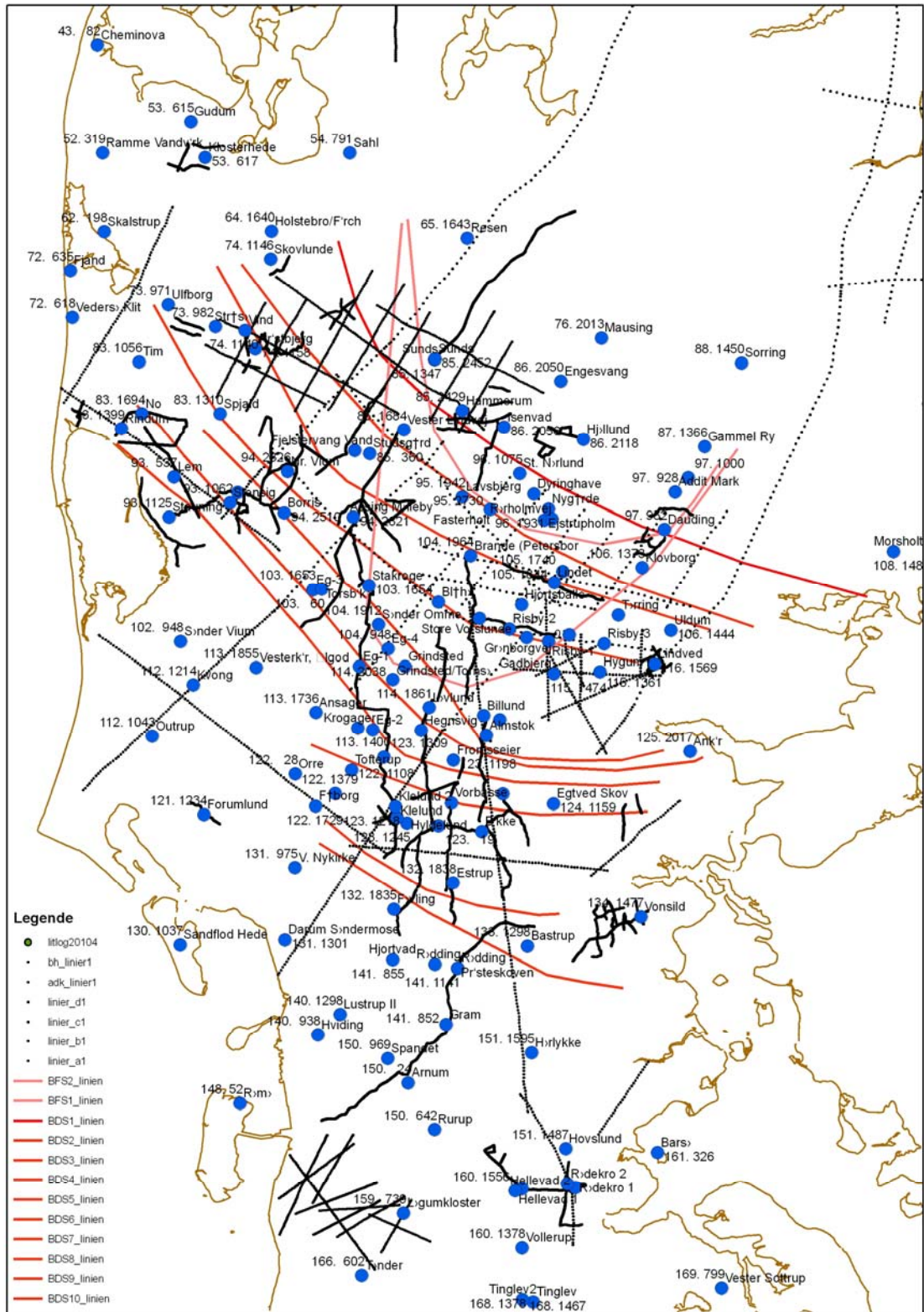
Der er ligeledes etableret et system til registrering af forskellige usikkerheder på de enkelte tolkningspunkter.

Der er opbygget en mapestruktur for hvordan data, profiler, interpolationer og GIS-projekter skal placeres i forhold til projektet.

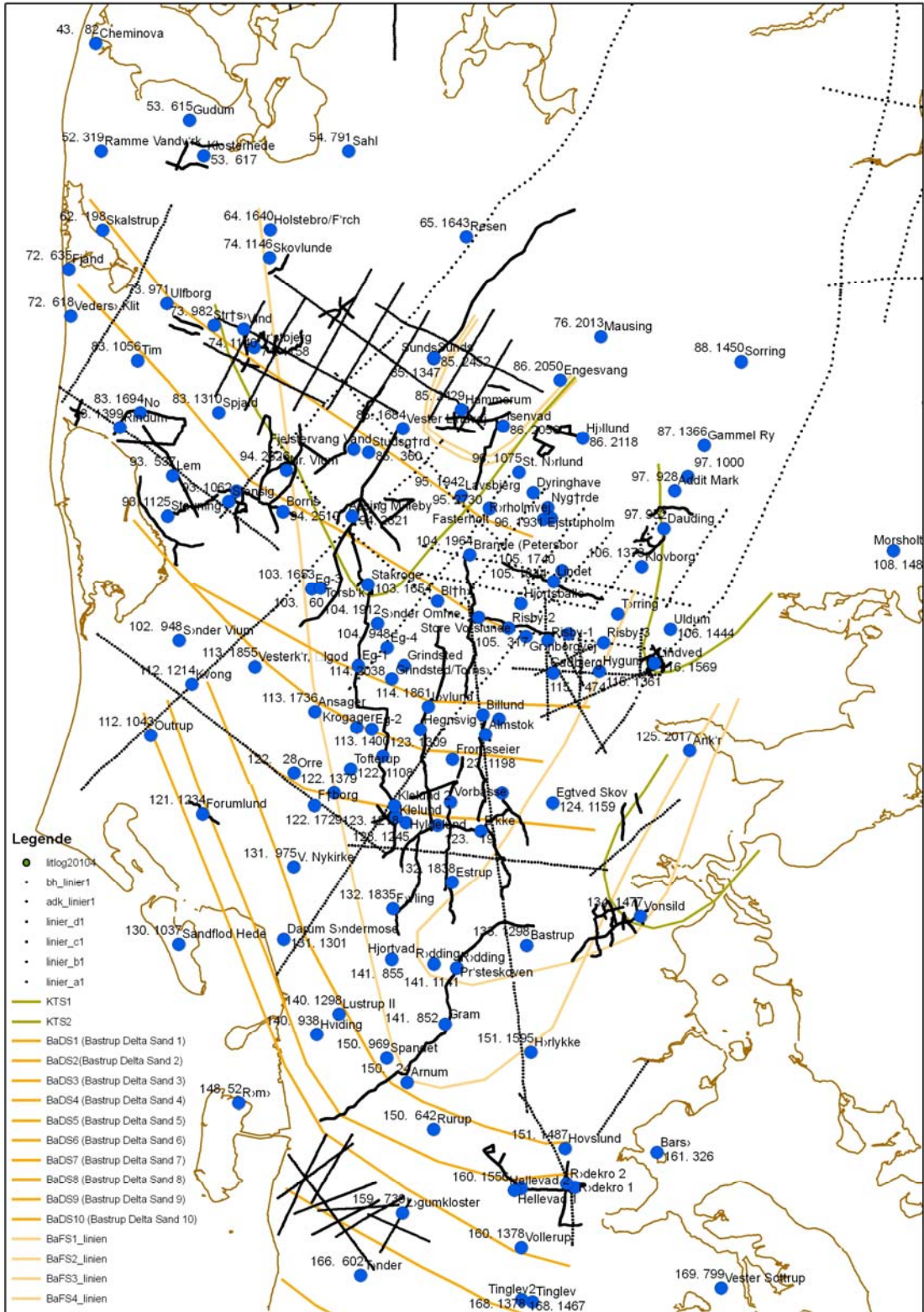
Data er indlæst i GeoScene 3D.

Access-database til XYZ-punkttemaerne er lavet, og der er oprettet tilsvarende punkttemaer i projektet.

