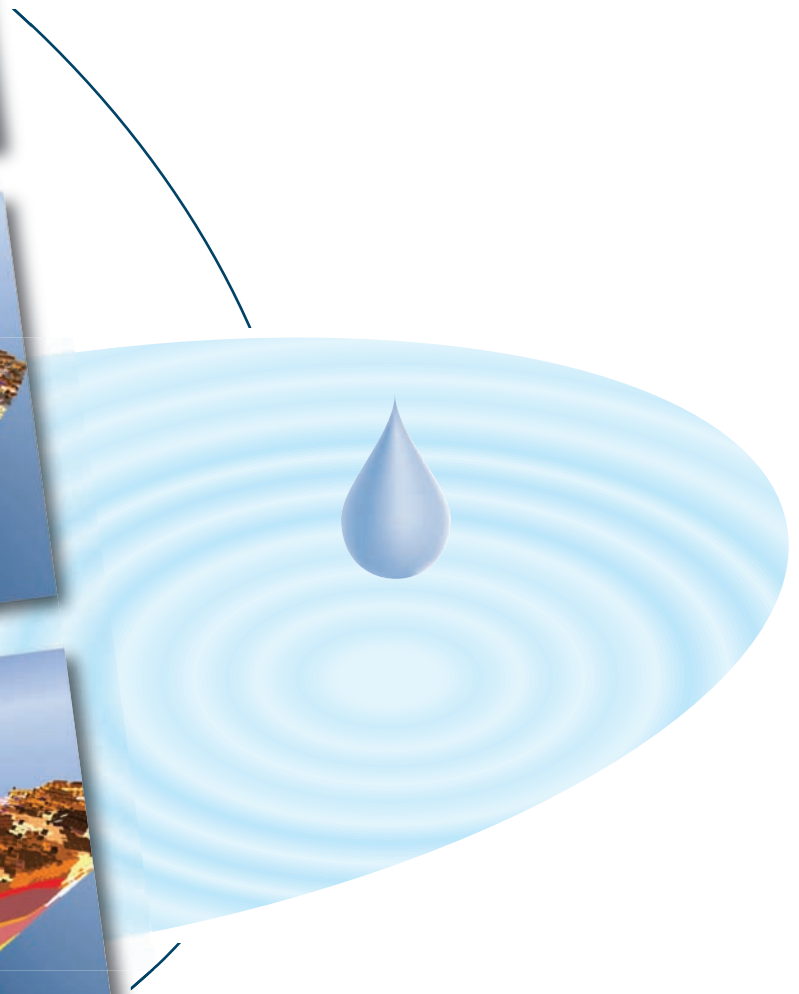
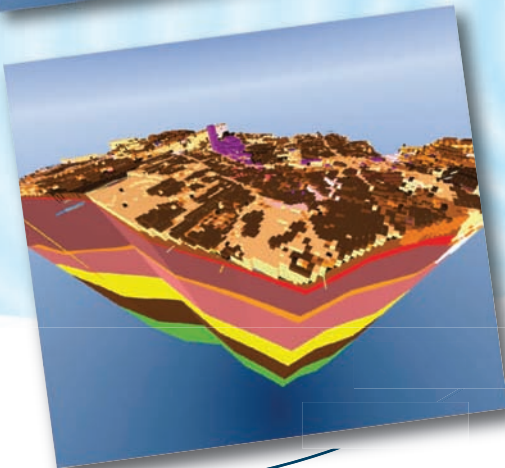


Udvikling af en 3D geologisk/ hydrogeologisk model som basis for det urbane vandkredsløb

Delrapport 4

3D geologisk/hydrostratigrafisk modellering

Peter Sandersen, Margrethe Kristensen
og Susie Mielby



Udvikling af en 3D geologisk/hydrogeologisk model som basis for det urbane vandkredsløb

Delrapport 4 3D geologisk/hydrostratigrafisk modellering

Peter B. E. Sandersen
Margrethe Kristensen
Susie Mielby



Udvikling af en 3D geologisk/hydrogeologisk model som basis for det urbane vandkredsløb

Delrapport 4

3D geologisk/hydrostratigrafisk modellering

Forfattere: Peter Sandersen, Margrethe Kristensen og Susie Mielby

Forside model: Tom Martlev Pallesen

Særudgivelse

Omslag: Henrik Klinge

Repro: GEUS

Oplag: 20

September 2015

Rapporten kan hentes på nettet: www.geus.dk

© De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland, GEUS
Øster Voldgade 10
DK-1350 København K
Telefon: 38 14 20 00
E-post: geus@geus.dk

Projektet er baseret på midler fra Vandsektorens Teknologiuudviklingsfond (VTU) og er udført i samarbejde med Odense Kommune, VandCenter Syd, I-GIS og Alectia A/S.

Forord

Odense Kommune, VandCenter Syd og GEUS indgik i 2012 et samarbejde om at få udviklet en 3D geologisk/hydrogeologisk model af undergrunden i Odense Kommune.

Der blev som følge heraf i 2013 søgt og igangsat et 2-årigt projekt baseret på midler fra Vandsektorens Teknologiuudviklingsfond (VTU) med deltagelse af Odense Kommune, VandCenter Syd, I-GIS, Alectia A/S og GEUS.

Til gennemførelsen af projektet har der været nedsat en projektgruppe og en styregruppe.

Projektgruppen har bestået af

- Susie Mielby Projektleder, hydrogeolog, GEUS
- Carsten Emil Jespersen Klimatilpasningsansvarlig, Odense Kommune
- Christian Ammitsøe Projektchef, VandCenter Syd
- Gert Laursen Hydrogeolog, klimatilpasning i Odense Kommune
- Jan Jeppesen Markeds- og udviklingschef, klimatilpasning, Alectia A/S
- Johan Linderberg Hydrogeolog, VandCenter Syd
- Knud Søndergaard Kontorchef, Odense Kommune
- Margrethe Kristensen Ekspert i GeoScene3D, GIS og data, GEUS
- Martin Hansen Sektionschef for GEUS´ databasesektion
- Niels-Peter Jensen Daglig leder af I•GIS A/S, specialist i IT/GIS
- Peter Sandersen Ekspert i geologisk modellering, GEUS

Styregruppen har bestået af

- Christian Ammitsøe Projektchef, VandCenter Syd
- Knud Søndergaard Kontorchef, Odense Kommune og
- Thomas Vangkilde-Pedersen Statsgeolog, GEUS.

Rationalet ved samarbejdet

Håndteringen af det urbane vandmiljø kræver viden om overfladehydrologi, afløbssystemer, geologi og grundvandsforhold. En forudsætning herfor er opbygning af en detaljeret overfladenær model i tre dimensioner med systematisk anvendelse af eksisterende og nye data.

På kommuneniveau foreligger der ikke en tradition for systematisk opsamling og opdatering af geologiske/hydrogeologiske kortlægninger. De eksisterende kortlægningsresultater udgør fragmenter af en helhed, og der foreligger ofte flere geologiske/hydrostratigrafiske modeller. Disse kan være udført med forskellige formål, med års mellemrum og på baggrund

af forskellige datasæt. Det er derfor nødvendigt at tage stilling til, hvilke af de tidligere modeltolkninger der kan anvendes, og om der er behov for indsamling af nye data.

Oftestarter man forfra med modelopbygning, når ny viden eller behov opstår, og det er et stort og tidskrævende arbejde, hver gang der skal tilvejebringes et nyt grundlag for beslutninger.

Et bedre kendskab til byens geologi og en forbedret anvendelse af data vil medføre et forbedret beslutningsgrundlag til brug for bl.a. tilpasning til fremtidens klima. Derved vil klimatilpasningen kunne gennemføres med større effekt og væsentlige besparelser i forhold til de efterfølgende rigtigt omkostningstunge beslutninger, når planlægningen i sidste ende skal omsættes til bygværker, kloaker, veje, faskiner mv.

En behovsorienteret, systematisk vedligeholdelse og udbygning af en grundlæggende geologisk/hydrogeologisk model vil for en kommune eller et forsyningsselskab betyde hurtigere, bedre og mere robuste beslutninger.

En fælles 3D geologisk/hydrogeologisk model/GIS-system til håndtering af kortlægningsresultaterne vil desuden kunne udgøre fundamentet for en mere ensartet arbejdsgang, og at kommunens forskellige forvaltninger har adgang til det samme, opdaterede beslutningsgrundlag – hele tiden.

Internationalt samarbejde

Danmark står ikke alene med behovet for viden og modellering af undergrunden under byerne. GEUS og Odense Kommune har parallelt med dette projekt deltaget i et EU COST-projekt, hvis formål det er, at opbygge viden på et internationalt plan ("SUB-URBAN: A European network to improve the understanding and use of the subsurface beneath our cities"), og VTU-projektet og SUB-URBAN har på forbilledlig vis understøttet hinanden.

Parløbet mellem de to projekter har været til gavn for både deltagelsen i COST-projektet og VTU-projektet.

Formidling af resultater

Projektet er undervejs formidlet ved en lang række præsentationer på konferencer, faglige møder og ved møder med potentielle brugere.

Foruden den etablerede 3D model udgør det opbyggede modelkoncept med tilhørende anbefalinger et nyttigt foregangseksempel til brug for opstilling af andre kommende kommunemodeller for andre offentlige myndigheder.

Der er gjort en lang række forskellige erfaringer, udviklet metoder og samlet relevant viden for modelleringen af undergrunden undervejs i projektet. Denne viden er opsamlet i en række delrapporter, der alle har samme overordnede projekttitel.

Delrapporterne har følgende undertitler:

- **3D-modellen som basis for håndtering af det urbane vandkredsløb**
- **Indsamling og vurdering af data**
- **Geotekniske data til planlægning og administration**
- **3D geologisk/hydrostratigrafisk modellering**
- **Interaktiv modellering af antropogene lag**
- **Teknisk håndtering og lagring af bygeologiske data og modeller**

Hver af delrapporterne afsluttes med en række anbefalinger, som er opsamlet i en syntese-rapport med følgende titel

- **Udvikling af en 3D geologisk/hydrogeologisk model som basis for det urbane vandkredsløb**

Nærværende rapport udgør en af rapporterne i den ovennævnte rapportserie.

Indhold

1.	Indledning	11
2.	Modelleringsstrategi	12
3.	Geologisk forståelsesmodel	14
3.1	Tidligere undersøgelser	14
3.2	Geologisk opbygning af Odense-området	14
3.2.1	Strukturelle rammer	14
3.2.2	Lagserien	16
3.2.3	Områdets geologiske udviklingshistorie.....	19
3.3	Fokuspunkter for den geologiske modellering	22
4.	Den rumlige geologiske model (RGM)	24
4.1	Indledning	24
4.2	Data	26
4.2.1	Eksisterende geologiske modeller	26
4.2.2	Boredata	27
4.2.3	Geofysiske data	28
4.2.4	Andre data	30
4.2.5	Eksisterende rapporter og litteratur	30
4.3	Landskabsanalyse.....	31
4.3.1	Tidligere landskabsanalyser	31
4.3.2	Analyse af højdemodel (LiDAR-data).....	31
4.3.3	Udviklingshistorien for landskabet.....	33
4.4	Den geologiske lag-sekvens	36
4.5	Modellering af RGM i GeoScene 3D.....	36
4.5.1	Indledning	36
4.5.2	Modellag	37
4.5.3	Profilnetværk.....	39
4.5.4	Tolkningsprocedurer.....	41
4.5.5	Fejlbehæftede boringer	43
4.6	Rumlige geologiske tolkninger	47
4.6.1	Fladetolkninger	47
4.6.2	Forekomst af begravede dale.....	48
4.6.3	Forekomst af salt porevand.....	49
4.6.4	Sammendrag af de geologiske tolkninger.....	52
4.6.5	Overordnet usikkerhedsvurdering af RGM-modellen.....	53
4.6.6	Fokuspunkter for HM-modelleringen.....	53
4.7	Kvalitetssikring	54
5.	Den hydrostratigrafiske model (HM)	55
5.1	Indledning	55
5.2	Hydrogeologiske data (prøvepumpninger)	55
5.3	Den hydrostratigrafiske lagserie.....	57

5.4	Opsætning af HM i GeoScene 3D	59
5.5	Hydrostratigrafiske tolkninger	60
5.5.1	Tolkningsprocedurer.....	60
5.5.2	Interpolation af lagflader.....	61
5.5.3	Sammendrag af de hydrostratigrafiske tolkninger	62
5.5.4	Fokuspunkter for grundvandsmodelleringen	63
5.6	Kvalitetssikring	64
6.	Anvendelse af VTU-modellen i forskellig skala	66
6.1	Modellering i forskellig skala.....	66
6.2	Modellering i detailområder.....	67
6.3	Noter vedrørende fremtidig anvendelse af den geologiske model i Odense	70
7.	Anbefalinger til lignende projekter i andre byer	71
8.	Referencer	73
9.	Bilag	76

1. Indledning

Den geologiske/hydrostratigrafiske model dækker pilotområdet Odense Kommune og er opstillet som en traditionel lagmodel for lagene i undergrunden fra terræn og ned til omkring kote -150 m. Modelleringen følger overordnet anbefalingerne i Geo-Vejledning 3: "Opstilling af geologiske modeller til grundvandsmodellering" (Jørgensen m. fl. 2008), og er i overensstemmelse hermed opdelt i 3 trin:

- en *geologisk forståelsesmodel*
- en *rumlig geologisk model*
- en *hydrostratigrafisk model*

Når der i denne rapport anvendes betegnelsen "den geologiske modellering" eller "den geologiske model", så omfatter det modelleringen eller modellen som helhed. Anvendes de ovenfor nævnte betegnelser, henvises der i stedet til dele af den samlede geologiske model. Omfanget og karakteren af de 3 trin vil blive beskrevet i de følgende kapitler.

Ved udarbejdelsen af den geologiske/hydrogeologiske model er der lagt vægt på at skabe et solidt grundlag for efterfølgende numeriske modelleringer af grundvandets strømning i området. Det er formålet at skabe en geologisk modelramme, som vil kunne anvendes i forskellig skala og til forskellige formål. Alle relevante data skal derfor indgå eller kunne visualiseres i modellen. Ved den geologiske modellering er det tilstræbt at genanvende så meget som muligt fra eksisterende modeller og sammenkoble disse til en helhed.

Den geologiske model gengiver den uforstyrrede geologiske lagserie, som den fremstår inden menneskelig aktivitet ved overfladen har omarbejdet de allerøverste dele. De menneskeskabte lag eller lag, der er bearbejdet ved menneskelig aktivitet, betegnes "det/de antropogene lag", og disse lag indgår ikke i den geologiske modellering, men er modelleret separat, se Delrapport 5 – Interaktiv modellering af antropogene lag (Pallesen & Jensen, 2015). Det er dog hensigten, at den geologiske model skal kunne sammenkobles med den antropogene model, således at der opnås en samlet fysisk model.

Modelleringen har haft karakter af et udviklingsprojekt, hvilket betyder at det har været en vigtig del af modelarbejdet at afsøge nye fremgangsmåder i modelleringen samt at udarbejde anbefalinger på baggrund af de erfaringer, som er gjort undervejs i arbejdet.

Outputtet fra modelleringen er den geologiske model, som den er opstillet i modelleringssoftwaren GeoScene 3D, samt nærværende rapport. I rapporten er der fokuseret på at beskrive de overordnede overvejelser og beslutninger i forbindelse med den geologiske modellering. For at holde afrapporteringens omfang nede er beskrivelser af detailtolkninger ikke inkluderet.

2. Modelleringsstrategi

Da det overordnede formål med den geologiske modellering er at kunne foretage beregninger af grundvandsstrømningen i Odense, så vil der være et behov for at kunne håndtere såvel den overfladenære som den dybe grundvandsstrømning. Håndtering af overskudsvand i bymæssig bebyggelse ved for eksempel nedsivning, kræver en meget stor detailviden om de geologiske forhold i de øverste dele af lagserien, og det kræver ligeledes, at det er muligt at omsætte denne viden til en 3D geologisk model. Det betyder, at det er nødvendigt – indenfor samme geologiske model – både at kunne håndtere geologien i den store skala på kommuneniveau og geologien i den lille skala indenfor et specifikt lokalområde. Arbejdet på kommuneniveau vil de meget små detaljer i et hjørne af modellen dog næppe have den store betydning, men det vil de i stedet, hvis der skal arbejdes med problemstillinger relateret til et lokalt byggeprojekt.

Muligheden for at arbejde i forskellige skalaer indenfor den samme geologiske model stiller krav til såvel den geologiske modellør som til den, der efterfølgende skal anvende den geologiske model. Som det vil fremgå af denne rapport så vil der, afhængigt af hvilket formål en given grundvandsmodellering har, skulle ske en målretning af den geologiske model til det specifikke formål. Eksempelvis kan det være nødvendigt at tilføje nye data for at kunne opnå den ønskede detaljeringsgrad, det kan være nødvendigt at foretage supplerende lokal geologisk modellering eller at det kan være nødvendigt at foretage en genberegning af modellens lagflader for at disse kan anvendes i grundvandsmodellen. Det vil med andre ord sige, at den geologiske model for Odense udgør en fysisk ramme for de primære data og de geologiske tolkninger, som har været mulige at foretage med de eksisterende data. Den overordnede ramme på kommuneniveau vil sandsynligvis ikke ændres væsentligt, hvis der tilkommer nye data, men på lokalniveau derimod, må nye data forventes at kunne medføre store ændringer. Den geologiske model skal derfor betragtes som en "levende" ramme, der kan – eller rettere bør – opdateres med jævne mellemrum for hele tiden at bibeholde aktualiteten. Det vil dog være vigtigt, at modellens ramme af definerede lag kan udvides og dermed tillade en større grad af detalje, hvis det bliver nødvendigt.

Indenfor Odense Kommune er der i de senere år udført geologisk modellering i flere overlappende områder – senest modeller udført af rådgivere for Naturstyrelsen i forbindelse med den nationale grundvandskortlægning. Vi har anset det for vigtigt, at disse modeller genanvendes i så stor udstrækning som muligt. Naturstyrelsens geologiske modeller er også udarbejdet efter Geo-Vejledning 3 (Jørgensen m. fl. 2008), og generelt kan disse modellers hydrostratigrafiske laginddeling relativt let tilpasses DK-modellens 9 lag på Fyn (Trolborg m. fl. 2010, Henriksen & Nyegaard 2003).

I forbindelse med Naturstyrelsens kortlægning og modellering er der foruden boringer også udført fladedækkende geofysiske undersøgelser, som typisk dækker hovedparten af modelområderne. De centrale dele af VTU-modellen udgøres af Odense by, og her er det ikke på samme måde som i det åbne land muligt at udføre geofysisk kortlægning. Det betyder generelt, at der i byområderne stort set kun findes boredata. I den geologiske model for Odense Kommune er der derfor store variationer i datadækningen, hvilket har konsekvenser ikke alene for detaljeringsgraden af tolkningerne, men også for modeltolkningernes

usikkerhed. Byområderne er – med projektets formål for øje – omvendt de dele af modellen, hvor der ønskes størst detalje i de geologiske tolkninger. Dette forhold udgør en af projektets største udfordringer.

De antropogene lag, som er lag påvirket af menneskelig aktivitet, er som nævnt i indledningen ikke en del af den geologiske modellering. Modelleringen af disse lag er foretaget separat og på en helt anden måde end den geologiske modellering (se Delrapport 5 – Interaktiv modellering af antropogene lag (Pallesen & Jensen, 2015)). Der har dog undervejs i projektet været tale om en tæt koordinering mellem de to modelleringer, da det er hensigten at de to modeller skal kunne kobles sammen til én model.

Ovenstående har medført, at følgende overordnede strategipunkter for modelleringen kan ridses op:

- *At opstille en geologisk model, der skal kunne udgøre en overordnet geologisk ramme for videre modellering (geologisk modellering, grundvandsmodellering.....)*
- *At opstille en geologisk model for Odense Kommune, der giver mulighed for at håndtere geologien i forskellige skalaer*
- *At tolke geologien i så høj en grad af detalje som muligt på baggrund af de eksisterende data*
- *At genanvende eksisterende geologiske tolkninger i så høj grad som muligt*
- *At udarbejde en geologisk model, der kan tilpasses eksisterende modeller på Fyn*
- *At sikre, at den geologiske model kan sammenstilles med modellen for de antropogene lag*
- *At sikre, at de erfaringer, der opnås undervejs i modelleringen beskrives så de vil kunne anvendes ved andre lignende projekter i andre byområder*

3. Geologisk forståelsesmodel

3.1 Tidligere undersøgelser

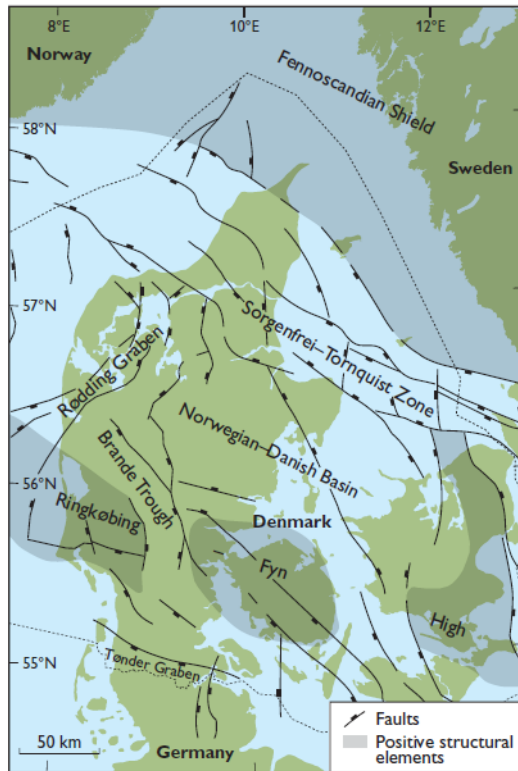
En *geologisk forståelsesmodel* er, jf. Geo-Vejledning 3 (Jørgensen m. fl. 2008), en indledende beskrivelse af de overordnede geologiske forhold bygget på eksisterende rapporter, tidligere modeller, generel litteratur m.v. Den geologiske forståelsesmodel er ikke digital, men består af beskrivende tekst samt figurer, som samlet set giver et rids af den forventede geologi i det aktuelle område. Dette giver det bedst mulige grundlag for at udføre den efterfølgende geologiske 3D modellering.

I forbindelse med tidligere modelleringer i og omkring Odense er der udarbejdet flere geologiske forståelsesmodeller (f.eks. Rambøll 2012, Naturstyrelsen 2012a, 2012b, Orbicon 2010, Grontmij 2011). Den geologiske forståelsesmodel for VTU-Odense modellen, som følger herunder, vil derfor være en kortfattet sammenstilling fra disse suppleret med oplysninger fra anden litteratur. Der vil ikke blive refereret specifikt til disse forståelsesmodeller, men kun til de originale geologiske dokumenter, som beskrivelserne er baseret på. Den geologiske forståelsesmodel fokuserer på de strukturelle rammer og lagserien fra Skrivekridtet (Øvre Kridt) og opefter.

3.2 Geologisk opbygning af Odense-området

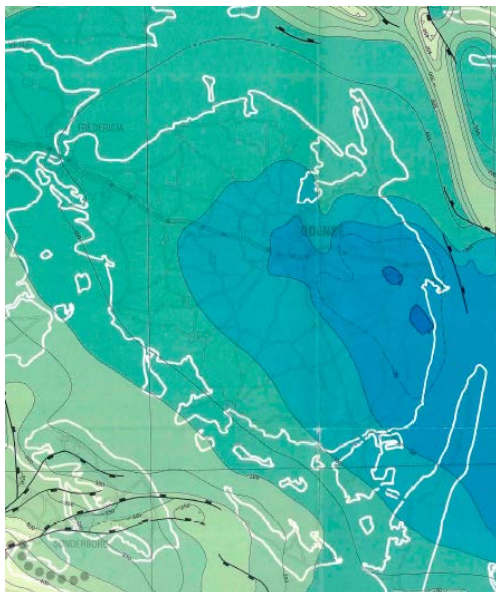
3.2.1 Strukturelle rammer

De strukturelle rammer er vigtige for såvel forståelsen af den geologiske historie og den geologiske opbygning. Fyn er beliggende ovenpå den VNV-ØSØ til NV-SØ orienterede Ringkøbing-Fyn højderyg (Figur 1). I denne højderyg er der i det fynske område hovedsageligt kortlagt omtrent NV-SØ orienterede forkastninger, men mod syd ses enkelte N-S forkastninger (Figur 1). Højderyggens tilstedeværelse ses tydeligt i kalkoverfladens højdeforhold (Figur 2), hvor kalken på Fyn ligger med en hældning mod sydvest, vest og nord – væk fra den centrale del af Fyn. I Andrup (1960) beskrives Fyn som et hævningsområde, og at kalken danner et NV-SØ højdedrag med ned-eroderede render i kalken parallelt med og vinkelret herpå. Dette billede af kalkoverfladen er bekræftet i undersøgelser ved Nyborg (Mielby & Sandersen 2005), hvor der ud fra geofysik og boringer blev kortlagt en stor fold i de prækvartære aflejringer med en akse forløbende ca. NV-SØ. Aksen af folden var kippet mod NV i overensstemmelse med kortet over kalkoverfladen (Figur 2). Den prækvartære lagserie var præget af sprækker og forkastninger med NV-SØ og NØ-SV som dominerende orienteringer – dvs. henholdsvis parallelt med og vinkelret på folden i aflejringerne. Billedet af en mod nordvest dykkende storskala fold kan også tolkes ud fra typen af bjergarter i overfladen af prækvartæret (Figur 3).

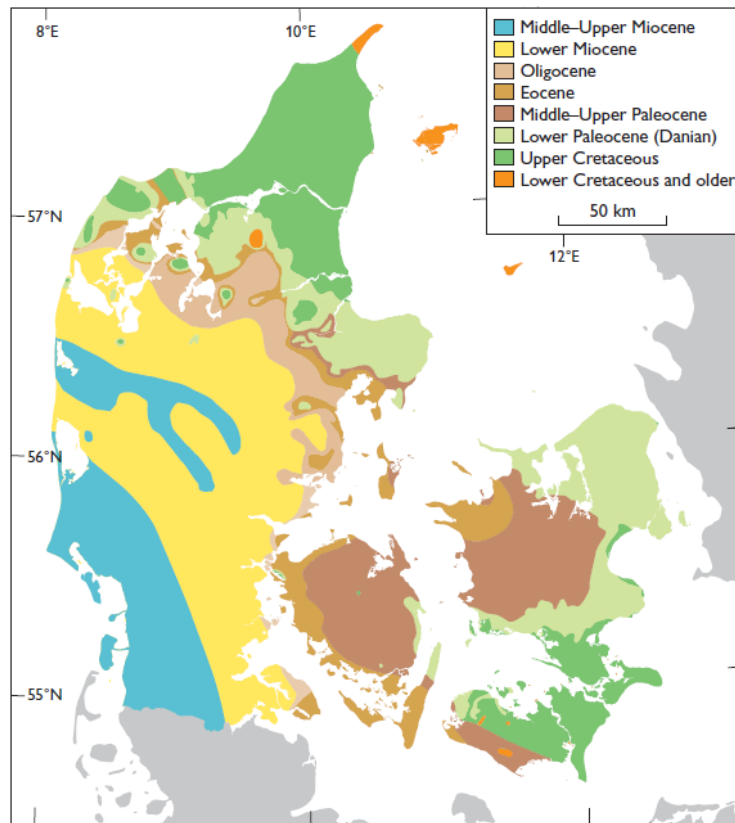


Figur 1. Overordnede strukturelle elementer (fra Rasmussen m. fl. 2010)

Sætter man de tolkede forkastningsmønstre ved Nyborg ind i det overordnede strukturelle billede for Fyn, så vil man for den centrale del af Fyn kunne forvente sprækker og forkastninger i den prækvartære lagserie med de to overordnede orienteringer omkring NV-SØ og NØ-SV. Dette passer i tråd med iagttagelser i terrænet som tydeligt viser, at SV-NØ orienteringer er hyppigt forekommende.



Figur 2. Kalkoverfladens højdeforhold (TerBorch 1991). Mørk blå = kote 0 til +50m, lys blå = -50 m til 0, turkis = kote -50 til -100 m, grøn = kote -100 til -200 m.



Figur 3. Bjergarterne i Prækvartæroverfladen (fra Rasmussen m. fl. 2010)

3.2.2 Lagserien

3.2.2.1 Prækvartæret

Den prækvartære lagserie, som træffes i vandforsyningsboringer i Odense Kommune, udgøres nederst af Skrivekridt fra Øvre Kridt, og herover kalk fra det ældste tertiær, Danien. Herover haves hovedsagelig Kertemindemergel fra Paleocæn. Denne lagserie er, som nævnt ovenfor, sandsynligvis kraftigt opsprækket i visse zoner. I lighed med Nyborgområdet forventes det, at der forekommer salt porevand i store dele af kalken, og at sprækker i den ovenover liggende Kertemindemergel kan betyde opstigning af salt porevand til højere liggende lag (Mielby & Sandersen 2005).

Skrivekridtet beskrives generelt som en meget finkornet, hvid kalkbjergart, der primært består af skeletter fra kalkalger (Thomsen 1995). Skrivekridtet er meget tykt på Fyn; i Ringe-1 boringen (DGU nr. 146.169) og Ullerslev-1 (DGU nr. 146.172) er Skrivekridtet ca. 700 meter tykt. Mørk flint forekommer som spredte knolde eller langs kridtets lagdeling. Kalklagene ovenover Skrivekridtet udgøres af Danienskalk, som kan være såvel hård som blød. Kalken er ofte udviklet som en Bryozokalk, som består af skeletfragmenter af bryozoaer i en finkornet slam. Ved borearbejdet knuses flinten og kalken typisk, og derfor vil nuancer være svære at registrere (Watertech 2004). Danienskalken er ca. 50 m tyk i de to ovennævnte boringer. Den paleocæne Kertemindemergel ovenover Danienskalken kan i yderpunkterne være fra blød, grå/olivengrå mergel med varierende kalkindhold til grå, forkislet og hård

skifermergel. De hårde, forkislede lag er ofte beskrevet som værende opsprækkede. Ofte beskrives der en vekslen mellem bløde og forkislede lag i samme boring eller i nærtliggende borer. Mod øst på Fyn haves indslag af grønsand/grønsandskalk med et indhold af det grønne mineral glaukonit. Tykkelsen af det paleocæne ler varierer meget – stedvist er det helt borteroderet, mens det andre steder kan være op til omkring 35 m tykt.

3.2.2.2 Kvartæret

De kvartære aflejringer er domineret af moræne- og smeltevandsaflejringer dannet under istiderne. Moræneler udgør en stor del af lagserien, mens der for smeltevandsaflejringerne vedkommende primært er tale om sandlag af begrænsede tykkelser. Sandlagene adskiller separate moræner, men Rambøll (2012) konkluderede, at det ikke var muligt ud fra beskrivelserne at henføre specifikke dele af lagserien til kendte isfremstød i kvartæret. De dybe morænelerslag ligger ofte i direkte kontakt med det underliggende paleocæne ler, hvilket betyder, at der kan være tale om en væsentlig opblanding af de to lertyper. Lerlagene kan derfor være svære at afgrænse i de geofysiske undersøgelser, da modstandsvariationerne er små. Herudover forekommer der få, geografisk set afgrænsede forekomster af interglaciale aflejringer og postglaciale aflejringer i topografiske lavninger. De postglaciale aflejringer er ferske mod syd og sydvest, mens der ses marine indslag mod nord og nordøst.

3.2.2.3 Begravede dale

I forbindelse med projektet Kortlægning af begravede dale i Danmark (Jørgensen & Sandersen 2009; www.begravede-dale.dk), er der kortlagt enkelte dale indenfor Odense Kommune (se Figur 4). De begravede dale er tolket som værende tunneldale dannet af smeltevandsstrømme under højt tryk under istidernes gletschere.

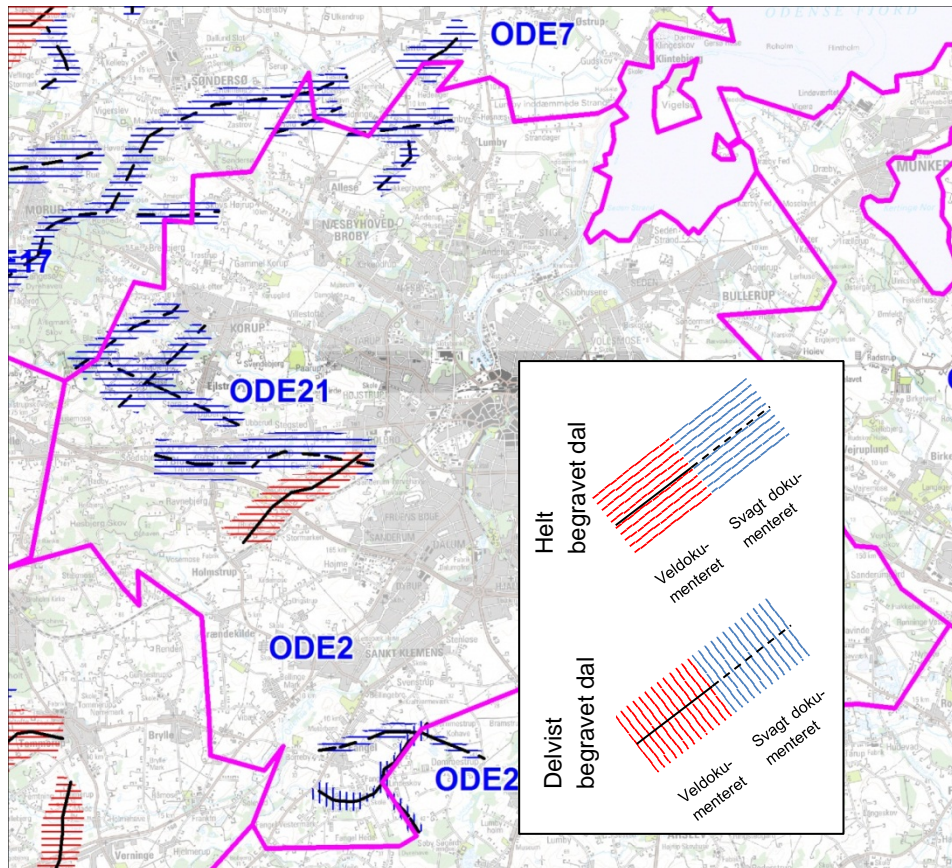
Ved lokaliteten ODE21 er der tolket en NØ-SV orienteret dal, der er eroderet ned i Kertemindemergelen og dalbunden når flere steder gennem mergelen og ned til Danienkalken ca. i kote -50 til -65 m. Der er ligeledes kortlagt en Ø-V orienteret dal, hvis sydflanke er kendt fra to seismiske profiler. Dalen når ned i Kertemindemergelen, og sandsynligvis fortsætter den mod øst ind under Odense by, idet en boring her (DGU nr. 145.433) viser en kvartær erosion helt ned til Skrivekridtet. Boringen viser således ca. 180 m kvartære sediment direkte ovenpå Skrivekridt. Syd og sydvest for Korup er der kortlagt to NØ-SV orienterede dale og en ØSØ-VNV orienteret dal på baggrund af SkyTEM-data.

Syd for Lunde, ved kommunens nordgrænse, er der i SkyTEM fundet begravede dale med NØ-SV til ØNØ-VSV orientering. Dalene er eroderet ned i det paleocæne ler og når ned til omkring kote -50 m. Dalene er udfyldt med vekslende kvartære aflejringer.

Ved lokaliteten ODE2 (Bellinge) er der i en række borer fundet interglaciale aflejringer indenfor koteintervallet ca. -15 til -35 m. Ovenover de interglaciale aflejringer findes moræneler og smeltevandssand, og lagene kan derfor sandsynligvis henføres til enten Eem eller Holstein interglacial. Det er sandsynligt, at de interglaciale aflejringer ved Bellinge udgør dele af fyldet i en eller flere begravede dalstrukturer, hvis udbredelse ikke kan bestemmes nærmere. Ved Fangel, 2 km mod syd (lokalitet ODE25), findes der interglacialt ferskvandsler sandsynligvis fra Eem interglacial. Ved denne lokalitet er der tolket en helt begra-

vet og et par delvist begravede dale. Bortset fra helt mod nordøst, hvor dalen muligvis er eroderet ned i Danienkalken, er der ikke tale om dybe erosioner ned i prækvartæret.

De kortlagte dale er usikkert afgrænset i længderetningen, og sandsynligvis har dalene ved ODE21 en noget længere udbredelse mod såvel vest som øst, end figuren antyder.

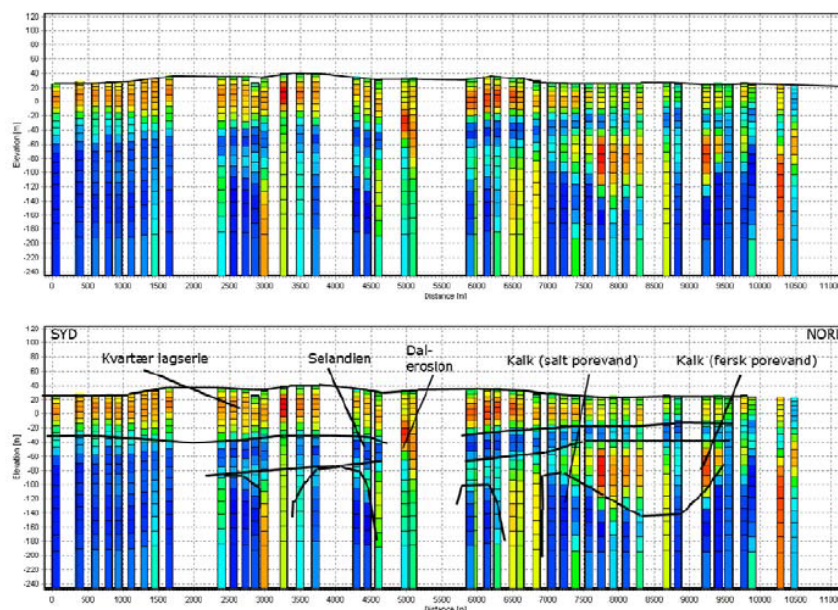


Figur 4. Kortlagte begravede tunneldale i Odense Kommune (opdateret version af: Jørgensen & Sandersen 2009; www.begravede-dale.dk)

3.2.2.4 Overordnet opbygning

På Figur 5 ses den overordnede opbygning af lagserien i Odense-området eksemplificeret ved et S-N orienteret SkyTEM-profil syd for Odense by; Odense by er beliggende omtrent mod nord på profilet.

Nederst ses kalken, som nogle steder er fersk og andre steder har indhold af salt porevand, hvilket ses som henholdsvis gule/orange/røde og blå/grønne farver i SkyTEM-data (henholdsvis høje og lave elektriske modstande). Koten for toppen af kalken stiger opad mod Nord. Det samme gælder for overfladen af det paleocæne ler ovenover (lave modstande; blå farver), og der ses samtidig en aftagende tykkelse mod nord. Stedvist er lagene helt eller delvist er borteroderede, f.eks. i forbindelse med de dybe dalerosioner (se midt på profilet). Sydligst på profilet kan den prækvartære lagserie ikke opløses i SkyTEM-data, da tykkelsen af ler/mergellagene er stor og da kalken indeholder salt porevand, hvilket samlet set giver sig udslag i lave elektriske modstande (blå farver).



Figur 5. Skitse af geologisk opbygning langs et S-N SkyTEM-profilsnit syd for Odense by. Det øverste profilsnit er samme profil uden geologiske tolkninger. (Høje elektriske modstande ses som røde/gule farver, mens lave ses som blå/grønne farver). Fra Grontmij 2011.

Det paleocæne ler/mergel er meget varieret opbygget og det har generelt været vanskeligt at afgøre ud fra såvel boredata som SkyTEM-data, hvilke dele af lagene, der er så permeable, at de udgør et grundvandsmagasin. De sikreste tegn på tilstedeværelsen af fersk porevand i de paleocæne ler/skiferlag er moderate elektriske modstande og boreriger med filtersætninger i hele eller dele af det lerede/skiferede interval.

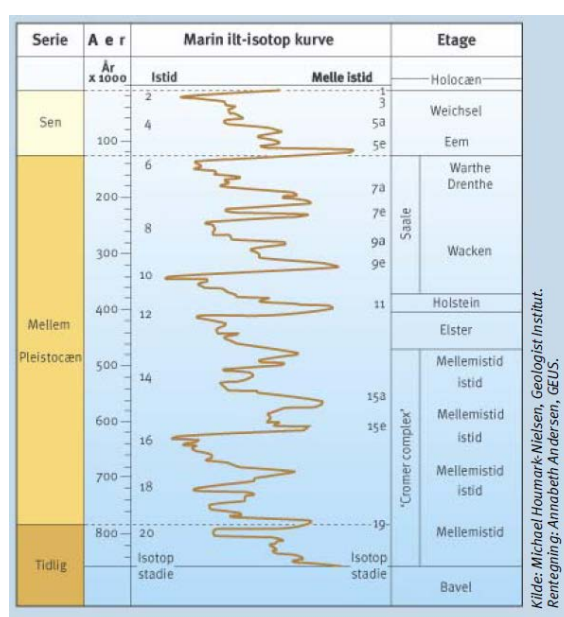
Den kvartære lagserie varierer i tykkelse, og da toppen af de prækvartære aflejringer stiger mod nord samtidig med, at terrænet generelt falder i kote er den kvartære lagserie generelt tyndest mod nord og tykkest mod syd. Den eneste afvigelse fra dette er de steder, hvor dyb kvartær erosion har fjernet det paleocæne ler og noget af kalken/kridtet. Dette ses omtrent midt på profilet, og her er den kvartære lagserie tykkere end gennemsnittet.

3.2.3 Områdets geologiske udviklingshistorie

I Øvre Kridt, hvor Skrivekridtet blev aflejret, var Fyn placeret midt i et varmt, dybt hav, som dækkede store dele af Nordvesteuropa (Thomsen 1995). Den store produktion af alger med kalkskelletter kombineret med en meget lille tilførsel af materiale fra landområderne medførte aflejring af meget tykke lag af Skrivekridt. I starten af Danien aftog vanddybden og havets udbredelse blev indskrænket. Op gennem Danien steg havspejlet dog gradvist igen, hvilket betød aflejring af forskellige typer kalk og kridt med store lokale og regionale variationer primært på grund af ændringer i vandstanden. Mod slutningen af Danien rykkede kysten mod syd, og erosion af landområderne førte ler og kalk med ud i bassinet, hvorved der dannedes mergel i de dybere dele og grønsandskalk i de mere kystnære dele. Mergelen, som findes ovenover Danienskalken i Odense Kommune, går under betegnelsen Kertemindemergel.

Mellem Kertemindemergelen og de kvartære aflejringer er der et hul i lagserien på mere end 50 millioner år. Efter aflejringen af Kertemindemergelen blev der aflejret store mængder af marint ler gennem Tertiærtiden, men på grund af perioder med erosion er disse aflejringer nu fjernet. I den yngste del af Tertiæret var Fyn tørlagt og i perioder placeret ganske kystnært, og kun ved Lillebælt kan der i dag findes rester af disse aflejringer (Rasmussen m. fl. 2010).

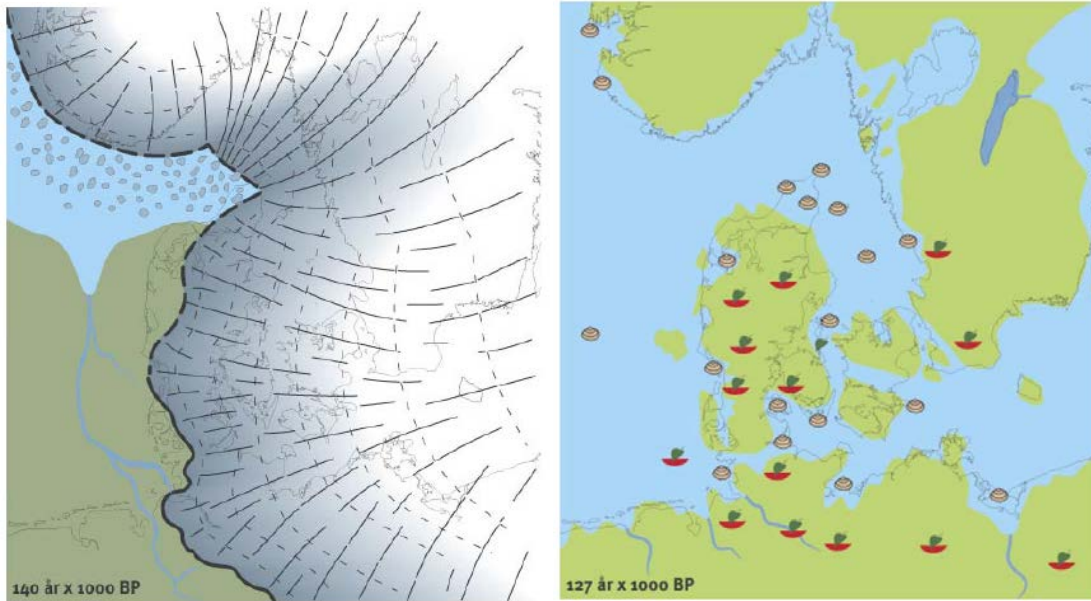
Op mod afslutningen af Tertiærtiden begyndte iskapperne ved polerne at bygges op, havspejlet faldt, og Fyn lå hen som landområde. Klimaet blev koldere og i Kvartæret fulgte gentagne nedslagninger (Figur 6), hvor det danske område blev overskredet af gletschere fra nordlige og østlige retninger.



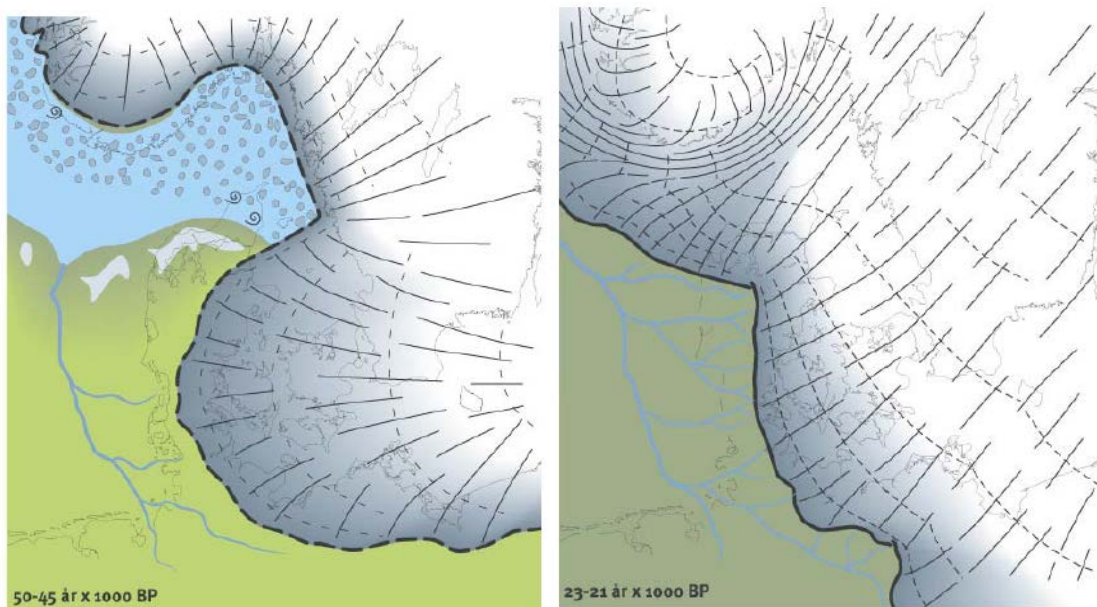
Figur 6. Kvartærtidens vekslende klima illustreret ved marin ilt-isotop kurve (Fra Houmark-Nielsen m. fl. 2005).

De gentagne isoverskridelser skabte den komplicerede kvartære lagserie vi ser i dag, men på grund af erosion og deformation fra efterfølgende isoverskridelser er vidnesbyrdene fra de ældste istider og mellemistider generelt sparsomme. Ud fra undersøgelser af lagserien i Danmark kan en sandsynlig hændelsehistorie gennem kvartæret opidses, og der vil i det følgende fokuseres på de seneste hændelser, som de er beskrevet i Houmark-Nielsen m. fl. 2005. Det er disse sidste isfremstød, der har sat sit største præg på terrænet og de overfladenære aflejringer i Odense-området.

Saale istidens sidste, store isfremstød (Warthe) skred ind over Danmark gennem Østersølavningen, og isens maksimale udbredelse har sandsynligvis været i nærheden af Jyllands nuværende vestkyst (Figur 7). I Eem mellemistiden var Danmark isfrit og havet trængte stedvist ind i landområderne i smalle fjorde (Figur 7).



Figur 7. Saale istidens Warthe isfremstød; til venstre, og fordelingen mellem hav og land i den efterfølgende Eem mellemistid; til højre (Fra Houmark-Nielsen m. fl. 2005)

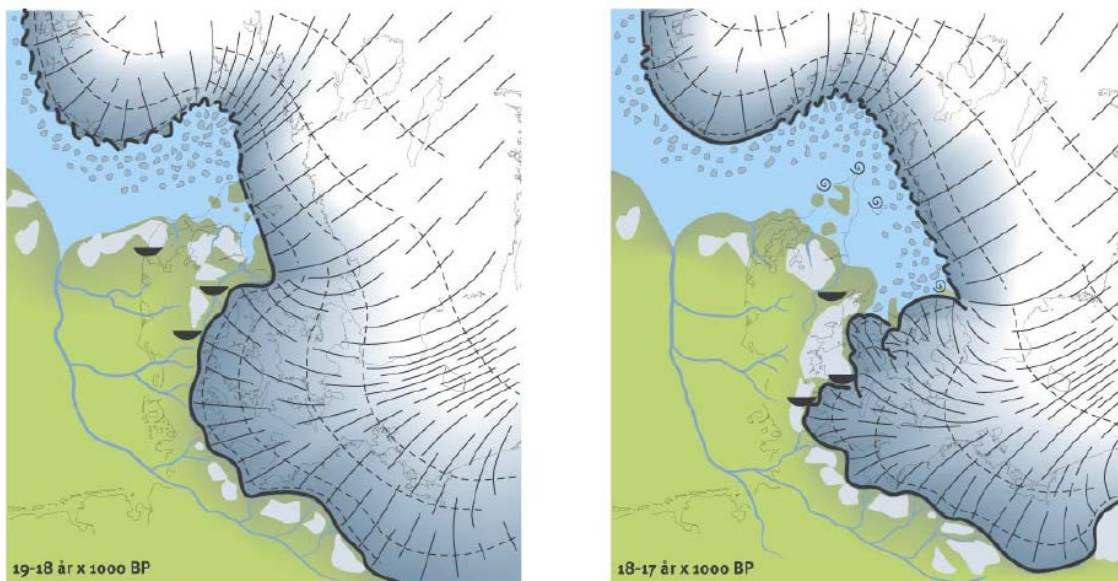


Figur 8. Isens udbredelse under det Gammelbaltiske Isfremstød/ Ristinge Fremstødet for 50.000 til 45.000 år siden; til venstre, og under Hovedfremstødet for 23.000 til 21.000 år siden; til højre (Fra Houmark-Nielsen m. fl. 2005).

Landet tørlagdes herefter og først efter mere end 50.000 år – i Midt Weichsel - blev Fyn overskredet af en gletscher fra sydøst - det Gammelbaltiske Isfremstød (eller Ristinge Fremstødet) (Figur 8). Fremstødet dækkede ved sin maksimale udbredelse foruden Fyn, Sjælland og øerne også det meste af Østjylland. For 23.000 til 21.000 år siden blev området igen fuldstændig overskredet af en gletscher - denne gang fra nordøst, Nordøstisen.

Isen nåede sin maksimale udbredelse ved Hovedopholdslinjen i Jylland (Figur 8). Efter bortsmeltningen af isdækket lå området isfrit, dog med dødis visse steder, sandsynligvis over store dele af Midtfyn.

For omkring 19.000-17.000 år siden overskred gletschere for sidste gang området. Denne gang fra sydøst, Det ungbaltiske Isfremstød, og en fornyet udstrømning af isskjoldet i Østersøen, Bælthav Isstrømmen, der skød sig ind over det østlige Danmark – herunder Fyns østlige og sydlige dele (Figur 9). På det centrale Fyn er der ikke fundet spor fra dette isfremstød, hvilket sandsynligvis skyldes, at dødisen har skærmet for påvirkning fra den aktive is.



Figur 9. Isens maksimale udbredelse under det Ungbaltiske Fremstød til Den Østjyske Israndslinie for 19.000-18.000 år siden (til venstre) og Bælthav Isstrømmen for 18.000-17.000 år siden (til højre) (Fra Houmark-Nielsen m. fl. 2005).

Da isen smeltede bort fulgte en periode med sparsom bevoksning og stadig koldt klima. Men inden Weichselistiden var slut indtraf to kortere varmeperioder, Bølling og Allerød, adskilt af kuldeperioden ældre Dryas og endeligt efterfulgt af kuldeperioden yngre Dryas (Larsen 2002).

For ca. 11.500 år siden startede Postglacialtiden, og landet hævede sig nu efter at have været presset ned af vægten fra ismasserne og Danmark blev landfast med England og Sverige. Havstigningen som følge af isafsmeltningen oversteg derefter landhævningen og havet trængte ind og opnåede i Stenalderen en vandstand, som var lidt højere end i dag.

3.3 Fokuspunkter for den geologiske modellering

På baggrund af den geologiske forståelsesmodel og det generelle kendskab til geologien på Fyn, er der inden den geologiske modellering ridset en række punkter op, som har været i speciel fokus:

Fokuspunkter for den rumlige geologiske model:

- Da der kan ses foretrukne orienteringer i terrænet omkring NV-SØ og NØ-SV, forventes det, at opsprækning af den dybe del af lagserien har haft en vis indflydelse på udviklingen af den kvartære lagserie og landskabet
- De kvartære terrænformers type og kurvebilledets form kan give værdifulde oplysninger om arten af de overfladenære kvartære lag. En udredning af Odense bys terrænforhold vil derfor være i fokus
- De begravede dalstrukturer søges afgrænset, da lagserierne indenfor og udenfor dalene forventes at være forskellige
- De sparsomme geofysiske undersøgelser i Odense byområde gør det nødvendigt at trække geologisk viden ind fra omkringliggende områder, som er kortlagt med geofysik
- Der forsøges at finde karakteristika ved lagene, som kan medvirke til en opdeling af lagserien

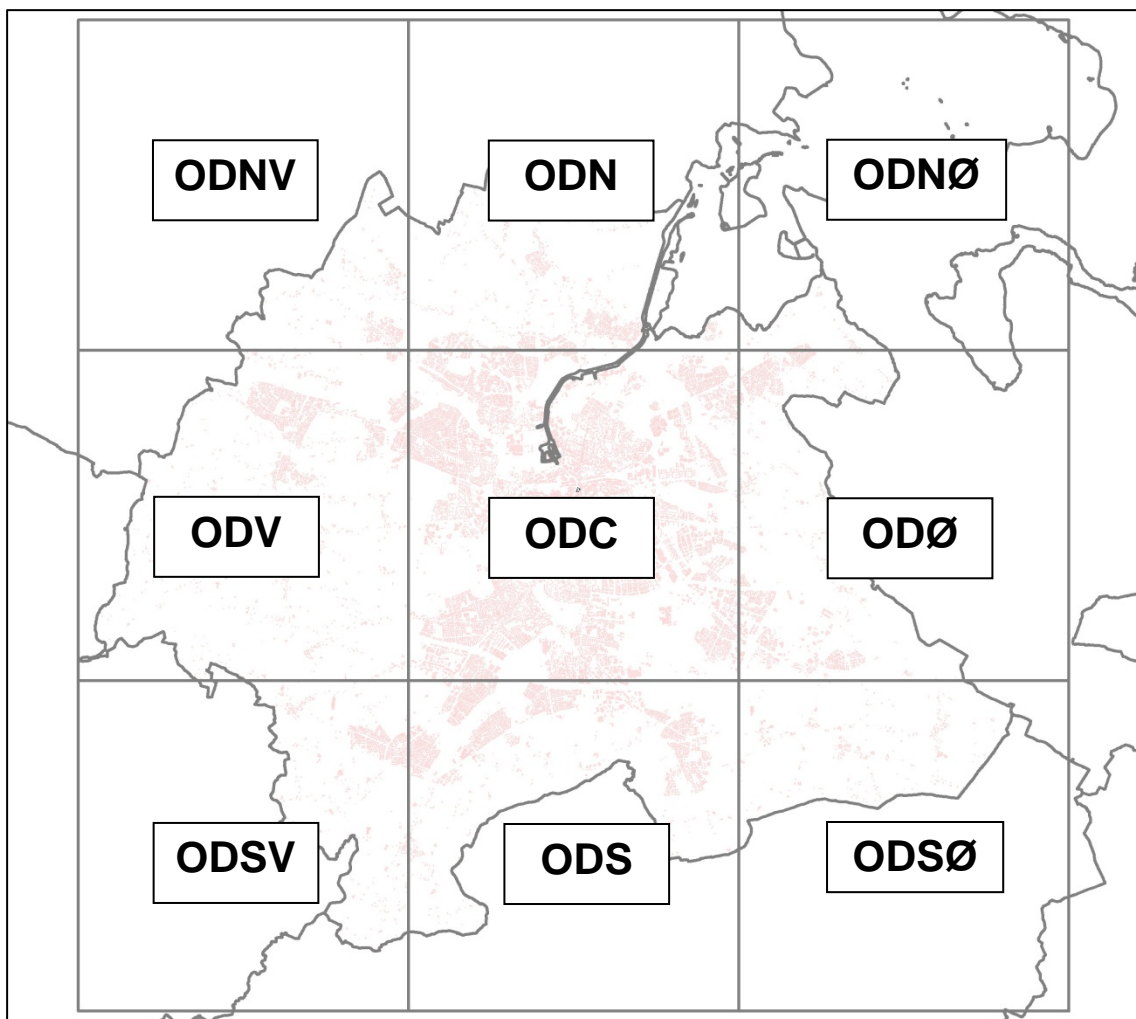
Fokuspunkter for den hydrostratigrafiske model:

- De paleocæne lerlag (Kertemindemergel) er enten hærdnede og opsprækkede, eller u-hærdnede og u-opsprækkede, hvilket hydraulisk set betyder, at lagene enten er vandstandsende eller vandførende
- Kertemindemergelen fremtræder meget varieret i borerne og det er generelt vanskeligt at afgøre ud fra boredata, hvilke dele af det paleocæne ler, der er så permeable, at de udgør et grundvandsmagasin. Det skal vurderes undervejs i tolkningerne, om det er muligt at opdele lagene i vandførende og ikke-vandførende lag
- Forekomsten af klorid i grundvandet kan give gode oplysninger om lagseriens opbygning. Forekomst af klorid i de paleocæne lag peger på, at disse er lav-permeable eller at grundvandets trykgradient er opadrettet, mens forekomst af fersk porevand i de paleocæne lag peger på at lagene er permeable og at trykgradienten er nedadrettet

4. Den rumlige geologiske model (RGM)

4.1 Indledning

Ifølge Geo-Vejledning 3 (Jørgensen m. fl. 2008) er den rumlige geologiske model (RGM) en gengivelse af undergrundens fysiske opbygning med fokus på geologien. Som udgangspunkt udføres der kun rumlig digital modellering i de områder, hvor der er data, og hvor en tolkning kan udføres med en rimelig sikkerhed. I områder, hvor der ikke er data, tolkes geologien som udgangspunkt ikke. Eksempelvis kan den øverste del af lagfølgen i et område være kendt, mens geologien nedenunder ikke er kendt. Her vil det derfor kun være lagflader i den øverste del af lagfølgen, der vil blive modelleret.



Figur 10. Kvadratnet for den geologiske model. Hvert kvadrat er 9X9 km.

I den rumlige geologiske model fokuseres på en rumlig gengivelse af jordlagenes lagfølge, strukturer og udbredelse ud fra eksisterende data. Jordlagene defineres ud fra litologiske

karakteristika (f.eks. smeltevandssand), men kan også blive inddelt i forhold til bl.a. dannelsesmæssig oprindelse eller alder (f.eks. postglaciale lag). Som udgangspunkt skeles der ikke til hvilken inddeling af lagserien, der er tiltænkt slutproduktet. Byggestenene i den rumlige geologiske model afspejler modelområdet geologi og ikke sekundære forhold, såsom hydraulik. Den rumlige geologiske model vil derfor fremstå som en tilsyneladende "ufuldstændig" model med store områder uden tolkninger eller områder, hvor lagserierne ikke umiddelbart kan tolkes sammen. Det væsentligste formål med den rumlige geologiske model er at skabe en tolkningsramme, hvor fokus ligger på jordlagenes geologiske karakteristika, og at denne ramme kan bruges som udgangspunkt for den hydrostratigrafiske modellering.

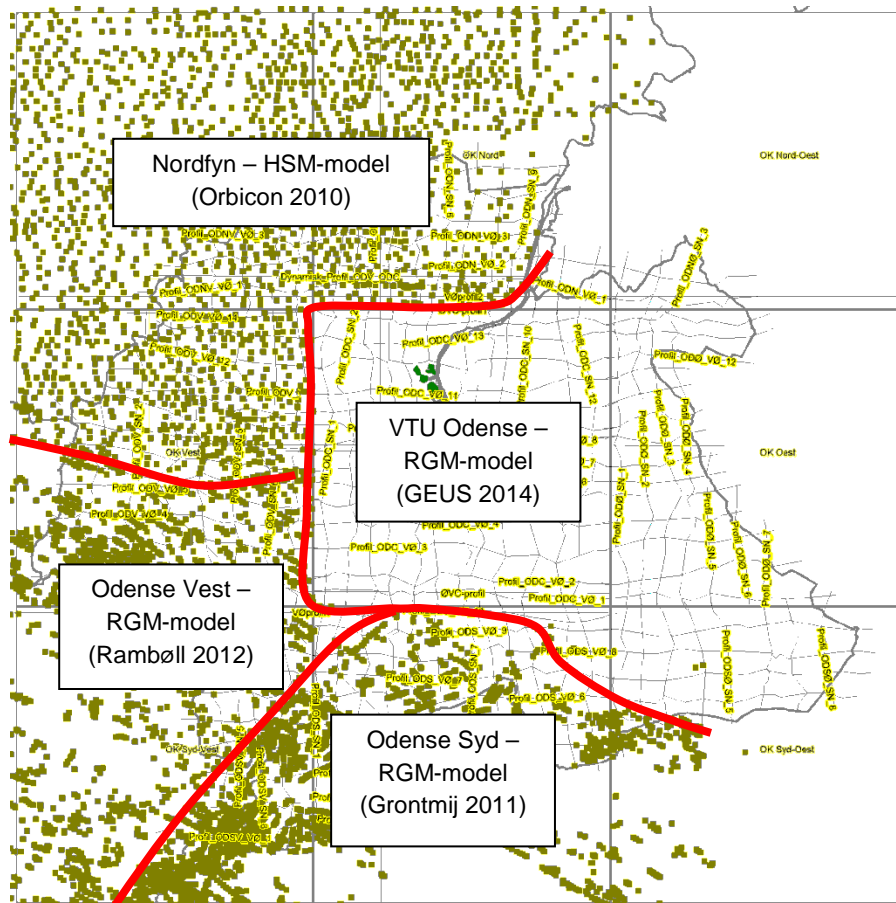
Den geologiske modellering er foretaget i modelleringssoftwaren GeoScene 3D (GS3D) fra I-GIS ApS (www.i-gis.dk). For at gøre den geologiske modellering mere overskuelig og lettere at håndtere rent teknisk i GeoScene 3D er Odense Kommune inddelt i 9 kvadrater med en størrelse på 9X9 km (se Figur 10). Dette kvadratnet er brugt som skabelon for 9 separate scene extents i GeoScene 3D. Indenfor hvert kvadrat er der oprettet et separat netværk af faste profiler for primært at lette dokumentationen af modellen, og for at gøre referencer til specifikke steder i modellen lettere at foretage.

I VTU-projektet er der lagt vægt på at genbruge så meget som muligt af de eksisterende geologiske modeller, som rækker ind over Odense Kommune. Odense by er mod syd, vest og nord omgivet af nyere geologiske modeller; Odense Syd (Grontmij 2011), Odense Vest (Rambøll 2012) og Nordfyn (Orbicon 2010). Disse modeller er opstillet med 9 hydrostratigrafiske lag. Modellerne er udarbejdet i perioden 2010-2012, og det vurderes, at mængden af nye data tilkommet i de seneste par år indenfor områderne er begrænset. I forbindelse med VTU-modelleringen genanvendes derfor de eksisterende tolkninger, således at VTU-modelleringen reelt kommer til at omfatte kvadraterne ODC, ODNØ, ODØ og ODSØ. Modeltolkningerne i kvadraten ODC, der omfatter hovedparten af Odense byområde, prioriteres højest (se Figur 10 og Figur 11).

De eksisterende modeller i området er konstrueret som lagmodeller med flader som afgrænsninger mellem de geologiske lag. Tolkningen af lagene er sket ved at indsætte digitale tolkningspunkter på fladen. Det blev valgt, at VTU-modellen opstilles på tilsvarende måde.

4.2 Data

4.2.1 Eksisterende geologiske modeller



Figur 11. Udbredelse af eksisterende geologiske modeller i Odense Kommune. Grønne punkter illustrerer importerede tolkningspunkter fra eksisterende modeller til VTU-modellen.

Som det er illustreret på Figur 11, er der for kvadraterne S, SV, V, NV og N importeret tolkningspunkter fra de eksisterende modeller. For Odense Syd og Odense Vests vedkommende er der tale om RGM-tolkninger, mens der for Nordfyn ikke er udført RGM-tolkninger - kun hydrostratigrafiske tolkninger (HM). Det er dog besluttet at anvende disse HM-tolkninger i den rumlige geologiske VTU-model, da geologien i NV-kvadraten vurderes at være relativt simpel. Da centerkvadraten har højest prioritet i VTU-modellen, er de eksisterende modellers tolkningspunkter her slettet og erstattet af nye tolkningspunkter i VTU-modellen.

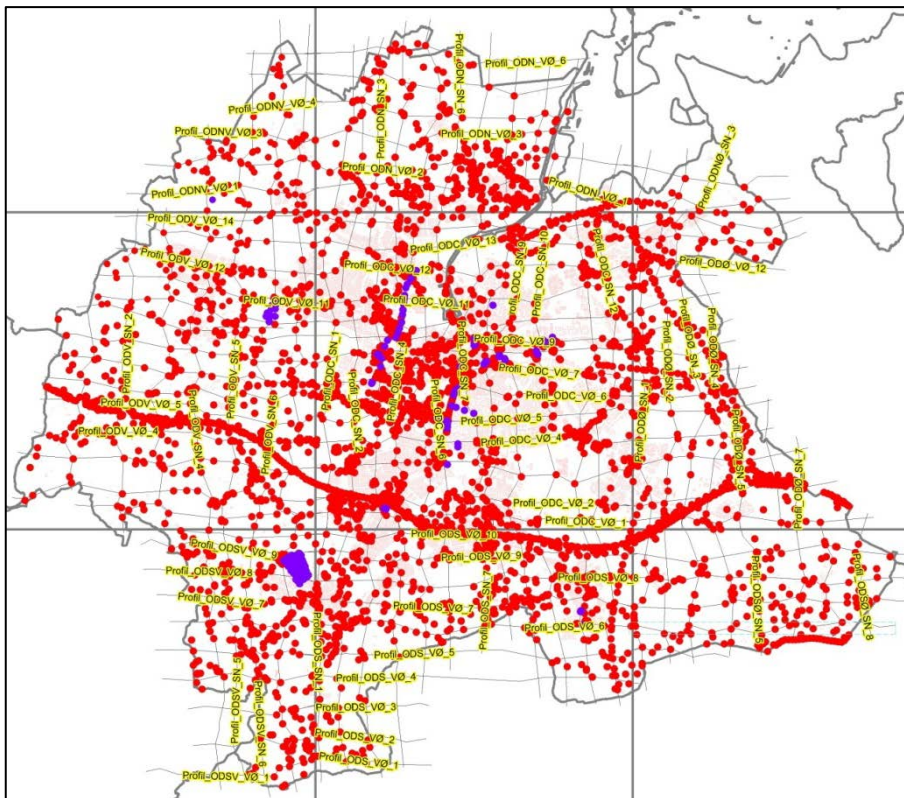
Som en del af modelleringen i centerkvadraten kontrolleres sammenhængene til de eksisterende tolkninger i de omkringliggende kvadrater og eventuelle uoverensstemmelser noteres med sigte på den efterfølgende HM-model. Navngivningen for lagene i de eksisterende modeller er ikke ens, hvilket man bør være opmærksom på ved senere bearbejdning af VTU-modellens RGM tolkninger. RGM-tolkningerne afspejler lokale geologiske forhold,

og ved tolkningerne kan der være tale om bratte skift mellem koterne for de enkelte lag, netop fordi der er tolket lokalt. Det afgørende er, at der efterfølgende kan opnås en samlet hydrostratigrafisk model for området.

Tolkningspunkterne for de eksisterende modellers forskellige lag er importeret i GS3D.

4.2.2 Boredata

Som primært grundlag for den geologiske modellering er der anvendt boredata fra Jupiter-databasen. I Delrapport 2 – Indsamling og vurdering af data (Kristensen m. fl., 2015) er de anvendte Jupiter-boredata fra Odense Kommune gennemgået og vurderet i forhold til dybde, densitet, litologisk information samt supplerende ikke-digital information relateret til boringerne. Herudover er der indsamlet/forsøgt indsamlet supplerende boringer fra ingeniørfirmaer og geotekniske firmaer. For nærmere oplysninger omkring boredata henvises til Delrapport 3 - Geotekniske data til planlægning og administration (Laursen m.fl., 2015). Der er i alt ca. 5.000 boringer, som indgår i den geologiske modellering (Figur 12).



Figur 12. Jupiter boredata (rød) og supplerende boredata (lilla) anvendt i VTU-modellen.

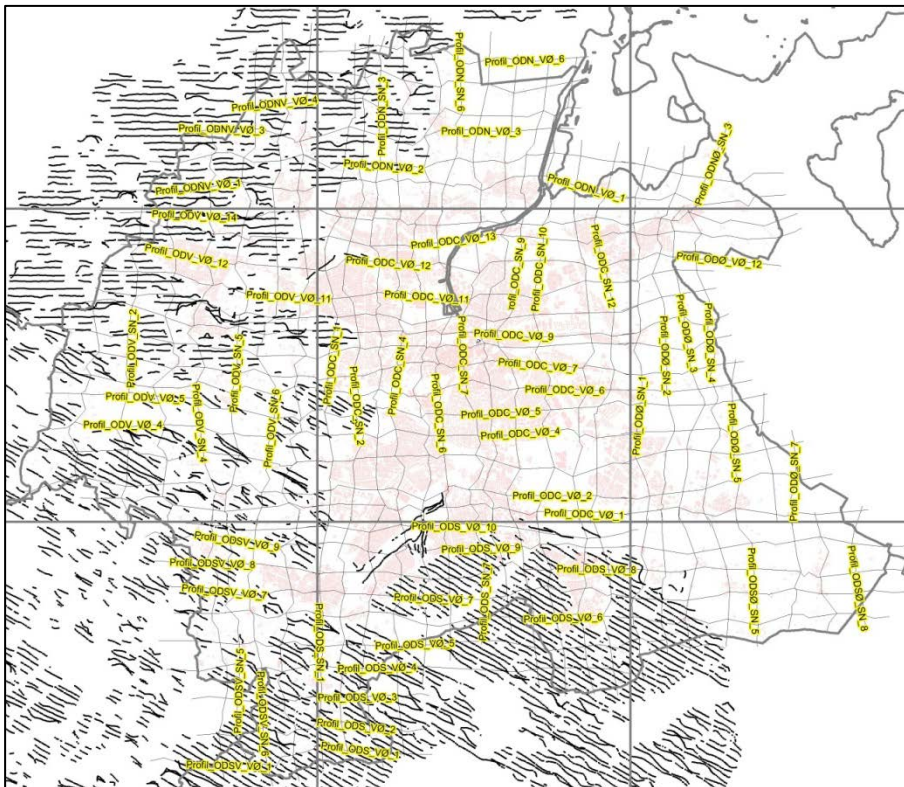
Indsamling af boredata, som ikke har været indberettet til GEUS' Jupiter database, er beskrevet nærmere i VTU-rapporten vedrørende geotekniske boringer, se Delrapport 3 - Geotekniske data til planlægning og administration (Laursen m.fl., 2015)

Som vist i Delrapport 2 – Indsamling og vurdering af data (Kristensen m.fl., 2015) er boringsdensiteten i Odense Kommune varierende fra 0-50 boringer pr. km², med de største

værdier i de bymæssige områder. Boreddybden er også meget varierende, men typisk er langt de fleste borer mindre end 30 meter dybe.

4.2.3 Geofysiske data

Detaljer om de geofysiske data findes i datarapporten Delrapport 2 – Indsamling og vurdering af data (Kristensen m.fl., 2015), og i det følgende opridses kort de data, som er indlagt i GeoScene 3D.



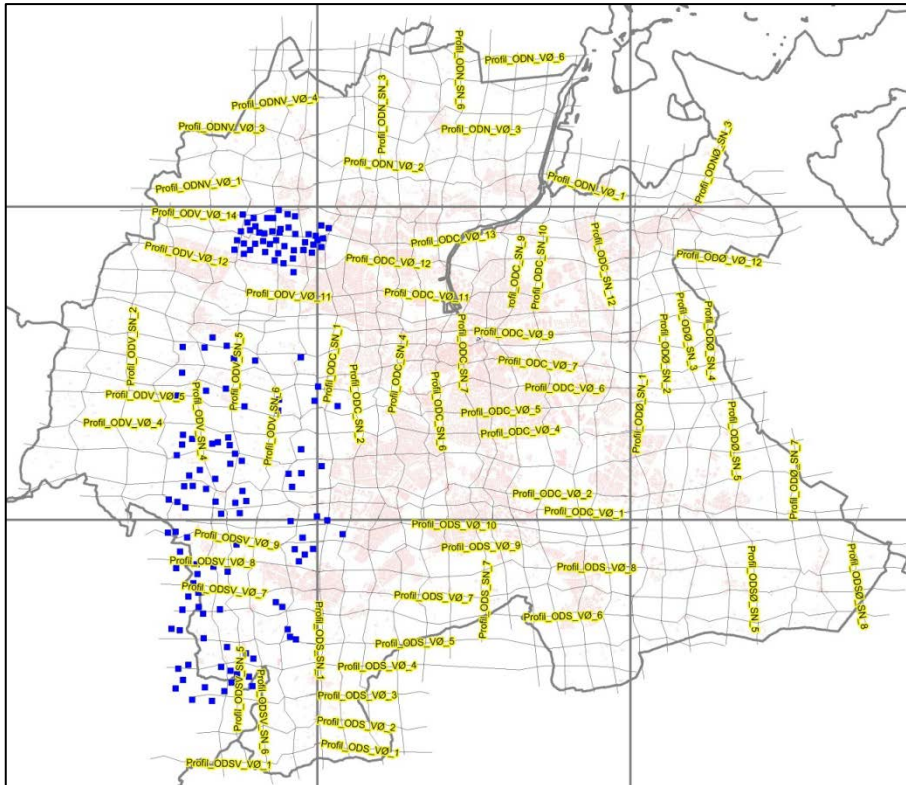
Figur 13. SkyTEM-data i Odense Kommune (sort prik-signatur)

SkyTEM-data er udført i forbindelse med Naturstyrelsens kortlægninger i områderne Odense Syd, Odense Vest og i Nordfyn, som det fremgår af Figur 13. Som det kan ses, så er der kun udført SkyTEM-data udenfor byområderne. Det ses også, at der kun er en begrænset mængde SkyTEM-data indenfor kvadraterne ODC, ODØ, ODS, ODNØ og ODN. De resterende kvadrater indgår i de eksisterende geologiske modeller Odense Syd, Odense Vest og Nordfyn. SkyTEM-data udgør de højest prioriterede geofysiske data.