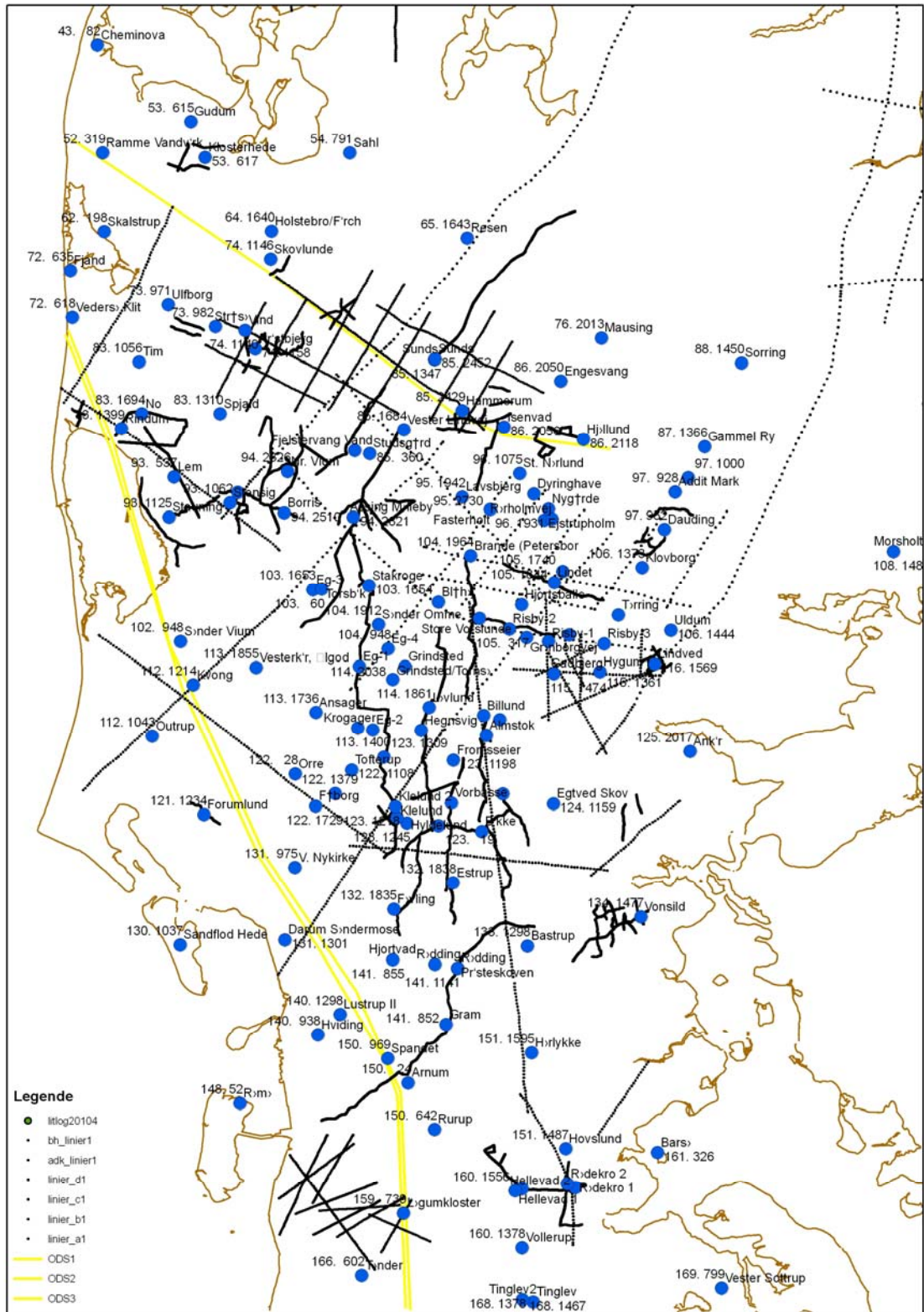
Der er lavet et GIS-projekt, hvor XYZ-punkttemaet er indlæst for at give overblik og foretage løbende kvalitetssikring af punkttolkningerne i forhold til maksimaludbredelsen for de sandede aflejringer (se bilag 4). De resulterende maksimaludbredelser kan ses i Figur 27, Figur 28 og Figur 29.



Figur 27 Miocæne maksimalubredelser for sandende aflejringer under Billund Formationen



Figur 28 Miocæne maksimalubredelser for sandende aflejringer under Bastrup og Klintinghoved Formationerne



Figur 29 Miocæne maksimalubredelser for sandene aflejring under Odderup Formationen

Derefter er der foregået en iterativ proces, hvor der løbende er foretaget justeringer i tolkninger af seismikken samt de forventede maksimaludbredelser og antallet af lag og lagflader i forhold til de stratigrafiske borer.

2009-profilerne er tolket, hvorefter profiler der svarer til paneler fra gamle rapporter er tolket.

Øvrige borer er herefter tolket i det omfang de ligger i nærheden af stratigrafiske borer eller seismik, hvor der forventes at være en større sikkerhed i tolkningen. For andre borer er det ikke muligt at inddele lagserien i stratigrafiske enheder på baggrund af tolkningen i Jupiterdatabasen alene.

3.5.4 Interpolation af tolkningspunkter

For at få et overblik over nogle af de gennemgående lagflader, er der udført interpolation. Dette er gjort iterativt som en del af tolkningsprocessen. Formålet med at interpolere data under tolkningsprocessen er at give et forbedret grundlag for den geologiske tolkning.

Interpolationen er ikke foretaget i samme projekt som det projekt, hvor tolkningen foregår. Da tolkningsprojektet er datatungt, er det ikke muligt at udvide "scene extent" til hele projektområdet. Der er derfor lavet et tilsvarende projekt, der kun indeholder punkttolkningerne, til anvendelse for interpolationer. Der er i interpolationsprojektet udført interpolation for følgende flader (se Tabel 1):

Tabel 1 Cellestørrelse og søgeradius for interpolerede flader

Lagflade	Grid navn	Cellestørrelse	Søgeradius
Top Miocæn	GRIDTMIO	500x500	1000
MRS Bastrup	GRIDTBAS	500x500	5000
MRS Billund	GRIDTBIL	500x500	5000
Bund Miocæn	GRIDBMIO	500x500	5000

Prækvartæroverfladen, eller i dette tilfælde Top Miocæn, er et godt eksempel på en flade, som kan være svær at modellere. Mange af de begravede dal-strukturer, der er indeholdt i denne flade, er så smalle, at de er vanskelige at modellere.

Der er gjort forsøg med interpolation af forskellige typer flader, f.eks. deltalober og flader i forbindelse fluviale aflejringer. Datatætheden for de enkelte deltalober er forholdsvis lille med hensyn til fladetolkningspunkter. Optimalt set bør tætheden af punkter være så stor, at fladen kan gengives tilfredsstillende ved en efterfølgende interpolation. Det vil derfor være nødvendigt at indsætte mange støttende tolkningspunkter for at kunne interpolere en flade, der får den rigtige form.

Det er altid en vurdering, hvor langt man kan tillade sig at korrelere og interpolere mellem datapunkter. De forskellige indstillingsmuligheder ved interpolationen, bl.a. større søgeradius samt mulighed for at afskære områder efterfølgende, gør det muligt at lave nogle gridflader, der er tilknyttet deltaloberne. Det vurderes dog, at interpolation af denne type flader

vil kræve en voldsom dokumentation samt medføre en stor usikkerhed, og derfor ikke give et produkt, der er anvendelig i forbindelse med en rumlig geologisk model.

Data for toppen af de sandede aflejringer er i stedet vist som GIS-kort med usikkerhedsvurderinger på de enkelte tolkningspunkter.

3.6 Usikkerhedsvurderinger

For at andre skal kunne vurdere og bruge modellen og dens tolkninger, er der foretaget usikkerhedsbetragtninger. Usikkerhedsbetragtningerne er dokumenteret i modellen og visualiseret i et GIS-projekt. GIS-kortene er vist i bilag 4.

Usikkerheden på den rumlige geologiske model indeholder en samlet vurdering af data og selve tolkningsusikkerheden.

I den rumlige geologiske model er der udført tolkninger i områder, hvor der menes at være et rimeligt objektivt grundlag for at gøre det. Meningen med den rumlige geologiske model er ikke, at der absolut *skal* modelleres i geologisk ukendte områder, men derimod at registrere de tolkninger, der vurderes at være underbyggede til et rimeligt niveau i data eller i den dannelsesmæssige forståelse af området (Jørgensen et al., 2008). Som følge af en veldokumenteret dannelsesmæssig forståelse for miocænet (Rasmussen et al., 2010) har det været muligt at anvende forholdsvis mange støttende fladetolkningspunkter til beskrivelse af deltalobe-udbygningen på de profiler, der svarer til korrelationspanelerne.

I punkt-databasen for GeoScene 3D projektet er der sat en kvalitetsværdi på alle punkter. Kvalitetsværdierne er efterfølgende anvendt til at fremstille kort for de enkelte flader og enheder, der viser hvor sikker tolkningen er i forskellige områder.

Der er oprettet et system til registrering af usikkerheden på data og tolkninger, hvor punkter, der er tilknyttet stratigrafisk beskrevne borerer får kvalitetsværdien 1 med betegnelsen "meget sikker". Punkter der er tolket på seismik får kvalitetsværdien 2 med betegnelsen "sikker", fordi seismikken er tolket ved at sammenstille reflektorerne med laggrænser i de stratigrafiske borerer. Øvrige borerer er tolket, hvis de fremviser lag, der kan sammenstilles med tolkninger fra stratigrafiske borerer eller seismiske data. De har fået kvalitetsværdien 3 med betegnelsen "usikker", da de ofte er svære at korrelere til en stratigrafisk boring på grund af stor afstand. De støttende tolkningspunkter har ingen kvalitet, men vises alligevel på usikkerhedskortene for de enkelte punkttemaer (se Bilag 4).

Kvalitetsværdi	Grad af usikkerhed	Datatilknytning	Punkt-tolkning
0		Ingen	Støttende fladetolkningspunkter
1	Meget sikker	Stratigrafiske borerer	Snappede fladetolkningspunkter
2	sikker	Seismik	Frie fladetolkningspunkter
3	usikker	Øvrige borerer med miocæne	Snappede fladetolknings-

		sedimenter	punkter
--	--	------------	---------

3.7 Afsluttende bemærkninger

En rumlig geologisk model over litostratigrafiske enheder i den miocæne lagserie kan hjælpe med at udpege mulige nye vandindvindingsområder og forudsige de geologiske lag på nye borelokaliteter. Modellen kan også udgøre fundamentet i fremtidige hydrostratigrafiske modeller for området.

Den rumlige geologiske model kan fungere som en slags visuelt arkiv for den geologiske viden i området. Efterhånden som den geologiske opbygning bliver afdækket i form af nye boringer, kan modellen udbygges. Et væsentligt element i modellen er, at der tilknyttes en kvalitet eller usikkerhed til den geologiske tolkning, der indlejres i modellen.

4. Referencer

- Anstey, N.A. 1982: Simple Seismics. International Human Resources Development Corporation, Boston. ISBN 0-934634-43-2.
- Binzer, K., and Stockmarr, J., 1993, Prækvartærets højdeforhold, Danmarks Geologiske Undersøgelser.
- Ditlefsen, C., Sørensen, J., Pallesen, T.M., Pedersen, D., Nielsen, O.B., Christiansen, C., Hansen, B., and Graversen, P., 2008, Geo-Vejledning 1. Jordprøver fra grundvandsboringer - Vejledning i udtagning, beskrivelse og geologisk tolkning i felten, De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland.
- Dybkjær, K., Piasecki, S., and Rasmussen, E.S., 2005, Dinoflagellat-datering og sekvensstratigrafi i 5 dybe boringer i Ringkøbing Amt, Volume Rapport 2005/5, Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse p. 69 pp.
- Dybkjær, K., and Rasmussen, E.S., 1998, Sekvensstratigrafi: Geologi Nyt fra GEUS, v. 1/98.
- , 2001, Oligocæn - miocæn dinoflagellat-stratigrafi i Vorbasse-boringen, Ribe Amt. Inklusive en regionalgeologisk model for Midt- og Sønderjylland., Volume Rapport 2001/120, Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse, p. 28 pp.
- , 2004a, Miocæn stratigrafi i boringen DGU nr. 160.1526, Lunderup ved Rødekre, Sønderjyllands Amt, Volume Rapport 2004/91, Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse, p. 25 pp.
- , 2004b, Miocæn stratigrafi i boringen DGU nr. 160.1561 ved Bodumvej, Rødekre, Sønderjyllands Amt, Volume Rapport 2004/92, Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse, p. 27 pp.
- , 2004c, Palynologisk datering og stratigrafi i Morsholt-boringen, Århus Amt, Volume Rapport 2004/39, Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse, p. 25 pp.
- , 2005, Salten Profilet - stratigrafi og aflejringsmiljø. En palynologisk og sedimentologisk undersøgelse af Salten Profilet, Århus Amt., Volume Rapport 2005/6, Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse, p. 15 pp.
- , 2006, Palynologisk datering og stratigrafi i boringen DGU 88.1450, Sorring, Århus Vest, Volume Rapport 2006/65, Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelser, p. 26 pp.
- Dybkjær, K., Rasmussen, E.S., and Piasecki, S., 2001, Oligocæn - Miocæn stratigrafi i Vejle Amt, Volume Rapport 2001/104, Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse, p. 37 pp.
- , 2003, Stratigrafi i boringerne: Frømsseier, Bække, Estrup og Føvling, Ribe Amt, Volume Rapport 2003/95, Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse, p. 53 pp.
- Dybkær, K., Piasecki, S., and Rasmussen, E.S., 2005, Dinoflagellat-datering og sekvensstratigrafi i 5 dybe boringer i Ringkøbing Amt, Volume Rapport 2005/5, Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse p. 69 pp.
- Dybkær, K., and Rasmussen, E.S., 2005, Salten Profilet - stratigrafi og aflejringsmiljø. En palynologisk og sedimentologisk undersøgelse af Salten Profilet, Århus Amt., Volume Rapport 2005/6, Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse, p. 15 pp.
- Hansen, J.P.V., and Rasmussen, E.S., 2008, Structural, sedimentologic, and sea-level controls on sand distribution in a steepclinoform asymmetric wave-influenced delta: Miocene Billund sand, eastern Danish North Sea and Jylland: *Journal of Sedimentary Research*, v. 78, p. 130-146.
- Håkansson, E., and Pedersen, S.S., 1992, Undergrundskort: VARV, v. 2.
- Jørgensen, F., Kristensen, M., Højberg, A.L., Klint, K.E.S., Hansen, C., Jordt, B.E., Richardt, N., and Sandersen, P., 2008, Geo-Vejledning 3. Opstilling af geologiske modeller til grundvandsmodellering, De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland, p. 175 pp.
- Jørgensen, F., Lykke-Andersen, H., Sandersen, P.B.E., Auken, E., and Egon, N., 2003, Geophysical investigations of buried Quaternary valleys in Denmark: An integrated application of transient electromagnetic soundings, reflection seismic surveys and exploratory drillings: *Journal of Applied Geophysics*, v. Vol. 53, p. 4 pp.

- Jørgensen, F., and Sandersen, P.B.E., 2009, Kortlægning af begravede dale i Danmark, opdatering 2007-2009, p. 374 pp.
- Piasecki, S., Dybkjær, K., and Rasmussen, E.S., 2004, Miocæn stratigrafi i Sønder Vium forskningsboring i Ringkøbing Amt (102.948), Volume Rapport 2004/5, Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse, p. 22 pp.
- Piasecki, S., and Rasmussen, E.S., 2004, Miocæn stratigrafi i Forumlund (121.1334) og Klelund-2 (123.1218) borerne i Ribe Amt, Volume Rapport 2004/33, Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse, p. 36 pp.
- Piasecki, S., Rasmussen, E.S., and Scharling, P., 2006, Stratigrafisk analyse og kortlægning af Miocæn i Give området. Biostratigrafisk analyse af borerne Givskud (DGUnr. 105.1843) og Lindet (DGUnr. 105.1844) samt 3D kortlægning, Volume Rapport 2006/79, Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelser, p. 46 pp.
- Rasmussen, E.S., 2003a, Korrelation af miocæne grundvandsmagasiner i Vejle Amt med speciel fokus på Give - Brædstrup området, Volume Rapport 2003/3, Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse, p. 18 pp.
- , 2003b, Miocæn stratigrafi i den nordøstlige del af Ribe Amt, Volume Rapport 2003/2, Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse, p. 24 pp.
- , 2003c, Miocæn stratigrafi i den nordøstlige del af Ribe Amt, revised edition, Volume Rapport 2003/2, Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse, p. 24 pp.
- , 2003d, Regionalgeologisk kortlægning af miocæne grundvandsmagasiner i Ringkøbing Amt, Volume Rapport 2003/1, Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse, p. 19 pp.
- , 2004a, The interplay between true eustatic sea-level changes, tectonics, and climatic changes: what is the dominating factor in sequence formation of the Upper Oligocene-Miocene succession in the eastern North Sea Basin, Denmark?: *Global and Planetary Change*, v. 41 (1), p. pp15.
- , 2004b, Regionalgeologisk kortlægning af miocæne grundvandsmagasiner i Ribe Amt, Volume Rapport 2004/27, Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse, p. 48 pp.
- Rasmussen, E.S., Dybkjær, K., Piasecki, S., Kristensen, M., and Vangkilde-Pedersen, T., 2010, Stratigrafisk ramme for 3D modellering af den miocæne lagserie i Danmark, Volume Rapport 2010/31, Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse, p. 56 pp.
- Rasmussen, E.S., Dybkjær, K., Piasecki, S., and Riisager, P., 2009, Højopløselig stratigrafi af den miocæne lagserie i Jylland, Danmark, Volume Rapport 2009/29, Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse.

Bilag 1

Oversigt over nøgleboringer
samt deres tilknytning til
korrelationspaneler.