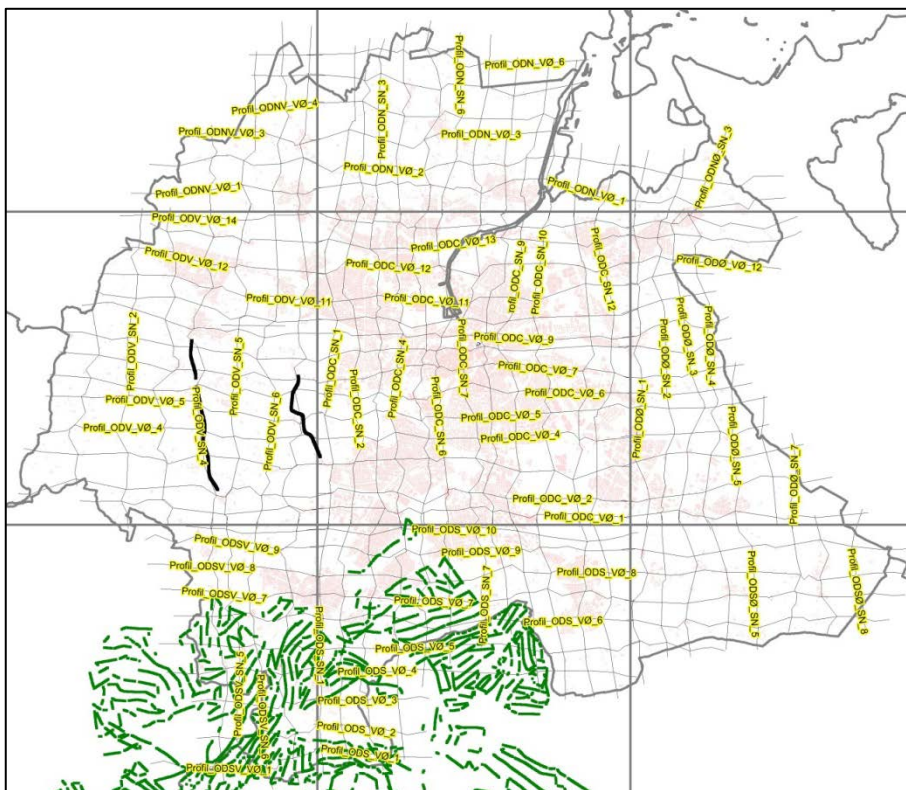
TEM40-data findes kun i en begrænset mængde i kvadraterne ODSV og ODV (Figur 14). Sondringerne er af ældre dato og er beliggende indenfor det samme område, som er dækket af SkyTEM-data. Disse data er derfor lavt prioriteret.

PACES-data er udført i kvadraterne ODS og ODSV (Figur 15), hvilket betyder, at disse data har indgået i modelleringerne i Odense Vest og Odense Syd. PACES-data er derfor ikke tolket yderligere i forbindelse med VTU-modellen. To seismiklinjer er udført i ODV

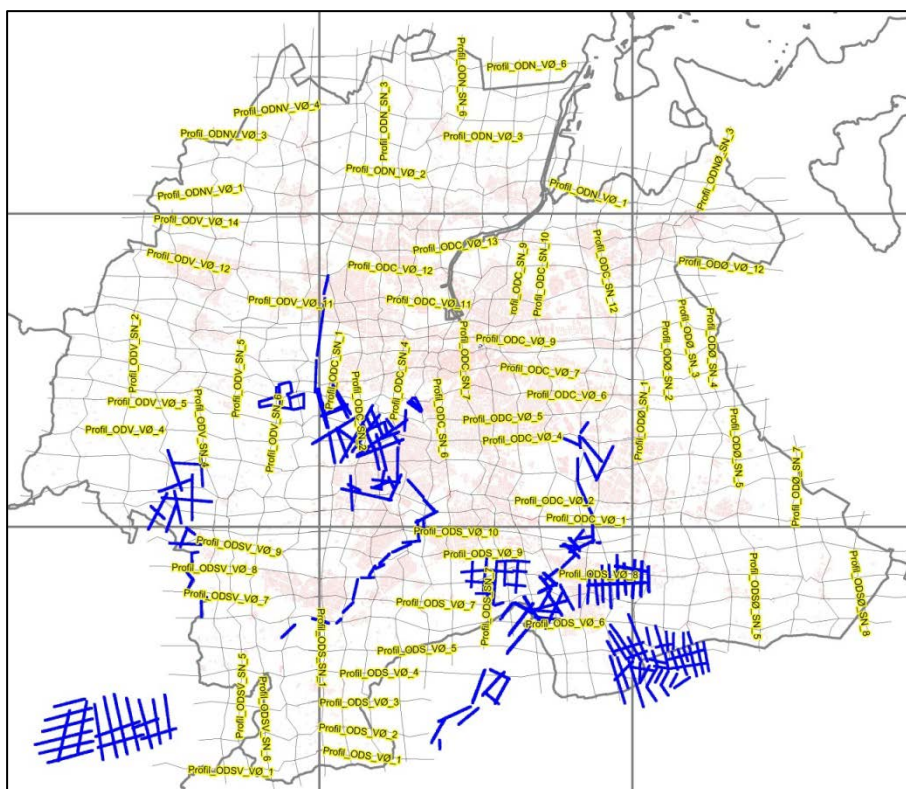
(Figur 15) og disse indgår i tolkningerne i Odense Vest-modellen og er ikke tolket yderligere i forbindelse med VTU-modellen.



Figur 14. TEM40-sonderinger i Odense Kommune (blå firkanter).



Figur 15. PACES-data (grønne linjer) og seismik (sorte linjer) i Odense Kommune.



Figur 16. Wenner-data i Odense Kommune (blå linjer).

Wenner-profilering er udført forskellige steder i Odense Kommune, som det fremgår af Figur 16. Data indgår i de geologiske tolkninger i modellerne Odense Vest og Odense Syd, men i kvadraten ODC er data i stedet anvendt mere indirekte ved indarbejdning af oplysninger fra afrapporteringerne. Tilsvarende gælder for MEP-data, hvor der er udført flere kortlægninger, men kun er indberettet et mindre antal til GERDA-databasen.

4.2.4 Andre data

Til landskabsmæssige tolkninger og som digital højdemodel er der anvendt LiDAR-data (se Delrapport 2 – Indsamling og vurdering af data, Kristensen m.fl., 2015). LiDAR-data er laserscanninger af terrænet med en nøjagtighed på ca. 15 cm vertikalt og 1,6 m horisontalt, hvilket giver en nøjagtighed, som langt overstiger hidtidige digitale højdemodeller. På grund af den store datatæthed er der foretaget en downsampling af LiDAR-datasættet til en horisontal diskretisering på 10 m før import i GeoScene 3D.

4.2.5 Eksisterende rapporter og litteratur

I forbindelse med den geologiske modellering er der foretaget en søgning efter eksisterende litteratur og rapporter, som enten specifikt eller overordnet omhandler den geologiske opbygning i Odense-området. Der er foretaget søgning i GEUS' database over grundvandsrapporter med søgeord "Odense", "Odense Kommune", "Kerteminde" og "Nordfyn" (<http://www.geus.dk/DK/data-maps/Sider/default.aspx>) og fundet i alt 75 relevante rapporter, som omfatter tekniske undersøgelser af undergrunden og grundvandet indenfor Oden-

se Kommune og tilstødende områder. Disse rapporters referencer er samlet i Bilag 1, hvor der også er indsat en prioritering i forhold til relevans for den aktuelle geologiske modellering. Af de 75 rapporter er 9 prioriteret højt og 22 mellemhøjt, og resultater herfra er taget i betragtning under modelleringen.

Herudover er der indsamlet anden litteratur i form af artikler, bøger og rapporter af mere generel art. Referencer til disse er samlet i Bilag 2, hvori der også er en prioritering af betydningen i forhold til den geologiske forståelsesmodel og for den overordnede forståelse af Fyns geologi.

4.3 Landskabsanalyse

4.3.1 Tidligere landskabsanalyser

Landskabets udformning giver mange oplysninger om ikke alene de seneste landskabsdannende processer, men også om karakteren af de øvre jordlag. Per Smeds publikationer over det fynske landskab (Smed 1962, 1977, 1979) udgør vigtige afhandlinger, som kombinerer landskabsform og geologi. På GEUS er der udarbejdet et nyt landskabsmorfologisk kort, som viser landskabselementer og litologi (se Delrapport 2 – Indsamling og vurdering af data, Kristensen m.fl., 2015). Der er udført flere landskabsanalyser blandt andet i forbindelse med de geologiske modeller i Odense Vest (Naturstyrelsen 2012) og Odense Syd (Grontmij 2011, Naturstyrelsen 2012).

4.3.2 Analyse af højdemodel (LiDAR-data)

I forbindelse med VTU-modelleringen er der fokuseret på centerkvadraten, ODC, da der er fokus på de centrale byområder. De eksisterende kort over landskabselementerne samt de tidligere landskabsanalyseres resultater er taget i betragtning, og der er foretaget en overordnet inddeling af landskabet i delområder, som morfologisk set adskiller sig fra hinanden. Dette har primært haft til formål at give geografiske afgrænsninger, som i den geologiske model kan anvendes til at afgrænse geologiske lag.

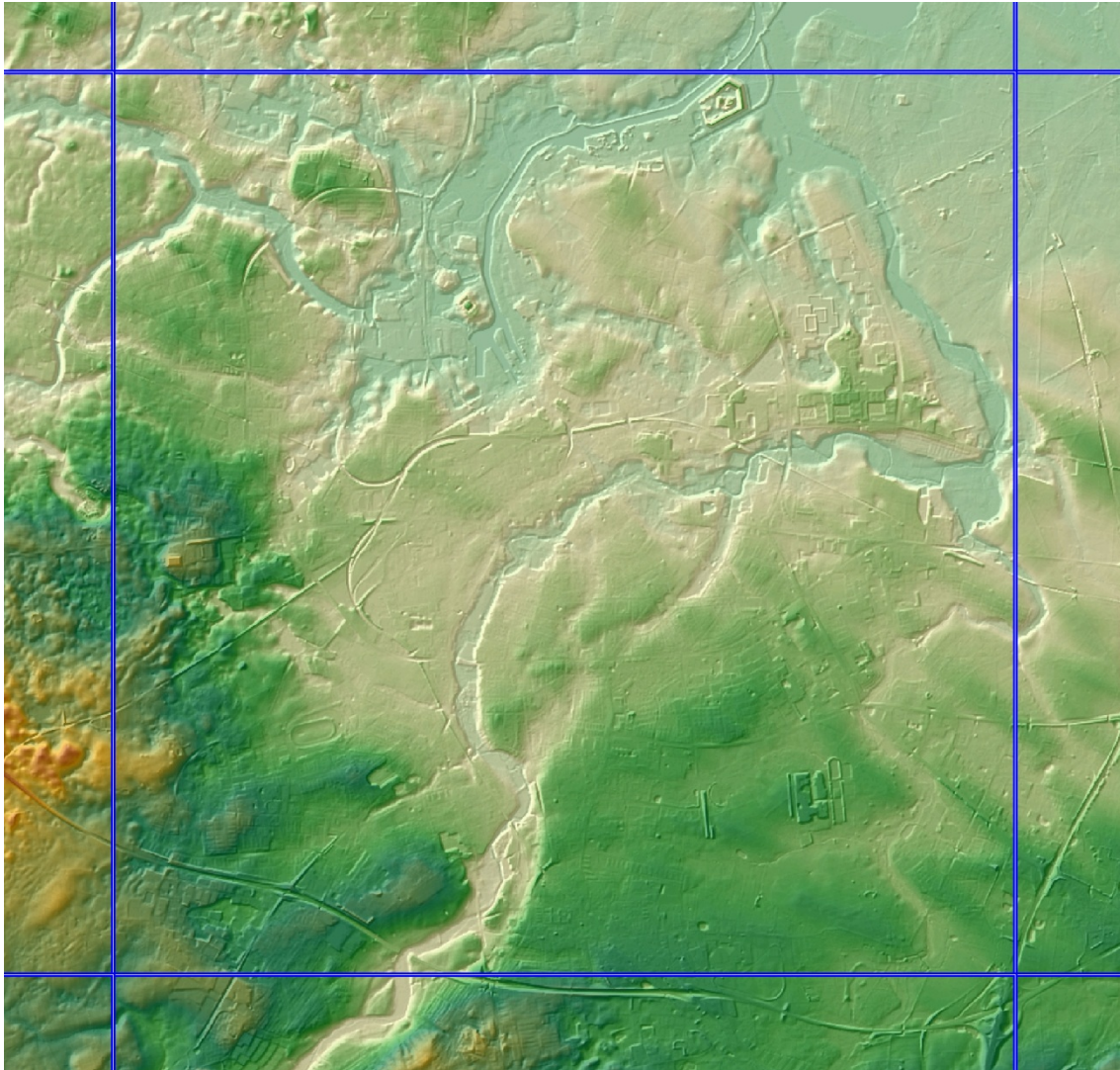
På Figur 17 ses LiDAR-data i såkaldt hillshade visning, hvor der ovenpå farveskalaen er indlagt en skygge, som fremhæver topografien. Den høje opløselighed af LiDAR-data viser relativt tydeligt de bymæssige bebyggelser. Figur 18 viser samme data, hvor der er sket en sortering af data i 1-m intervaller, som skiftevis er farvede eller hvide. Denne form for visualisering tydeliggør de landskabsmæssige variationer og danner grundlag for inddelingen i delområderne i Figur 19:

Landskabstype A: Højtliggende glacialt landskab

De højeste dele af ODC-kvadraten ligger mod vest og sydvest, hvor det vestligste område (A1) er uden orientering, mens der i A2 ses en svag VSV-ØNØ orientering. Landskabstype A repræsenterer den ældste del af landskabet.

Landskabstype B: Lavereliggende glacialt landskab (bølget og med orientering)

Landskabstype B er et lavereliggende, bølget glacialt landskab med en omtrent SØ-NV orientering, som er tydeligst mod øst. Landskabstype B udgør en flade nedenfor det højere liggende glaciale landskab, og mod nordvest og nord er fladen brudt af lavereliggende, sen- og postglaciale sletter og flodløb.



Figur 17. LiDAR højdemodel-data. Brune farver udgør de højeste dele og blågrønne de laveste dele. Blå ramme angiver kvadraten ODC; 9 X 9 km.

Landskabstype C: Senglaciale sletter og flodløb

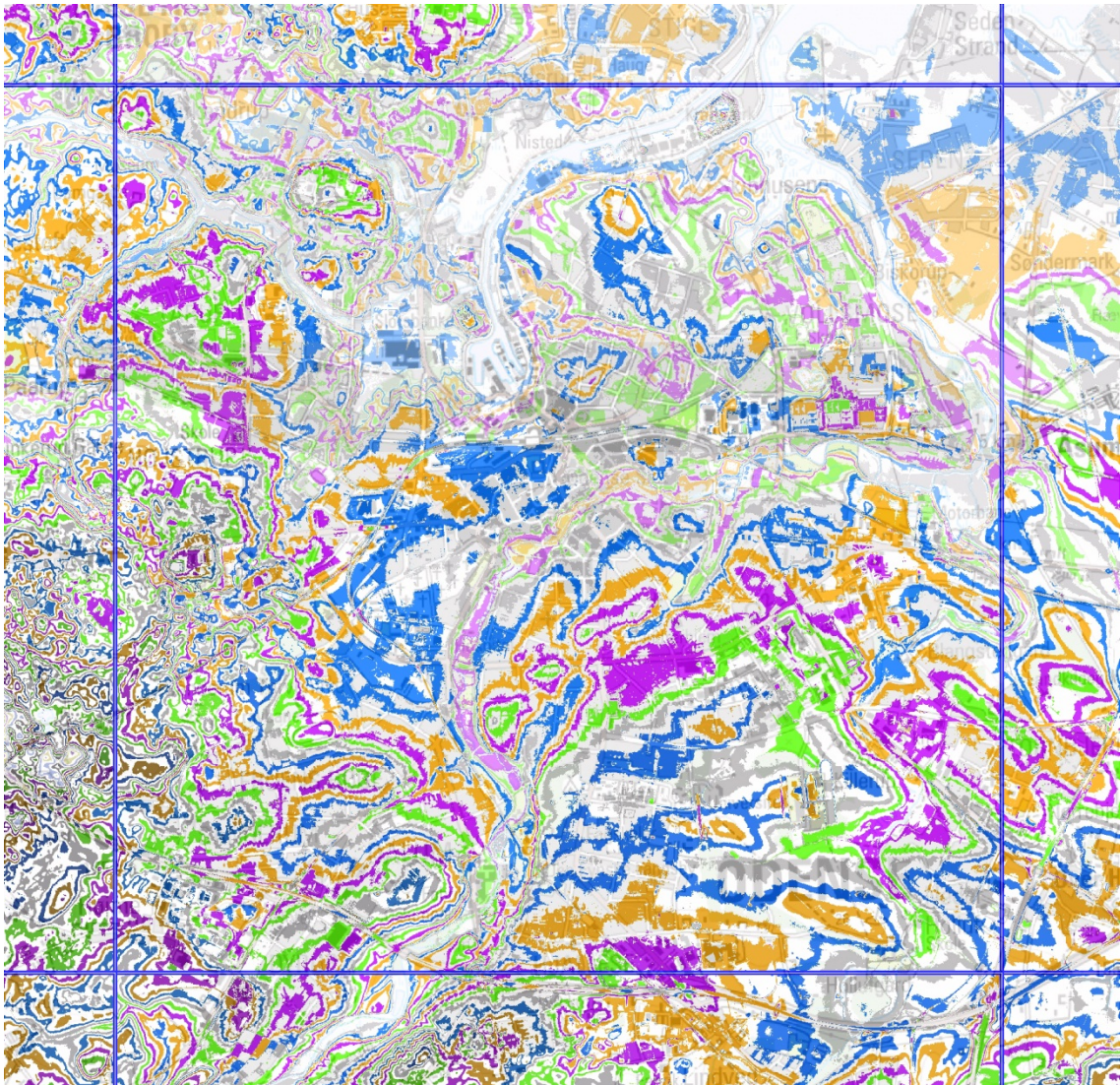
Den senlaciale slette C ligger kotemæssigt højere end de senlaciale sletter mod nord, hvilket peger på, at C-området er dannet først. Delområde C findes i et område centralt i ODC-kvadraten og har form som en mindre smeltevandsslette.

Landskabstype D: Senglaciale sletter og skrænter

Disse senlaciale sletter og tilhørende skrænter ligger nedenfor såvel den ældre senlaciale slette C og de glaciale landskaber A og B, og er dermed at betragte som yngre. Generelt ses smalle forløb mellem bakkerne, men mod nordøst er landskabstype D udviklet som en bred slette.

Landskabstype E: Postglaciale sletter og flodløb

Landskabstype E er den lavest liggende og yngste. Der er tale om små flodløb og brede områder, som har mere karakter af sletter.



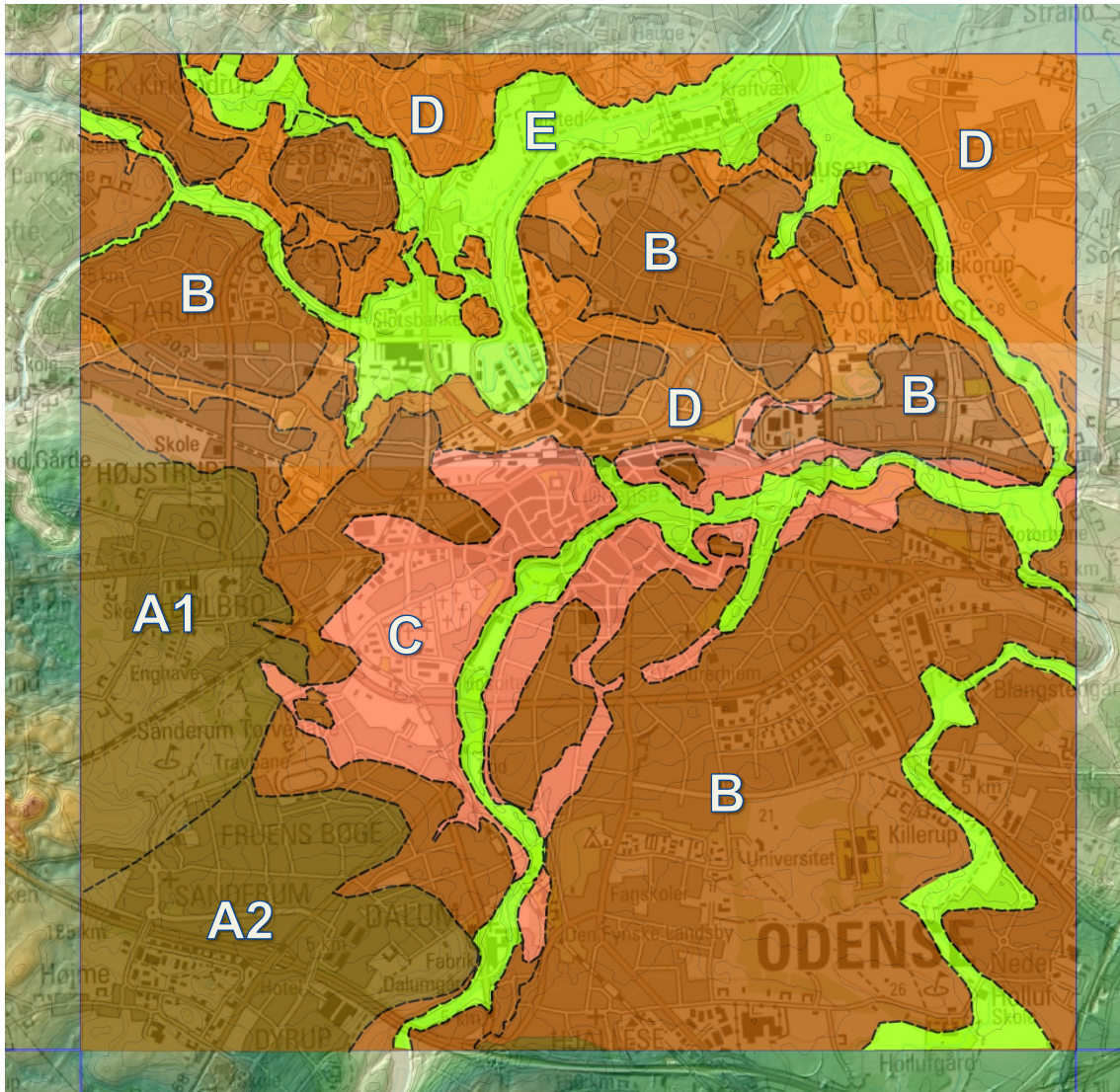
Figur 18. LiDAR højdemodel-data i 1-meter intervaller (farvede eller hvide bånd udgør 1 meters højdeinterval). Blå ramme angiver kvadraten ODC; 9 X 9 km.

4.3.3 Udviklingshistorien for landskabet

Landskabstype A repræsenterer de ældste dele, som sandsynligvis lå dækket af inaktiv gletscheris i den sidste del af sidste istid for 17-18.000 år siden (Figur 9). Landskabsformerne er derfor sandsynligvis hovedsageligt præget af isens bevægelser i forbindelse med Hovedfremstødet nogle få tusinde år tidligere (Figur 8). Aflejringerne i den øverste del af denne landskabstype kan være moræneler og smeltevandsaflejringer.

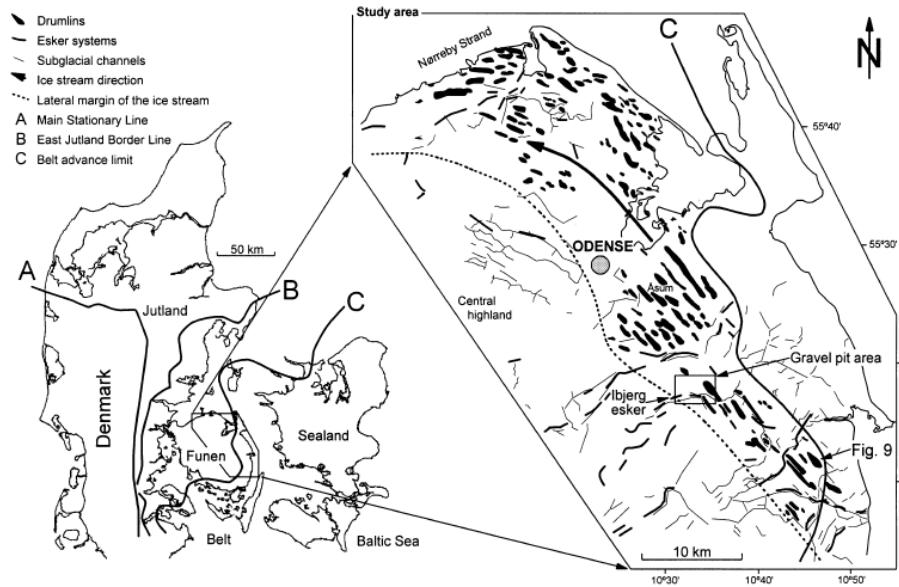
Landskabstypen B er et bølget bundmorænelandskab dannet af Bælthav isstrømmen, som bevægede sig fra SØ mod NV rundt om den inaktive gletscheris på det centrale Fyn (se

Figur 20). Landskabet er formet af isens bevægelse og der ses blandt andet aflange drumlin-bakker mod øst med SØ-NV orientering. Grænsen mellem den aktive og inaktive is ses ikke entydigt i topografien mod nordvest. Jordlagene i den øvre del af landskabstype B domineres af moræneler.

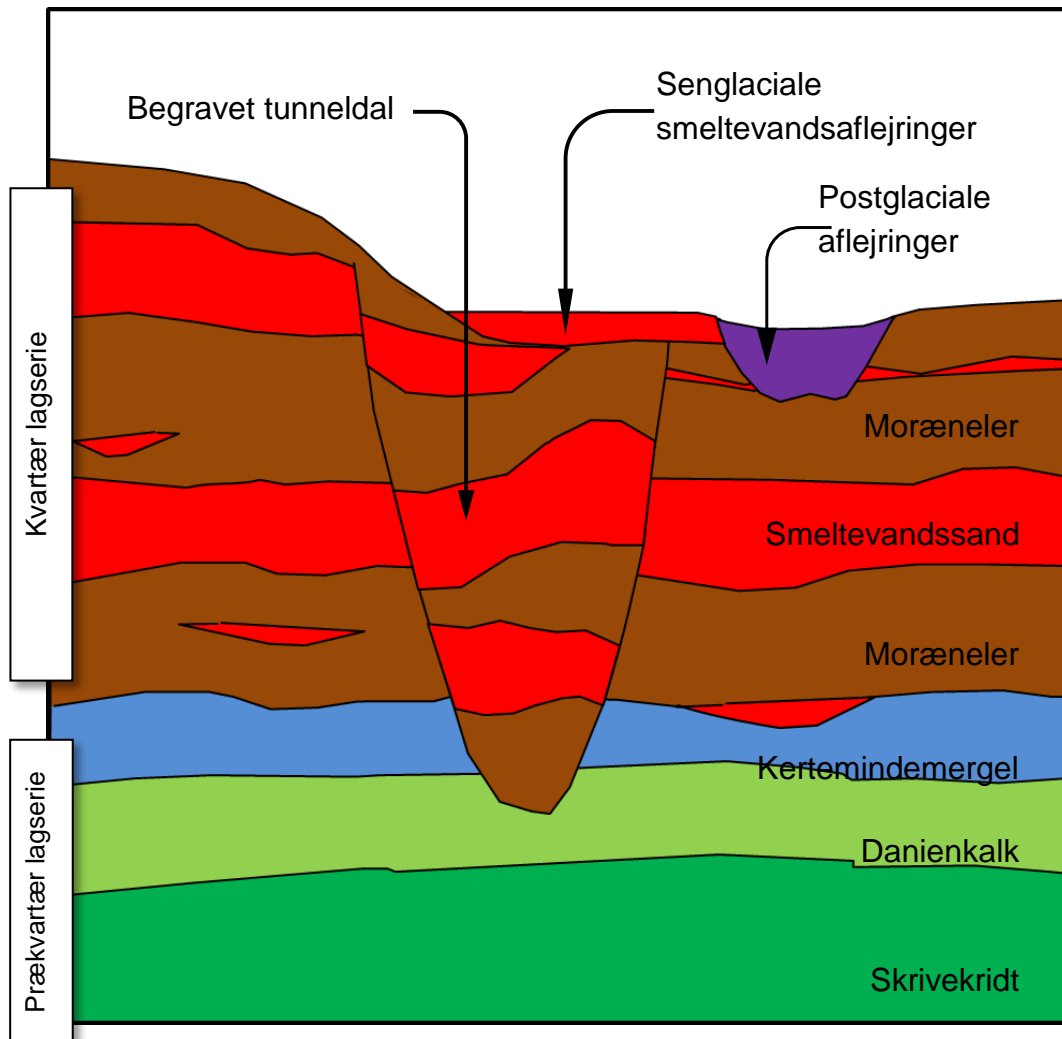


Figur 19. Inddeling efter landskabstyper. Blå ramme angiver kvadraten ODC; 9 X 9 km. (Se tekst for forklaring).

Da isen var smeltet tilbage til øst for området eroderede smeltevand fra såvel den aktive som den inaktive is render i morænefladen B, og disse render blev herefter fyldt med smeltevandssand og -grus. Hvor sletten i område C blev dannet i en periode, hvor den aktive is stod ganske tæt på, må de lavereliggende dele (D) formodes at være dannet senere, da isranden var rykket længere tilbage mod øst. På dette tidspunkt var havspejlet lavtliggende på grund af at landet hævedes efter isens forsvinden, og der eroderedes på ny render ned i landskabet. Disse render (E) blev i postglacialtiden udfyldt med ferskvandsaflejringer med højt indhold af organisk materiale, og da havspejlet i Stenalderen steg, trængte havet ind i landet i smalle fjorde og aflejrede marint sand og ler.



Figur 20. Geomorfologi relateret til den Bælthav isstrømmen (fra Jørgensen & Piotrowski 2003)



Figur 21. Principskitse af geologien i Odense Kommune

4.4 Den geologiske lag-sekvens

På baggrund af gennemgangen af de eksisterende geologiske forståelsesmodeller og vurderingerne af landskabsudformningen kan der skitseres en overordnet teoretisk lagserie for Odense Kommune (se Figur 21).

Lagserien er overordnet opbygget af en prækvartær lagserie bestående af Skrivekridt, Dandenkalk og Kertemindemergel, og herover haves en kvartær lagserie domineret af moræneler og med indslag af smeltevandssand og -grus. Denne lagserie er brudt af enkelte nedroderede og nu begravede tunneldale, som også er udfyldt med moræneler og smeltevandssand og -grus, men med en forventet mere kompliceret opbygning. Øverst i lagserien haves overfladenære, senglaciale sletter og flodløb, som består af smeltevandssand og -grus, samt postglaciale aflejringer indenfor smalle eroderede strøg.

Herudover er der mulighed for at finde interglaciale aflejringer nederst i den kvartære lagserie, men disse forekomster er kun fundet med sikkerhed i kommunens sydvestligste del, ved Bellinge.

Principskitsen (Figur 21) er stærkt simplificeret og danner blot en ramme for opstillingen af den rumlige geologiske model. Det er muligt, at dele af den kvartære lagserie mod vest (til venstre på principskitsen, Figur 21) ikke geologisk set er dannet på samme tid som den kvartære lagserie mod øst (til højre på principskitsen, Figur 21).

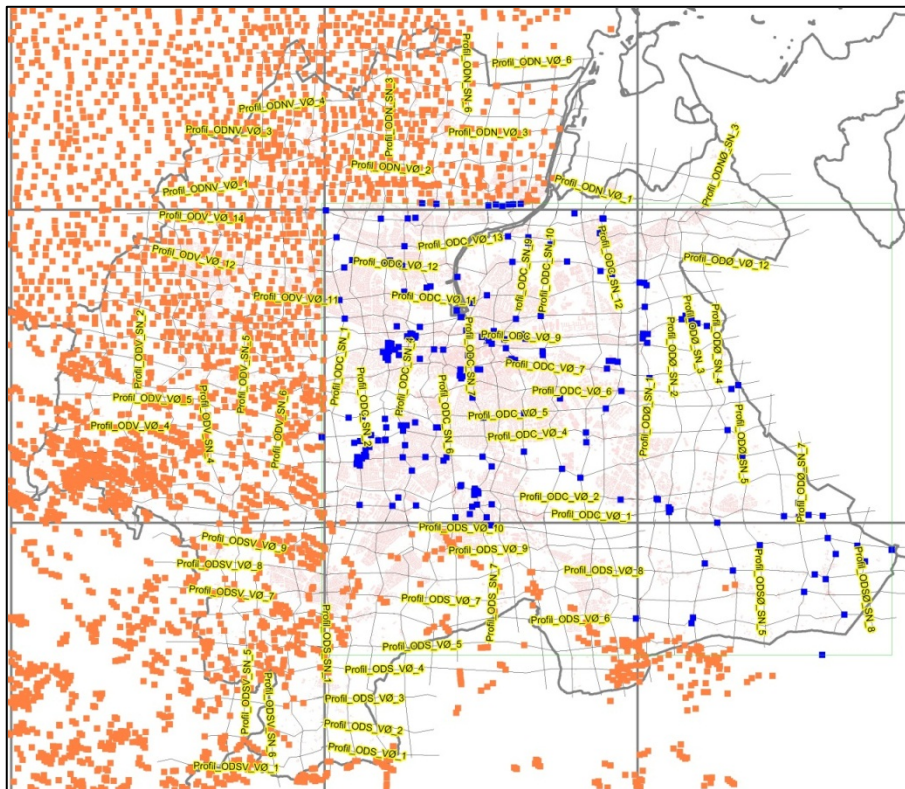
4.5 Modellering af RGM i GeoScene 3D

4.5.1 Indledning

RGM-modelleringen i Odense Kommune fokuserer på at tolke en række grænseflader i rummet på baggrund af eksisterende data. RGM-tolkningerne foretages kun i de områder, hvor der er data, og der skelnes mellem forskellige litologier og ikke grundvandsmagasiner og mellemliggende lerlag, som det sker i den hydrostratigrafiske model (HM). RGM-modellen udgør i en vis forstand en geologisk "mellemregning", hvor de geologiske sammenhænge mellem lagene søges udredt, uden at der tolkes i hele modelrummet.

Eksisterende RGM-tolkninger fra Rambølls Odense Vest model og Grontmijs Odense Syd model og HM-tolkninger fra Orbicons Nordfyn-model (se Delrapport 2 – Indsamling og vurdering af data (Kristensen m.fl., 2015)) er importeret i GeoScene 3D, og som tidligere nævnt er de eksisterende modelleres RGM-tolkninger i ODC kvadraten slettet og erstattet af nye VTU-tolkninger. Et eksempel på dette ses i Figur 22, hvor tolkningspunkter fra de eksisterende modeller (NST) er vist med orange firkanter, mens VTU-tolkningerne er vist med blå. Dette gælder udelukkende de kvartære lag.

Som det kan ses, er der forskel på punkttætheden, hvilket for Nordfyns vedkommende skyldes, at der kun er udarbejdet en HM-model og at der for Odense Vest og Syd også har været geofysiske data (SkyTEM) til rådighed.



Figur 22. RGM-tolkninger; eksempel VTU Top DS2 og NST Top DS2

For de prækvartære lag, dvs. toppen af kalken og toppen af det paleocæne ler, er alle tolkningspunkter overført til VTU-modellen.

De oprettede lag i RGM-modellen svarer ikke nødvendigvis til specifikke lag i de omkringliggende, eksisterende modeller, og der kan udmærket være forskelle i navngivningen. Der er ved VTU-tolkningerne søgt at bruge samme lagbetegnelse for lag, der omtrent ligger i samme koteinterval. Det betyder dog ikke, at disse lag nødvendigvis har samme geologiske oprindelse. Tolkningerne vil pege på sandsynlige laterale sammenhænge og vil være med til at give et overblik over områdets geologiske opbygning.

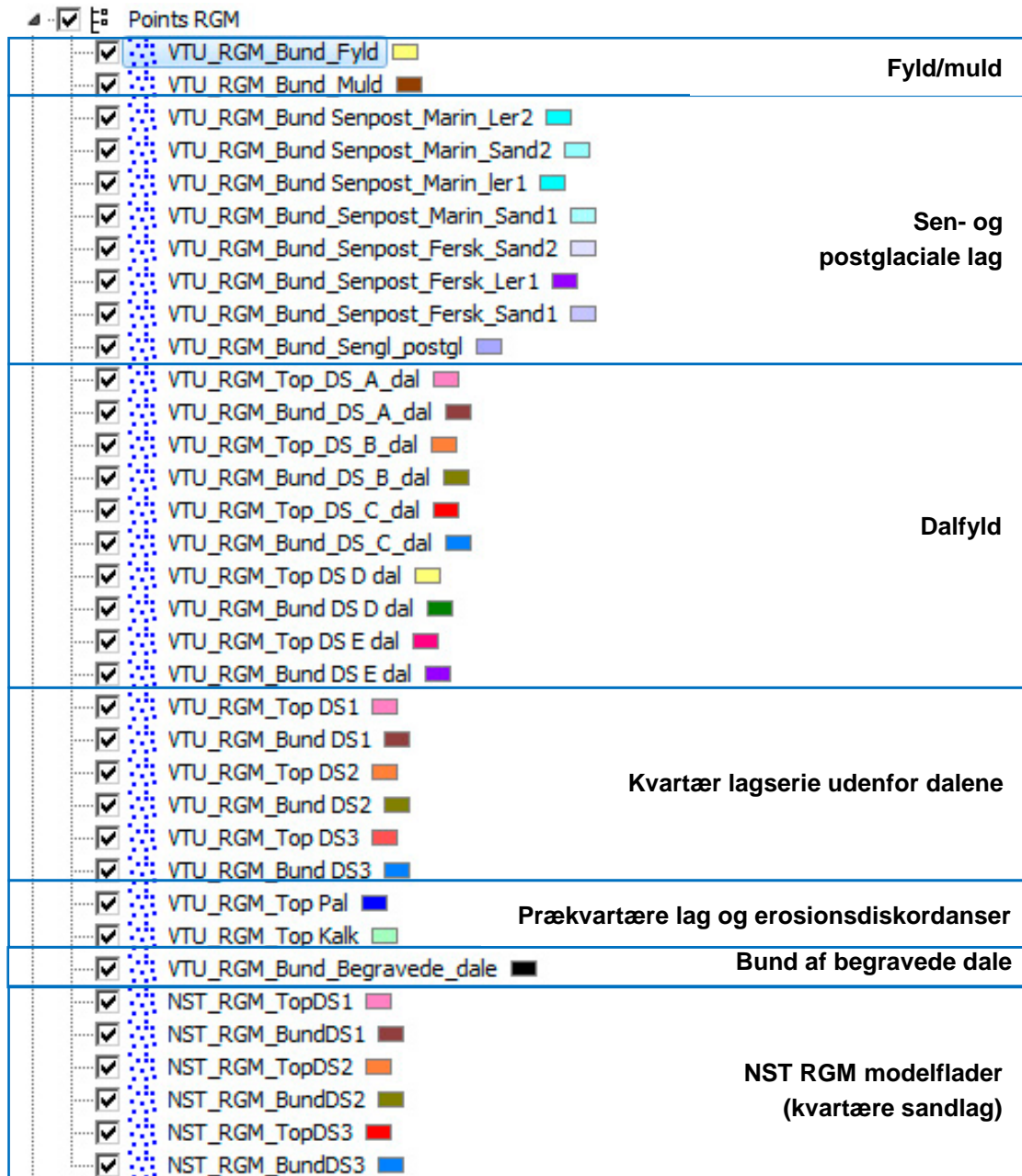
4.5.2 Modellag

De eksisterende modellers tolkningspunkter for de kvartære lag er importeret i GeoScene og er samlet i 6 lag (tre sandlag og tre lerlag), defineret som top og bund af de tre sandlag. De oprettede lag i GeoScene har fået præfix "NST_RGM_" (f.eks. "NST_RGM_TopDS2"; se Figur 23), og tolkningspunkterne i ODC-kvadraten er slettet. Tolkningerne for de prækvartære lag er importeret i VTU-modellens lag, henholdsvis "VTU_RGM_Top_Pal" og "VTU_RGM_Top_Kalk" (se Figur 23).

For de kvartære laggrænser i VTU-modellen er følgende lag oprettet (se Figur 23):

Fyld/muldlag: "VTU RGM_Bund_Fyld" og "VTU RGM_Bund_Muld".

Disse lag er vanskelige at tolke og tolkningerne er behæftet med stor usikkerhed, men det er valgt at inkludere disse i RGM-modellen. Der er indsat tolkningspunkter, hvor der i boringerne er beskrevet muld. Tilsvarende er sket for fyldlag. Lagene har ikke større relevans for den geologiske model og vil ikke komme til at indgå som separate lag i HSM-modellen.



Figur 23. RGM-lag defineret i VTU-modellen

Sen/postglaciale lag: "VTU RGM_Bund_Senpost_XXX".

Disse lag har stor relevans i den geologiske model, da der er fokus på de overfladenære lag. Der er oprettet 7 litologiske laggrænser og en ottende laggrænse, som udgør den sam-

lede bund for lagene. Da datamængden er sparsom, vil hver grænseflade ikke have mange tolkningspunkter, men i RGM-tolkningerne har der været brug for at søge at skille lagene ad litologisk – enten for at søge at opdele lagserien eller for at danne input til en senere zonerings i HSM-modellen.

Litologiske laggrænser for kvartært dalfyld: "VTU RGM_X_X_Dal" og "VTU_RGM_-Bund_Begravede_dale".

Disse laggrænser er oprettet for om muligt at kunne opdele dalfyldet, og for at adskille disse fra lagene udenfor dalene. For at lette det praktiske arbejde ved RGM-modelleringen er der oprettet top og bund af 5 sand/gruslag. Der er også oprettet et støtte-punkttema, som angiver den tolkede bund af dalene (kun tolkninger langs de faste profiler).

Kvartær lagserie udenfor dalene: "VTU RGM_XXX". Der er oprettet top og bund af 3 sand/gruslag; DS1, DS2 og DS3.

4.5.3 Profilnetværk

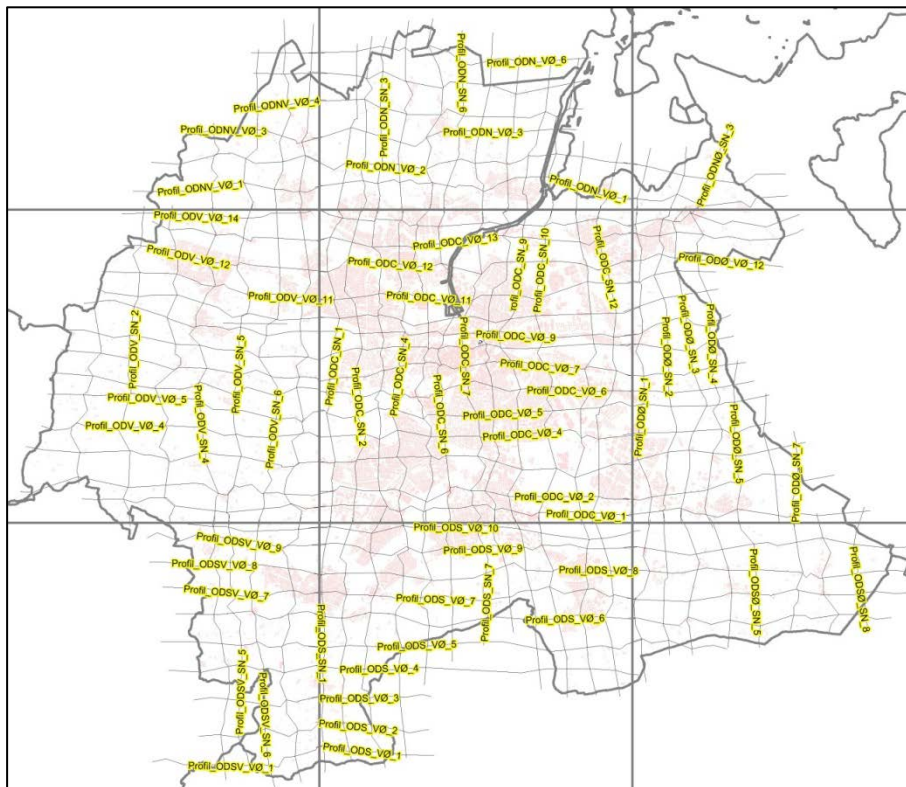
Odense Kommune er inddelt i 9 kvadrater med en størrelse på 9X9 km (se Figur 10). Dette kvadratnet er i modelleringen brugt som skabelon for 9 separate scene extents og samtidigt udgør det rammerne for navngivningen af den geologiske models faste profiler.

Der er oprettet et netværk af faste profiler i GeoScene 3D indenfor hvert kvadrat med et lille overlap til nabokvadraterne (Figur 24). På denne måde opnås profiler, som maksimalt er 9-10 km lange, og derved sikres det, at profilerne ikke bliver for lange til visualisering enten på skærm eller på print. Profilerne er oprettet med topkote +100 m og bundkote på -160 m og med en buffer til boringer på 100 m og til geofysik og 3D SkyTEM grid på 75 m. Profilerne er overordnet orienteret henholdsvis V-Ø og S-N. Profilerne er irregulære og er oprettet så de rammer så mange af de dybe boringer (se princip i Figur 25). Placeringen af profilerne tager ikke hensyn til den specifikke placering af Sky-TEM-sonderinger, fordi der anvendes et SkyTEM 3D-grid. Den indbyrdes afstand mellem profilerne varierer fra nogle få hundrede meter til ca. 1½ km.

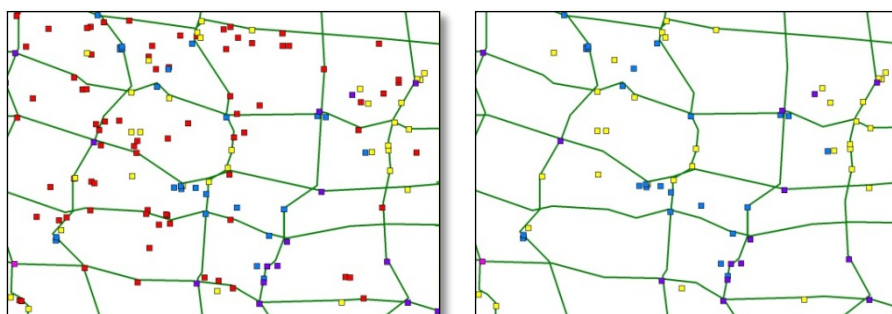
Navngivningen af de faste geologiske profiler følger kvadratnettet:

Kvadrat	Profilnavne
OK Nordvest	"Profil_ODNV_VØ_X" eller: "Profil_ODNV_SN_X"
OK Nord	"Profil_ODN_VØ_X" eller: "Profil_ODN_SN_X"
OK Nordøst	"Profil_ODNØ_VØ_X" eller: "Profil_ODNØ_SN_X"
OK Vest	"Profil_ODV_VØ_X" eller: "Profil_ODV_SN_X"
OK Centrum	"Profil_ODC_VØ_X" eller: "Profil_ODC_SN_X"
OK Øst	"Profil_ODØ_VØ_X" eller: "Profil_ODØ_SN_X"
OK Sydvest	"Profil_ODSV_VØ_X" eller: "Profil_ODSV_SN_X"
OK Syd	"Profil_ODS_VØ_X" eller: "Profil_ODS_SN_X"
OK Sydøst	"Profil_ODSØ_VØ_X" eller: "Profil_ODSØ_SN_X"

Ved proceduren beskrevet ovenfor vil nogle af de dybe borer ikke komme med på profilerne, og det første bud på profilerens placering er efterfølgende justeret ved en gennemgang af alle profiler. I de tilfælde, hvor et profil kan placeres bedre og få flere dybe borer med, er der foretaget en justering af profilplaceringen. Efter denne justering er alle profilers placering fastlagt, og hvis der undervejs i de geologiske tolkninger har været brug for at have flere eller færre borer med på profilerne, er bufferen for boredata justeret. Herudover er der anvendt dynamiske profiler til at sikre, at de borer, som ikke projiceres ind på de faste profiler, kommer med i tolkningerne. Her fokuseres dog på borer dybere end 10 m (se Figur 26). De dynamiske profiler gemmes ikke i modellen, men flyttes rundt til kontrol af områderne mellem de faste profiler.

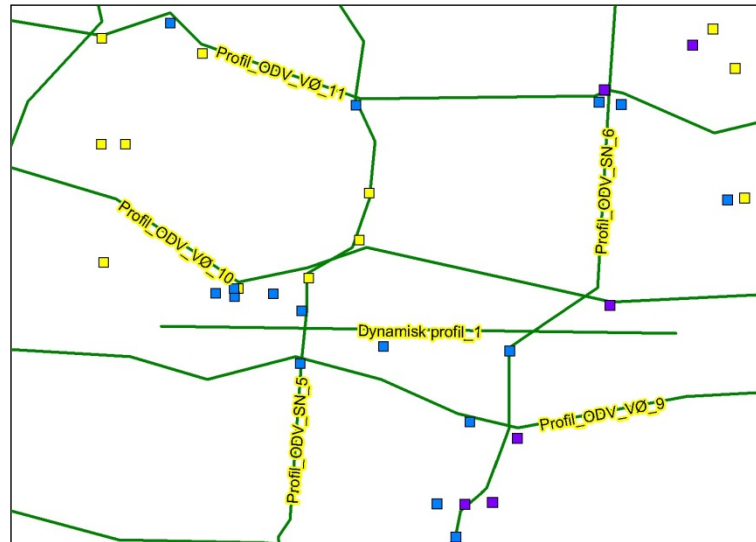


Figur 24. Faste profiler oprettet i GeoScene 3D.



Figur 25. Placering af geologiske profiler i GeoScene 3D. Borer er vist med rød plet for borer mellem 0-10 m, gul for 10-30 m, blå for 30-50 m, lilla for 50 til 100 m og pink for dybere end 100m. Figuren til venstre viser alle borer i et udvalgt område, og til højre ses samme område, men uden de korteste borer (0-10 m).

Profilernes nummerering er valgt således, at et VØ-profil, der ligger i Vest kvadratet, har samme nummer som det, der ligger i forlængelse heraf mod øst; dvs. "Profil_ODV_VØ_1" hænger sammen med "Profil_ODC_VØ_1" og "Profil_ODØ_VØ_1" fra vest til øst.



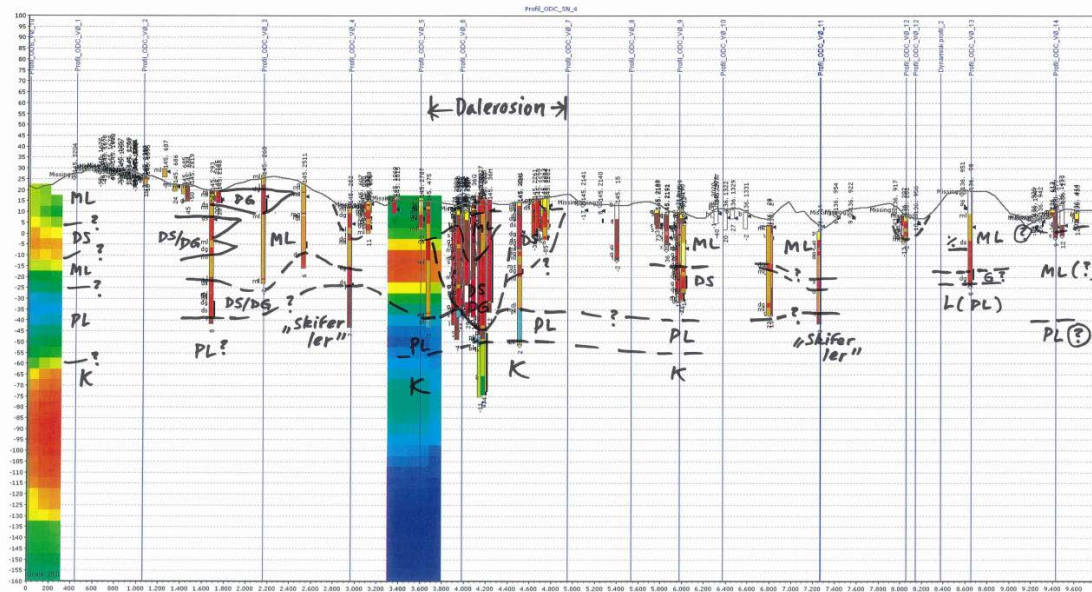
Figur 26. Eksempel på anvendelse af dynamiske profiler som supplement til de faste profiler.

4.5.4 Tolkingsprocedurer

Ved de rumlige geologiske tolkninger i kvadraterne ODC, ODNØ, ODØ og ODSØ er der anvendt følgende procedure:

1. Print af oprettede, faste profilsnit for ODC-kvadraten (Overhøjning 20 gange)
2. Påtegning af geologiske tolkninger på papirprofiler inkl. bemærkninger vedr. tolkningerne (se udvalgte eksempler i bilag 5)
3. Kontrol af tolkninger og lagsammenhænge i profilkryds
4. Digitalisering af de foretagne RGM-tolkninger på profilerne
5. Kontrol og justering af digitale RGM-tolkninger
6. Tolkninger mellem faste profiler
7. Beskrivelse af lagsammenhænge mellem ODC og de omkringliggende kvadrater

De første 3 trin i denne procedure omhandler tolkninger på papirprofiler, og har til formål at give det indledende overblik over områdets rumlige geologiske opbygning. Erfaringen viser, at det kan være vanskeligt at bevare det 3-dimensionelle overblik ved arbejde med RGM direkte i GeoScene 3D, og derfor kan det vælges at udføre de første trin "analogt". Et eksempel på RGM-tolkninger på et papirprofil kan ses på Figur 27. Efter tolkningerne på papirprofilerne er der sket digitalisering af tolkningerne i GeoScene 3D. Dog er der primært indsat digitale tolkningspunkter, hvor der er data.



Figur 27. Eksempel på RGM-tolkninger på papirprofil.

Indsættelse af RGM-tolkningspunkter i GeoScene 3D er enten indsat som "snappede fladetolkningspunkter", som i GeoScene er fastgjort til et datapunkt i rummet (f.eks. en laggrænse i en boring), eller som "frie fladetolkningspunkter", hvor data danner grundlag for tolkningen, men hvor tolkningspunktet ikke er fastgjort til et specifikt datapunkt. "Støttende fladetolkningspunkter", som udgør hjælpepunkter til at styre et grid/en fladeinterpolation, er primært anvendt ved tolkningen af bund af dale.

Tabel 1. Usikkerhedskategorier for tolkningspunkter

Usikkerhedsvurdering		Tolkningspunkter, hvor borerer er primært datasæt	Tolkningspunkter, hvor geofysiske data er primært datasæt
1	Lille usikkerhed	Tolkningen falder i denne kategori, hvis et eller flere nærtliggende høj kvalitetsdatasæt understøtter samme tolkning. Kategorien kan også tildeles et tolkningspunkt på baggrund af kun eet datasæt, såfremt dette giver en meget entydig tolkning, som er plausibel ifht. den konceptuelle geologiske model.	Tolkningspunkter i geofysiske data kan kun henføres til denne kategori, hvis der er tale om fx seismik, hvor laggrænsen entydigt bekræftes af nærtliggende boring/er, eller i fladedækkende TEM/SkyTEM, hvor en laggrænse repræsenteres af en markant resistivitetsforskel og hvor laggrænsen understøttes af nærtliggende borerer
2	Moderat usikkerhed	Tolkninger baseret på gode/mindre gode lagbeskrivelser i borerer foretaget af geolog (dobbeltsymbol), men hvor nærtliggende datasæt ikke findes eller ikke entydigt understøtter tolkningen. Kategorien kan også bruges, hvis beskrivelserne kun har enkelt-symbol, men hvor der fx er supplerende beskrivelser i Jupiter og/eller god overensstemmelse med nærtliggende datasæt	Tolkningspunkter kan henføres til denne kategori, hvis der er tale om et eller flere pålidelige geofysiske datasæt, som delvist understøttes af nærtliggende boreringsoplysninger, eller hvis et enkelt geofysisk datasæt understøttes af pålidelige, nærtliggende boreringsoplysninger
3	Stor usikkerhed	Denne kategori anvendes for tolkningspunkter baseret på borerer med usikre eller mangelfulde beskrivelser (enkelt-symbol), hvor der kun er delvis støtte i nærtliggende datasæt. Kategorien kan også bruges ved dårligt beskrevne, enkeltstående borerer, såfremt lagserien er plausibel ifht. den konceptuelle model	Tolkningspunkter henføres til denne kategori, såfremt der er tale om enkeltstående og mindre pålidelige geofysiske datasæt, og hvor der kun er delvis støtte i nærtliggende data.

Usikkerheden på tolkningerne er indlagt som meta-data (Quality) i GeoScene 3D, og kun for VTU-tolkningerne. Der er skelnet mellem "lille", "moderat" og "stor" usikkerhed, som det fremgår af Tabel 1. Usikkerheden vurderes kun for de enkelte punkttolkninger, og gælder derfor ikke for lagsammenhænge, strukturelle usikkerheder og områder uden tolkninger. Denne type usikkerhedsvurdering er vanskelig og tidskrævende at foretage (og rette i), den er ikke let at visualisere, og da den kun omfatter usikkerheden på det enkelte punkt, vurde-

res denne form for usikkerhedsvurdering - set bagudrettet - ikke at være optimal for den aktuelle model. Man kunne i stedet have udført en mere overordnet usikkerhedsvurdering, som beskrevet i Sandersen (2008), men denne metode anvender en subjektiv tilgang til usikkerhedsvurderingen uden efterfølgende muligheder for numeriske analyser. Metoden muliggør dog specifikke vurderinger af enkelte flader eller udvalgte dele af lagserien, men præsentationen af usikkerheden på modellen udgøres primært af 2D visualiseringer (fladekort eller profilsnit). I VTU-kortlægningen er der for såvel RGM og HM foretaget usikkerhedsvurderinger på punktniveau som beskrevet ovenfor, og data kan tilgås via GeoScene.

4.5.5 Fejlbehæftede boringer

Boredata i Jupiter-databasen har en meget varierende kvalitet, hvilket skyldes en kombination af data-alder, boremetoderne, formålet med boringerne, brøndborernes/prøvetagernes professionalitet/omhyggelighed osv. Hertil skal lægges usikkerheder i selve proceduren fra boringens udførelse og til en digital version af boringen ligger i Jupiter. Procedurene har varieret meget gennem årene, og hvor brøndborerne i dag har gennemgået en uddannelse og hvor der er regler for, hvordan boringer og prøvetagning udføres og afrapporteres, var der for år tilbage ikke stramme regler for, hvordan arbejdet skulle udføres. I tillæg hertil har procedurene omkring DGU/GEUS' prøvebeskrivelser og hvilke data, der er endt i Jupiter-databasens digitale del, ændret sig gennem årene. Det er derfor vigtigt, at der ved de rumlige geologiske tolkninger foretages en mere dybtgående kontrol af boredata i Jupiter end blot at tolke geologien ud fra hovedkomponenten i den digitale version – f.eks. "DS".

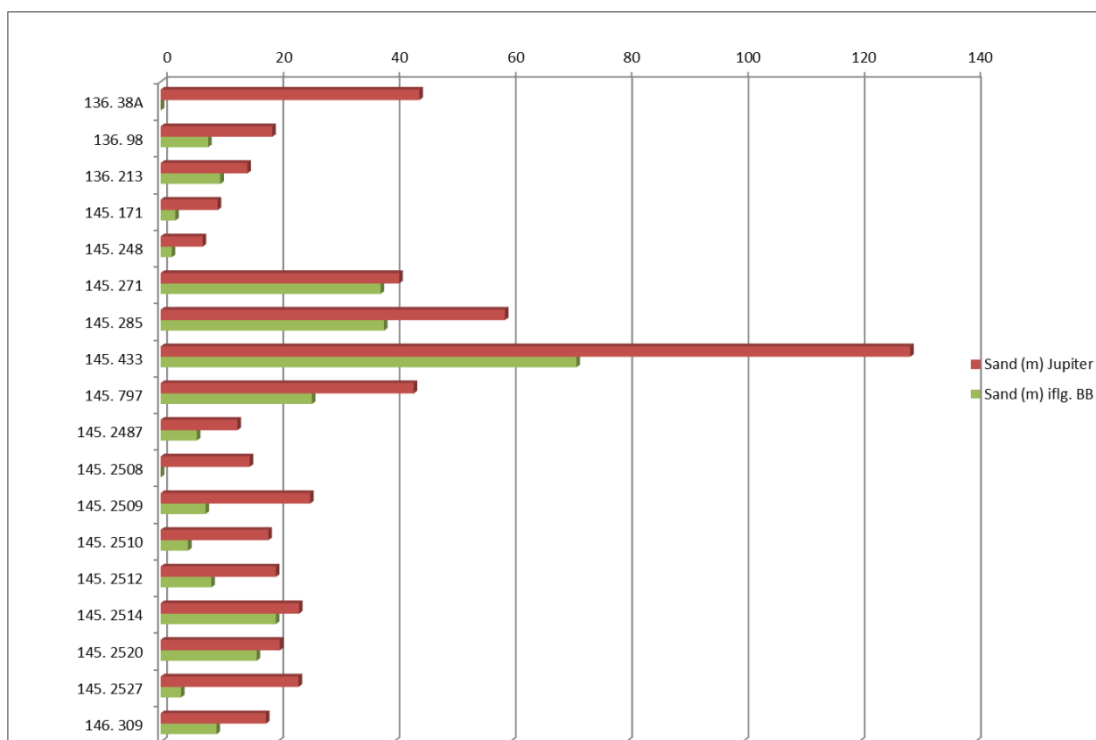
I Odense byområde er der en række boringer, som viser tvivl om rigtigheden af den tolkning af boringens litologi, som står i Jupiters digitale del. Ved de geologiske tolkninger i den rumlige geologiske model er der for hovedparten af boringernes vedkommende set nærmere på de indscannede borejournaler, som er vedhæftet i Jupiterdatabasen. Der er specielt lagt vægt på at kontrollere boringer, som i forhold til nærtliggende boringer, "falder ved siden af", hvad angår lagseriens opbygning. I områder, hvor der er fundet sådanne boringer med afvigelser, er der også set nærmere på andre boringer i nærheden for at se, om afvigelserne kunne skyldes lagseriens beskaffenhed snarere end deciderede fejlindtastninger.

I Odense-projektet er der fokus på de overfladenære lag og grundvandet i disse. Derfor er det af stor vigtighed, at såvel korte som dybe fejlbehæftede boringer udpeges, og at det er ny-tolkningen af boringen, der kommer med i Odense-modellens geologi. Som det vil kunne ses af nedenstående eksempler, så er der en tendens til, at moræneler i modelområdet nogle gange tolkes som sand/grus. Dette vurderes i de fleste tilfælde at skyldes to ting: 1) at der ved boreprocessen er sket en udskylning af den lerede fraktion således at prøven fra laget udgøres af sand og grus eller 2) at brøndborerens beskrivelse "Sand, grus og ler" (reelt moræneler) er indtastet som "Sand". Tilstedeværelsen af sand og grus overestimeres på denne måde, hvilket jo i sagens natur vil være uheldigt i forhold til modellering af forekomst og tykkelse af grundvandsmagasiner.

Der er undervejs i de geologiske tolkninger fundet 18 boringer fra Odense C-kvadraten, hvor der er tegn på fejltolkninger af litologien. I Figur 28 er de tolkede litologier i Jupiters digitale del sammenholdt med brøndborernes tolkninger af sand/grusindholdet (beskrivel-

ser i PDF-kopier af borejournaler i Jupiter). Det kan ses, at der generelt er tale om en overestimering af sand/grus-indholdet i borerne i Jupiters digitale del, sammenlignet med brøndborernes beskrivelser. Gennemsnitligt set udgør fejlen 55 % af lagtykkelsen beskrevet i Jupiter, hvilket vil sige, at magasinerne i de pågældende borer reelt kun er halvt så tykke som først antaget.

Det skal understreges, at borerne er udvalgt undervejs i tolkningerne i den rumlige geologiske model, og at de er udvalgt fordi der var tale om en litologi, der afveg fra nærtliggende borer. De 18 borer er således ikke et resultat af en systematisk gennemgang af alle borer. Detaljer fra et par af borerne gennemgås i det følgende.

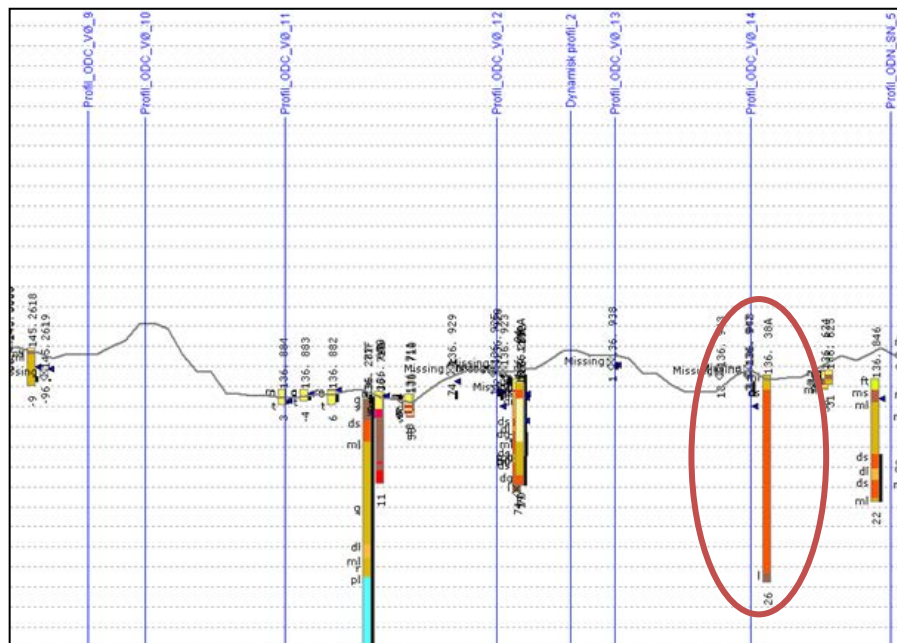


Figur 28. Udvalgte borer i Odense C-kvadranten: Tolket sand/grusstykkelse i Jupiter (rød) sammenholdt med brøndborers beskrivelser af sand/grusforekomst (grøn). DGU nr. på Y-aksen og meter på X-aksen

Det første eksempel er fra "Søhus Vandværk", hvor boring DGU nr. 136.38a viser sand i hovedparten af det borede interval (se profilsnittet i Figur 29). Dette står umiddelbart i kontrast til omkringliggende borer, som viser dominans af moræneler i samme interval.

Hvis man ser nærmere på borejournalen (Figur 30), ses det i en fodnote, at "Der pumpedes v. ca. 40 m, men Bor. gik næsten tør strax". Hvis der var tale om mere end 40 m smeltevandssand ("diluvialsand"), så ville boringen nok næppe kunne pumpes tør i løbet af et kort øjeblik. I fodnoten står også "Saltvand!", hvilket peger på salt porevand over smagsgrænsen. Dette forekommer umiddelbart usandsynligt for et så tykt, grovkornet grundvandsmagasin, og det peger mere i retningen af et afsnøret sandmagasin af mindre tykkelse. Omkringliggende borer har dominans af moræneler, og det ser derfor ud til, at boringen

fejlagtigt er beskrevet som sand, og at der i stedet reelt er tale om moræneler. Hvis der i stedet fra 4 til 45 m u.t. var beskrevet moræneler, ville begge fodnoter passe bedre.

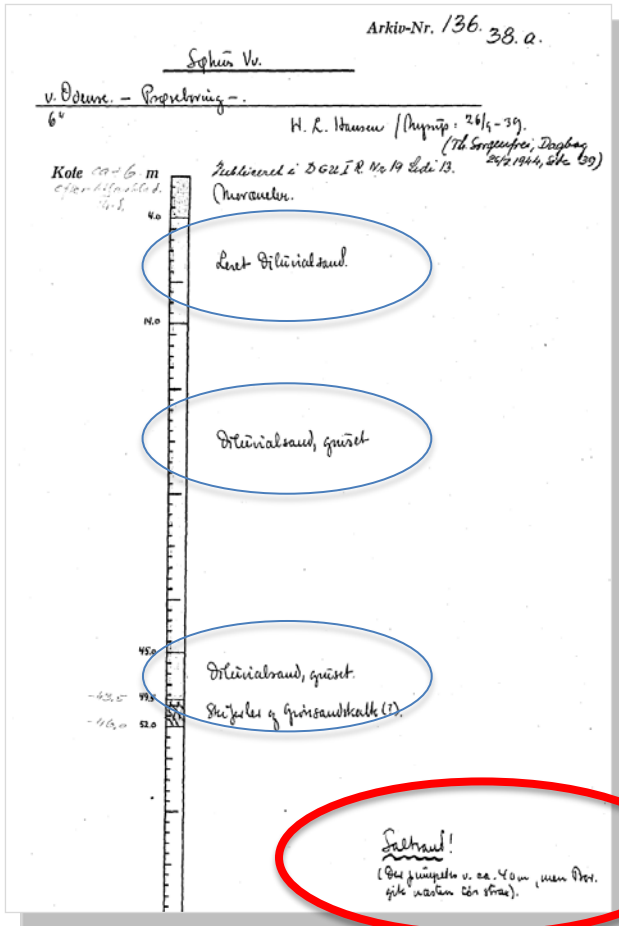


Figur 29. Udsnit af profil syd-nord gennem boring DGU nr. 136.38a. Horisontale, stiplede linjer markerer 5 m-intervaller. Profilets længde er ca. 5 km.

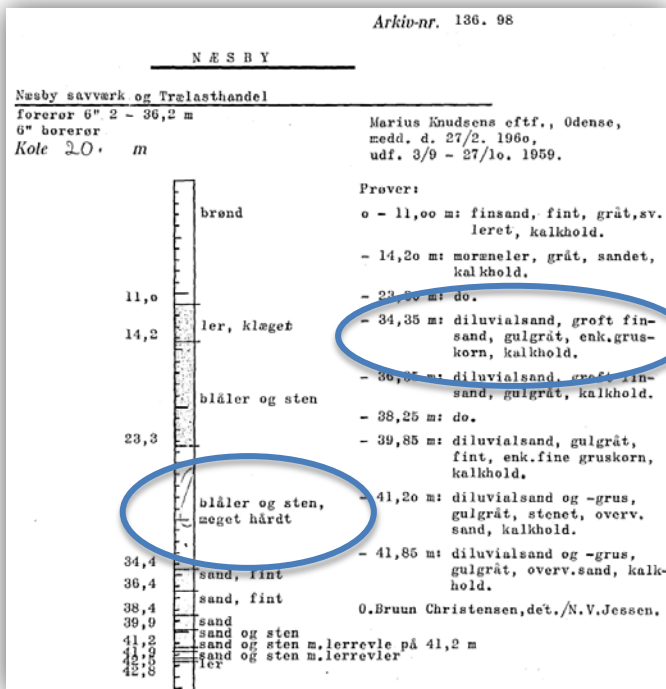
Næste eksempel er boring DGU nr. 136.98 Næsby, hvor der i intervallet fra 23,3 til 34,35 m u.t. er beskrevet "DS" (diluvialsand) i den digitale del af Jupiter. Brøndboreren derimod, beskriver boring i meget hårdt blåler med sten. Dette vurderes at afspejle et velkendt problem under boreprocessen, hvor der ved langvarig boring i et hårdt moræneler kun kommer et sandet og gruset residual op til overfladen. Det vil så være dette residual, der ender som en jordprøve fra det konkrete interval, og som fremover vil repræsentere laget. Der er således væsentligt mindre sand i undergrunden end det fremgår af boringens digitale data.

I de resterende boringer ses flere tilsvarende eksempler, og der ses også eksempler på deciderede skrivefejl. Der er i ovenstående eksempel ikke tale om en reel fejl, men blot at prøven er af dårlig kvalitet og ikke optimalt repræsenterer det gennemborede lag. Men resultatet bliver fejlagtigt, hvis det kun er prøvens informationer, der kommer til at indgå i de geologiske tolkninger. Der er ved de geologiske tolkninger taget hensyn til de 18 fejlbehæftede boringer vist i Figur 28, således at det er de alternative tolkninger her fra, der er anvendt ved tolkningerne. Der er ikke foretaget rettelser i Jupiterdatabasen, men problemstillingen er drøftet i GEUS, og der arbejdes med at finde en løsning.

Som nævnt indledningsvist er de 18 fejlbehæftede boringer kun fra ODC-kvadraten og boringerne er ikke systematisk gennemgået. Listen i Figur 28 er derfor ikke fyldestgørende, så det må forventes, at der også i de øvrige kvadrater vil kunne findes boringer med fejlagtige beskrivelser. På baggrund af den geologiske modellering ser det ud til, at der i Odense Kommune er tale om hyppig forekomst af sandede og grusede moræner, hvor den fine fraktion tilsyneladende relativt let kan skylles ud.



Figur 30. Borejournal for DGU nr. 136.38a.



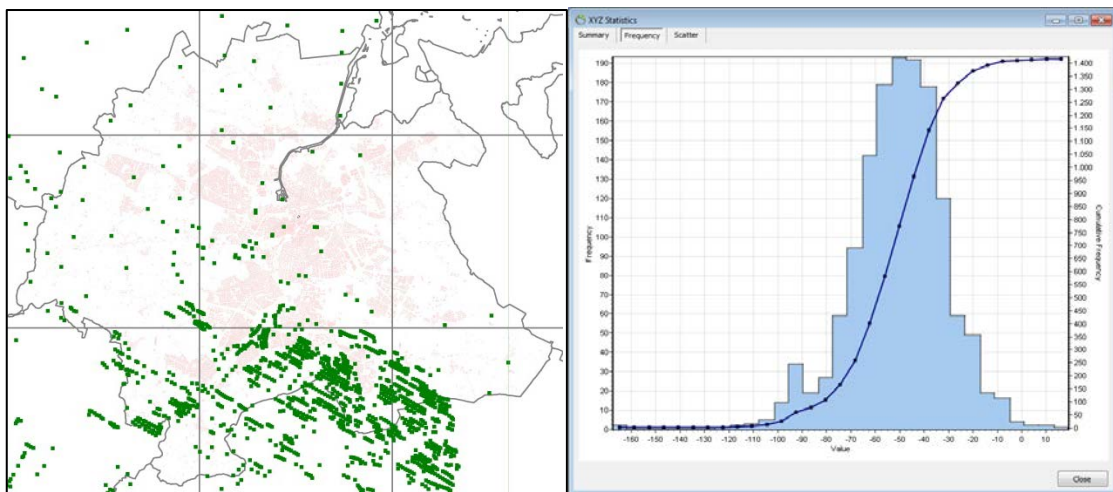
Figur 31. Borejournal for DGU nr. 136.98.

4.6 Rumlige geologiske tolkninger

4.6.1 Fladetolkninger

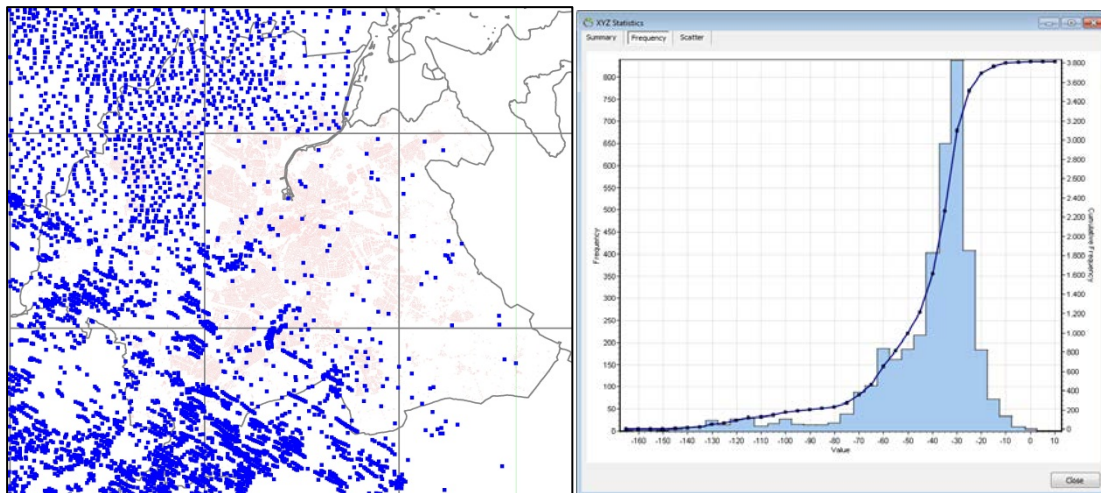
Som nævnt indledningsvist i denne rapport er RGM modelleringen i VTU-modellen sket i kvadraterne ODC, ODNØ, ODØ og ODSØ, hvor tolkningerne i ODC er baseret på den største mængde data. RGM-modelleringen i VTU modellen er – bortset fra de to dybeste flader (se ovenfor) - sket uden at sammenholde geologien med de eksisterende modeller for at sikre en uafhængighed af tidligere tolkninger. RGM-tolkningerne af profilerne i ODC-kvadraten er gengivet i Bilag 4.