BOREHOLEN	PALY-BIO-ESR	SED	BEM/ERKNING1	BEM/ERKNING2	NAVN	LOCATION	DRILLDE	ELEVATION	VERTICAL	DRILENDATE	XUTM32EURE	YUTM32EURE
102. 948	2004/5	?	På 2009 panel	På panel i 2004/27	Sønder Vium	Lynevej, Sønder, Vium	288,0	17,4	DVR90	11-06-2002	463219,6	6185974,1
103. 50				På panel i 2003/1	Odstrup							
103. 60				På panel i 2003/1	Eg-3	Dyrvig, SULLIVAN, Dapco	423,7	20,6	DVR90	19-12-1950	483179,5	6193810,1
103. 1653				På panel i 2006/75	Torsbæk	Torsbækvej 9, Hoven	220,0			19-01-2006	484564,0	6193942,0
103. 1654			På 2009 panel		Stakroge	Kirkebyvej 148 (ca 400m. nord for)	242,0	28,5	DVR90	23-06-2006	491673,0	6194437,0
104. 948				På panel i 2004/27	Eg-4	Sønder Ommme, Sullivan, Dapco	378,0	36,5	DVR90	5-01-1951	494540,4	6184895,2
104. 1912				På panel i 2004/27	Sønder Ommme	Sønder Ommme Vandværk	173,0	37,5	DVR90	13-04-1985	493096,4	6188530,2
104. 1955					Blåhøj	Filskovvej 14, Blåhøj St.by	100,0	56,0	DVR90	26-10-1985	502169,3	6191946,2
104. 1964				På panel i 2006/75	Brande (Petersborg)	Petersborg, Brande	180,0	80,0	DVR90	13-11-1986	507022,3	6198943,1
104. 2325	2001/104	2001/104	På 2009 panel	På panel i 2001/104	Store Vorskunde	Vorskunde	230,0	59,1	DVR90	29-11-2000	508359,3	6189458,2
105. 317				På panel i 2003/3	Risby-2	Give Bor.2 Sullivan-Bor Dapco	515,1	98,7	DVR90	8-11-1950	512843,3	6187857,3
105. 318				På panel i 2003/3	Risby-1	Ris Bor.1 Sullivan, Dapco	413,0	100,0	DVR90	29-10-1950	518786,2	6186020,3
105. 319				På panel i 2003/3	Risby-3	Hvejsel Bor.3 Sullivan-Bor Dapco	370,6	97,7	DVR90	17-11-1950	527150,2	6185628,3
105. 320				På panel i 2003/3	Hjortsballe	HJORTSBALLE SPANG BORING DDD-1.30	127,7	72,5	DVR90	1-01-1950	514688,2	6191535,2
105. 1740				På panel i 2003/3	Vesterlund	Vesterlund Vandværk, Vesterlundvej 17	100,8	85,0	DVR90	3-04-2000	520903,0	6196592,0
105. 1744					Grønborgevej	Grønborgevej 23	135,0	88,8	DVR90	1-05-2000	515442,8	6186566,3
105. 1843	2006/79	2006/79			Givskud	Frydensbjergvej 4, Givskud	197,0	84,6	DVR90	31-08-2005	521921,0	6186964,0
105. 1844	2006/79	2006/79			Lindet	Horsbjergvej 32, Lindet	200,6	83,2	DVR90	20-09-2005	519616,0	6194941,0
105. 1884	2010				Tørring	Vongevej 44, Tørring					529310,0	6189998,0
106. 1373				På panel i 2001/104	Klovborg	Klovborg Vandværk, Sønderdalvej 10A, Nørskov	182,0	101,0	DVR90	16-06-1999	532906,1	6197145,2
106. 1444			På 2009 panel		Uldum	Uldum Hedevej 4	102,0	63,2	DVR90	20-10-2005	537242,0	6187670,0
108. 148	2004/39	2004/39		ikke på panel	Morsholt	Morsholt Losseplads	125,0	11,8	DVR90	1-06-1985	570840,0	6199616,0
112. 1043				På panel i 2004/27	Outrup	Outrup Vandværk, Ovtrup	150,0	18,5	DVR90	24-08-1989	458960,7	6171665,2
112. 1214			På 2009 panel		Kvong	Neder Hallumvej 9, Kvong	302,0	25,1	DVR90	2-06-2006	465153,6	6179442,3
113. 31				På panel i 2004/27	Eg-1	SDR URUP Sullivan Bor.	316,7	32,0	DVR90	23-11-1950	490241,4	6182229,2
113. 32				På panel i 2004/27	Eg-2	STENDERUP, Sullivan Bor.	320,0	34,3	DVR90	1-12-1950	492225,4	6172632,2
113. 1400				På panel i 2004/27	Krogager	Stenderup-Krogager Vandværk	142,5	31,0	DVR90	1-07-1987	489991,5	6172921,3
113. 1736				På panel i 2004/27	Ansager	Margretelund, Kvie Søvej, Kvie, Ansager Vandværk	195,0	25,0	DVR90	11-03-2003	483671,0	6175277,0
113. 1855	2010				Vestkærvej, Ølgod	Vestkærvej 7, Ølgod					474624,0	6182037,0
114. 1614				På panel i 2004/27	Hegnsvig	Hejnsvig Vandværk	204,0	77,5	DVR90	6-10-1994	499549,4	6172528,3
114. 1841				På panel i 2004/27	Grindsted	Grindsted Vandværk, Plantagevej 11	111,0	42,9	DVR90	16-08-2001	497086,0	6182219,0
114. 1857	2004/27	2004/27	På 2009 panel	På panel i 2004/27	Billund	Billund, Lego	240,0	66,0	DVR90	18-11-2002	508968,3	6174820,3
114. 1858	2004/27	2004/27	På 2009 panel	På panel i 2004/27	Almstok	Almstok, Koldingvej, Billund Syd	228,0	64,8	DVR90	5-12-2002	509364,3	6171800,3
114. 1861	2004/27	2004/27		På panel i 2004/27	Løvlund	Gråhedevej 4, Løvlund	238,0	50,1	DVR90	10-02-2003	500762,4	6176022,3
114. 2038			På 2009 panel		Grindsted/Tornø	Grindsted	230,0				495275,0	6180266,0
115. 1361					Hygum	Hvejselvej losseplads, Hygum	53,0	113,1	DVR90	14-09-2000	526516,4	6181403,8
115. 1371	2001/104	2001/104	På 2009 panel	På panel i 2004/27, 200	Vandel Mark	Vandel Vandværk, Randbøl Skov	244,0	72,1	DVR90	26-04-2001	511426,9	6174180,0
115. 1474					Gadbjerg	Gadbjerg Skov, Gadbjerg Vandværk	229,0	96,0	DVR90	1-10-2003	519557,6	6181152,2
116. 1540				Hedensted	På panel i 2001/104	Remmerslund						
116. 1569			På 2009 panel	På panel i 2003/3	Lindved	Havrebjerg, Lindbjerg, Nørrebjergvej 14	141,0	87,2	DVR90	12-01-2001	534794,1	6182603,4
121. 1234	2004/33	2004/33	På 2009 panel	På panel i 2004/27	Forulund	Forulund, Varde	296,0	11,5	DVR90	4-02-2003	466749,7	6159797,3
122. 28				På panel i 2004/27	Orre	ORRE NO 3 SULLIVAN BOR	341,4	28,4	DVR90	14-09-1950	480519,6	6165945,3
122. 1108				På panel i 2004/27	Tofterup	Tofterup-Starup Vandværk, Tofterup	151,0	32,6	DVR90	14-07-1984	489034,4	6166559,3
122. 1379				På panel i 2004/27	Agerbæk	Agerbæk Vandværk	198,0	39,5	DVR90	27-08-1996	486552,5	6163005,3
122. 1729				På panel i 2004/27	Fåborg	Ca. 300m N for Vrederupvej 32, Fåborg, Fåborg Vandværk	255,0	29,3	DVR90	28-09-2003	483603,5	6161108,4
123. 18				På panel i 2004/27	Kielund 1	KLELUND 1 DAPCO	315,5	56,4	DVR90	29-09-1950	495905,5	6159402,4
123. 19					Kielund 2	KLELUND 2 DAPCO	394,1	69,3	DVR90	7-10-1950	502150,4	6158114,4
123. 1167	2001/120	2001/120	På 2009 panel	På panel i 2004/27	Vorbasse	Ved Holme A	260,0	56,9	DVR90	29-06-2001	504117,4	6161562,4
123. 1198	2003/95	2003/95		På panel i 2004/27	Fromsøier	Fromsøier Plantage, ØSØ for Sankt Jørgens Høj	262,0	78,2	DVR90	13-08-2002	504415,4	6168019,4
123. 1218	2004/33	2004/33		På panel i 2004/27	Kielund 2	Kielund Plantage, NØ for Agerbækvej 2, Kielund	230,0	60,0	DVR90	11-12-2002	495640,5	6161009,2
123. 1219	2003/95	2003/95		På panel i 2004/27	Bække	Bække Enge, S for Søndergade 23	226,0	51,8	DVR90	22-11-2002	508682,3	6157279,9
123. 1245	2004/27	2004/27		ikke på panel	Hyldelund	Kielund Skovvej 1, Hyldelund Sande, Juelsminde	290,0	57,7	DVR90	11-06-2003	497420,5	6185824,4
123. 1309			På 2009 panel		Lundgård	Lundgård	217,0			9-11-2006	493915,0	6186489,0
124. 1159	2001/104	2001/104	På 2009 panel	På panel i 2001/104	Egtved Skov	Baskærvej, Flugtsang Skov	181,0	67,3	DVR90	13-11-2000	519500,0	6161458,5
124. 1227			På 2009 panel		Vester Torsted/Hærvejen	Hærvejen / nord for Studevejen	216,0	72,8	DVR90	1-12-2006	511859,0	6162946,0
125. 2017			På 2009 panel		Ankær	Hvilsbjerggård, Sællerupvej, Andkjær	111,8			19-10-2004	540149,0	6169370,2
130. 1037				På panel i 2004/27	Sandflod Hede	Fanø Klit Plantage	100,3	8,0	DVR90	18-03-1988	463141,0	610148,0
131. 975				På panel i 2004/27	V. Nykirke	V. Nykirke Plantage	202,0	12,0	DVR90	24-04-1986	480482,6	6151828,4
131. 1301				På panel i 2004/27	Darum Søndermose	Søndermose, Darum Enge, St. Darum Vandværk	186,0	3,0	DVR90	19-08-1997	478990,0	6140896,0
132. 1835	2003/95	2003/95	På 2009 panel	På panel i 2004/27	Føvling	Føvlingvej, Nord for Føvling, Føvling Vandværk	268,0	50,0	DVR90	13-08-2002	495416,5	6145484,5
132. 1838	2003/95	2003/95	På 2009 panel	På panel i 2004/27	Estrup	Esbjergvej 49-51, Estrup, v. Estrup Skov, Brørup Vandværk	248,0	54,7	DVR90	6-09-2002	504369,4	6149483,5
133. 1298	2001/104	2001/104	På 2009 panel	På panel i 2001/104	Bastrup	Skodborg Skovvej 1, Bastrup Mark	182,0	45,8	DVR90	14-07-2000	515584,6	6193970,7
134. 1477			På 2009 panel		Vonsild	Daiby Skovvej 58	130,2			25-01-2006	532706,0	6144324,0
140. 42			På 2009 panel		Ribe							
140. 938				På panel i 2004/27	Hviding	Egebæk-Hviding Vandværk	240,0	10,0	DVR90		483937,0	6126617,0
140. 1298				På panel i 2004/27	Haderslevvej, 109, Lustrup	Lustrup Vandværk	175,0	5,0	DVR90	10-08-2002	487333,6	6129718,6
141. 808				På panel i 2001/104	Redding	Tornumvej 18, Redding	141,0	35,6	DVR90	12-04-1985	501611,5	6137194,6
141. 852				På panel i 2001/104	Gram	Gram og Nybøl godser A/S,	131,0	21,0	DVR90	13-04-1987	503285,5	6132168,7
141. 855				På panel i 2004/27	Hjortvad	Hjortvadvej 17, Hjortvad	142,0	23,2	DVR90	3-06-1987	495247,5	6137928,6
141. 1141	2009				Præsteskoven	Skodborgvej, Præsteskoven, Rødding					505039,0	6136665,0
141. 1141			På 2009 panel		Redding		250,3				505039,0	6136665,0
148. 52			På 2009 panel		Rømø	Store Ejlund, Juvre Enge, Rømø 2	345,0	0,7	DVR90	1-05-1998	472198,3	6116250,1
150. 24				På panel i 2001/104	Arnum	ARNUM NR 1 DAPCO	1843,7	40,7	DVR90	23-11-1952	497592,6	6119339,7
150. 642				På panel i 2001/104	Rurup	Rurup	190,0	41,7	DVR90	30-09-1981	501538,6	6112337,7
150. 969				På panel i 2004/27	Spandet	Toftlundvej, Spandet, Spandet Vandværk	192,0	50,0	DVR90	8-08-2000	494480,6	6123039,7
151. 1487			På 2009 panel		Hovslund	Hovslund Vandværk, Stationsvej 1, Hovslund Stationsby	220,0	62,6	DVR90	18-07-2003	521351,5	6109418,8
151. 1595	2009				Harlykke	Fyrskovvej 3, Voje					516217,0	6123899,0
159. 739			På 2009 panel	På panel i 2001/104	Logumkloster	Logumkloster	2722,0	15,0	DVR90	1-10-1980	496878,0	6096558,0
160. 1378			På 2009 panel		Voilerup	Bjelderup, Voilerup	216,5	31,5	DVR90	6-12-1998	514792,5	6094434,8
160. 1512	2005/34	2005/34	På 2009 panel		Hellevad 1	Hellevadvej 90, Hydevad, Hellevad	205,0	37,1	DVR90			

Bilag 2

Oversigt over beregnede top- og bundkoter for de seismiske billedfiler ved anvendelse af en fast gennemsnitshastighed på 1800 m/s. Oplysninger om seismisk datum og tidslig korrektion.