For Top kalk er tolkningspunkterne fra eksisterende modeller anvendt som udgangspunkt i ODC-kvadraten. Som det kan ses af nedenstående figur, er der stor forskel på mængden af tolkningspunkter i de enkelte kvadrater; i den sydlige del er der flest tolkningspunkter, da disse baseres på såvel boringer som SkyTEM (Odense V og S), mens der for den resterende del kun er sat tolkningspunkter i boringer, hvor Top Kalk forekommer. Generelt er der dog en god overensstemmelse mellem tolkningerne i alle kvadrater, forstået på den måde, at frekvensplottet (se Figur 32) viser Top Kalk som en flade med en middelværdi omkring kote -50 m og med en standardafvigelse på ca. 19.



Figur 32. Top kalk; tolkningspunkter i alle kvadrater (venstre) og frekvensplot for tolkningspunkter (højre)

For toppen af det palæogene ler/mergel (Top Pal) er tolkningspunkterne fra eksisterende modeller i lighed med Top Kalk anvendt som udgangspunkt i ODC-kvadraten. Som det kan ses af Figur 33, er der i lighed med Top Kalk stor forskel på mængden af tolkningspunkter i de enkelte kvadrater. Generelt er der en god overensstemmelse mellem tolkningerne i alle kvadrater, da frekvensplottet (Figur 33) viser Top Pal som en flade med en middelværdi omkring kote -42 m og med en standardafvigelse på ca. 22.



Figur 33. Top Palæogen (ler/mergel); tolkningspunkter i alle kvadrater (venstre) og frekvensplot for tolkningspunkter (højre)

For de kvartære sandlags top og bund, er der kun indsat tolkningspunkter i kvadraterne ODC, ODNØ, ODØ og ODSØ, hvilket betyder, at disse flader har et væsentligt mindre antal tolkningspunkter end de prækvartære flader, hvilket kan ses af Tabel 2. For detaljer om tolkningspunkterne i RGM henvises til GeoScene-modellen.

Tabel 2. RGM tolkningspunkter

Flade	Punktantal	Min.	Max.	Gns.	Standardafvigelse
Bund_Sengl_postgl	208	-16,3	30	4,9	7,0
Top_DS1	131	-0,9	45,6	20,5	12,1
Bund_DS1	105	-2,1	39,5	14,44	10,8
Top_DS2	244	-20,0	69,6	5,7	9,5
Bund_DS2	276	-26,6	22,8	-1,8	7,2
Top_DS3	187	-36,7	13,1	-15,8	8,0
Bund_DS3	111	-41,4	8,5	-22,0	9,9
Top_Pal	3815	-167,8	7,7	-42,0	22,4
Top_Kalk	1416	-167,8	14,0	-50,3	19,3

Der er ikke foretaget interpolation af fladerne i RGM, fordi:

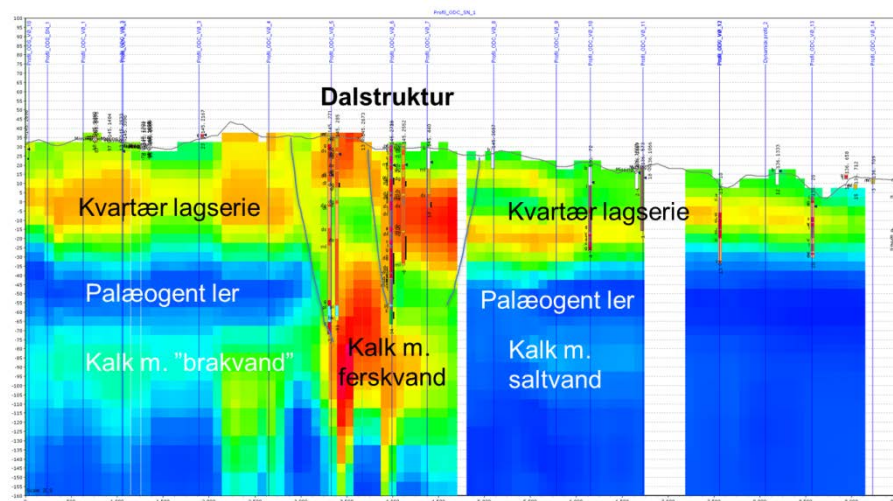
- Antallet af punkter er for lille
- Punkterne har for stor indbyrdes afstand
- De tolkede flader hænger ikke nødvendigvis sammen i dannelsesmæssig, geologisk forstand

4.6.2 Forekomst af begravede dale

Som beskrevet under den geologiske forståelsesmodel findes der mod vest i kommunen to begravede dale med ca. Ø-V og NØ-SV orienteringer (se Figur 4). Disse dale er dannet ved smeltevandserosion under gletscherisen. Ud fra data ser det ud til at dalene når næ-

sten helt til terræn, og at de dermed kan være relativt unge, men data tillader desværre ikke en nærmere datering. Boredata peger på, at dalene fortsætter længere mod øst end Figur 4 viser, men dalforløbet er usikkert fastlagt, da der mod øst kun er få borer til at bekræfte afgrænsningerne. Mod vest i ODC ses dalene dog tydeligt i de geofysiske data (se Figur 34). Som det kan ses på profilsnittet, ser det ud til at der er tale om to dalstrøg, som er eroderet ned tæt ved hinanden. Desværre tillader data ikke en detaljeret 3D fortolkning af dalene, men figuren viser den overordnede struktur. Hvor dalstrøget når dybest er de palæogene lerlag helt borte eroderet og de kvartære aflejringer ligger direkte på Skrivekridt omkring 175 m under terræn (boring DGU nr. 145.133). Dalene er nærmere beskrevet i Jørgensen & Sandersen (2009).

Ved Odense ådal mod sydvest i kommunen er der også tegn på kraftig erosion, men ikke så dyb som dalstrukturene nord og vest for. Det formodes, at opsprækningen af den dybe del af lagserien har skabt zoner, hvor erosion har været lettere. Et bredt bælte omkring Odense ådal forventes at udgøre en sådan zone.



Figur 34. Begravet dalstruktur. Profil ODC_SN_1 med SkyTEM-data og borer.

4.6.3 Forekomst af salt porevand

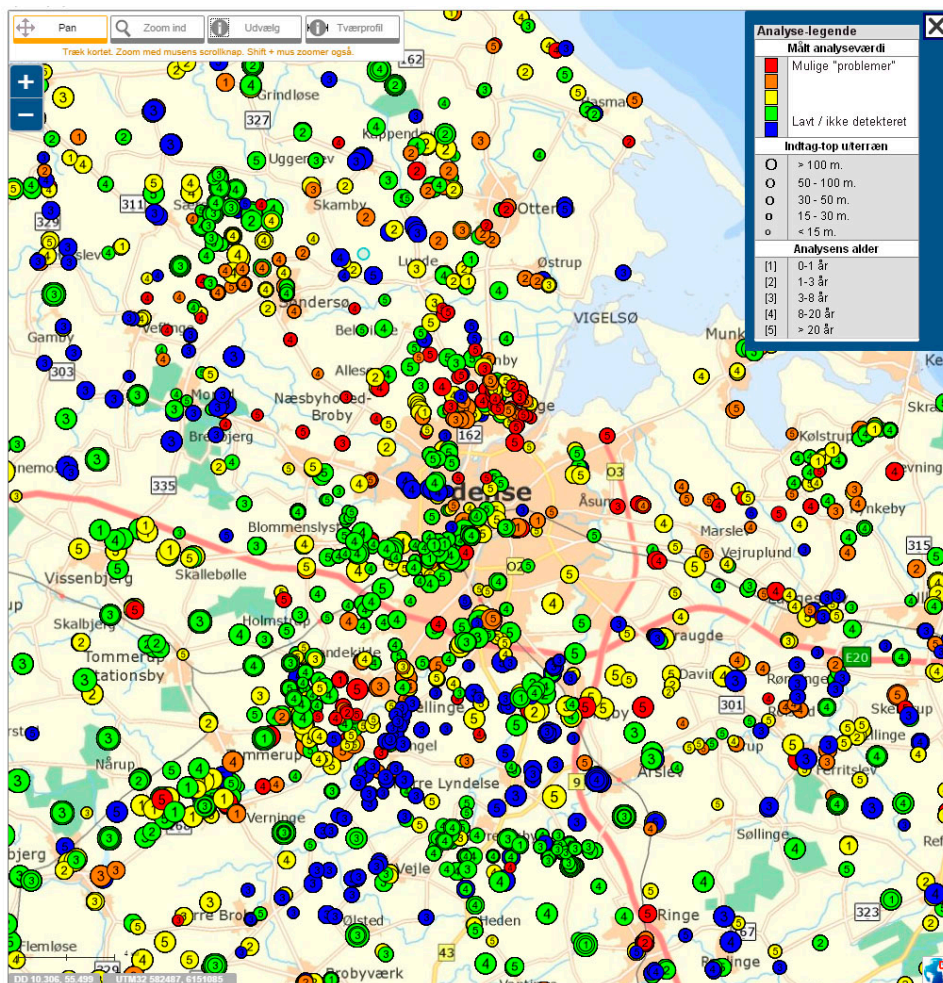
Salt porevand er konstateret i mange borer i Odense kommune, hvilket kan ses på Figur 35, som viser det målte kloridindhold i borer fra GEUS' Jupiterdatabase. Røde og orange farver udgør høje værdier. Hovedparten af det salte grundvand, som findes i områdets borer, stammer fra dybtliggende saltvand, og kun en ganske lille del stammer fra interglaciale/postglaciale havaflejringer øverst i lagserien eller fra udspredding af vejsalt. Det salte porevand forekommer derfor oftest i de dybe dele af lagserien, som det er illustreret på Figur 34. Det paleocæne ler lægger typisk "låg på" kalken og forhindrer, at det salte grundvand opblandes med fersk grundvand ovenfra, men hvor leret er opsprækket eller hvor dalstrukturer eroderer sig gennem det paleocæne ler, kan der ske en nedtrængning af fersk vand til større dybde. Dette ses der et eksempel på midt på Figur 34.

For at det ferske grundvand kan fortrænge det salte grundvand, som vist på Figur 34, skal der være en nedadrettet hydrostatisk trykgradient. Hvor der derimod er en opadrettet trykgradient, vil det dybe, salte grundvand stige opad – hvilket typisk kan ske ved en topogra-

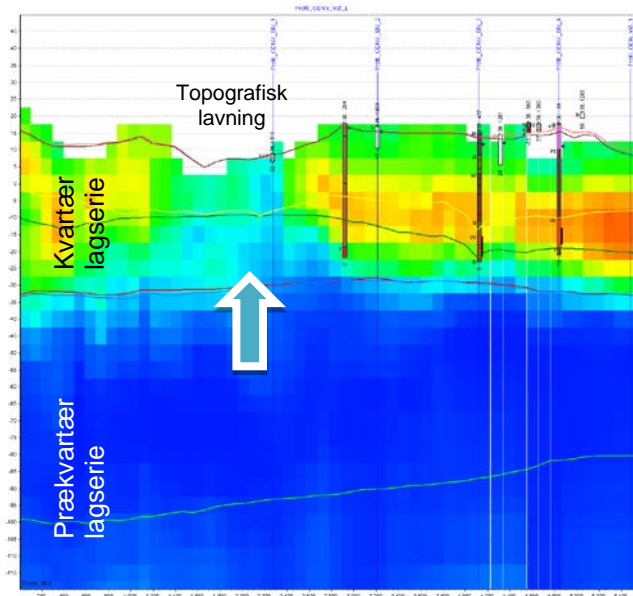
fisk lavning, som vist på Figur 36. Her ses lave modstande helt til terræn i en lagserie, som burde vise langt højere modstande. På dette sted er trykket opadrettet, som illustreret ved pilen.

Hvor der ikke er nogen trykgradient, vil der opstå en fysisk ligevægt mellem det salte og det ferske grundvand, og den opløste klorid vil i stedet kunne bevæge sig ved diffusion (se fx Poulsen m. fl. 2006). Et sandsynligt eksempel på dette ses i Figur 37, hvor analyser i boringen viser klorid i faldende koncentrationer opad i lagserien. Lagserien viser i den nedre del skifer og i den øvre del kvartært moræneler.

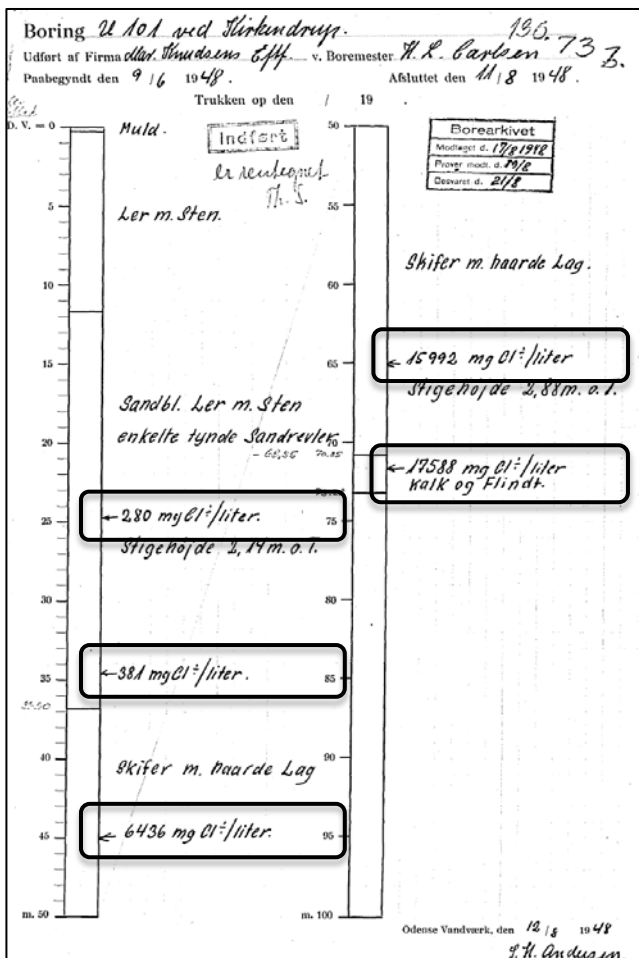
Forekomster af salt grundvand kan bidrage med vigtig geologisk information om jordlagene, såsom f.eks. mulig passage af salt porevand gennem jordlagene, horisontale lagsammenhænge (eller mangel på samme) eller grad af opsprækning og porøsitet. Derfor er det undervejs i modelleringen noteret, hvorvidt der er konstateret forhøjet salt porevand i boringerne. Det skal i den forbindelse bemærkes, at hvis en boring er sløjfet på grund af salt over smagsgrænsen (ca. 250 mg/l), uden at der er foretaget en egentlig laboratorieanalyse, så vil denne kloridmåling højst sandsynligt ikke blive registreret digitalt. Oplysningen vil kun stå på den oprindelige brøndborerjournal. Ved RGM-modelleringen er de dybe boringers originale borejournaler på PDF-form derfor inddraget.



Figur 35. Forekomst af klorid i boringer. Udtræk fra Jupiter-databasen (GEUS).



Figur 36. SkyTEM-profil fra kvadrat ODNV (profil ODV_VØ_1). Blå farver udgør lave elektriske modstande; orange/røde farver høje modstande. Pil angiver opadrettet gradient.



Figur 37. Salt porevand i boring DGU nr. 136.73b.

4.6.4 Sammendrag af de geologiske tolkninger

Tolkningerne i den rumlige geologiske model peger på en geologisk opbygning kendetegnet ved følgende:

1. **En prækvartær lagserie**, som består af kridt og kalk, hvorover der ligger et lag af Kertemindemergel. Denne mergel udmærker sig ved at være skiftevis fed og praktisk taget uigennemtrængelig, og skiftevis hård, opsprækket og højerpermeabel. Kalken vurderes også at være opsprækket, men oplysninger om kalken er sparsomme. Hvor Kertemindemergelen er opsprækket vides ikke præcist, men det forventes, at sprækkerne primært følger den overordnede strukturelle opbygning af den dybe lagserie (VNV-ØSØ til NV-SØ), samt vinkelret her på. Sprækker, som er mere skæve i forhold her til (fx V-Ø, N-S), forventes også at kunne forekomme.
2. **En kvartær lagserie**, som er domineret af moræneler, og hvor der haves indslag af smeltevandssand/grus i flere dybder. Tykkelsen af smeltevandssandet er varierende, men er generelt underordnet i forhold til moræneleret. Beskrivelser af boreprøver fra en lang række borer viser, at moræneleret ofte er ganske sandet, og at smeltevandssandet ofte er meget finkornet. Dette betyder, at morænen kan fejltolkes som smeltevandssand, fordi den opborede jordprøve fra morænen får skyllet leret ud, så der kun rester sand og grus. Der er derfor en vis usikkerhed på boredata, som gør, at sand- og gruslagene i Odense Kommune kan fremstå tykkere eller mere grovkornede end de reelt er. I de områder, hvor der er udført SkyTEM-undersøgelser, viser data for moræneaflejringerne stedvist højere modstande end forventet. Dette kan vanskeliggøre tolkningerne af litologi ud fra de geofysiske data.
3. **Sammenhænge mellem de kvartære lag** er ikke udredet med sikkerhed, grundet det sparsomme datagrundlag i de centrale dele af kommunen. Dog forekommer lagseriens opbygning at være sammenlignelig i store dele af modelområdet.
4. Der er mod sydvest fundet **interglaciale aflejringer** lige ovenpå de prækvartære aflejringer. Disse lag er enten fra Holstein eller Eem mellemistiderne. Den resterende del af den kvartære lagserie kan ikke relateres tidsmæssigt til kendte hændelser under istiderne. Dog formodes det – primært ud fra terrænforholdene – at de aller-seneste isfremstød har aflejret og formet den øvre del af lagserien.
5. **Terrænforholdene** i Odense Kommune viser, at der i sen-glaciertiden er sket en del erosion af terrænet, hvor flodløb eroderedes ned i morænesletten. I og omkring disse erosioner aflejreredes i sen-glaciertiden sandsletter og sandfyldte flodløb. I den efterfølgende postglaciertid aflejreredes ferske og marine aflejringer i de lavest liggende områder.
6. Lagserien i Odense Kommune er stedvist eroderet dybt under istiderne. Sydvest til vest i kommunen findes to **begravede dale** med ca. Ø-V og NØ-SV orienteringer. Disse dale er dannet ved smeltevandserosion under istidernes gletschere, og er stedvist eroderet helt ned til Skrivekridtet. Dalene fortsætter sandsynligvis ind under Odense by mod øst. Ved Odense ådal mod sydvest i kommunen er der også tegn på erosion, og det formodes, at opsprækningen af den dybe del af lagserien har skabt let-eroderbare zoner.
7. **Opsprækningen af den prækvartære lagserie** betyder, at der flere steder i kommunen sker opstigning af salt porevand, mens der andre steder dannes mulighed for, at fersk grundvand kan trænge ned til dybere dele.

4.6.5 Overordnet usikkerhedsvurdering af RGM-modellen

Da der i den rumlige geologiske VTU-model udelukkende er sket tolkninger på baggrund af boredata, er der generelt tale om et datagrundlag, hvor der ofte er meget langt mellem de enkelte datapunkter. Dette giver en usikkerhed på de horisontale sammenhænge i modellen, og ofte er det vanskeligt at korrelere borerne med sikkerhed, og stor tvivl om der reelt er sammenhæng lagene i mellem. Hertil kommer usikkerhederne ved selve boredata, eksemplificeret ved de fejlbehæftede borer i ovenstående afsnit, samt en generel mangel på detaljer i de litologiske beskrivelser.

Dog er det sådan, at den geologi, der ses i boredata fint stemmer overens med det forventede billede jf. den geologiske forståelsesmodel. Så generelt kan det siges, at den geologiske opbygning fint afspejles i boredata, men der er store usikkerheder omkring de nøjagtige laggrænser og lagenes tykkelser.

Der er udført usikkerhedsvurderinger for de eksisterende modeller, men disse bærer også præg af, at det er en vanskelig opgave at videreformidle modelusikkerheder, og at der ikke p.t. er nogen entydig og god måde at gøre det på. Det er ikke muligt at sammenstille de forskellige modellers usikkerheder.

4.6.6 Fokuspunkter for HM-modelleringen

På baggrund af RGM-modelleringen kan følgende fokuspunkter for den hydrostratigrafiske modellering ridses op:

- Den sparsomme datadækning i store dele af modelområdet har i RGM været en udfordring for tolkningerne af de geologiske sammenhænge, og det betyder, at der i HM skal foretages mange tolkninger og korrelationer i områder uden data
- Da der i RGM kun kunne ske korrelationer på baggrund af litologi, har det ikke været muligt at datere de kvartære lag nærmere. I HM vil korrelationerne derfor også basere sig på RGM betragtninger over foretrukne koteintervaller
- De begravede dale i modelområdet har en arealmæssig begrænset udbredelse, men de er vigtige, da de gennemskærer lagserien. Da data ikke muliggør en sikker 3D kortlægning af daludbredelsen og dalfyldet, er det valgt at anvende Fynsmodellens 9 lag som ramme, og ikke introducere separate lag, som kun er defineret som dalfyld. Sådanne lokale lag ville introducere en kompleksitet, som data ikke vil kunne honorere
- Den nederste del af den kvartære lagserie udenfor dalerosionerne har typisk et lag af moræneler, som i de geofysiske data kan være svært at skille fra det paleocæne ler nedenunder. Det dybe moræneler og det paleocæne ler slås derfor sammen i HM (Lag 8)
- Beskrivelserne af de prækvartære aflejringer peger på at det paleocæne ler stedvist er skifrig og optræder som magasiner på grund af sprækker. Det antages, at dette primært forekommer i/omkring lavningen ved Odense Å

- Opsprækningerne i den prækvartære lagserie tolkes at være relateret til den strukturelle opbygning, hvilket betyder at der forventes foretrukne orienteringer af sprækkezonerne
- Forekomster af fersk og saltholdigt grundvand (kloridindhold) afspejler den hydrostatiske gradient og variationer i den vertikale hydrauliske ledningsevne. Disse oplysninger kan anvendes ved HM-tolkningerne
- Den øverste del af lagserien er domineret af moræneler, men der findes helt overfladenært et system af senglaciale erosioner, som efterfølgende er fyldt op med senglaciale sand og/eller postglaciale ferske/marine sedimenter. Der fokuseres i HM på en kortlægning af disse forekomster
- Vurderinger af boredata – specielt de supplerende oplysninger fra de originale borejournaler – har givet oplysninger om de hydrauliske egenskaber ved den kvartære lagserie. Generelt ser det ud til at mange af sandlagene i modelområdet er tyndere og mere finkornede end tidligere antaget. Dette vil få indflydelse på modelleringen af de kvartære magasiner i HM

4.7 Kvalitetssikring

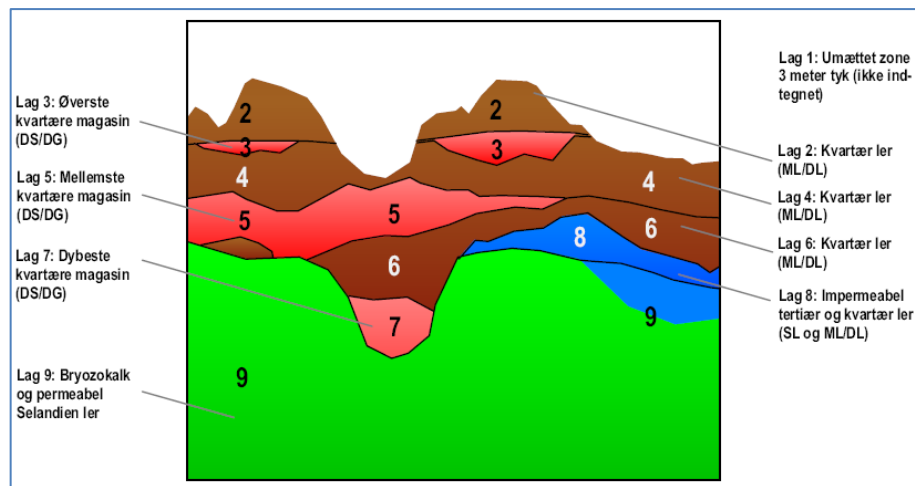
Kvalitetssikringen af den rumlige geologiske model er sket ved at to modellører har arbejdet med modellen på skift og har kontrolleret hinandens tolkninger. Hertil kommer løbende dialog omkring modelopstillingen. Da der har været anvendt dynamiske profiler, er modeltolkningerne også kontrolleret mellem de faste profiler. De dynamiske profiler er dog ikke er gemt, hvilket gør dokumentation af kvalitetssikringen vanskelig. Noter fra kvalitetssikringen er gemt som kladder og disse er ikke inkluderet i denne rapport.

5. Den hydrostratigrafiske model (HM)

5.1 Indledning

For at tolkningerne fra den rumlige geologiske model kan anvendes til udarbejdelse af magasintykkelser og –udbredelser, som kan udgøre input til en numerisk strømningsmodel, er det nødvendigt at simplificere den rumlige geologiske model i lagflader, som afgrænser magasiner og dæklag. Der indsættes derfor et ”mellemlid” - den hydrostratigrafiske model (HM) - mellem den rumlige geologiske model og strømningsmodellen.

I den hydrostratigrafiske model udarbejdes derfor en række digitale lagflader for magasiner og mellemliggende vandstandsede lag på baggrund af den rumlige geologiske model. Højdemodellerne skal være gennemgående i hele området - uanset om den rumlige geologiske model viser, at nogle af lagene rent faktisk ikke eksisterer i dele af området. I disse tilfælde sættes tykkelsen i stedet til et minimum.



Figur 38. Principskitse af hydrostratigrafisk opbygning på Fyn (Mielby & Sandersen 2005)

HM-modellen udarbejdes med baggrund i RGM-modellen, men der oprettes nye laggrænser for de specifikke lag, som oprettes i HM. I Fyns-modellen opereres med 9 kvartære og tertiære lag, som det ses på Figur 38, og det er i VTU Odense modellen valgt at sikre en overensstemmelse hermed. Den hydrostratigrafiske model er oprettet i samme GeoScene-projekt som den rumlige geologiske model, og der anvendes de samme faste profiler. På denne måde sikres det, at de geologiske tolkninger kan tilgås ved den hydrostratigrafiske modellering.

5.2 Hydrogeologiske data (prøvepumpninger)

Søgningen af grundvandsrapporter fra Rapportdatabasen viste i alt 4 rapporter over prøvepumpninger indenfor Odense Kommune:

1. Rapport ID: 82866 - Prøvepumpning, Blommenslystværket, 1986 (Kemp & Lauritzen 1986): Vandværket er beliggende i ODV, men pejleboringerne ligger i et større område, som også rækker ind i ODC. Ved prøvepumpningen påvistes det, at grundvandsmagasinet (kort +5 til +35 m) reagerer som et artesisk magasin ved korttidspumpning, men at der registreres dæmpning af sænkningstragten udbredelse, som sandsynligvis skyldes lækage eller overgang til frie forhold.
2. Rapport ID: 83669 – Kildepladsprojekt Eksercermarken, Teknisk Rapport, Prøvepumpning, Bilag 1, 2003 (Watervision 2003): I rapporten nævnes det, at der er foretaget 8 prøvepumpninger på Eksercermarkens kildeplads (beliggende i ODC), og rapporten opsummerer resultaterne fra disse. Alle prøvepumpninger viser generelt højtydende magasiner med høje T-værdier. Der ses tegn på begrænsninger i magasinernes udbredelse. Det konstateres, at kildepladsen kan opdeles i tre delområder med relativ dårlig indbyrdes hydraulisk kontakt mellem magasinerne (20-40 m u.t.). Der synes at være tale om en Ø-V udbredelse. Herudover er der konstateret et 15 m tykt, højtydende magasin ca. 45 m u.t., som udgør en 400-500 m bred kanal i V-NV-lig retning.
3. Rapport ID: 83230 – Prøvepumpning ved Bolbro. Indsatsområde Odense Vest, Delområde 1 Nord, 2006 (Carl Bro 2006): Kildepladsen er beliggende i ODC. Der findes ved prøvepumpningen tegn på flere negative grænser, men disse kan ikke fastlægges nøjagtigt. Det antages at der er tale om "en slags kanalreservoir". Det konkluderes i rapporten, at sænkningstragten formentlig vil udbredes "lidt mere efter længere tids pumpning.../....specielt i nordvestlig retning".
4. Rapport ID: 82904 - Prøvepumpning af indvindingsområdet ved Lundeværket, Odense Kommune, 2001 (Watertech 2001): Dette vandværk ligger lige ved kommunens nordlige grænse. Ved prøvepumpningen er der fundet afgrænsninger af magasinet mod nord, øst og vest, men ikke mod syd ind i Odense Kommune. Beregnede T-værdier for kildepladsen er høje ($3-10 \times 10^{-3}$).

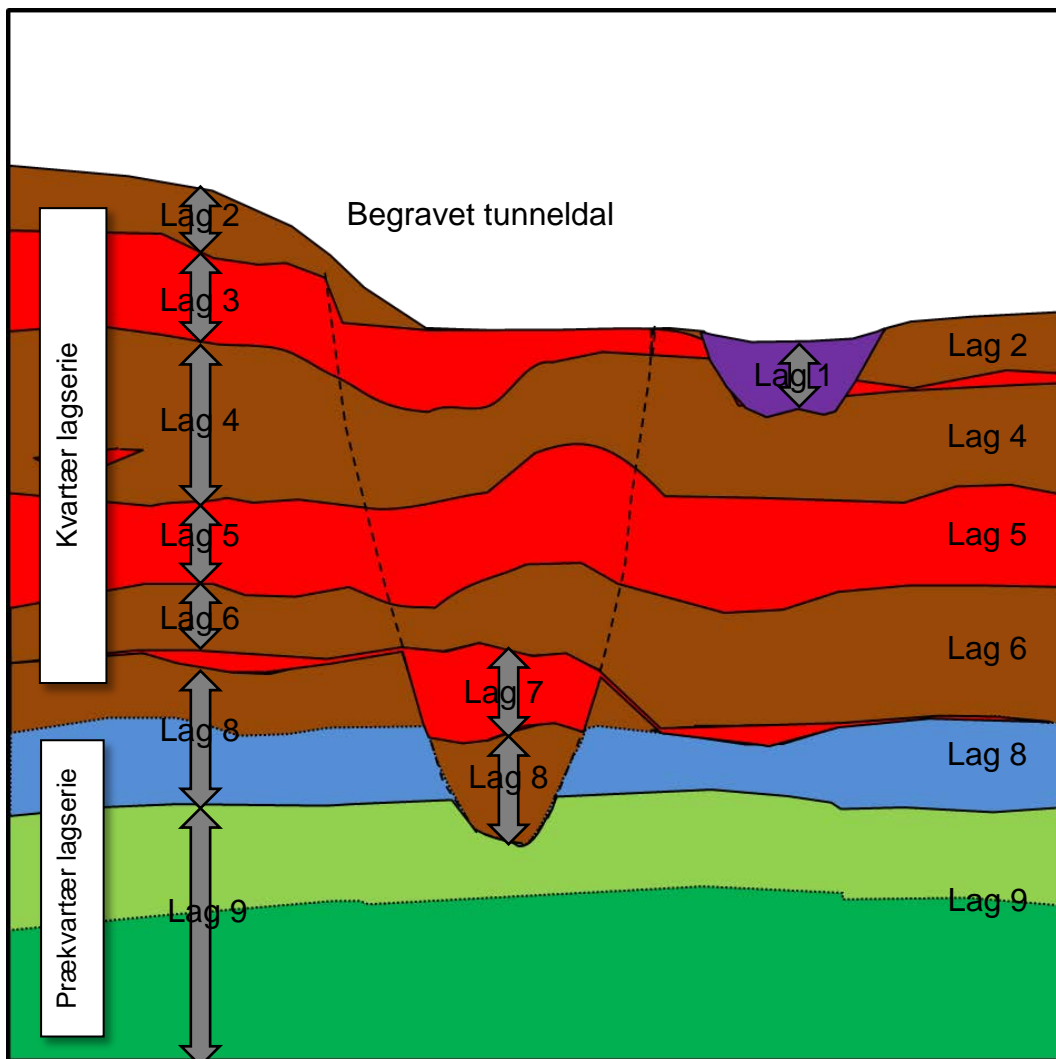
Prøvepumpningen ved Lundeværket peger på, at der er hydraulisk sammenhæng med magasiner mod syd, ind i Odense Kommune; dette kunne være via begravede dale (se Figur 4).

De resterende prøvepumpninger ved Blommenslyst, Bolbro og Eksercermarken peger på et større system af magasiner, som antageligt har en Ø-V eller SØ-NV orientering. Magasinerne er afgrænsede til et strøg, indenfor hvilket der dog er tale om relativt dårlig hydraulisk kontakt. Dette bekræfter den rumlige geologiske model, hvor der på dette sted findes begravede dale med omtrent Ø-V orientering og med en kompliceret opbygning (se Figur 36). En SØ-NV-dalstruktur, som påpeget ved prøvepumpningen, kan ikke verificeres i boredata indenfor ODC. SkyTEM data viser dog syd for Korup (i ODV-kvadraten) tegn på en dalstruktur med en ØSØ-VNV orientering (Figur 4).

Generelt er der tale om højtydende grundvandsmagasiner.

5.3 Den hydrostratigrafiske lagserie

Lagserien i modelområdet er inddelt i 9 gennemgående hydrostratigrafiske lag, som illustreret i Figur 39. Lag 3, 5 og 7 udgør kvartære grundvandsmagasiner af smeltevandssand og –grus, hvor lag 3 er højtliggende, lag 5 er et dybereliggende og veludbredt magasin, mens lag 7 udgør dybtliggende sand, fortrinsvist som udfyldninger af dybe erosioner, f.eks. begravede dale. Lag 2, 4 og 6 udgør kvartære morænelerslag over magasinerne. Lag 1 udgør postglaciale aflejringer i smalle eroderede render i det glacielle landskab. Der er på grund af sparsomme data ikke skelnet mellem ler og sand i dette lag. Under det nederste magasin haves lag 8, som består af såvel det dybest liggende kvartære moræneler som det paleocæne ler. Skrivekridtet og Danienkalken udgør det dybeste magasin.

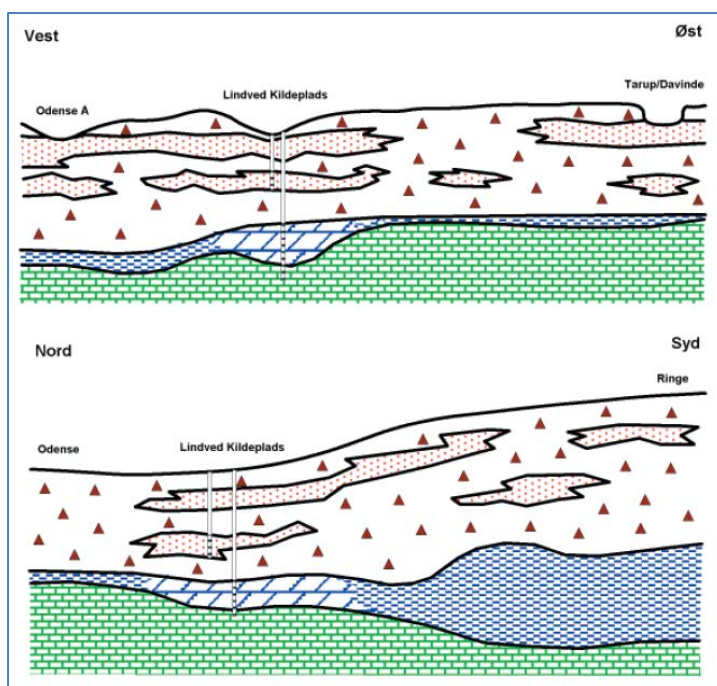


Figur 39. Principskitse af hydrostratigrafiske lag i VTU modellen

Som det kan ses på Figur 39, er der ikke defineret separate lag for fyldet i de begravede dale, da dette ville medføre oprettelse af yderligere ca. 6 lag. For at kunne retfærdiggøre en model med yderligere lag, så vil dette kræve, at data kan opløse de geologiske variationer indenfor dalene. Dette er ikke tilfældet. Der er heller ikke i Odense Syd og Vest-modellerne foretaget en opdeling. Såfremt der på et senere tidspunkt fås tilstrækkeligt med nye data,

anbefales det, at der i forbindelse med en opdatering modelleres med større detalje og oprettes flere lag.

Lag 9 udgøres af den dybtliggende kalk/kridt samt de dele af det paleocæne ler, som er hårdt og opsprækket – og vandførende. I Odense Syd og Vest-modellerne er der søgt taget hensyn til dette på baggrund af boredata og SkyTEM-data. I Odense Syd-modellen (VTU modellens ODS og ODSØ kvadrater), ligger Lindved kildeplads, hvor der indvindes store vandmængder fra opsprækket paleocæn skifer (se Figur 40).