Linie	Tidslig korrektion	Datum	Top	Bund
-------	--------------------	-------	-----	------

Aulum seismik

AL1	100 ms	0 m	375 m	-990 m
AL2	100 ms	0 m	375 m	-990 m
AL3	100 ms	0 m	375 m	-990 m

Bække seismik

B1	100 ms	0 m	375 m	-990 m
B2	100 ms	0 m	375 m	-990 m
B3	100 ms	0 m	375 m	-990 m
B4	100 ms	0 m	375 m	-990 m
B5	100 ms	0 m	375 m	-990 m

Billund-Holsted seismik

BH1	200 ms	40 m	505 m	-860 m
BH2	200 ms	40 m	505 m	-860 m
BH3	200 ms	40 m	505 m	-860 m
BH4	200 ms	40 m	505 m	-860 m
BH5	200 ms	40 m	505 m	-860 m
BH6	200 ms	40 m	505 m	-860 m
BH7	200 ms	40 m	505 m	-860 m
BH8	200 ms	40 m	505 m	-860 m

Brædstrup seismik

braed_L1	0 ms	100 m	385 m	-980 m
braed_L2	0 ms	100 m	385 m	-980 m
braed_L3	0 ms	100 m	385 m	-980 m

BS01	200 ms	0 m	465 m	-900 m
BS02	200 ms	0 m	465 m	-900 m

Give seismik

GI01	100 ms	0 m	375 m	-990 m
GI02	100 ms	0 m	375 m	-990 m
GI03	100 ms	0 m	375 m	-990 m

Gudumlund seismik

GL1	200 ms	0 m	465 m	-900 m
-----	--------	-----	-------	--------

Gludsted seismik

GLU1_A	200 ms	0 m	465 m	-900 m
GLU1_B	200 ms	0 m	465 m	-900 m
GLU1_C	200 ms	0 m	465 m	-900 m
GLU2	200 ms	0 m	465 m	-900 m
GLU3	200 ms	0 m	465 m	-900 m

Grindsted seismik

GRI1	200 ms	0 m	465 m	-900 m
------	--------	-----	-------	--------

Hammerum seismik

HAM1	200 ms	0 m	465 m	-900 m
HAM2	200 ms	0 m	465 m	-900 m
HAM3	200 ms	0 m	465 m	-900 m
HAM4	200 ms	0 m	465 m	-900 m
HAM5	200 ms	0 m	465 m	-900 m
HAM6	200 ms	0 m	465 m	-900 m
HAM7	200 ms	0 m	465 m	-900 m

Herning seismik

HN1	200 ms	0 m	465 m	-900 m
-----	--------	-----	-------	--------

Holstebro seismik

HOL1	0 ms	22.5 m	307,5 m	-1057,5 m
------	------	--------	---------	-----------

Holsted-Vejen seismik

HV1	100 ms	0 m	375 m	-990 m
HV2	100 ms	0 m	375 m	-990 m
HV3	100 ms	0 m	375 m	-990 m
HV4	100 ms	0 m	375 m	-990 m

Ikast seismik

IK1	100 ms	0 m	375	-990 m
-----	--------	-----	-----	--------

Kibæk seismik

KB1	100 ms	0 m	375	-990 m
KB2	100 ms	0 m	375	-990 m

Kloster seismik

KH01	100 ms	0 m	375 m	-990 m
KH02	100 ms	0 m	375 m	-990 m

Klosterhede seismik

KLO1	200 ms	0 m	465 m	-900 m
KLO2_1	200 ms	0 m	465 m	-900 m
KLO2_2	200 ms	0 m	465 m	-900 m

Linved seismik

LIN1	200 ms	0 m	465 m	-900 m
LIN2	200 ms	0 m	465 m	-900 m
LIN3	200 ms	0 m	465 m	-900 m
LIN4	200 ms	0 m	465 m	-900 m

Lem seismik

LM01	100 ms	0 m	375 m	-990 m
LM02	100 ms	0 m	375 m	-990 m
LM03	100 ms	0 m	375 m	-990 m

Ørnhøj seismik

ORN1	0 ms	50 m	335 m	-1030 m
ORN2	0 ms	50 m	335 m	-1030 m
ORN3	0 ms	50 m	335 m	-1030 m

Rødekro seismik

RK01A	200 ms	0 m	465 m	-900
RK01B	200 ms	0 m	465 m	-900
RK03_05_02	200 ms	0 m	465 m	-900
RK04	200 ms	0 m	465 m	-900
RK06	200 ms	0 m	465 m	-900
RK07	200 ms	0 m	465 m	-900
RK08	200 ms	0 m	465 m	-900
RK09	200 ms	0 m	465 m	-900

RækkerMølle seismik

RM1	0 ms	0 m	285 m	-1080 m
RM2	100 ms	0 m	375 m	-990 m

Sunds-HaldEge seismik

SE1	200 ms	0 m	465 m	-900 m
-----	--------	-----	-------	--------

SønderFelding seismik

SFE1	200 ms	0 m	465 m	-900 m
------	--------	-----	-------	--------

Skarrildhus seismik

SKA1	200 ms	0 m	465 m	-900 m
------	--------	-----	-------	--------

Snebjerg seismik

SNE1	200 ms	0 m	465 m	-900 m
------	--------	-----	-------	--------

Stauning seismik

Stauning_1	0 ms	0 m	285 m	-1080 m
Stauning_2	0 ms	0 m	285 m	-1080 m
Stauning_3	0 ms	0 m	285 m	-1080 m
Stauning_456	0 ms	0 m	285 m	-1080 m
Stauning_7	0 ms	0 m	285 m	-1080 m
Stauning_8	0 ms	0 m	285 m	-1080 m

Stråsø seismik

STR1	0 ms	25 m	310 m	-1055 m
STR2	0 ms	25 m	310 m	-1055 m

Sørvad seismik

SV2	200 ms	0 m	465 m	-900 m
SV6	100 ms	0 m	375 m	-990 m
SV7	100 ms	0 m	375 m	-990 m
SV8	100 ms	0 m	375 m	-990 m
SV9	100 ms	0 m	375 m	-990 m

Skærbæk-Vamdrup seismik

SV1Ribe	100 ms	0 m	375 m	-990 m
SV2Ribe	100 ms	0 m	375 m	-990 m

Thyregod seismik

THY1	300 ms	0 m	555 m	-810 m
------	--------	-----	-------	--------

Tranmose-Brejning seismik

TRB001A	100 ms	0 m	375 m	-990 m
TRB001B	100 ms	0 m	375 m	-990 m
TRB001C	100 ms	0 m	375 m	-990 m

Varde seismik

VA1	200 ms	0 m	465 m	-900 m
-----	--------	-----	-------	--------

Vejrum-Struer seismik

VS01	100 ms	0 m	375 m	-990 m
VS02	100 ms	0 m	375 m	-990 m
VS03	100 ms	0 m	375 m	-990 m

Videbæk seismik

VID1_A	200 ms	0 m	465 m	-900 m
VID1_B	200 ms	0 m	465 m	-900 m
VID2	200 ms	0 m	465 m	-900 m
VID3	200 ms	0 m	465 m	-900 m
VID4004A	100 ms	0 m	375 m	-990 m
VID4004B	100 ms	0 m	375 m	-990 m

Vonsild seismik

VON1	200 ms	0 m	465 m	-900 m
VON2	200 ms	0 m	465 m	-900 m
VON3	200 ms	0 m	465 m	-900 m
VON4	200 ms	0 m	465 m	-900 m
VON5	200 ms	0 m	465 m	-900 m
VON6	200 ms	0 m	465 m	-900 m
VON7	200 ms	0 m	465 m	-900 m
VON8	200 ms	0 m	465 m	-900 m
VON9_1	200 ms	0 m	465 m	-900 m
VON9_2	200 ms	0 m	465 m	-900 m

Vorbasse seismik

Vb01	200 ms	60 m	525 m	-840 m
------	--------	------	-------	--------

VOR1m4f	0 ms	Terræn	360 m	-1005 m
VOR2m4f	0 ms	Terræn	355 m	-1010 m
VOR3m4f	0 ms	Terræn	355 m	-1010 m

Beregnet til top 355 m og bund – 1010 m

Sat til top 310 m og bund -800 m

Viuf seismik

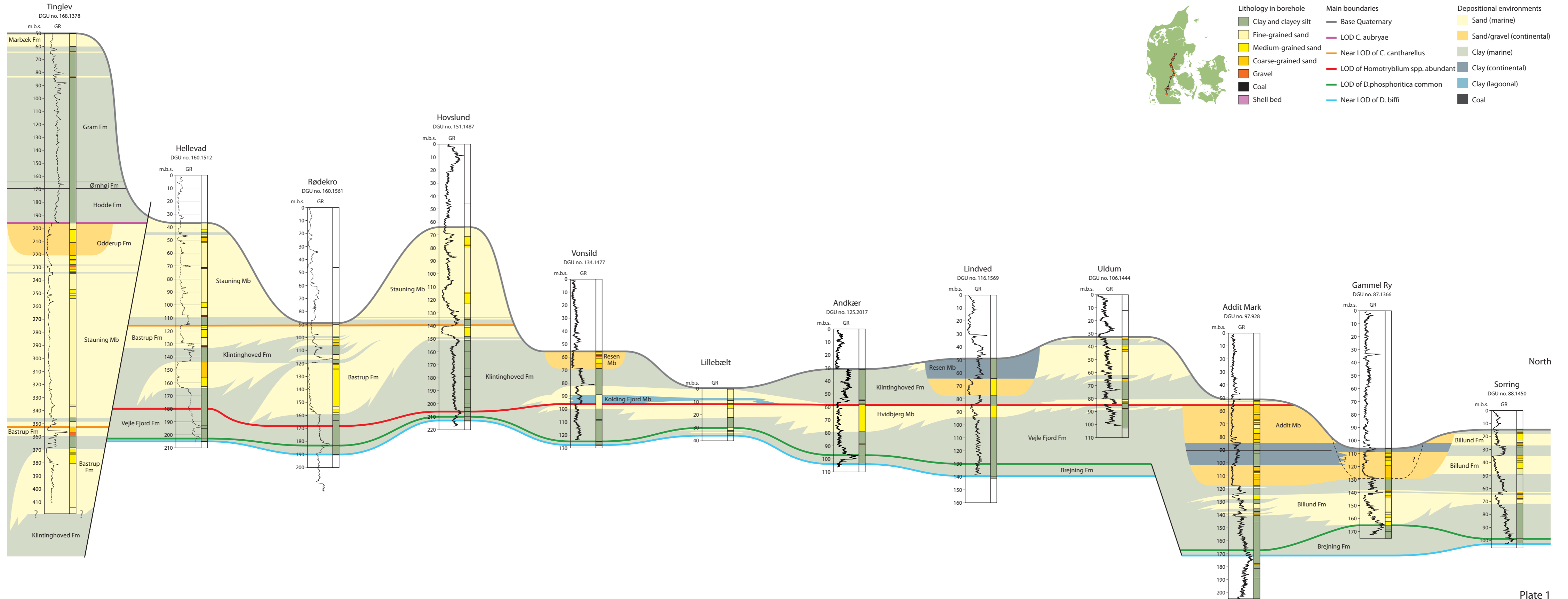
VUF1	200 ms	0 m	465 m	-900 m
VUF2	100 ms	0 m	375 m	-900 m

Bilag 3

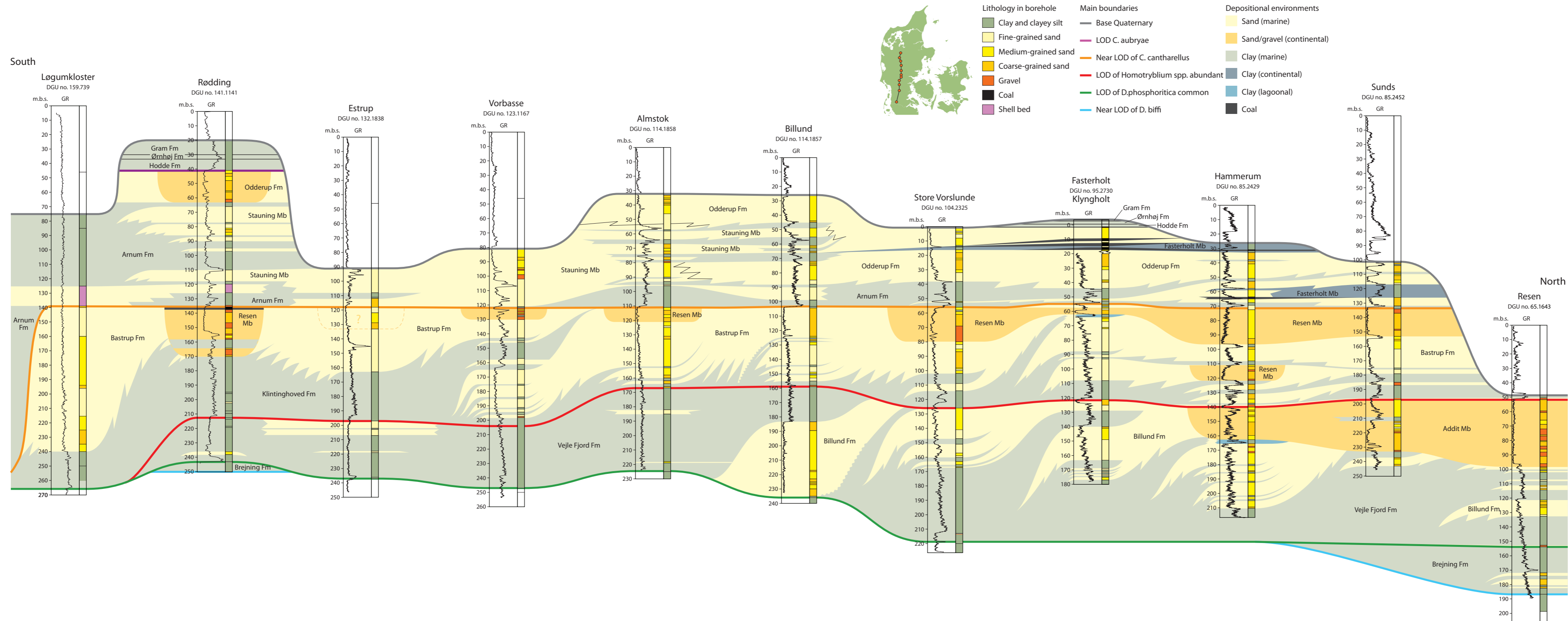
Korrelationspaneler fra 2009.

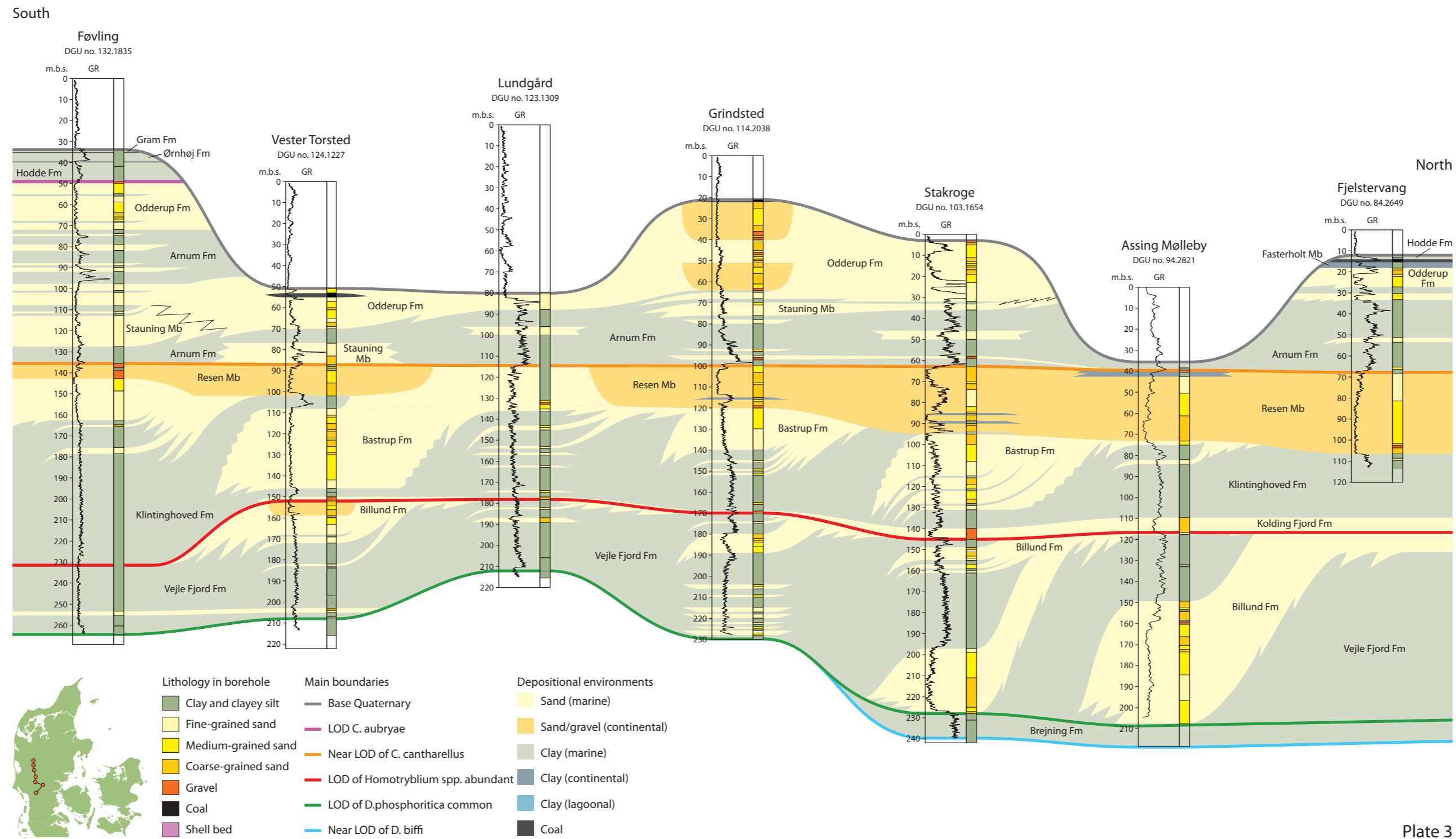
Anvendt i forbindelse med opstilling af Stratigrafiske ramme for 3D modellering af den miocæne lagserie i Danmark.