Figur 40. To profilskitser gennem undergrunden ved Lindved Kildeplads. Det opsprækkede paleocæne ler er vist med blå skråkravering (fra Odense Vandselskab 2006)

Tabel 3. Formodet opsprækket og vandførende palæogen ler i kvadrat ODC

Kvadrat	Profil	Boring DGU. Nr.	Topkote af lag
ODC	VØ1	146.144	-41
	VØ2	146.1981	-49,3
		146.3E	-55,5
		146.92	-27,5
		146.3D	-52,5
	VØ4	146.74D	-42
	VØ6	145.283	-45,9
	VØ7	145.447	-50
	VØ13	137.92	-42,7
	ODC	SN4	145.283
SN5		145.447	-50,0
SN6		146.2029	-35,6
SN11		146.89	-45,4

I centerkvadraten ODC er der kun relativt få eksempler på opsprækket og højtydende paleocænt ler, og ved en gennemgang af de faste profiler er der kun fundet 13 borer, hvor der med nogen sikkerhed kan peges på vandførende paleocænt ler (Tabel 3). Der er dog stor usikkerhed omkring den reelle ydelse fra disse lag, da filtersætningen ofte omfatter hele den prækvartære lagserie og da de paleocæne leraflejringer hyppigt skifter mellem fed ler og opsprækket skifer. I mange tilfælde er grundvandet i disse lag også salt, hvilket er indirekte tegn på, at lagene hydraulisk set ikke er "i spil". I ODC-kvadraten er det således vanskeligt at pege på de reelt opsprækkede dele af det palæogene ler, og der er derfor ikke foretaget en specifik inkludering af opsprækkede lerlag i lag 9. Der bør ved opstillingen af grundvandsmodellen foretages en vurdering af betydningen af de opsprækkede lag i ODC, og eventuelt foretages justeringer af toppen af lag 9.

5.4 Opsætning af HM i GeoScene 3D

Den hydrostratigrafiske modellering er sket i samme GeoScene projekt som RGM, og samme faste profiler er genbrugt. Der er i GeoScene oprettet de 9 lag, som fremgår af Figur 39, og hvor navngivningen af grænsefladerne fremgår af Tabel 4.

Tabel 4. Oprettede HM-lag i GeoScene 3D

Hydrostratigrafisk lag	Grænseflader/Navn i GS	Hovedlitologi
Lag 1	Top: Terræn	-
	Bund: VTU_HM_Bund_postglacial	Vekslende ler/sand
Lag 2	Top: Bund Lag 1	Moræneler
	Bund: Top Lag 3	
Lag 3	Top: VTU_HM_Top_Sand1	Kvartært smeltevandssand og -grus
	Bund: VTU_HM_Bund_Sand1	
Lag 4	Top: Bund Lag 3	Moræneler
	Bund: Top Lag 5	
Lag 5	Top: VTU_HM_Top_Sand2	Kvartært smeltevandssand og -grus
	Bund: VTU_HM_Bund_Sand2	
Lag 6	Top: Bund Lag 5	Moræneler
	Bund: Top Lag 7	
Lag 7	Top: VTU_HM_Top_Sand3	Kvartært smeltevandssand og -grus
	Bund: VTU_HM_Bund_Sand3	
Lag 8	Top: Bund Lag 7	Moræneler, fed palæogen ler
	Bund: Top Lag 9	
Lag 9	Top: VTU_TopKalk	Danienkalk, Skrivekridt, opsprækket palæogen ler

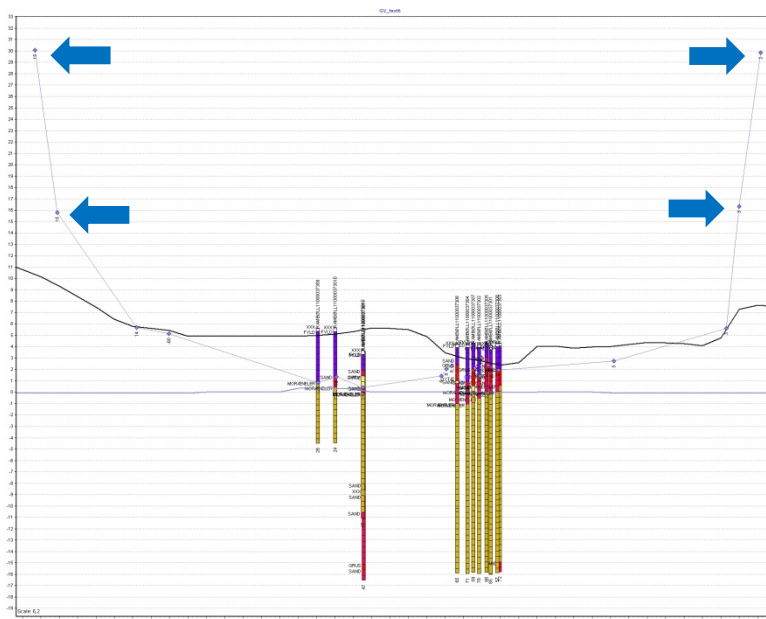
De eksisterende hydrostratigrafiske modellens tolkningspunkter er samlet i VTU-modellagene.

5.5 Hydrostratigrafiske tolkninger

5.5.1 Tolkingsprocedurer

Følgende tolkningsprocedurer er anvendt:

1. Der ny-tolkes i kvadraterne ODC, ODNØ, ODØ, ODSØ, samt tilføjes supplerende tolkningspunkter i ODN samt stedvist i de øvrige kvadrater, hvor der findes stor punktafstand. Automatisk genererede tolkningspunkter (100 m nodeafstand) i Odense Vest og Syd fjernes
2. HM-tolkningerne tager udgangspunkt i RGM-tolkningerne, som primært er baseret på boredata (herunder vandspejlsniveau og kloridanalyser).
3. For alle flader - bortset fra Bund Postglacial - er der afsat tolkningspunkter for hver ca. 200-300 m langs profilerne. Profilastanden taget i betragtning vil dette give en nogenlunde ensartet punktfordeling for fladerne, set for modellen som helhed (se Figur 42). Som det kan ses på figuren, så er der for Odense Vest og Syd tale om en større tolkningspunkttæthed, men fordelingen af punkterne afspejler tydeligt Sky-TEM- flyvelinjerne.
4. Fladen Bund Postglacial er tolket i alle kvadrater. For denne flade er der sat tolkningspunkter langs dynamiske profiler, som rykkes 125 m, og hvor der er sat punkter for hver maks. 125 m langs profilet. Punkterne er dog kun sat der, hvor lagene er tolket at eksistere, og for at styre interpolationen af fladen er der sat afgrænsende punkter over terræn, hvor laget ikke eksisterer (se Figur 41).
5. For hvert tolkningspunkt, hvor der er sket ny-tolkninger er der indsat en usikkerhedsvurdering efter samme principper, som beskrevet under RGM
6. Der foretages gennemgående tolkninger langs de faste profiler og der fokuseres for den kvartære lagseries vedkommende på de tre overordnede sandlag. Der sørges for at foretage tolkninger, som binder sandlag sammen, som findes i nogenlunde samme koteintervaller.
7. Efter tolkningerne langs de faste profiler foretages tolkninger langs dynamiske profiler for at tilføje tolkningspunkter mellem de faste profiler.
8. Der sørges for at skabe en så jævn overgang som muligt til de eksisterende modellens hydrostratigrafiske lag langs profilerne. Da de eksisterende modellens lag matcher Fynsmodellens lag, er korrelationen mellem de kvartære sandlag relativt uproblematisk.



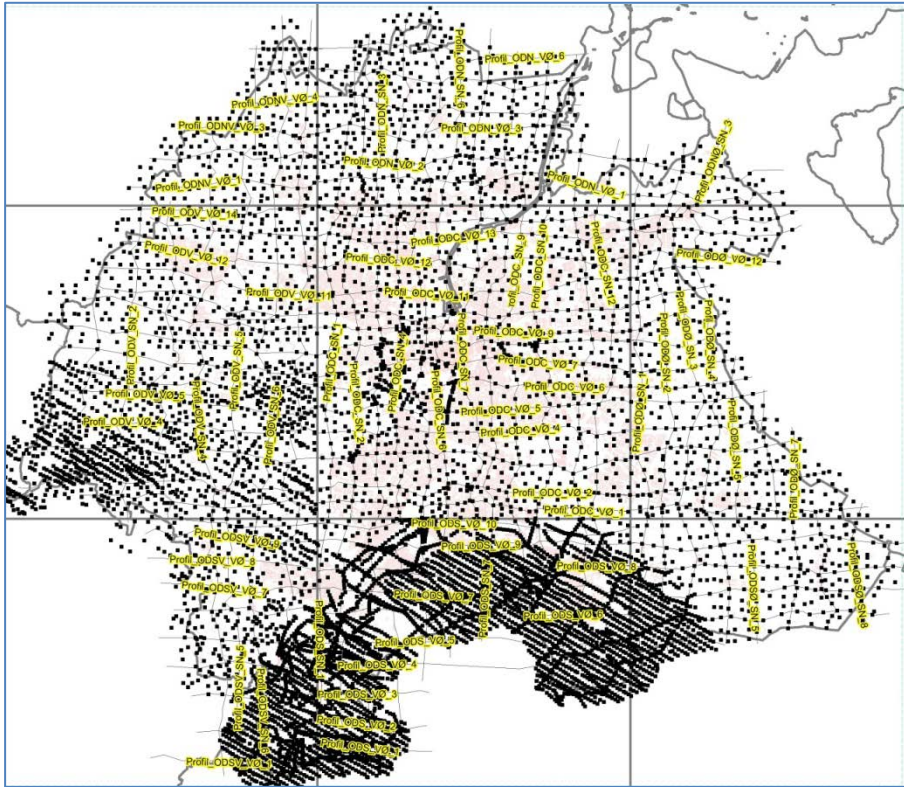
Figur 41. Eksempel på tolkningspunkter for fladen Bund Postglacial. Punkter over terræn (markeret med pile) udgør fiktive støttepunkter for interpolationen.

5.5.2 Interpolation af lagflader

De hydrostratigrafiske lag visualiseres i GS som interpolerede fladekort for modelområdet som helhed (GS objekt "Surfaces"). Der er foretaget interpolation af et område, som udgør Odense Kommune plus en buffer. Der er anvendt de værktøjer, der er til rådighed i GS. Ved interpolation er der anvendt Inverse Distance Weighting med indstillingerne: Exp. 3,00, Smooth factor 100, Max. count 5-6, Search ellipsis 300-1000 m. Der er anvendt fladekorrektion (krydsende laggrænser) i GeoScene (GS objekt "Surfaces Adjusted"), hvor der er anvendt en minimumstykkelse på 0,1 m. Herudover er der udarbejdet interpolerede fladekort over de beregnede tykkelser af de enkelte lag (GS objekt "Isopach").

Modellens interpolerede flader er som udgangspunkt lavet med en 100 meters diskretisering, hvilket vurderes at være passende i forhold til datamængden og de afsatte tolkningspunkter. Dog er denne diskretisering ikke tilstrækkelig for fladen Bund Postglacial, da der her er tale om modellering af smalle forløb. For at få den bedste opløsning af de postglaciale aflejringer er fladen derfor lavet med en 10 meters diskretisering. For f.eks. senere at kunne lave isopachkort, hvor lagfladerne trækkes fra hinanden, har det været nødvendigt at ændre de dybere fladers diskretisering til 10 meter. Dette er sket med udgangspunkt i 100 meter griddet. Denne ændring ikke øger dog ikke detaljeringsgraden i modellen; der er kun tale om en teknisk bearbejdelse af fladerne.

Der skal gøres opmærksom på, at de enkelte flader for lagene i HSM kan variere meget kotemæssigt, der hvor lagene måske reelt ikke eksisterer og hvor lagfladerne blot er tolket "igennem".



Figur 42. Eksempel på HM-tolkningpunkter for en laggrænse (Top Lag 2)

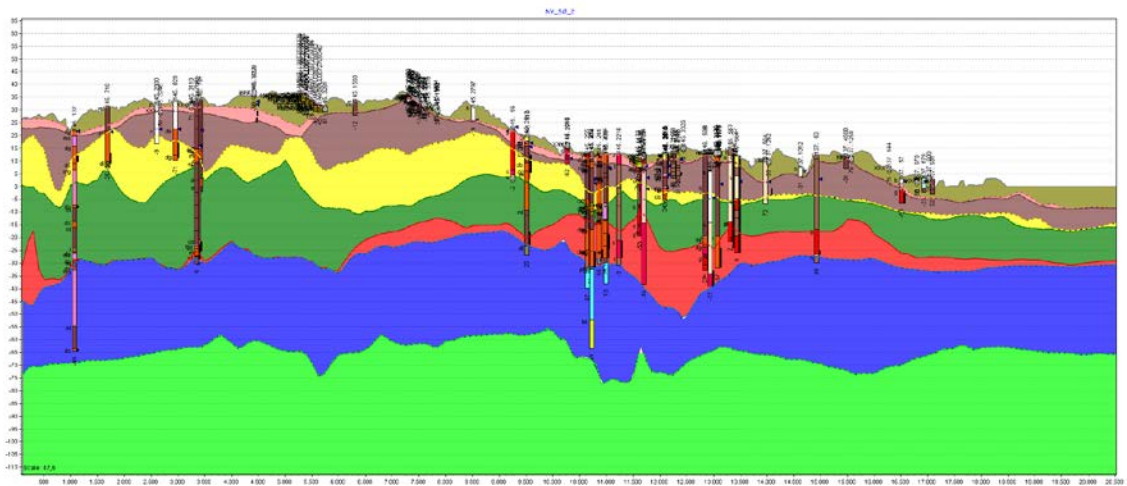
5.5.3 Sammen drag af de hydrostratigrafiske tolkninger

Den hydrostratigrafiske model kan tilgås i GeoScene 3D:

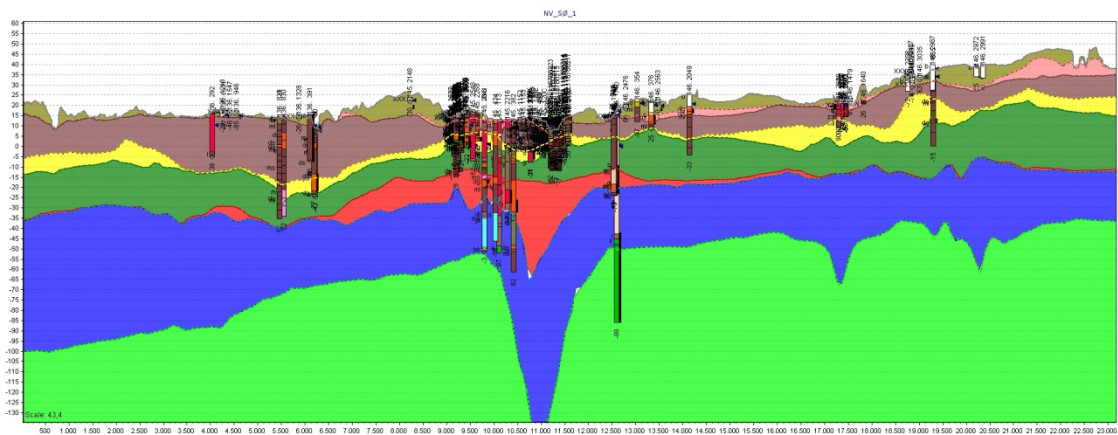
- Langs de faste profiler, hvor tolkningspunkterne og de interpolerede grænseflader kan visualiseres (ikke-justerede og justerede flader)
- Langs de faste profiler som "Solid layers" (farveudfyldninger for lagene)
- Som fladekort (tolkningspunkter og interpolerede flader)
- Som isopach-fladekort (top/bund difference)

I Figur 43 og Figur 44 er vist to diagonale snit henholdsvis SV-NØ og NV-SØ gennem den hydrostratigrafiske model. Som det kan ses har de kvartære magasiner meget varierende tykkelser, hvor det øverste (Lag 3) har en begrænset, men vekslende tykkelse, det mellemste (Lag 5) er veludbredt, men har størst tykkelse mod syd, og det dybe magasin (Lag 7), som er tykkest på de steder, hvor der er eroderet ned i de dybe dele af lagserien.

Kalken ligger generelt dybt, og der er typisk store tykkelser af ler ovenover. Figur 44 viser tykke lerlag i den dybe dalerosion, og her er det typisk tykke lag af moræneler. Men stedvist kan der i de dybe erosioner være tale om begrænsede lertykkelser.



Figur 43. Profil SV-NØ gennem VTU modellen for Odense Kommune. Magasin Lag 3 (lyserød), magasin Lag 5 (gul) og magasin Lag 7 (rød).



Figur 44. Profil NV-SØ gennem VTU modellen for Odense Kommune. Magasin Lag 3 (lyserød), magasin Lag 5 (gul) og magasin Lag 7 (rød).

5.5.4 Fokuspunkter for grundvandsmodelleringen

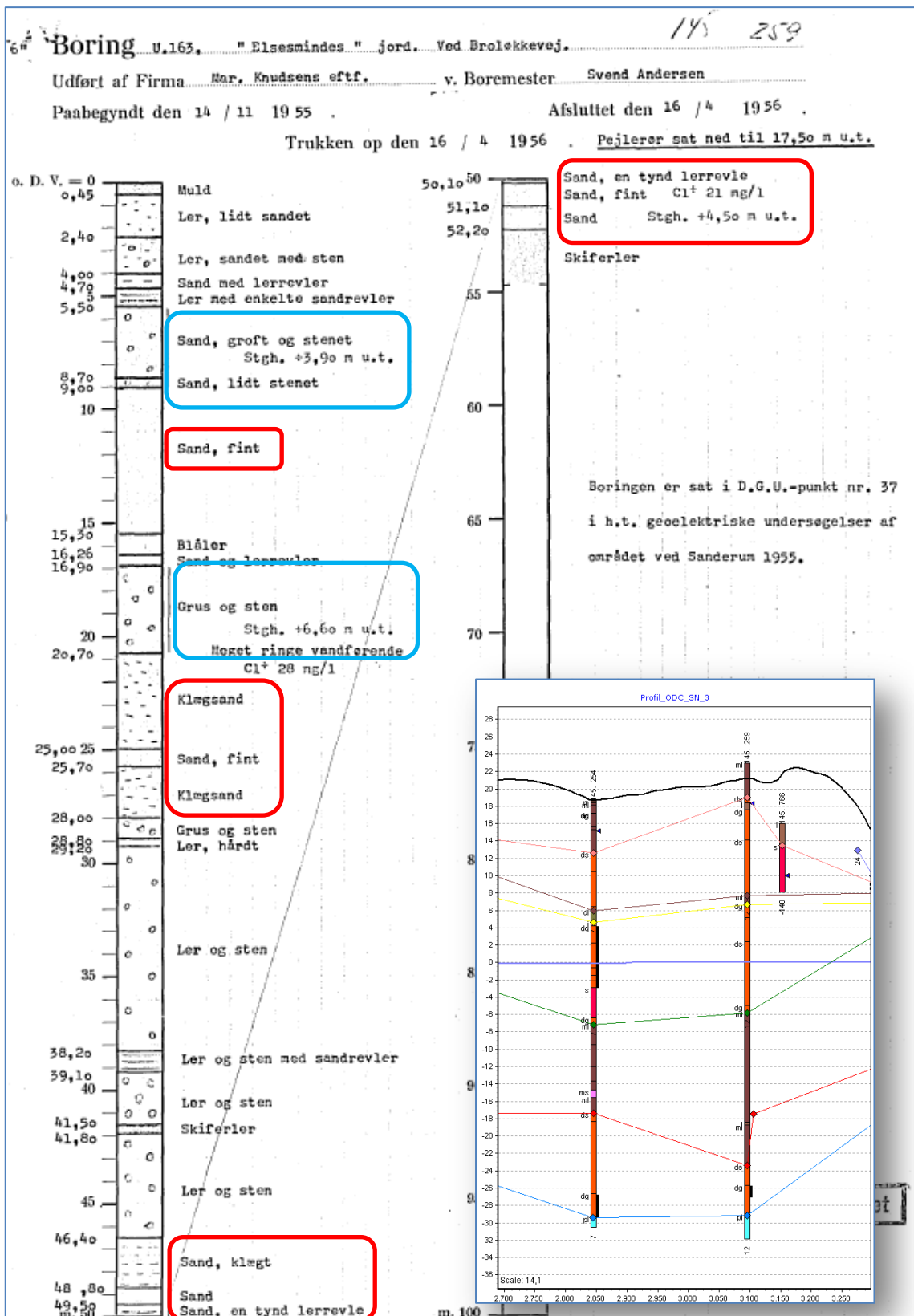
Følgende fokuspunkter for grundvandsmodelleringen kan rides op:

- Hydrauliske egenskaber:
 - De hydrauliske egenskaber af de kvartære magasiner varierer meget, og typisk er der store variationer indenfor hvert magasin. Et eksempel på dette er Figur 45, som viser boring DGU nr. 145.259 med markeringer af grove og mere fin-kornede dele af magasinerne. Som det kan ses af borejournalen, så er andelen af velydende sandlag mindre end det umiddelbart fremgår af profilsnittet, som ikke visualiserer kornstørrelsesvariationerne.

- De hydrauliske egenskaber af kalken kendes ikke, og generelt formodes det, at kun de øverste dele af kalken kan give tilstrækkeligt høje ydelser.
 - Den paleocæne mergel er stedvist opsprækket og har her magasinegenskaber. I Odense Kommune er det Lindved Kildeplads, som har de største indvindinger fra disse lag. Andre steder i kommunen kan leret være hårdt og opsprækket, men grundvandet er ofte salt. Det formodes, at der primært er tale om en opsprækning, som er relateret til storskala geologiske hændelser, der er ældre end istiderne. Odense Ådal formodes at ligge indenfor et større SV-NØ til SSV-ØNØ orienteret, strukturelt element med opsprækning. Denne zone har været lettere at erodere (og yderligere opsprække) under istiderne.
 - De Postglaciale aflejringer er på grund af dårlig datadækning ikke differentieret i litologisk forstand, og det anbefales, at laget betragtes under et og at lagets hydrauliske egenskaber vurderes ud fra de borer, der findes. Set på kommuneniveau vil dette lag ikke have den store betydning – det vurderes først at være betydende, når der modelleres på lokalt niveau. Ved lokal modellering vil det være relevant at se mere detaljeret på litologien af de postglaciale aflejringer ud fra borer.
- Forekomst af salt og fersk grundvand
 - Forekomsten af salt porevand er en god indikator for trykgradienter og hydrauliske sammenhænge. I store dele af de prækvartære aflejringer er der salt porevand, og dermed lille vandudveksling med de kvartære lag ovenover. Kun hvor der er tale om dybe kvartære erosioner og hvor det paleocæne ler enten er opsprækket eller borteroderet, kan der ske udveksling af vand i større mængder. Eventuelt kan kloridforekomster bruges som kontrol af trykgradienter.

5.6 Kvalitetssikring

Se under afsnittet under RGM.

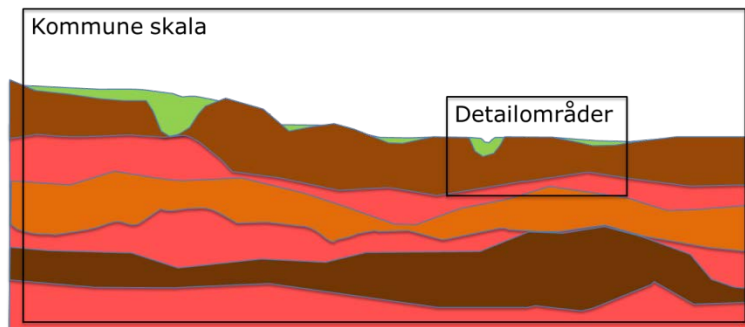


Figur 45. Borejournal DGU nr. 145.259; profiludsnit af ODC_SN_3 er indsat. Grovkornede, vandførende lag er markeret med blå, finkornede med rødt på borejournalen.

6. Anvendelse af VTU-modellen i forskellig skala

6.1 Modellering i forskellig skala

VTU-modellen er udarbejdet på kommuneniveau, men er tænkt til at kunne bruges i forskellige skalaer; eksempelvis i kommuneskala og i detailområder, som skitseret på Figur 46. På Figur 47 ses profiler fra VTU-modellen i forskellige skalaer (kommuneniveau, byniveau og lokalniveau), og figuren illustrerer, hvordan mængden af data varierer, og samtidig at modellering på detailniveau kræver en stor mængde data.

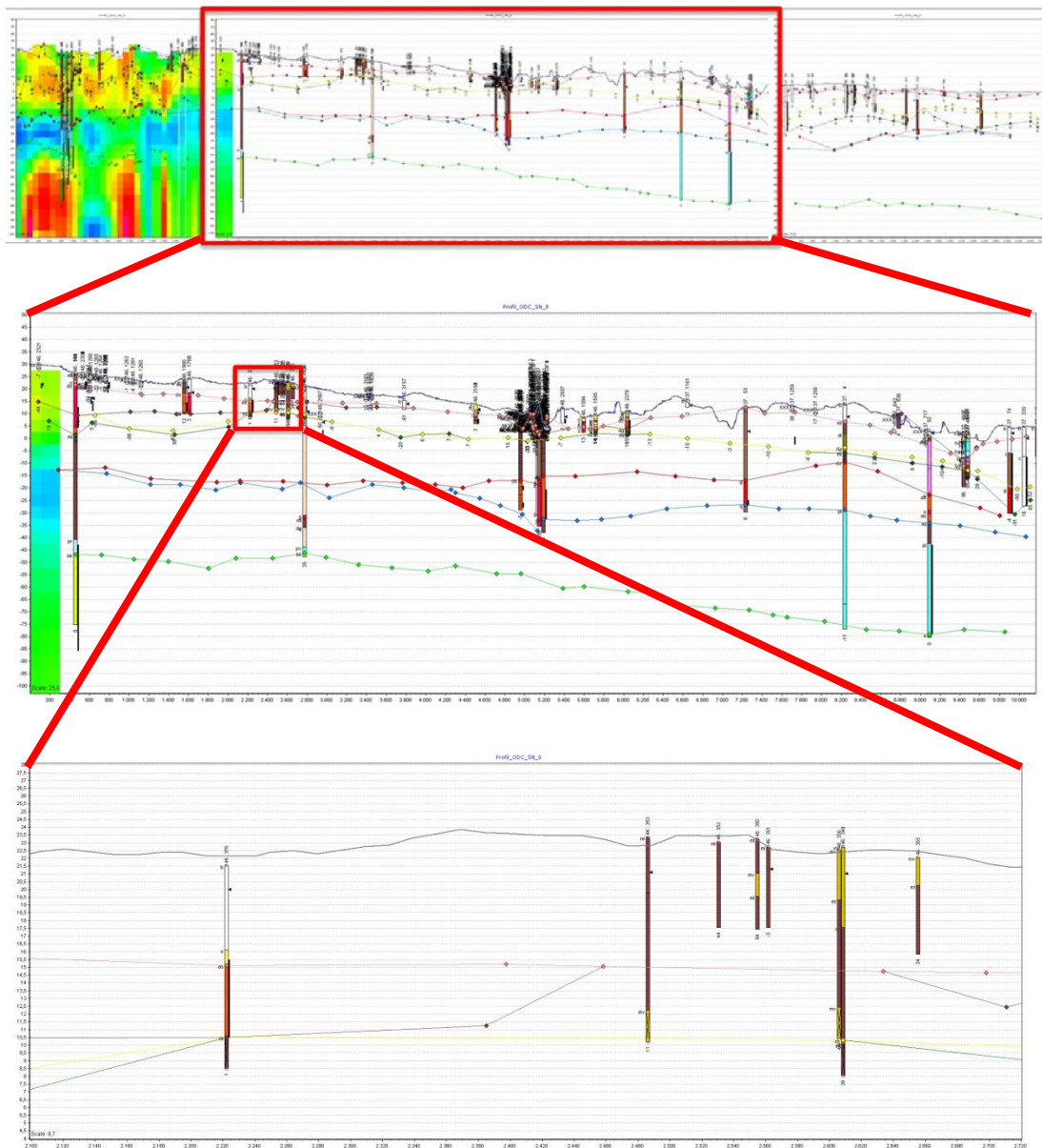


Figur 46. Skitse af anvendelse af VTU-modellen på kommuneniveau og på detailniveau.

Uanset skala er datagrundlaget det samme. VTU-modellen giver et godt overblik over data-tætheden i kommunen, og det kan tydeligt visualiseres, om modellen har tilstrækkeligt med data til at vise lokale variationer. Eksemplet Figur 47 viser en god lokal datadækning, men i områder uden – eller med kun meget sparsomme data – vil de geologiske/hydrostratigrafiske tolkninger reelt være baseret på tolkninger af data udenom lokalområdet. Det betyder, at hvis der skal modelleres på lokal skala, så er det vigtigt at vurdere, om datagrundlaget er tilstrækkeligt til at opløse stedets formodede geologiske opbygning. Er det ikke det, vil en lokal modellering ikke give mere detaljerede modelresultater. Dette er vigtigt at erkende ved anvendelsen af modellen.

Ved VTU-modelleringen er der udarbejdet hydrostratigrafiske flader, som dækker hele kommunen, og disse flader er udarbejdet i kommuneskala med en diskretisering på 100 meter. Det betyder, at geologiske legemer på mindre end omkring 100-300 m kan være vanskelige at gengive, selvom datamængden lokalt er god. Dette kunne eksempelvis gælde for en mose eller et sandfyldt dødishul. Set på kommuneniveau vil denne geologiske struktur ikke have den store betydning, men ses der derimod på en model for en bydel eller et byggefelt, så vil strukturen være vigtig at få med.

Skal der opnås mere detaljeret modellering, vil det være nødvendigt at indsamle yderligere data, hvilket med fordel kan planlægges med baggrund i VTU-modellen.

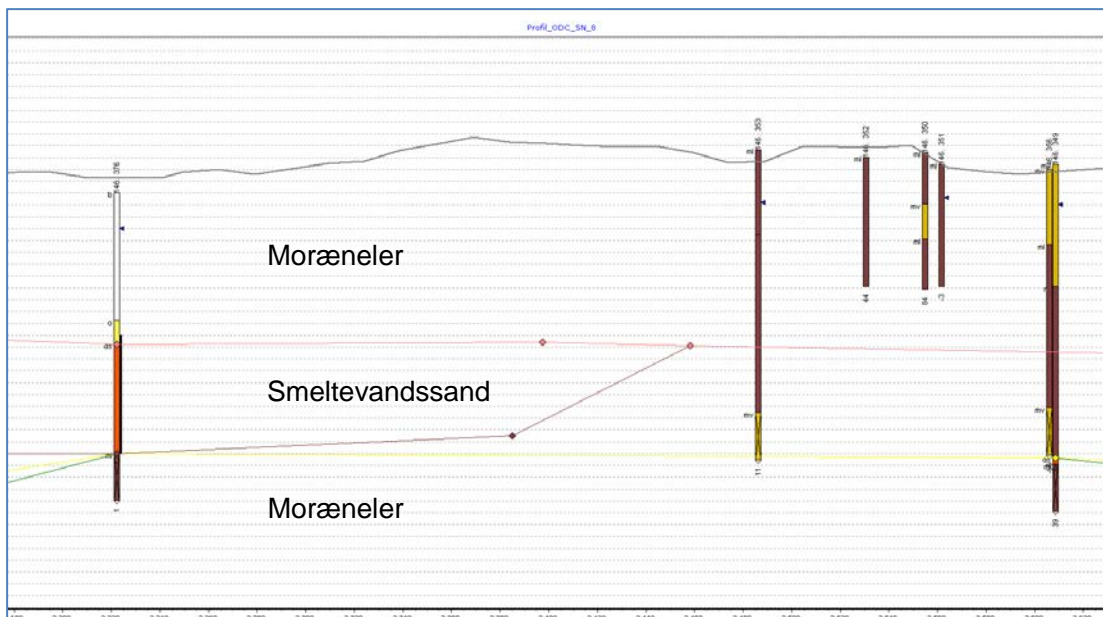


Figur 47. Eksempel på visualisering i forskellige model-skalaer; øverst på kommuneniveau (hele VTU-modellen; ca. 18 km), i midten by-niveau (ODC-kvadraten; ca. 10 km) og nederst et lokalområde (ca. 600 m).

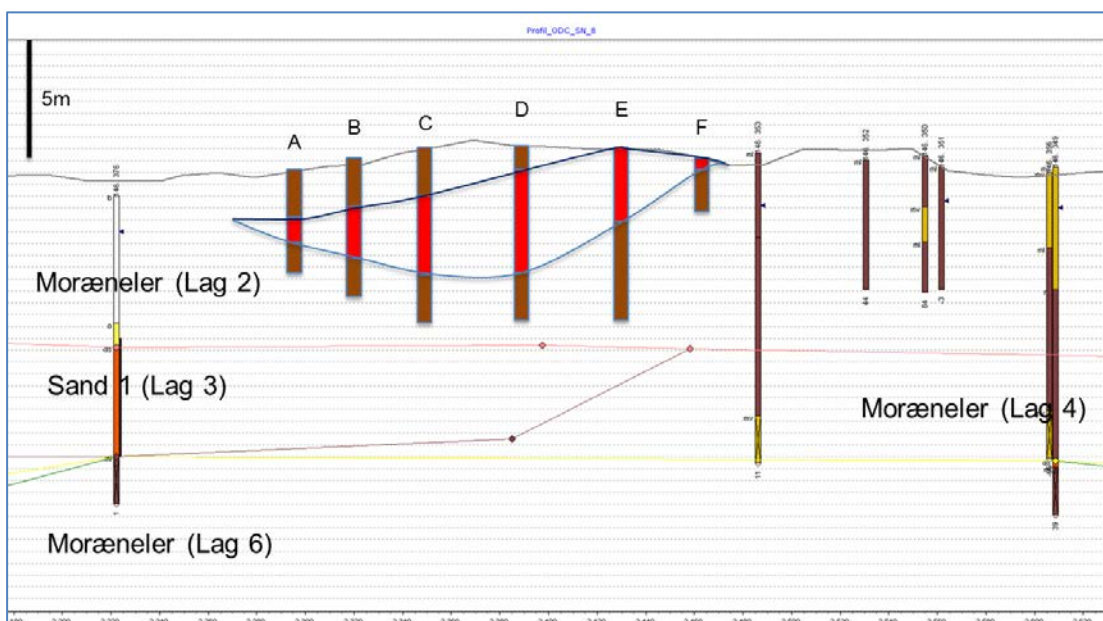
6.2 Modellering i detailområder

VTU-modellen giver de overordnede geologiske rammer, og indenfor disse kan der - såfremt der er behov for det – foretages yderligere detailmodellering. Lag-antallet i VTU-modellen er som udgangspunkt 9 lag, men flere lag kan uden problemer oprettes, som det illustreres i det tænkte eksempel vist herunder.

I Figur 48 ses et lokalt udsnit af VTU-modellen, hvor de øverste meter udgøres af moræner. I Figur 49 er påtegnet VTU-modellens lagtolkninger (Lag 2-Lag 6) og påført 6 nye korte borer, som er udført i forbindelse med supplerende dataindsamling i det lokale område.



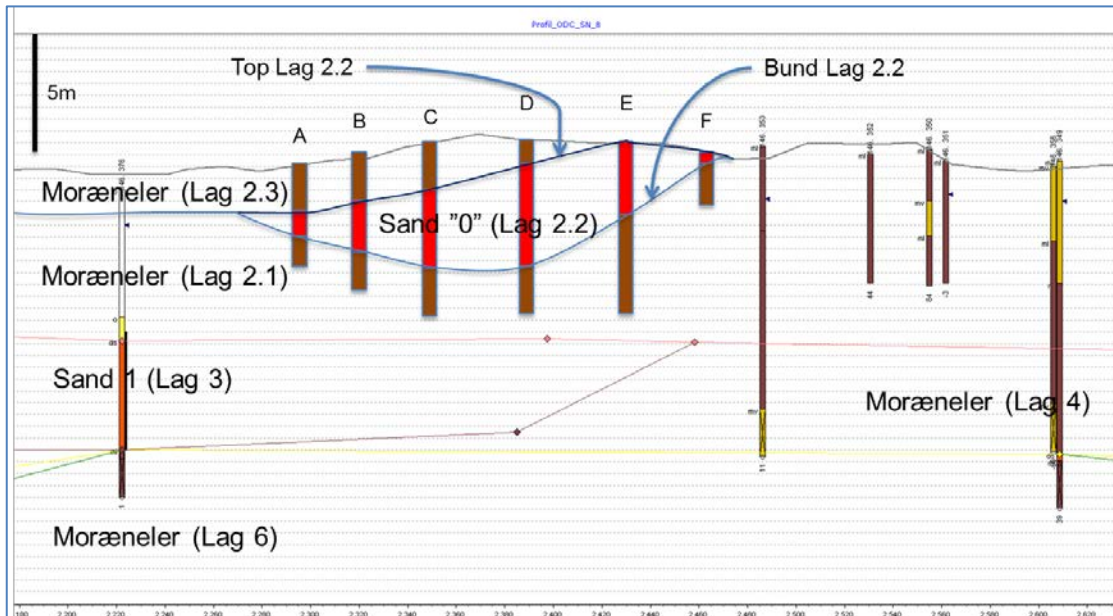
Figur 48. Datagrundlag i den eksisterende model. (Lokalt udsnit fra VTU-modellen; Profil ODC_SN_8).



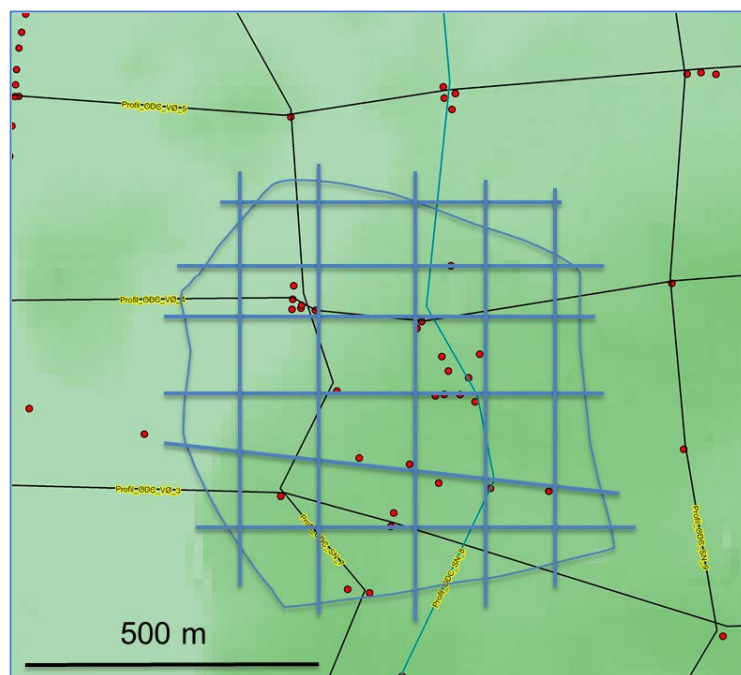
Figur 49. Supplerende (fiktive) boredata indsamlet til lokal detailmodellering. (Lokalt udsnit fra VTU-modellen; Profil ODC_SN_8).

Disse nye borer giver anledning til opdaterede geologiske tolkninger i lokalområdet, som det er vist på Figur 50. I den opdaterede model sker der en opdeling af Lag 2 i 3 nye lag, Lag 2.1, Lag 2.2 og Lag 2.3. Disse lag oprettes i GeoScene 3D, og muliggør nu fremtidig modellering af yderligere et overfladenært sandlag. Figur 51 illustrerer, at det vil være nødvendigt at oprette supplerende profiler i VTU-modellen med en mindre profilafstand for at kunne tilføje modellen en større grad af detalje. I den opdaterede lokalmodel vil det være nødvendigt at foretage nye interpolationer med en finere diskretisering, som matcher formålet og det opdaterede datagrundlag.

VTU-modellen vil i det tænkte tilfælde efterfølgende være en 11-lagsmodel, og vil derfor ikke længere passe sammen med Fynsmodellens 9 lag i lagseriens allerøverste del. Men dette vil ikke have stor betydning, da detaljerne i det lokale område ikke vil være vigtige at få med i Fynsmodellen, fordi denne er tiltænkt anvendelse i stor skala.



Figur 50. Supplerende boredata indgår i modelopdatering på lokalt niveau; nye lag defineres i modellen. (Lokalt udsnit fra VTU-modellen; Profil ODC_SN_8).



Figur 51. Eksempel på detailmodellering indenfor kommunemodellens rammer. Supplerende data indhentes og supplerende profiler oprettes i modellen.

6.3 Noter vedrørende fremtidig anvendelse af den geologiske model i Odense

I forbindelse med fremtidig anvendelse af VTU-modellen bemærkes følgende:

- VTU-modellen skal betragtes som en geologisk/hydrostratigrafisk model for Odense Kommune, som kan udgøre en ramme for videre modellering. Modellen udgør en ramme, som aktivt skal tilpasses til den specifikke anvendelse, som er planlagt.
- VTU-modellen er udarbejdet som et GeoScene 3D-projekt, som kan åbnes og gennemses i den gratis viewer, som ligger på I-GIS' hjemmeside (www.i-gis.dk). I modelfilen ligger alle flader og profiler.
- Inden videre anvendelse af VTU-modellen, er det vigtigt at der foretages en vurdering behovet for indsamling af supplerende data, så der kan opnås den ønskede detailrigdom i modelleringen.
- Hvad enten der skal arbejdes i stor skala eller i lille skala, så er det vigtigt at interpolere nye lagflader, som er målrettede præcist til den videre anvendelse.
- Parallelt med den geologiske modellering er der foretaget en modellering af det antropogene lag (se Delrapport 5 – Interaktiv modellering af antropogene lag (Pallelsen & Jensen, 2015)), og det er hensigten, at de to modeller kan kobles sammen til et hele, såfremt der skal modelleres lokalt og såfremt det også er nødvendigt at tage hensyn til de menneskeskabte forandringer af de allerøverste dele af jordlagene. Skal dette gøres, kan der i GeoScene 3D foretages en voxelering af de to sammensatte modeller (se Delrapport 1 - 3D-modellen som basis for håndteringen af det urbane vandkredsløb (Mielby m.fl., 2015)).
- I forbindelse med grundvandsmodellering vil det være nødvendigt at se detaljeret på de litologiske variationer af de hydrostratigrafiske lag for at få det bedste billede af de hydrauliske egenskaber.
- VTU-modellen skal betragtes som en model, som er i stadig udvikling. Der vil til stadighed tilkomme nye data, som bør indarbejdes i løbende opdaterede modelversioner. Det anbefales derfor, at versionere fremtidige opdaterede modeller, og sikre at disse gemmes i Modeldatabasen inklusive oplysninger om karakteren og omfanget af opdateringerne. Det vil være i alles interesse, at tilføjede detaljer og rettelser løbende inkluderes, og at der arbejdes på samme version.

7. anbefalinger til lignende projekter i andre byer

På baggrund af den geologiske modellering i VTU-projektet anbefales det ved lignende projekter andre steder i Danmark, at:

- **der gøres en række indledende modelovervejelser:**
 - Hvad er det den planlagte model skal kunne?
 - Forventes det, at alle eller kun specifikke problemstillinger kan løses med modellen?
 - Hvor forventer vi, at vi vil få problemer i løbet af modelleringen, og kan vi imødekomme disse helt fra starten?
- **der udpeges fokuspunkter for den geologiske modellering:**
 - Er der noget i den geologiske opbygning, som kræver speciel fokus ift. formålet med den specifikke modelopgave?
 - Er der noget i vores indledende kendskab til data, der gør, at der er behov for specielt fokus på dele af modellen?
 - Er der dele af modellen, som "ikke vil være så vigtige"? (fx områder, hvor vi på forhånd ved, at der ikke er grundvand, der kan udnyttes (saltvandspåvirkede magasiner, model-marginale dele, som ikke behøver at være så nøjagtigt modellerede, osv.)
- **der sker en afstemning af behov og forventninger:**
 - Det kan godt være, at man som modellør kender til potentielle vanskeligheder i modelområdet, fx datadækning og detaljer, men kender slutbrugerne af modellen disse?
 - Er vi som modellører helt klar over, hvad det er slutbrugerne vil bruge den geologiske model til? Kender vi deres behov og forventninger?
 - Vores forventninger til vores muligheder for at modellere geologien kan ændres undervejs i modelleringen (noget vi troede vi kunne modellere, kan ikke lade sig gøre alligevel, slutbrugernes behov og forventninger kan ændre sig undervejs i projektet)
- **der foretages prioriteringer ved udvælgelsen af data:**
 - Der prioriteres mellem let tilgængelige datasæt/svært tilgængelige datasæt
 - Der sker en afstemning af ressourcer og ambitionsniveau
 - Risikoen ved at fravælge data vurderes
- **det vurderes om indsamling af supplerende data er nødvendig:**
 - Hvis man allerede fra starten kan se, at supplerende data er afgørende, så skal det ind i de allertidligste vurderinger og beslutninger
- **der er opmærksomhed på de usikkerheder, som vil være knyttet til den færdige model:**
 - Modellens styrker og svagheder bør kendes
 - Hvad er muligt/ikke-muligt at lave med modellen?
 - Skalproblematikker:
 - Hvilken skala af geologien kan vi gøre os forhåbninger om at kunne opløse?
 - Hvad skal der til for at få høj opløsning, hvis det er det vi vil?

- Vurdering af datakvalitet/datatæthed/metodeformåen i forhold til den geologiske detalje, der ønskes
 - Dataproblematikker: Kender vi på forhånd til svagheder i data (fx dårlige boredata, store områder uden data osv.)
- **der udarbejdes fokuspunkter for det planlagte videre modelarbejde:**
 - Vurderinger af, hvordan modellen bedst muligt kan anvendes fremover
 - Hvad der på længere sigt kan gøres for at modellen bevarer sin aktualitet
 - Skitsering af procedurer for fremtidige modelopdateringer
 - Beskrivelse af, hvordan det sikres, at modellen i den seneste version er tilgængelig for andre, og hvordan opdateringer af modellen sikres indarbejdet løbende
 - Sikre, at modellen indgår i en regional og/eller national sammenhæng (DK-modellen, national 3D geologisk model....)

8. Referencer

- Andrup, G. O. 1960:
Odense-egnens vandforsyning i relation til de geo-hydrologiske forhold i Fyn. Andelsbogtrykkeriet i Odense.
- Carl Bro 2006:
Prøvepumpning ved Bolbro. Indsatsområde Odense Vest, Delområde 1 Nord. Udført for Fyns Amt (Rapportdatabasen Rapport-ID 83230).
- Grontmij 2011:
Geologisk modellering i Odense Syd indsatsområde. Rapport udført for Naturstyrelsen, juli 2011.
- Henriksen, H. J. & Nyegaard, P. 2003:
Den konceptuelle vandmodel - ferskvandets kredsløb. GeologiskNyt 5/03
- Houmark-Nielsen, M., Kjær, K. H. & Krüger, J. 2005:
De seneste 150.000 år i Danmark, istidslandskabets og naturens udvikling. Geviden nr. 2, 20 p.
- Jørgensen, F., Kristensen, M., Højberg, A.L., Klint, K.E.S., Hansen, C., Jordt, B.E., Richardt, N. og Sandersen, P. 2008:
Geo-Vejledning 3. Opstilling af geologiske modeller til grundvandsmodellering, De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland, 175 s.
- Jørgensen, F.V. & Piotrowski, J. A. 2003:
Signature of the Baltic Ice Stream of Funen Island, Denmark during the Weichselian glaciation. Boreas Vol. 32.
- Jørgensen, F. & Sandersen, P. 2009:
Kortlægning af begravede dale i Danmark. Opdatering 2007-2009. GEUS Særudgivelse. ISBN 978-87-7871-259-2.
- Kemp & Lauritzen 1986:
Blommenslystværket. Prøvepumpning. Udført for Odense Kommune (Rapportdatabasen Rapport-ID 82866).
- Kristensen, M., Sandersen, P. & Mielby, S., 2015:
Udvikling af en 3D geologisk/hydrogeologisk model som basis for det urbane vandkredsløb. Delrapport 2 – Indsamling og vurdering af data. Udarbejdet i VTU-projektet
- Larsen, G. 2002:
Geologisk set - Fyn og øerne. Fyns Amt, Miljøministeriet og Geografforlaget.

- Laursen, G., Mielby, S. & Kristensen, M., 2015:
Udvikling af en 3D geologisk/hydrogeologisk model som basis for det urbane vandkredsløb. Delrapport 3 - Geotekniske data til planlægning og administration. Udarbejdet i VTU-projektet
- Mielby, S. & Sandersen, P. 2005:
Indsatskortlægning i Nyborg-området – om samspillet mellem geologiske storskala strukturer og forekomsten af salt grundvand. ATV Vintermøde om jord- og grundvandsforurening, marts 2005.
- Mielby, S., Laursen, G., Linderberg, J., Sandersen, P. & Jeppesen, J., 2015:
Udvikling af en 3D geologisk/hydrogeologisk model som basis for det urbane vandkredsløb. Delrapport 1 - 3D-modellen som basis for håndteringen af det urbane vandkredsløb. Udarbejdet i VTU-projektet
- Naturstyrelsen 2012a:
Geologisk forståelsesmodel Odense Syd Kortlægningsområde (Rapportdatabasen Rapport-ID 88873).
- Naturstyrelsen 2012b:
Geologisk forståelsesmodel Odense Vest Kortlægningsområde (Rapportdatabasen Rapport-ID 88515).
- Odense Vandselskab 2006:
Kildepladsprojekt Lindved. Resumerapport, p. 16.
- Orbicon 2010:
Geologisk forståelsesmodel - Kortlægningsområde Nordfyn Juli 2010 (Rapportdatabasen Rapport-ID 87221).
- Pallesen, T. M. & Jensen, N.-P., 2015:
Udvikling af en 3D geologisk/hydrogeologisk model som basis for det urbane vandkredsløb. Delrapport 5 - Interaktiv modellering af antropogene lag. Udarbejdet i VTU-projektet
- Poulsen, L. H., Wittrup, C. Klitten, K. & Larsen, K. 2006:
Saltvandsgrænsen i kalkmagasinerne i Nordøstsjælland, Delrapport 3: Undersøgelse af saltvandsgrænsen med transiente elektromagnetiske (TEM) sonderinger. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse, Rapport 2006/18.
- Rambøll 2012:
Geologisk model - Odense Vest (Rapportdatabasen Rapport-ID 88257).
- Rasmussen, E.S., Dybkjær, K., Piasecki, S., Kristensen, M., & Vangkilde-Pedersen, T., 2010:
Stratigrafisk ramme for 3D modellering af den miocæne lagserie i Danmark, Rapport 2010/31, Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse, p. 56 pp.

- Sandersen, P.B.E. 2008:
Uncertainty assessment of geological models – a qualitative approach. In: Refsgaard, J.C. m. fl. (eds): Calibration and reliability in groundwater modelling: credibility of modelling. International Association of Hydrological Sciences Publication 320, 345–349.
- Sandersen, P. B. E. & Jørgensen, F. 2015: Neotectonic deformation of a Late Weichselian outwash plain by deglaciation-induced fault reactivation of a deep-seated graben structure. *Boreas*, Vol. 44, Issue 2, 1 April 2015, p. 413-431.
- Smed, P 1962:
Studier over den fynske øgruppens glacielle landskabsformer. Meddelelser fra Dansk Geologisk Forening, bind 15, hæfte 1.
- Smed, P. 1977:
Det fynske landskab. Geografforlaget.
- Smed, P. 1979:
Landskabskort over Danmark, Sønderjylland og Fyn. Geografforlaget.
- Ter-Borch, N. 1991:
Kalkoverfladens struktur. DGU Kortserie nr. 7.
- Thomsen, E. 1995:
Kalk og kridt I den danske undergrund. I: Nielsen, O.B. (Ed.). Danmarks geologi fra Kridt til i dag. Aarhus Geokompender Nr. 1. Geologisk Institut, Aarhus Universitet. ISSN 1396-1578, 290 pp.
- Troldborg, L., Højberg, A. L., Nyegaard, P., Stisen, S., Christensen, B. S. B. & Ondracek, M., 2010: DK-model2009 - Modelopstilling og kalibrering for Fyn. GEUS rapport 2010/76, København.
- Watertech 2001: Prøvepumpning af indvindingsområdet ved Lundeværket. Notat til Odense Vandselskab a/s (Rapportdatabasen Rapport-ID 82904).
- Watertech 2004: Geologisk model og konceptuel geologisk model – kortlægning af geologi og saltvand. Delrapport 2. August 2004. Udført for Fyns Amt.
- Watervision 2003: Prøvepumpninger på Eksercermarkens kildepladsområde. Teknisk rapport udført for Odense Vandselskab a/s (Rapportdatabasen Rapport-ID 83669)..

9. Bilag

Bilag 1: Søgning i Rapportdatabasen (www.geus.dk) for grundvandsrelaterede rapporter

Bilag 2: Litteratur som grundlag for geologisk forståelsesmodel

Bilag 3: Logbog: Genanvendelse af eksisterende modeller

Bilag 4: Logbog: RGM modeltolkninger

Bilag 5: Udvalgte faste profiler med påtegning af RGM-tolkninger

BILAG 1: Søgnin i Rapportdatabasen (www.geus.dk) for grundvandsrelaterede rapporter

(Søgeord: "Odense", "Odense Kommune", "Kerteminde" og "Nordfyn")

Date for søgning: 19.09.2013

Report ID:	Titel	Rådgiver	Rekvirent	Årstal	Prioritering	Bemærkninger
822556	Profilier udnævnt i forbindelse med magasin kortlægning for hele Fyn	Fyns Amt		2006	Lav	
822560	En undersøgelse af Østfyns glacialstratigrafi og landskabsformer	Århus Universitet		1996	Høj	Kvartær stratigrafi
827477	Morænelerets vognstyrke på strækningen Eblerve-Nybo	Århus Universitet		2002	Lav	
827900	Kildepladsprojekt Lindved, Resume-rapport, Odense Vandsekskab	Odense Vandsekskab		2006	Lav	
827911	Kildepladsprojekt Lindved, Teknisk Rapport, Odense Vandsekskab	Odense Vandsekskab		2006	Høj	Opbygning af Lindved omr.
828200	Grundvandskortlægning, Blommetryk, Sammenfattende rapport for kortlægningsfasen i indsatsområdet Odense Vest, delområdet 1.nord	GEUS Carl Bro		2007	Mellem	
828300	Odense Vandsekskab, Nærsby Kildeplads, Partikelbane beregninger af boringerne i beskyttelsesområdet	GEUS		2007	Lav	Dalkortlægning MEP
828326	Geofysisk kortlægning af begravet dækket for Odense, delområdet 1, nord	COWI	Fyns Amt	2006	Mellem	
82865	Ny indvindingsboring, Prøveboringsrapport, Blommetrykssvænnet, Odense Kommune, 1986.	Kemp og Lauritzen	Odense Kommune	1986	Lav	
82866	Prøvepumpning, Blommetrykssvænnet, Odense Kommune, 1986.	Kemp og Lauritzen	Odense Kommune	1986	Lav	
82868	Odense Kommunes nye kildelands Orientering, Hydrogeologisk Vurdering, 1989-1991.	Odense Vandsekskab		1991	Lav	Saltvandsprobi.
82869	Kildepladsanalyse, Kirkendrupværet, Odense Kommune, 1980.	Rambøll		1980	Mellem	Saltvand/oprøpumpning
82870	Undersøgelse for ny kildelands ved Udkløv, Tarup Vandværk, Odense Kommune, 1999.			1999	Lav	
82871	Odense Nord Løssedde, Hydrogeologiske undersøgelser, Odense Kommune, 1993, Rambøll H&HAS			1993	Lav	
82879	Indvinding af grundvand ved Stige-Lumbø, Grundvandsundersøgelser, 1989 Odense Kommune			1989	Lav	
82900	Undersøgelse af vandindvindingsmulighederne syd for Odense, BilagOpstilling, kalibrering og anvendelse af hydrologisk modelOdense Kommune	DHI		1993	Mellem	Geologisk oversigt
82901	Undersøgelse af vandindvindingsmulighederne syd for Odense, Hovedrapport, 1993Opstilling, kalibrering og anvendelse af hydrologisk modelOdense Kommune	DHI		1993	Lav	
82902	Undersøgelse af vandindvindingsmulighederne syd for Odense, 1993Anvendelse af en hydrologisk model til vurdering af påvirkningen fra Odense vandforsynings kildelands ved Holmhøve og BorrebyOdense Kommune	DHI		1993	Lav	
82904	Prøvepumpning af indvindingsområdet til Lindvedværet, Odense Kommune, 2001.	Watertech		2001	Lav	
82905	Hydrogeologisk undersøgelse, Odense Vandsekskab A/S, 2001.Odense Kommune	Rambøll	Odense Vandsekskab A/S	2001	Mellem	Geologi i området, elløgs MEP
82906	Hydrogeologisk undersøgelse af dyrskuepladsen i Odense, Multielektrode profilering - Data-rapport, 1998.Odense Kommune	Rambøll	Odense Vandsekskab A/S	1998	Mellem	
82907	Detailkortlægning af sårbarhedsforhold på dyrskuepladsen, Odense Kommune, 1999.	Rambøll		1999	Lav	
82908	Hydrogeologisk model for Eksercermarkens kildelands, Odense Kommune, 2001.	Rambøll		2001	Mellem	Geologi/hydrogeologi
82909	Kildepladsstyring, Nærsby Vandværk, Kirkendrup, Odense Kommune, 1996.	Rambøll		1996	Lav	
82910	Kildepladsstyring, Tarup Vandværk, Odense Kommune, 1996.	Rambøll		1996	Lav	
82911	Forureningsundersøgelse, Nærsbyhoved og Nærsby Løssedde, Afslidsednet 461-48, 8461,94, 1993 Odense Kommune	COWI	Fyns Amt	1993	Lav	Moser del, Nærsbyhoved
82912	Forureningsundersøgelse, Afslidsednet nr. 461-100, Blommetryk, 1994.Odense Kommune	Rambøll H&HAS	Fyns Amt	1994	Lav	
82955	Forsøg til indsatsplan for grundvand, Odense Vest delområdet Danum, Bellinge og Brændekilde, 2006	Fyns Amt		2006	Lav	
82959	Teknisk rapport for kildelandsprojekt DALUM, tekst og billedbind	Water Vision		2001	Lav	
83174	Hydrogeologisk model i indsatsområdet Kerteminde fase 3A	DHI		2004	Mellem	
83226	Model for grundvandsstrømning, Odense By - opdatering af hydrologisk model for det centrale Fyn, Odense Kommune, 1997.	Carl Bro		2006	Lav	
83230	Prøvepumpning ved Bolbro, Indsatsområdet Odense Vest, delområdet 1 Nord, 2006.	Rambøll & Hennemann		2006	Lav	
83487	Forureningsundersøgelse, Tornbjerg Løssedde, afslidsednet nr. 461-55, Hovedrapport, 1993.	Rambøll & Hennemann		1993	Lav	
83488	Miljøplan - Odense Kommune, Status og analyse.	Odense Kommune		1993	Lav	
83491	Indvinding af grundvand ved Stige-Lumbø, Grundvandsundersøgelser, Rapport og bilagsdel, 1986.	Kemp og Lauritzen		1986	Lav	
83490	Tolkning af TEM-sunderinger ved Nr. Søby med bånd og filtre, Odense Kommune, 2001.	Watertech		2001	Lav	
83500	TEM-kortlægning omkring Nr. Søby, Repræsentation - de første gates, Årslø Kommune 2000.Fyns Amt og Odense vandsekskab.	Watertech		2001	Lav	
83566	Indsatsområde Odense Vest, Geofysisk TEM-kortlægning af indsatsområdet Odense Vest, kort bind.	Carl Bro	Fyns Amt	2004	Lav	
83648	Indsatsområde Odense Vest, Fase 3b, Hydrogeologisk undersøgelse af delområdet 1 Bellinge og Brændekilde, 2004.	Carl Bro	Fyns Amt	2004	Lav	
83650	Indsatsområde Odense Vest, Fase 3b, Hydrogeologisk undersøgelse af delområdet 1 Bellinge og Brændekilde, 2004.	Carl Bro	Fyns Amt	2004	Lav	Grundvandskemi
83651	Indsatsområde Odense Vest, Geofysisk TEM-kortlægning, Tekst bind.	Carl Bro	Fyns Amt	2004	Lav	MEP
83652	Indsatsområde Odense Vest, Fase 3b, Hydrogeologisk undersøgelse af delområdet 2, 2004.	Carl Bro		2004	Mellem	
83653	Indsatsområde Odense Vest, Fase 3b, Hydrogeologisk undersøgelse af delområdet 1 syd, 2006.	Carl Bro	Fyns Amt	2006	Lav	
83654	Indsatsområde Odense Vest, Grundvandsmodel - Et første generations værktøj, 2003.	Carl Bro	Fyns Amt	2003	Lav	
83655	Indsatsområde Odense Vest, Grundvandsmodel - Et første generations værktøj, 2003.	Carl Bro	Fyns Amt	2003	Lav	
83656	Seismisk kortlægning ved Blommetrykssvænnet for Odense, Rapport, 2003.	COWI		2003	Høj	Seismik
83657	Opstilling af koncepthydrogeologisk model for Odense Vest i MIKE Geomodel, 2006	Watertech		2006	Mellem	Geologiske betragtninger
83658	Nordfyn - Seismisk kortlægning af Bolbro indgår, 2005. Resultat af tekstortlægning Luge 39.	Carl Bro		2005	Lav	Seismik/deling kvalitet
83659	Data-model for Eksercermarkens kildelands Odense Kommune, 2003.	Carl Bro		2003	Lav	
83660	Statusrapport for kildelandsprojekt Eksercermarken, Odense Kommune, 2002.	Water Vision		2002	Mellem	Hydrogeologisk fortællelse
83661	Grundvandsmodel for oplandet til Eksercermarken kildelands, Odense Kommune.	Carl Bro		2003	Lav	
83662	Forureningsundersøgelse, 461-205 Knulden, Odense Kommune.	Geo	Fyns Amt	2004	Lav	Korte boringer i Højby
83663	Etablering af kildelands syd for Odense, Modelopstillinger, 1992.	Fyns Amt		1992	Lav	Prøvepumpn., logs, analyser
83667	Teknisk rapport for Eksercermarken	Water Vision m.fl.	Odense Vandsekskab A/S	2003	Høj	
83668	Kildepladsprojekt Eksercermarken, Teknisk rapport, Blag G (1-7) + (8-12)	Odense Vandsekskab		2003	Lav	
83669	Kildepladsprojekt Eksercermarken, Teknisk rapport, Prøvepumpning, Blag I - O	Odense Vandsekskab		2003	Mellem	
83670	Kildepladsprojekt Eksercermarken, Teknisk rapport, Blag A - O	Odense Vandsekskab		2003	Høj	GEUS logs (s. 160+)
83671	Kildepladsprojekt Eksercermarken, Teknisk rapport, Blag P-V.	Odense Vandsekskab		2003	Lav	
83516	NST 2012 Geologisk fortællelsemodel Nr. Aaby	Naturstyrelsen		2012	Mellem	Geologisk fortællelse: Vestfyn
87221	Geologisk fortællelsemodel - kortlægningsområde Nordfyn Juli 2010	Orbiton	Miljøcenter Odense	2010	Mellem	Geologisk fortællelse: Nordfyn
87226	Nordfyn - Trin 1 Kortlægning Hovedrapport Miljøcenter Odense Juni 2010	Orbiton	Naturstyrelsen Odense	2010	Mellem	Geologisk fortællelse: Nordfyn
87450	Rådgivning og tilsyn med boringer, Odense Syd	Rambøll	Naturstyrelsen	2012	Høj	Boringer, syddel i modelområdet
87451	Rådgivning og tilsyn med boringer, Odense Syd	Rambøll	Naturstyrelsen	2012	Mellem	Boringer, luge SV for modelområdet
87872	Geologisk model, Odense Syd indsatsområde	Grontnij Carl Bro	Miljøcenter Odense	2011	Mellem	Geologisk opbygning
87873	Geologisk model, Odense Vest	Rambøll	Naturstyrelsen Odense	2012	Høj	Geologisk opbygning
87514	Opstilling af en hydro-geoteknisk model i kortlægningsområdet Odense Vest	Grontnij	Naturstyrelsen Odense	2012	Mellem	Saltvandsprobi., tostor
88515	Geologisk fortællelsemodel for Odense Vest kortlægningsområde	Grontnij	Naturstyrelsen Odense	2012	Høj	Geologisk opbygning
88524	Opstilling af en hydro-geoteknisk model i kortlægningsområdet Odense Syd	Grontnij	Naturstyrelsen Odense	2012	Mellem	Saltvandsprobi., tostor
88754	Retfærdig Odense Vest - afgiftsfinansieret grundvandskortlægning	Grontnij	Naturstyrelsen Odense	2012	Mellem	Geologisk fortællelse: Vestfyn
88871	SkyTEM kortlægning, Odense Syd	COWI A/S	Miljøcenter Odense	2009	Lav	
88872	Hydrologisk model, Indsatsområde Odense Syd, Problemformulering og forslag til kortlægningsarbejde	Watertech a/s	Fyns Amt	2007	Mellem	Geologisk fortællelse: Midt- og Vestfyn
88873	Geologisk fortællelsemodel Odense Syd kortlægningsområde	Fyns Amt		2012	Mellem	Geologisk fortællelse: Midt- og Vestfyn
89249	MIKE 5HE model for Odense A, oplandet	NIRAS	Naturstyrelsen Odense	2013	Lav	Model: opadrettet grad.
89249	Hydrologisk model for kortlægningsområdet Odense Vest	Naturstyrelsen Odense		2013	Mellem	
897895	MIKE 5HE model for Odense A, oplandet	Dansk Hydraulisk Institut	Fyns Amt	1996	Lav	
897896	Odense Syd Hydrologisk model - Scenarier	Alectia	Naturstyrelsen Odense	2013	Lav	
897896	Odense Syd Hydrologisk model - Opstilling	Alectia	Naturstyrelsen Odense	2013	Lav	

BILAG 2: Litteratur som grundlag for geologisk forståelsesmodel

Artikler	Prioritet:	Kilde:	Dok. Type:
<i>Udarbejdet af: Årstal / Titel</i>			
Jørgensen, F.V. og Piotrowski, J. A. (2003): Signature of the Baltic Ice Stream of Funen Island, Denmark during the Weichselian glaciation. Boreas no. 32.	Høj	Eget arkiv	Artikel
Smed, P (1962): Studier over den fynske øgruppens glacielle landskabsformer. Meddelelser fra Dansk Geologisk Forening, bind 15, hæfte 1.	Høj	Eget arkiv	Artikel
Mertz, E. L. (1974)/ Odense og omegns jordbundsforhold. En ingeniør-geologisk beskrivelse. By-Geologi Nr. 6. DGU Rapport Nr. 9.	Høj	GEUS	Bog
Smed, P. (1997)/ De 949 skuresten i Lindø-dokkerne. GeologiskNyt 03/97	Mellem	Eget arkiv	Artikel
Andrup, G. O. (1960)/ Odense-egnens vandforsyning i relation til de geo-hydrologiske forhold i Fyn. Andelsbogtrykkeriet i Odense.	Mellem	Eget arkiv	Bog
Smed, P. (1977): Det fynske landskab. Geografiforlaget.	Mellem	Eget arkiv	Artikel
Sorgenfrei, T. (1951)/ Oversigt over prækvartærts stratigrafi og tektonik i området Fyn-Sjælland-Lolland-Falster. Medd. DGF, nr. 12	Mellem	Eget arkiv	Artikel
Kortmateriale			
<i>Udarbejdet af: Årstal / Titel</i>			
Smed, P. (1979)/ Landskabskort over Danmark, Sønderjylland og Fyn. Geografiforlaget.	Høj	Eget arkiv	Kort
Ter-Borch (1991)/ Kalkoverfladens struktur. DGU kortserie nr. 7.	Høj	Eget arkiv	Kort
Vejbæk, O. V. og Britze, P. (1994)/ Top pre-Zechstein, geological map of Denmark 1:750.000, DGU kortserie, 45, 9 pp.	Mellem	Eget arkiv	Kort
Fyns amt (2006)/ Opdatering af prækvartærfladens dybdemæssige beliggenhed på Fyn, August 2006.	Mellem	NST	Kort
Binzer, K. & Stockmarr J. (1994)/ Prækvartæroverfladens højdeforhold. DGU kortserie nr. 44. 1994	Lav	Eget arkiv	Kort
Geologiske basistakort 1312 I Odense, 1412 IV Korsør, 1312 III Svendborg, 1312 II Svendborg, 1312 III Fåborg, 1312 IV Nø Tommerup, 1313 II SV Odense Fjord, 1313 III SØ Beltringe	Lav	Eget arkiv	Kort
Generel litteratur			
<i>Udarbejdet af: Årstal / Titel</i>			
Houmark-Nielsen, M. (1987): Pleistocene stratigraphy and glacial history of the central part of Denmark. Medd. DGF, bind 36, hæfte 1-2.	Høj	Eget arkiv	Artikel
Danmarks geologi fra Kridt til i dag. Redigeret af Ole Bjørnslev Nielsen. Geologisk Institut, Aarhus Universitet, 1995	Mellem	Eget arkiv	Bog
De seneste 150.000 år i Danmark. Istidslandskabet og naturens udvikling. Geoviden, Geologi og geografi Nr. 2, 2005	Mellem	Eget arkiv	Artikel
Larsen, G. (2002)/ Geologisk set - Fyn og øerne. Fyns Amt, Miljøministeriet og Geografiforlaget.	Mellem	Eget arkiv	Bog
Milthers, V. 1948/ Det danske Istidslandskabs Terræformer og deres Opstaaen. DGU, III række Nr. 28	Mellem	Eget arkiv	Bog
Larsen, G. (red.) (2006)/ Naturen i Danmark. Geologien. Gyldendal, 2006.	Mellem	Eget arkiv	Bog
Jørgensen, F. & Sandersen 2009/ Kortlægning af begravede dale i Danmark. Opdatering 2007-2009. GEUS Særdugivelse ISBN 978-87-7871-259-2	Mellem	Eget arkiv	Rapport
Milthers (1940)/ Kortbladet Vissenbjerg. DGU I. r. Nr. 19.	Mellem	GEUS	Bog
Sorgenfrei, T. og Berthelsen (1954): Geologi og vandboring. Danmarks Geologiske Undersøgelse, 3. række, nr. 31.	Lav	Eget arkiv	Bog



Projekt:	VTU Odense
Aktivitet:	Geologisk modellering
Delaktivitet:	Genanvendelse af eksisterende modeller

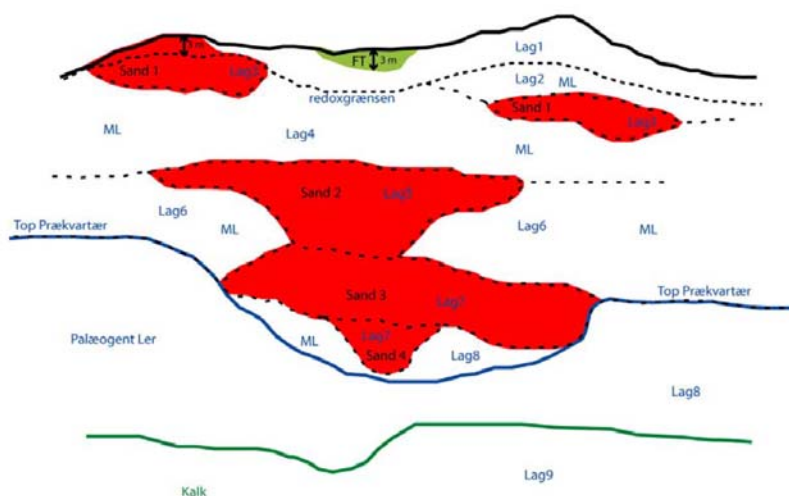
Dato:	Screening af flader og punkter fra Odense Syd	Udfyldt af:	MKRI
11.04.2014-	<p>Modellen er downloadet fra Modeldatabasen med henblik på at genbruge punkter fra modellen. Tabellen "Digmodelpoints" er åbnet i Access for at se om der er anvendt snap- og Quality-funktion. Remoteid: Der er snappet til borer, Odensesyd-skytem_5lag.1dv.200. og nogle numre, der må stamme fra noget Geofysik. Der er ikke anvendt Quality-funktionen i projektet. Der er ikke uploadet GIS-filer eller linket til rapporten.</p>		

Dato:	Screening af flader og punkter fra Odense Vest (RGM og HM)	Udfyldt af:	MKRI
11.04.2014-	<p>Modellen er downloadet fra Modeldatabasen med henblik på at genbruge punkter fra modellen. Tabellen "Digmodelpoints" er åbnet i Access for at se om der er anvendt snap- og Quality-funktion. Remoteid: Der er snappet til borer, test.tem.SCI_5L_v4_1. og nogle numre, der må stamme fra noget Geofysik. Der er ikke anvendt Quality-funktionen i projektet. I Modeldatabasen er der ikke tilknyttet Dataark eller GIS-filer. I Rapporten står der bl.a. at:</p>		

Table 4.1: Forventet principlagsøjle, korrelation med lag i DK-modellen samt resulterende lag i den rumlige geologiske model for Odense Vest.

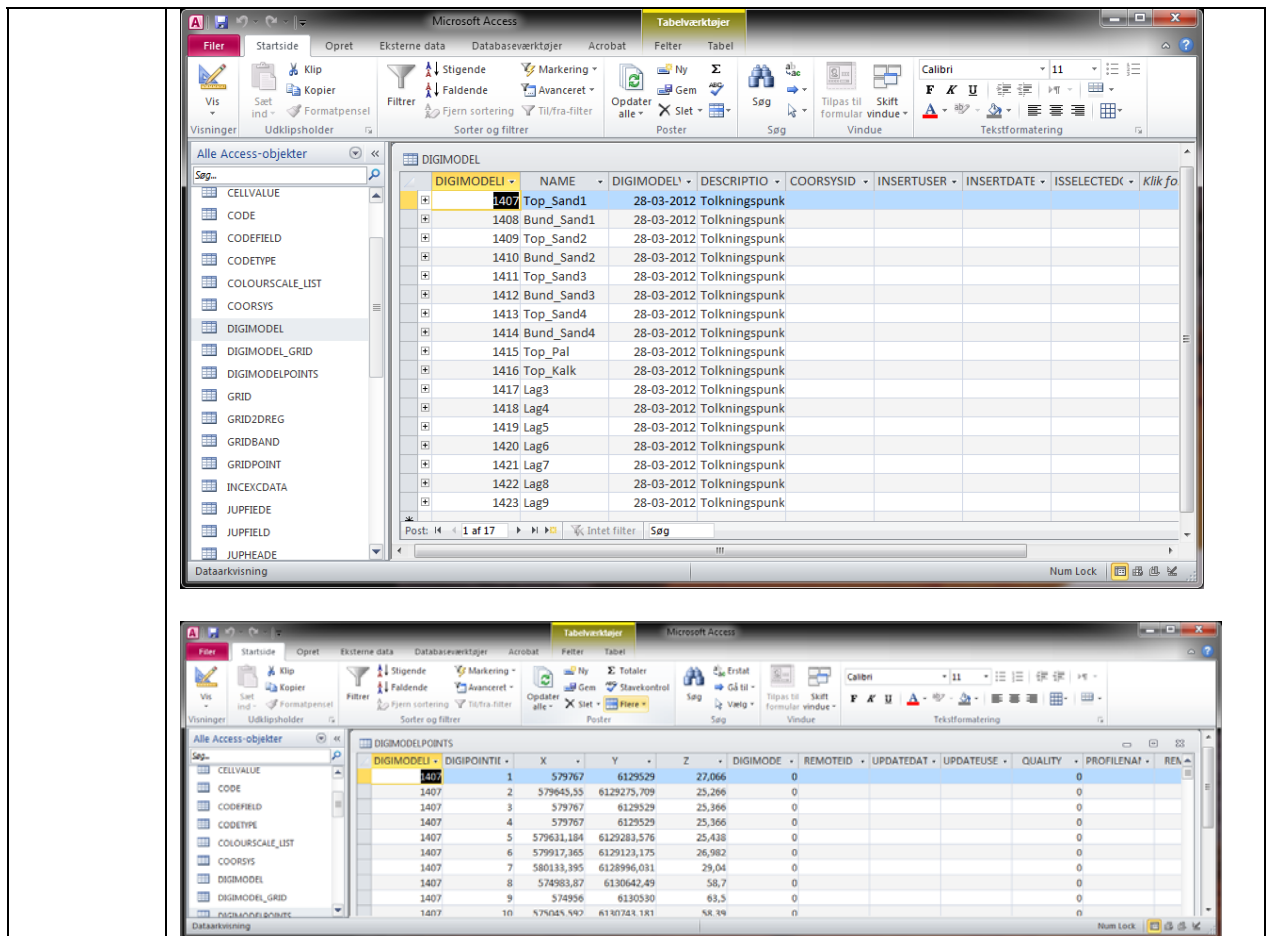
Forventet principlagsøjle /4/ Sedimenter, miljø, tektonik	Lagnr. DK-model /4/	Rumlige geologiske model for Odense Vest Modellag
Smeltevandsler, meltout till eller senglaciært smeltevandsand fra afsmeltning af død is	1-2	Modelleres ikke direkte. Defineres af terræn og Top_Sand 1. Modelleres i hydrostratigrafisk model.
Smeltevandslag fra det Ungbaltiske fremstød	3	Sand 1: Defineres af Top_Sand 1 og Bund_Sand 1. Korrelation med det Ungbaltiske fremstød er sandsynlig men ældre smeltevandsaflejringer kan evt. være inkluderet i laget.
1-2 tills fra det Ungbaltiske fremstød.	4	Modelleres ikke direkte. Defineres af Bund_Sand 1 og Top_Sand 2. Modelleres i hydrostratigrafisk model.
Smeltevandslag fra Hovedfremstødet eller det Ungbaltiske fremstød	5	Sand 2: Defineres af Top_Sand 2 og Bund_Sand 2.
1-2 tills fra Hovedfremstødet	6	Modelleres ikke direkte. Defineres af Bund_Sand 2 og Top_Sand 3. Modelleres i hydrostratigrafisk model.
Smeltevandslag fra det Gammelbaltiske fremstød eller Hovedfremstødet	7a	Sand 3: Defineres af Top_Sand 3 og Bund_Sand_3. Korrelation med Hovedfremstødet meget usikker. Korreleres med OV K2 i sedimentkorrelation for Odense Vest /11/. OV K2 har markant højt indhold af kvartskort i fingerfraktionen 2-4 mm og foreslås at være Saale eller ældre.
1 till fra det Gammelbaltiske fremstød	8a	Modelleres ikke direkte. Defineres i princippet af Bund_Sand 3 og Top_Sand 4, men da Sand 4 kun er erkendt i ganske få punkter kan laget ikke modelleres i praksis.
Smeltevandslag fra Gammelbaltiske fremstød	7b	(Sand 4): Defineres af Top_Sand 4 og Bund_Sand 4. Er kun erkendt i ganske få punkter og derfor ikke modelleret.
Flager af det Blanke ler og Cyprinaler (Eem)		Ikke modelleret rumligt. Optegnet kort med flager (bilag 4.9).
En eller flere tills (Saale)	8b	Modelleres ikke direkte. Defineres sammen med 8a og 8c af Bund_Sand 3 og Top_Pal. Modelleres i den hydrostratigrafiske model (sammen med 8a, 8c og 9a-9b).
En eller flere tills (Elster)	8c	Modelleres ikke direkte. Defineres sammen med 8a og 8b af Bund_Sand 3 og Top_Pal. Modelleres i den hydrostratigrafiske model (sammen med 8a, 8b og 9a-9b).
Kerteminde Mergel Fm.	9a-9b	Palæocæn ler/mergel: Defineres af Top_Pal og Top_Kalk. Indeholder Karteminde Mergel og Æbelø Fm. samt Røsnæs Ler/Lillebælt Ler.
Danien Kalk Fm.	9c	Kalk: Defineret af Top_Kalk. Bund ikke defineret i den rumlige geologiske model.
Skrivekridt	10	Inkluderet i Kalk .