South

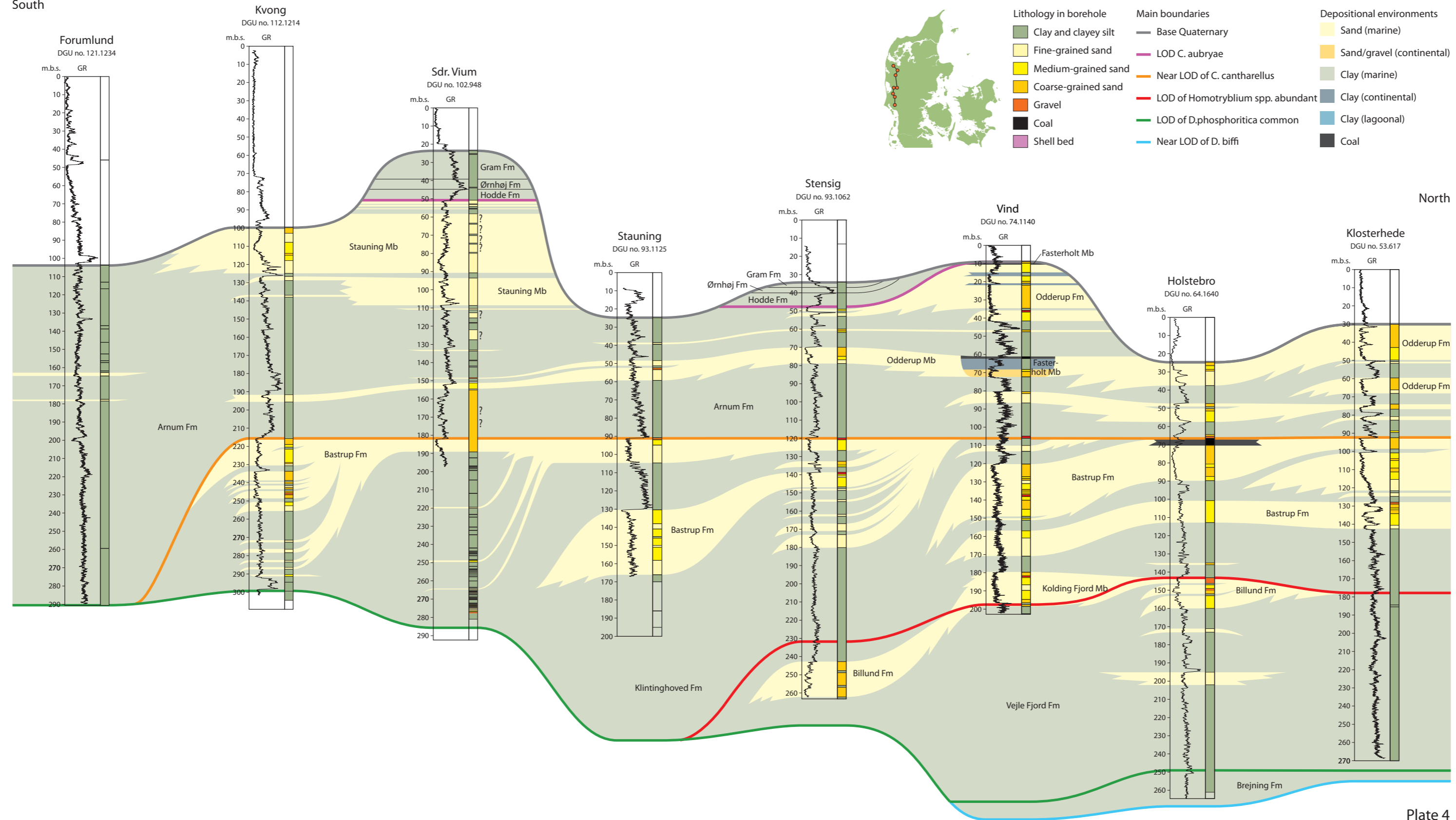


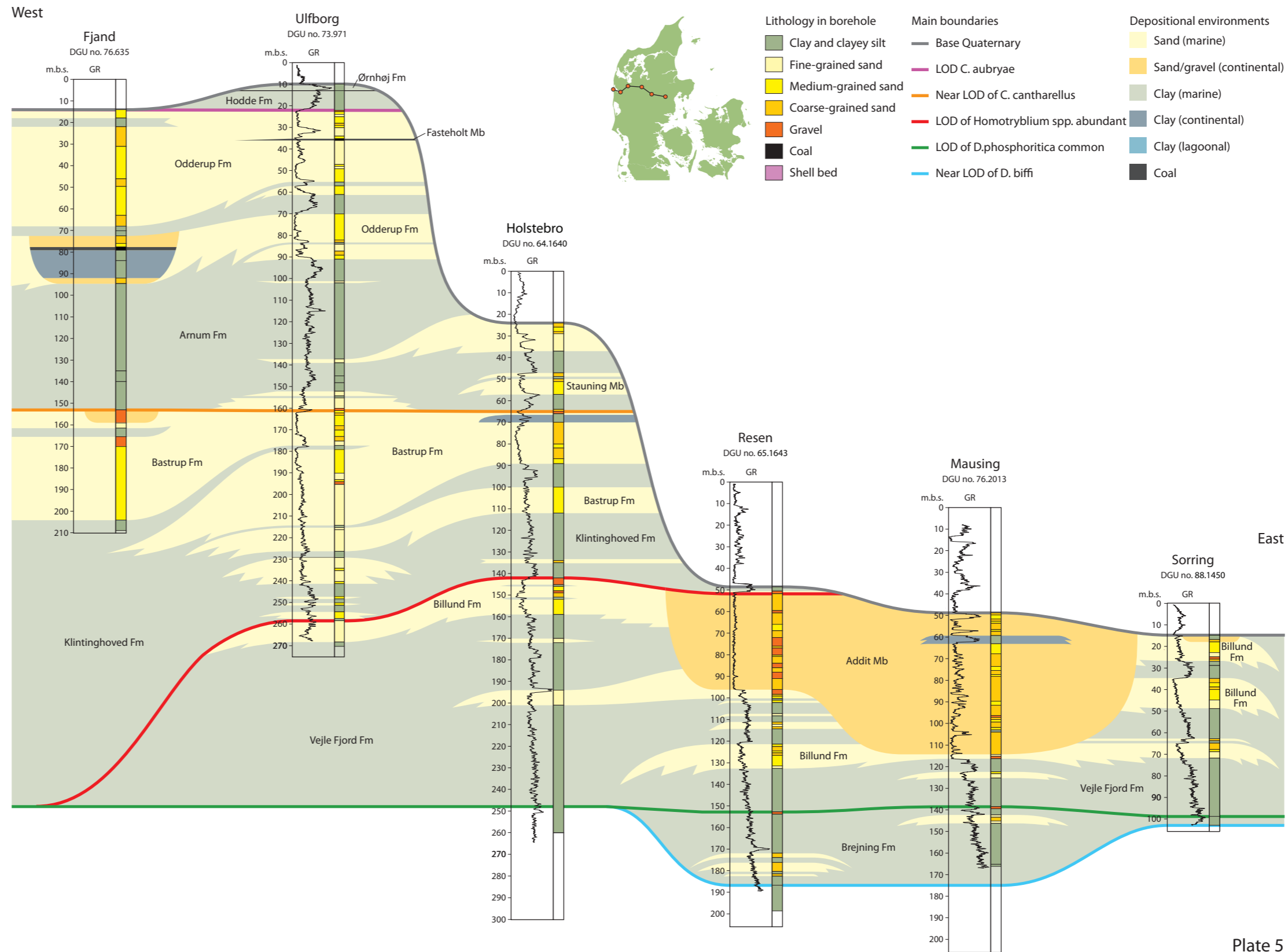
- | | | |
|------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| Lithology in borehole | Main boundaries | Depositional environments |
| Clay and clayey silt | Base Quaternary | Sand (marine) |
| Fine-grained sand | LOD C. aubryae | Sand/gravel (continental) |
| Medium-grained sand | Near LOD of C. cantharellus | Clay (marine) |
| Coarse-grained sand | LOD of Homotryblium spp. abundant | Clay (continental) |
| Gravel | LOD of D. phosphoritica common | Clay (lagoonal) |
| Coal | Near LOD of D. biffi | Coal |
| Shell bed | | |

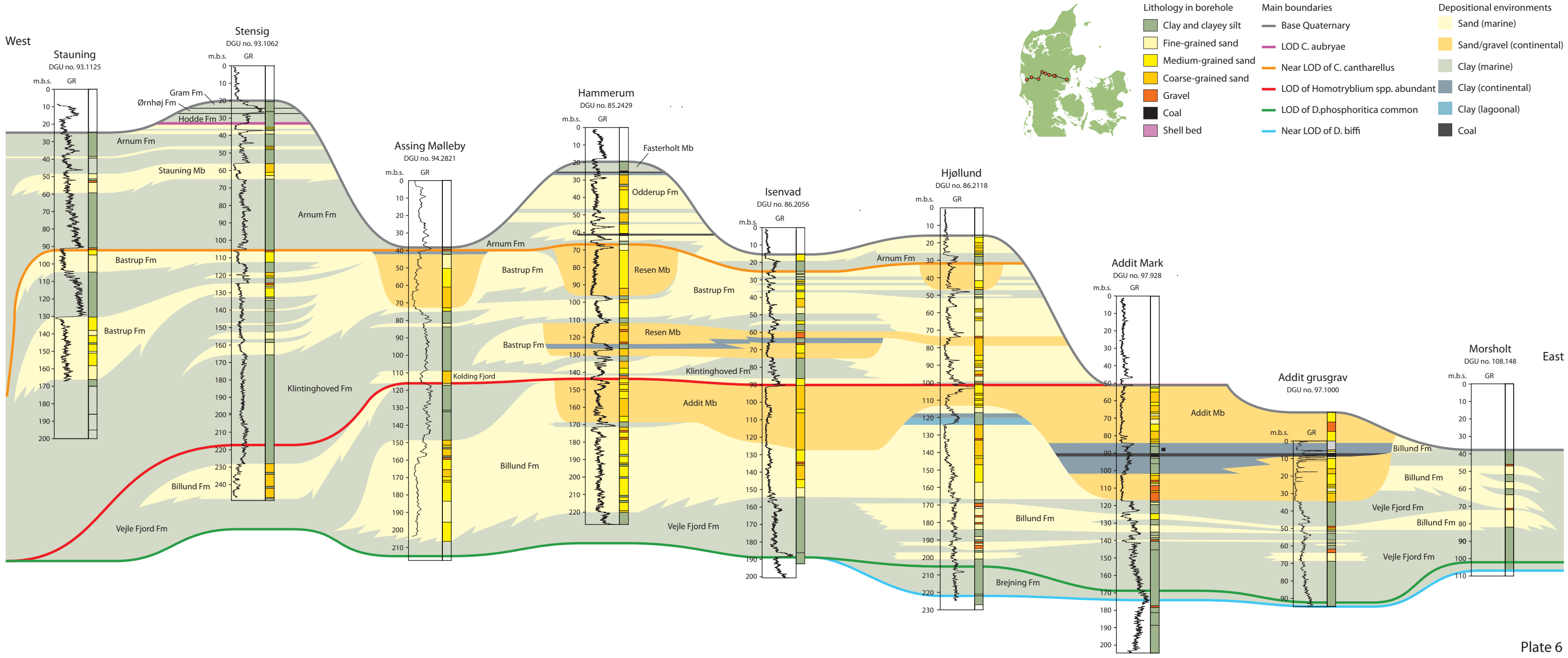




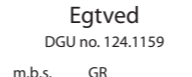
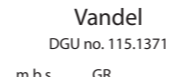
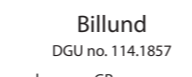
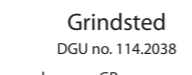
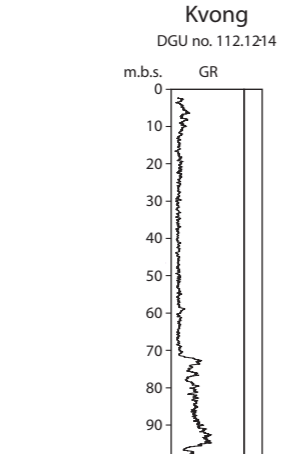
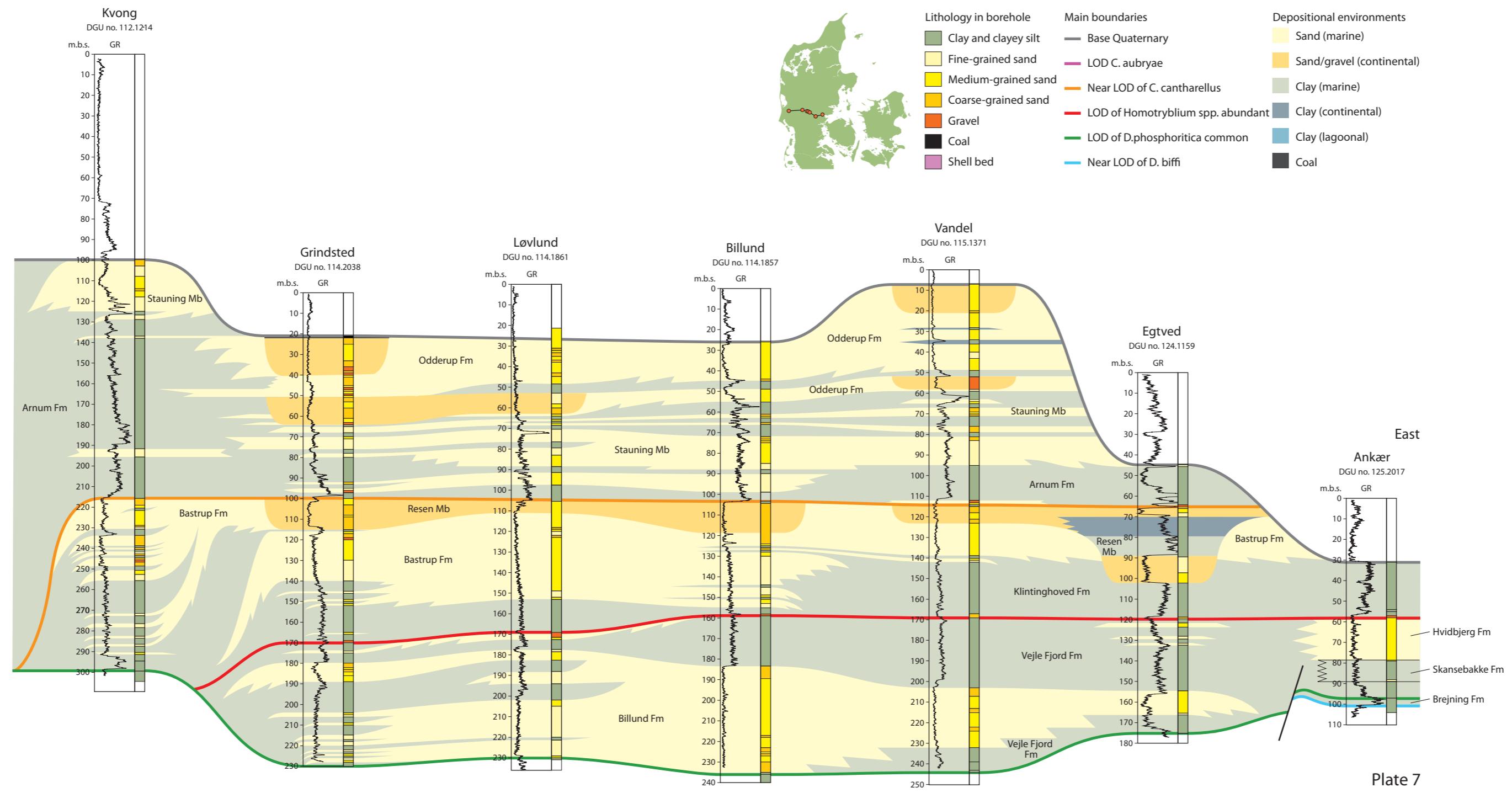
South







West



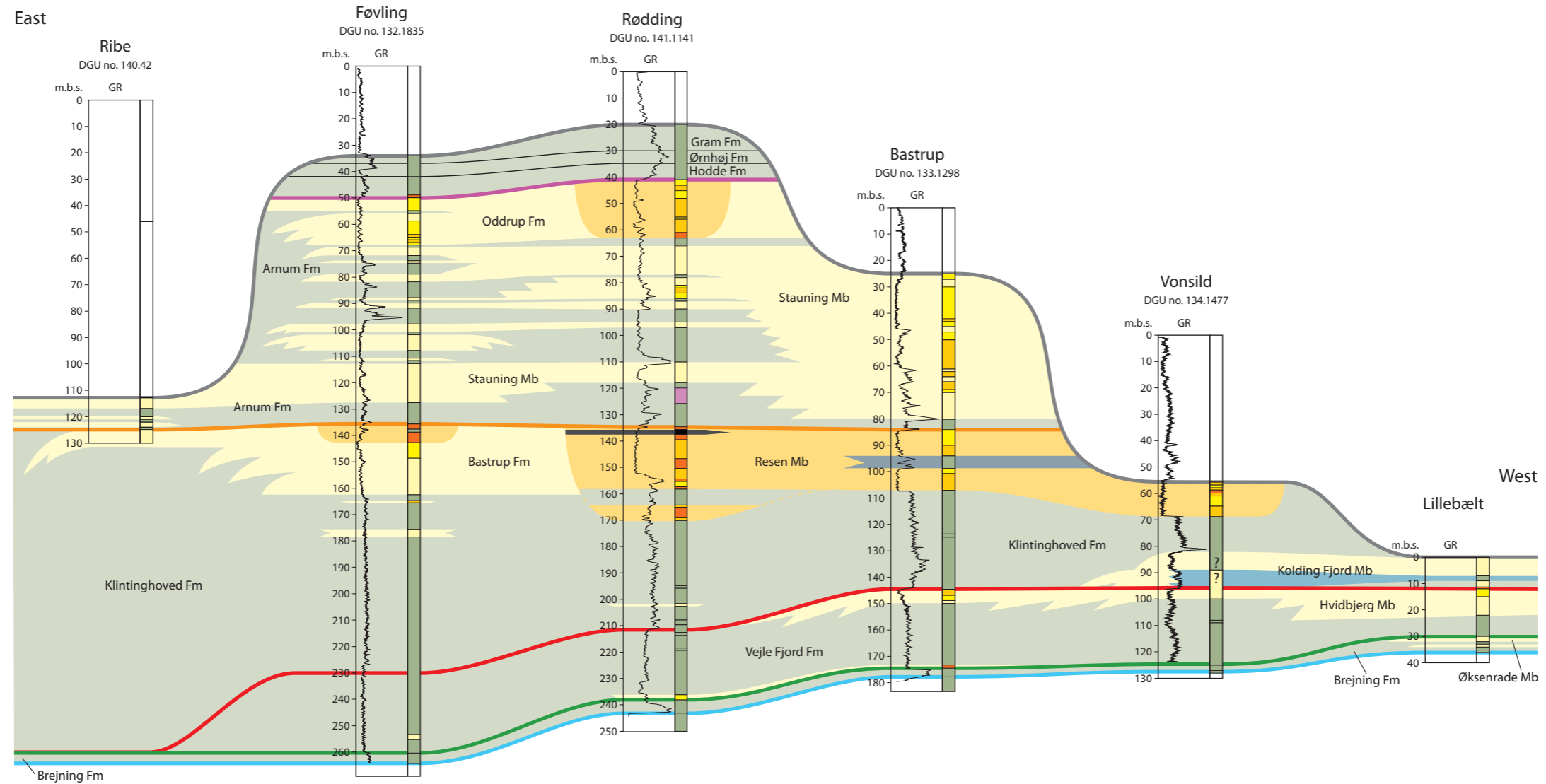


Plate 8

Bilag 4

GIS-kort med maksimal udbredelse for
deltalober og fluviale aflejringer.
Farvekode for kvaliteten af tolkningerne.