Tolkningerne i den hydrostratigrafiske model tager udgangspunkt i den rumlige geologiske model.



Figur 5.1: Principskitse over den hydrostratigrafiske model.

Lag 8: Laget omfatter de palæogene ler/mergelaflejringer samt kvartært ler i de områder, hvor der er tolket Sand 3, og hvor der er kvartært ler mellem Sand 3 og prækvartæroverfladen, jf. Figur.



Dato:	Screening af flader og punkter fra NordFyn	Udfyldt af:	MKRI
11.04.2014-	<p>Modellen er downloadet fra Modeldatabasen med henblik på at genbruge punkter fra modellen. Tabellen "Digimodelpoints" er åbnet i Access for at se om der er anvendt snap- og Quality-funktion. Der er snappet til boringer, Odensesyd-skytem_5lag.1dv.200. og nogle numre, der må stamme fra noget Geofysik. Der er ikke anvendt Quality-funktionen i projektet.</p> <p>I Modeldatabasen er der tilknyttet Dataark, men sammenligningen med DK-modellen skal findes i rapporten. Der står at:</p> <p>I de kortlægningsområder, der støder op til Indsatsområde Nordfyn, findes tre hydrostratigrafiske/hydrologiske lokalmodeller:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Søndersø modellen, 5 lags model (DHI, 2003) • Odense Vest modellen, 9 lags model (Rambøll, 2011) • Nr. Aaby modellen, 9 lags model (Niras, 2013 - <i>under udarbejdelse</i>) <p>Derudover findes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • DK-modellen for Fyn, bestående af 9 lag (GEUS, 2009). Modellen dækker hele Fyn og dermed også hele Nordfyn modelområde. <p>Modellagene fra Søndersø modellen, Odense Vest modellen og modellagene fra DKmodellen for Fyn er indlæst i GS3D-projektet, hvor de er anvendt som støtte i tolkningsprocessen.</p> <p>Søndersø modellen er fundet mindre anvendelig, da modellens 5 lag vanskeligt kan sammentolkes med de 9 lag, som modellen for Indsatsområde Nordfyn indeholder. Dette er baggrunden for, at den hydrostratigrafiske model for Nordfyn også dækker Indsatsområde Søndersø, idet dette område herefter også kan henføres til DKmodellen for Fyn.</p> <p>I Access-databasen der er downloadet fra Modeldatabasen kan man se at de enkelte punkt-</p>		

temaer har fået en DigimodelId, så de kan adskilles fra hinanden.

DIGIMODELID	NAME	DIGIMODEL1	DESCRIPTIO	COORSYSID	INSERTUS
1780	Bund_lag1_toj	13-11-2013	Bund_lag1_toj		
1781	Bund_lag2_ler	13-11-2013	Bund_lag2_ler		
1782	Bund_lag3_KS:	13-11-2013	Bund_lag3_KS:		
1783	Bund_lag4_ler	13-11-2013	Bund_lag4_ler		
1784	Bund_lag5_KS:	13-11-2013	Bund_lag5_KS:		
1785	Bund_lag6_ler	13-11-2013	Bund_lag6_ler		
1786	Bund_lag7_KS:	13-11-2013	Bund_lag7_KS:		
1787	Top_PreQ	13-11-2013	Top_PreQ		
1788	Top_Kalk	13-11-2013	Top_Kalk		

Punkterne fra NordFyn kan så hentes over i en ny punktdatabase til VTU projektet.

Vi ønsker at genbruge x,y,z, Remoteid, hvorimod deres Quality og Remark skal have en sekundær placering i vores tabel.

DIGIMODELID	DIGIPOINTID	X	Y	Z	DIGIMODEL	REMOTEID	QUALITY	PROFILNAJ	REMARK	UPDATEUSE	UPDATEDAT
1780	1	572136	6146747	37	0 136_ 97	11			Øvre redoxgrænse		
1780	2	575860	6151440	34	0 136_ 101	11			Øvre redoxgrænse		
1780	3	576132	6145892	21,5	0 136_ 701	11			Øvre redoxgrænse		
1780	4	577134	6146813,8	12,84	0 136_ 872	11			Øvre redoxgrænse		
1780	5	577096,2	6150272,6	26,72	0 136_ 109	11			Øvre redoxgrænse		
1780	6	573559	6149241	24	0 136_ 128	11			Øvre redoxgrænse		
1780	7	572885	6147859	31,7	0 136_ 608	11			Øvre redoxgrænse		
1780	8	575909	6147603	28,64	0 136_ 794	14			Øvre redoxgrænse		
1780	9	576126	6148049	25,7	0 136_ 796	14			Øvre redoxgrænse		
1780	10	576174	6148109	25,91	0 136_ 797	14			Øvre redoxgrænse		

Der laves en forespørgsel hvor kriteriet er at digimodelid er for et enkelt punkttemaer.

Forspørgslen køres og der laves en tabeloprettelse

Felt	DIGIMODELID	DIGIPOINTID	X	Y	Z	DIGIMODEL	REMOTEID	QUALITY	PROFILNAJ	REMARK	UPDATEUSE	UPDATEDAT
Tabell	DIGIMODELPOINTS	DIGIMODELPOINTS	DIGIMODELPOINTS	DIGIMODELPOINTS	DIGIMODELPOINTS	DIGIMODELPOINTS	DIGIMODELPOINTS	DIGIMODELPOINTS	DIGIMODELPOINTS	DIGIMODELPOINTS	DIGIMODELPOINTS	DIGIMODELPOINTS
Sorter												
Vis												
Kriterier												
eller												

Forspørgslen køres og der laves en tabeloprettelse, hvor tabellen gemmes i den nye tolkningsdatabase.

Tabeloprettelse

Opret en ny tabel

Tabellavn: **NF1783lag4**

Aktuel database

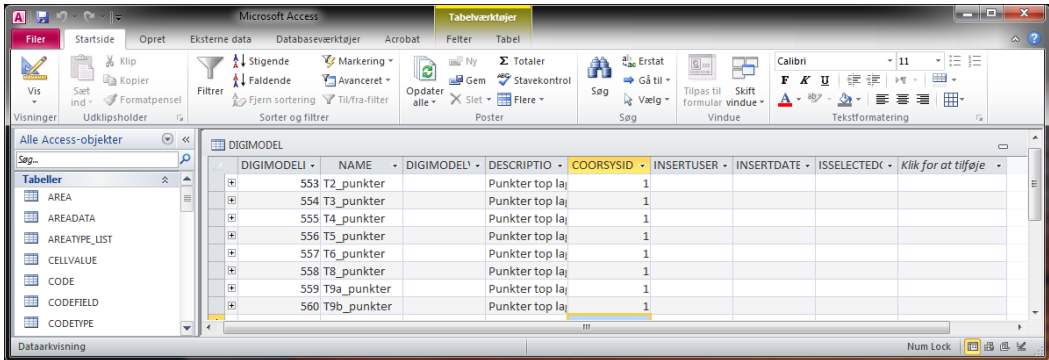
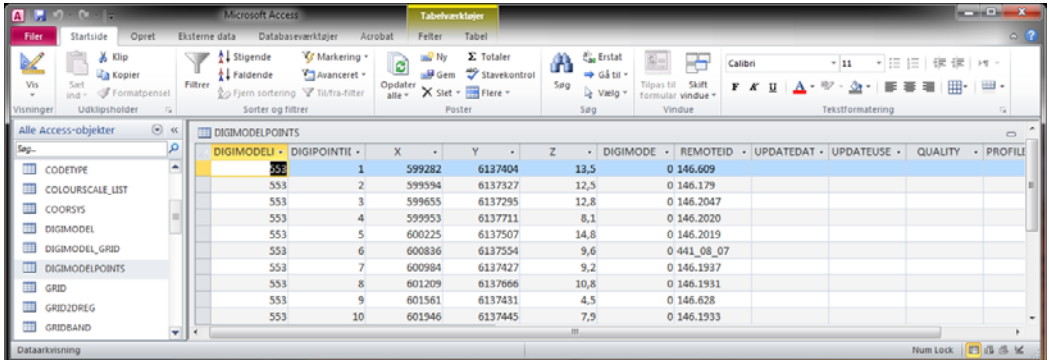
En anden database:


Filnavn: **C:\projekter\Byens-vand_Odense\GeoScene3D\vtu.mdb**

Gennemse...

OK

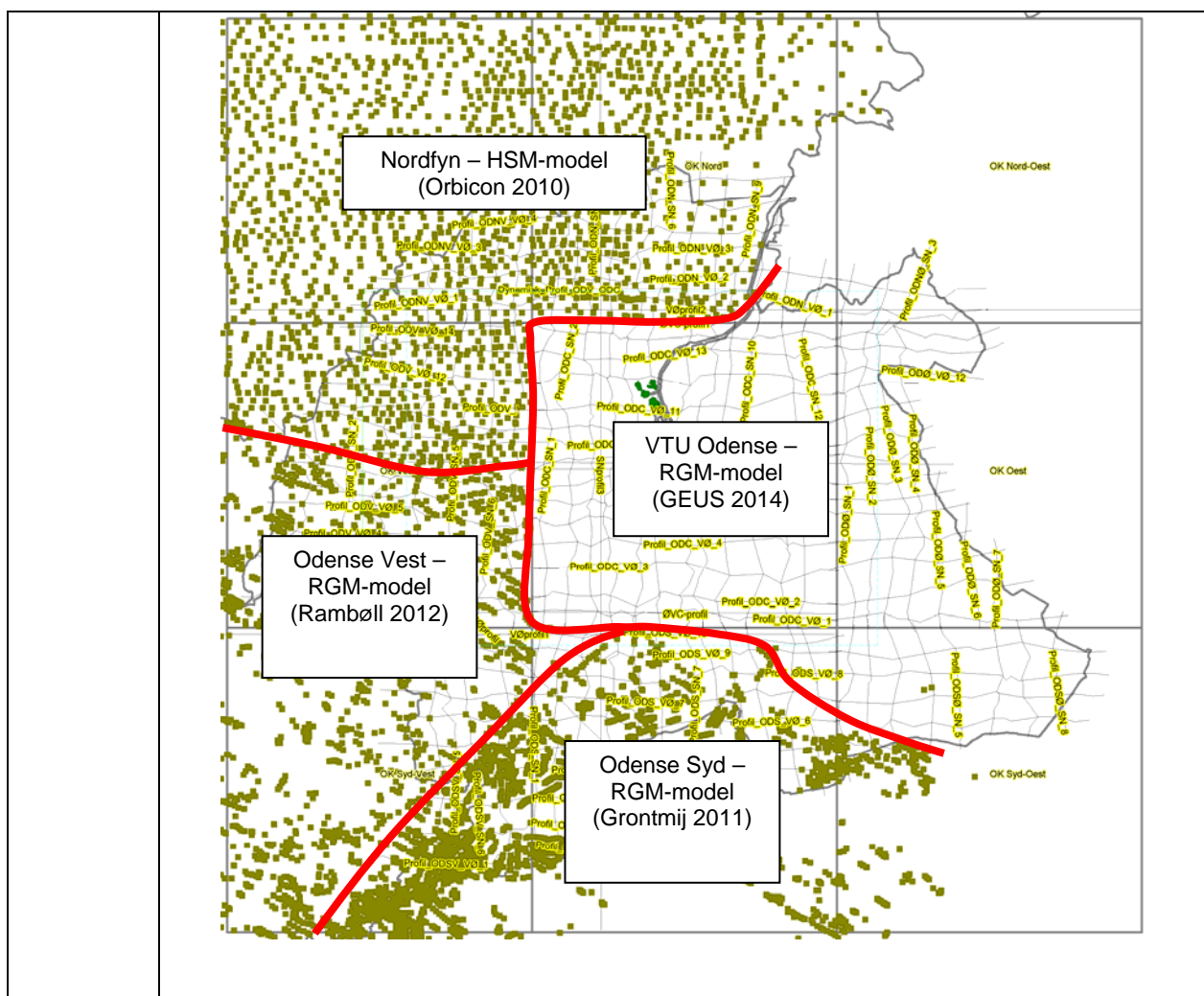
Annuler

Dato:	Screening af flader og punkter fra Kerteminde	Udfyldt af:	MKRI
11.04.2014-	<p>Modellen er downloadet fra Modeldatabasen med henblik på at genbruge punkter fra modellen. Modellen er lavet i ED50, så det skal vi være opmærksomme på hvis der anvendes GIS-filer.</p> <p>Tabellen "Digmodelpoints" er åbnet i Access for at se om der er anvendt snap- og Quality-funktion. Remoteid: Der er snapped til boringer, test.tem.SCI_5L_v4_I. og nogle numre, der må stamme fra noget Geofysik. Der er ikke anvendt Quality-funktionen i projektet. I Modeldatabasen er der ikke tilknyttet Dataark eller GIS-filer.</p>  		

 Logbog	
Projekt:	07669 - Modellering VTU Odense
Aktivitet:	Rumlig Geologisk Model (RGM)
Delaktivitet:	RGM modeltolkninger

Dato:	RGM tolkninger i GeoScene 3D	Udfyldt af:	PSA
07.08.14	<p>Proceduren for den rumlige geologiske modellering er:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Print af oprettede, faste profilsnit for ODC-kvadranten (Overhøjning 20 gange) 2) Påtegning af geologiske tolkninger på papirprofiler inkl. bemærkninger vedr. tolkningerne 3) Kontrol af tolkninger og lagsammenhænge i profilkryds 4) Digitalisering af de foretagne RGM-tolkninger på profilerne 5) Kontrol og justering af digitale RGM-tolkninger 6) Beskrivelse af lagsammenhænge mellem ODC og de omkringliggende kvadranter <p>Pkt. 1-3 samt 5-6 er foretaget af PSA, pkt. 4 af MKRI.</p>		

Dato:	Generelt vedr. RGM-tolkninger i de 9 kvadranter	Udfyldt af:	PSA
07.08.14	<p>I VTU-projektet er der lagt vægt på at genbruge så meget som muligt af de eksisterende modeller. Odense by er mod syd, vest og nord omgivet af nyere geologiske modeller; Odense Syd, Odense Vest og Nordfyn. Disse modeller er opstillet som modeller, hvis hydrostratigrafi følger DK-modellen for Fyn (9 lag). Modellerne er udarbejdet i perioden 2010-2012, og det vurderes, at mængden af nye data tilkommet i de seneste par år indenfor områderne er begrænset. I forbindelse med VTU-modelleringen genanvendes derfor de eksisterende tolkninger, således at VTU-modelleringen reelt kommer til at omfatte kvadranterne C, NØ, Ø og SØ. Modeltolkningerne i kvadranten, der omfatter Odense C, prioriteres højest.</p> <p>Som det er illustreret på figuren på næste side, så er der for kvadranterne S, SV, V, NV og N importeret tolkningspunkter fra de eksisterende modeller. For Odense Syd og Odense Vests vedkommende er der tale om RGM-tolkninger, mens der for Nordfyn kun er udført en HSM. Det er besluttet at anvende disse HSM-tolkninger og holde dem op mod RGM-tolkningerne i de øvrige områder, da geologien i NV-kvadranten er relativt simpel. Da centerkvadranten har højest prioritet, er de eksisterende modellers tolkningspunkter her slettet, og erstattet af VTU-modelleringens tolkningspunkter.</p> <p>Som en del af modelleringen i centerkvadranten kontrolleres sammenhængene til de eksisterende tolkninger i de omkringliggende kvadranter og eventuelle uoverensstemmelser noteres med sigte på den efterfølgende HSM-model. Navngivningen for lagene i de eksisterende modeller er ikke ens, hvilket man bør være opmærksom på ved senere bearbejdning af VTU-modellens RGM tolkninger. RGM-tolkningerne afspejler lokale geologiske forhold, og ved tolkningerne kan der være tale om bratte skift mellem koterne for de enkelte lag, netop fordi der er tolket lokalt. Det afgørende er, at der efterfølgende kan opnås en samlet hydrostratigrafisk model for området.</p>		



Dato:	RGM-tolkninger	Udfyldt af:	PSA
07.08.14	<p><u>RGM-tolkninger på papirprints:</u></p> <p>I det følgende er tolkningerne for de enkelte profiler i Odense C-kvadranten beskrevet kortfattet. RGM-tolkningerne i kvadranterne SØ, Ø og NØ afrapporteres ikke på tilsvarende måde; tolkningerne kan i stedet tilgås i selve GeoScene-projektet.</p> <p>Ved referencer til specifikke steder på profilerne anvendes enten afstanden fra venstre kant af profilet eller reference til området mellem skærende profiler (se top af profilet).</p> <p>Usikkerheden på de enkelte punkttolkninger fremgår af punkttemaerne i GeoScene 3D. Usikkerheden på de samlede modeltolkninger langs profilet beskrives kort i det følgende. Usikkerheden kategoriseres her som henholdsvis "lille", "mellem" og "stor".</p> <p>Fleere af borerne i Jupiterdatabasen er meget sparsomt beskrevet i de digitale data. For hovedparten af borerne vedkommende er der derfor foretaget en gennemgang af de indscannede PDF'er, som ligger i databasen. Mange værdifulde supplerende oplysninger er hentet fra disse filer; f.eks. er der i mange tilfælde blot noteret "L" i de digitale data, mens der i borejournalerne i PDF-format for eksempel kan stå, at der er tale om "Skiferler" og at porevandet er salt. Der er ligeledes fundet flere eksempler på fejl og unøjagtigheder i Jupiter-data, hvor årsagerne til disse kan være meget forskellige (se rapporttekst). Foruden de geologiske tolkninger er der også sket påtegning af bemærkninger vedr. tolkningerne samt f. eks. forekomster af klorid i grundvandsprøver. RGM-tolkningerne er checket i profilkryds.</p>		

Dato:	Profil ODC VØ 1	Udfyldt af:	PSA
07.08.14	<p><u>Datatæthed langs profilet:</u> God boringsdækning i den centrale del. SkyTEM-data findes kun i begrænsede dele af profilet; 3D griddet kan dog give indtryk af en større udbredelse af SkyTEM-data, hvilket skal tages i betragtning ved tolkning langs profilet. SkyTEM-data mod øst på profilet ligger eksempelvis et godt stykke fra profilet.</p> <p><u>Datakvalitet (boringer):</u> Generelt god (gode beskrivelser); flere boringer når prækvartæret.</p> <p><u>Geologiske tolkninger:</u> Prækvartæret viser kalk (BK) med top mellem -45 og -65 m. Herover paleocæn ler/skifer (PL/PR), som stedvist beskrives som "skiferagtigt ler" eller "hårde skiferlag" (DGU nr. 145.792). Tykkelsen af det paleocæne ler/skifer er op til ca. 35 m. Ved 3000-4000 m er lagene dog borteroderede og den kvartære lagserie ligger direkte på kalken (DGU nr. 145.748). Dette sted svarer til den nuværende Odense Ådal (se topografi). Det paleocæne ler/skifer har generelt lave modstande (blå/grøn). Den kvartære lagserie består af vekslende moræneler (ML) og smeltevandssand/grus (DS/DG) og tykkelsen er mellem ca. 50 m og 90 m, og der er godt korrelationsmuligheder centralt på profilet. Den kvartære lagserie er tykkest, hvor det paleocæne ler er borteroderet. Erosionen fremstår som en dyb dalerosion, og fyldet i dalen fremstår mere vekslende end udenfor dalen. I fyldet ses flager af paleocæne lerlag. SkyTEM-data ved dalerosionen afspejler godt lagseriens overordnede variationer, og de høje modstande i kalken viser, at der er fersk porevand dybt under dalerosionen. SkyTEM-data mod vest viser derimod lave modstande i samme niveau, hvilket tyder på salt porevand i kalken under tykke lag af PL.</p> <p><u>Usikkerheder:</u> Lille usikkerhed i de centrale dele af profilet og stor usikkerhed for de resterende dele af profilet (få data).</p>		

Dato:	Profil ODC VØ 2	Udfyldt af:	PSA
08.08.14	<p><u>Datatæthed langs profilet:</u> God boringsdækning i den centrale del; dårlig i den resterende del. SkyTEM-data findes kun i begrænsede dele af profilet.</p> <p><u>Datakvalitet (boringer):</u> Boringerne i den centrale del er dybe og har generelt gode beskrivelser.</p> <p><u>Geologiske tolkninger:</u> Den prækvartære lagserie viser en kalkoverflade beliggende mellem -65 og -35 m, og herover haves paleocænt ler/skifer på op til 25 m tykkelse. I boring DGU nr. 145.747 er det paleocæne ler/skifer borteroderet og den kvartære lagserie ligger direkte på kalken. Denne erosion svarer til, hvad der ses centralt på profil ODC VØ1, herunder også, at der under erosionen er fersk porevand i kalken og udenfor erosionen er salt porevand under det paleocæne ler/skifer. Dette bekræftes af salt porevand på op til 340 mg/l klorid i DGU nr. 146.1981 og 541 mg/l i DGU 146.3C (øst for erosionen; under ca. 25 m PL). Den kvartære lagserie viser vekslende ML og DS/DG indenfor dalerosionen og en mere ensartet lagserie udenfor dalen. Dog er mulighederne for korrelation langs profilet ringe. Tilsyneladende er den kvartære lagserie lerdomineret mod øst.</p> <p>SkyTEM-data viser, at den dybeste del af kvartæret udenfor dalerosionen har meget lave modstande, hvilket kunne tyde på en opblanding med paleocænt ler. Ved krydset med profil ODC SN 5 ses uoverensstemmelse mellem boring DGU nr. 145.747 og SkyTEM-data; øverst viser boringen ML, mens SkyTEM-data viser høje modstande. Dette skyldes, at SkyTEM-data repræsenterer øvre sandlag primært indenfor Odense Ådal, mens boringen viser ML i bakken ovenfor Odense Ådal. Da boring DGU nr. 145.747 viser borteroderet PL i dybden peger dette på, at den dybe erosion rækker ud over det snævre strøg, hvori Odense Å løber i dag.</p> <p><u>Usikkerheder:</u> Lille usikkerhed i de centrale dele af profilet og stor usikkerhed for de resterende dele af profilet (få data).</p>		

Dato:	Profil ODC VØ 3	Udfyldt af:	PSA
08.08.14	<p><u>Datatæthed langs profilet:</u> Begrænset datatæthed; kun få boringer.</p> <p><u>Datakvalitet (boringer):</u> Boringerne er generelt velbeskrevne.</p> <p><u>Geologiske tolkninger:</u> Kun to boringer mod øst gennemborer den kvartære lagserie. Der anbores kalk i kote -35 til -40 m, fx DGU nr. 146.671 og 146.2402. I sidstnævnte boring er der konstateret et kloridindhold på op til 358 mg/l og i førstnævnte blot "salt i kalken". Over kalken haves i de to boringer nogle få meter PL og PK (paleocæn ler og kalk), hvor der i DGU nr. 146.671 er noteret "tørre lag". Den kvartære lagserie ovenover er domineret af ML i hele profilet, og der ses flager af PL i den nederste del af kvartæret (DGU nr. 146.671). Øverst i den kvartære lagserie haves et tilsyneladende gennemgående lag af sand/grus, som er ca. 15 m tykt mod vest og kun et par meter mod øst. Eventuelle erosioner i forbindelse med Odense Ådal (ml. 4000 og 4500 m) kan ikke erkendes i data</p> <p><u>Usikkerheder:</u> På trods af at der tilsyneladende kan korreleres fint mellem boringerne, må tolkningerne langs profilet kategoriseres til "mellem til stor usikkerhed".</p>		

Dato:	Profil ODC VØ 4	Udfyldt af:	XXX
08.08.14	<p><u>Datatæthed langs profilet:</u> Begrænset antal boringer og kun SkyTEM ved profilet helt mod vest.</p> <p><u>Datakvalitet (boringer):</u> Beskrivelser ok; Kun få dybe boringer</p> <p><u>Geologiske tolkninger:</u> I boring DGU nr. 146.47D og 146.126 er kalken anboret i ca. kote -45 m. og der er i DGU nr. 146.74D tale om ca. 800 mg/l klorid. Ovenover kalken haves kun ca. 1 m paleocænt ler. Mod vest er der i boring DGU nr. 145.252 anboret "skiferler" i ca. kote -25 m, hvilket peger på en tykkelse af PL/PR på op til 25 m. Der er således tale om næsten total borterosion af PL/PR i midten af profilet. Der synes at være en sammenhæng med de erosioner, der kunne ses på profil VØ 1 og 2.</p> <p><u>Usikkerheder:</u> Stor usikkerhed langs det meste af profilet pga. få data.</p>		

Dato:	Profil ODC VØ 5	Udfyldt af:	PSA
08.08.14	<p><u>Datatæthed langs profilet:</u> God boringstæthed mod vest, mens der kun er få boringer i den centrale og østlige del.</p> <p><u>Datakvalitet:</u> Generelt gode boringsbeskrivelser.</p> <p><u>Geologiske tolkninger:</u> Mod vest anbores toppen af kalken i flere boringer mellem kote -50 og -63 m, men i boring DGU nr. 145.271 er kalken ikke anboret i kote -72 m. SkyTEM-data viser høje modstande i kalken, hvilket viser fersk porevand. Dette understreges af boring DGU nr. 145.282 tæt øst for, hvor der er målt 60 mg/l klorid i skifer lige over kalken. Længere mod øst haves der væsentligt højere kloridindhold i kalken; 1234 mg/l i DGU nr. 145.87 og 1564 mg/l i DGU nr. 247. Ovenover kalken ses PL med en tykkelse på op til 15-20 m, men med kun en tykkelse på 5 m helt mod vest. Det ser ud til, at hvor det paleocæne ler er tyndt, kan fersk vand trænge ned i kalken, mens dette ikke sker hvor leret er tykt. Den prækvartære lagserie er usikkert bestemt i de centrale og østlige dele af profilet, men det ser ud til, at der er en erosion ca. fra skæringen med profil SN 4 og øst over.</p> <p>Den kvartære lagserie er mere end 100 m tyk helt mod vest, mens den lidt længere mod øst kun er ca. 50 m tyk. Bedømt ud fra SkyTEM og boringer er der tale om en dalstruktur helt mod vest, som gennemborer det paleocæne ler/skifer helt ned til kalken og muliggør at det ferske grundvand kan trænge dybt ned i kalken. Lagserien indenfor dalerosionen adskiller sig tydeligt fra lagserien udenfor dalen. I boring DGU nr. 145.285 er der ca. mellem kote 0 og +5 m tolket interglacialt saltvandsler (QL), men denne tolkning kan dog ikke genfindes i prøvebeskrivelserne og er derfor tvivlsom. Øst for dalen viser den kvartære lagserie ML nederst, DS/DG herover og ML øverst. Ca. øst for skæringen med profil ODC SN 4 ændres den kvartære lagserie igen og der ses f.eks dybtliggende DS/DG. På dette sted haves tydeligvis flanken af en dalstruktur, hvor fyldet er domineret af DS. Ved skæringen med ODC SN 7 haves PL i ca. kote -40 m og herover en ML-domineret lagserie; dalerosionens østlige grænse ligger derfor vest for denne boring. Dalene er tidligere beskrevet i forbindelse med kortlægningen af begravede dale i Danmark som lokalitet ODE21 (www.begravededale.dk). Den kvartære lagserie i profilets østlige halvdel er kun beskrevet i få, korte boringer.</p>		

<u>Usikkerheder:</u> Mod vest kan SkyTEM og boringer kombineres, hvilket giver en lille usikkerhed; i profilets østlige halvdel er der tale om stor usikkerhed.

Dato:	Profil ODC VØ 6	Udfyldt af:	PSA
08.08.14	<p><u>Datatæthed langs profilet:</u> God boringstæthed mod vest – specielt i området ved Excersermarken (mellem profil ODC SN 3 og 5), mens der kun er meget få boringer i den centrale og østlige del.</p> <p><u>Datakvalitet (boringer):</u> Generelt gode boringsbeskrivelser.</p> <p><u>Geologiske tolkninger:</u> Kalken er anboret i to boringer mod vest i kote -47 m (DGU nr. 145.2115) og i kote -59 m (DGU nr. 145.2718). Sidstnævnte boring ligger helt mod vest i dalerosionen beskrevet under profil ODC VØ 5. Det paleocæne ler/skifer over kalken er her helt bortroderet, mens tykkelsen af disse lag lige øst for når en tykkelse på ca. 25 m. Den kvartære lagserie i dalen er meget vekslende (se fx boringerne DGU nr. 145.2718 og 2739) og adskiller sig tilsyneladende fra den mere ensartede lagserie længere mod øst. Øst for skæringen med ODC SN 3 sker der et skifte i karakteren af den kvartære lagserie. Lagserien bliver igen mere vekslende og det paleocæne ler er eroderet bort øst for skæringen med ODC SN 4. Profilets vestlige del afspejler dalgeologi og sandsynligvis flere uafhængige dalerosioner indenfor samme overordnede strøg. SkyTEM 3D-griddet mellem 1000 og 2000 m afspejler data langt fra profilet og bør ikke tages i betragtning ved tolkningerne. Målinger af klorid i det paleocæne ler/skifer og i kalken viser kun svagt forhøjet klorid og dermed god cirkulation af ferskvand til stor dybde (40-50 mg/l; boringerne DGU nr. 145.452 og 145.718). Lagserien i profilets østlige halvdel er usikkert bestemt; i boring DGU nr. 146.218 have skiferler i kote -30 m og herover ML og i en enkelt boring længere mod øst ses dominans af ML (DGU nr. 146.68B).</p> <p><u>Usikkerheder:</u> Usikkerheden på modeltolkningerne mod vest er lille, mens den er stor mod øst.</p>		

Dato:	Profil ODC VØ 7	Udfyldt af:	PSA
08.08.14	<p><u>Datatæthed langs profilet:</u> Tætheden af boringer langs profilet er rimeligt god.</p> <p><u>Datakvalitet (boringer):</u> Kvaliteten af boringsbeskrivelserne er varierende og flere af boringerne er meget sparsomt beskrevne.</p> <p><u>Geologiske tolkninger:</u> Kalken anbores i tre boringer; i kote -55 m mod vest (DGU nr. 145.270) og mod øst i kote -41 m (DGU nr. 146.2154 og 146.65B). Dog viser boringer her i mellem, at der er tyk PL ovenover kalken og at kalken end ikke er anboret i kote -75 m (DGU nr. 145.447). Det betyder, at der er et relief i kalkoverfladen på mere end 30 meter. Det paleocæne lers overside ligger mellem kote -30 og -40 m, og der er ikke tegn i data på, at der er dybe erosioner ned i den prækvartære lagserie. Den dybtliggende kalk og det tykke paleocæne ler ovenover (40 m i DGU nr. 145.447) må således være et udtryk for en gravsænkning. Vandprøver fra såvel kalk som PL/PR viser forhøjet kloridindhold; op til godt 1000 mg/l (DGU nr. 145.67A). Den kvartære lagserie er domineret af ML, med lag af smeltevandssand/grus i den nederste del af lagserien samt stedvist helt i den øverste del. Lagserien ser ud til at være rimeligt korrelerbar i de centrale og de østlige dele. Helt mod vest er lagserien meget vekslende og her er der sandsynligvis tale om den begravede dal, som er omtalt ovenfor. Ifølge boringerne når dalerosionen dog ikke ned i kalken på dette sted.</p> <p><u>Usikkerheder:</u> Usikkerheden på den samlede modeltolkning er kategoriseret som ”mellem”.</p>		

Dato:	Profil ODC VØ 8	Udfyldt af:	PSA
08.08.14	<p><u>Datatæthed langs profilet:</u> Mod vest er der dårlig dækning mht. boringer, men her er der til gengæld nærtliggende SkyTEM-sonderinger, som afspejler lagserien. Mod øst er der næsten ingen data, mens de midterste dele af profilet er rimeligt dækket.</p> <p><u>Datakvalitet (boringer):</u> Flere af boringerne er meget sparsomt beskrevet og mange supplerende oplysninger er hentet fra scannede PDF'er i Jupiterdatabasen.</p> <p><u>Geologiske tolkninger:</u> Profilet viser overordnet den samme geologiske opbygning som ODC VØ 7; PL anbores i ca. kote -30 m, mens kalken ikke med sikkerhed er truffet; ”k” i DGU nr. 145.121 er sandsynligvis selandien-lag (PK) . Den prækvartære lagserie har forhøjet kloridindhold i flere boringer (fx 2057 mg/l i DGU nr. 145.121). Den kvartære lagserie er domineret af ML, bortset fra ved skæringen med ODC SN 10, hvor der ses sand/gruslag på op til 25 meters tykkelse i lagseriens</p>		

	<p>øverste del. Der er her sandsynligvis tale om en overfladenær erosion ned i moræneleret og som efterfølgende er udfyldt med sand/grus. Dette sand/grus har et forhøjet indhold af klorid, hvilket peger på opstigende saltvand fra større dybde.</p> <p><u>Usikkerheder:</u> Mellem usikkerhed i de centrale og vestlige dele af profilet og stor usikkerhed mod øst.</p>
--	--

Dato:	Profil ODC VØ 9	Udfyldt af:	PSA
08.08.14	<p><u>Datatæthed langs profilet:</u> Sparsom boringsdækning. SkyTEM-data i profilets vestligste del.</p> <p><u>Datakvalitet (boringer):</u> Flere boringer har sparsomme beskrivelser.</p> <p><u>Geologiske tolkninger:</u> Profilet viser samme overordnede geologiske opbygning som profil ODC VØ 7 og 8; kalken anbores i kote -55 m (DGU nr. 145.281) og herover haves ca. 15 m PL/PR. Overfladen af den prækvarterne lagserie ligger i -35 til -30 m. Boring DGU nr. 145.362 i den vestlige halvdel af profilet viser tilsyneladende at der er fersk vand i kalken (40 mg/l klorid), hvilket viser, at det ferske vand på dette sted formår at trænge ned i kalken. To km længere mod øst haves i boring DGU nr. 146.564 derimod 1038 mg/l klorid i kvartært grus lige ovenover de prækvarterne lag; her gælder det i stedet at dybtliggende salt grundvand kan trænge op i den kvartære lagserie. Ca. ved skæringen med ODC SN 4 ses op til 15 m tykke lag af DS/DG, hvilket kunne tyde på en erosionsstruktur.</p> <p><u>Usikkerheder:</u> Usikkerheden er generelt mellem til stor.</p>		

Dato:	Profil ODC VØ 10	Udfyldt af:	PSA
13.08.14	<p><u>Datatæthed langs profilet:</u> Sparsom boringsdækning. Mod vest er der et område med mange korte boringer uden litologiske oplysninger i Jupiter.</p> <p><u>Datakvalitet (boringer):</u> Begrænset; flere boringer har ingen eller kun begrænsede litologiske oplysninger.</p> <p><u>Geologiske tolkninger:</u> PL anbores i kote -34 m i boring DGU nr. 146.19. I de digitale data er anført "L", men i borejournalen er der anført "Skiferler", og vandet her i er saltholdigt. Det er muligt, at denne overflade også anbores i DGU nr. 145.70 (beskrevet som "Blåler"), og kvartært grus ovenover har højt indhold af klorid (1935 mg/l). Oprindeligt har der været vandtryk over terræn i denne boring, hvilket stemmer godt overens med, at der trænger salt porevand op fra dybere lag; Hvis ikke leret er PL, så ligger det i hvert fald ikke meget dybere end bunden af boringen.</p> <p>Den kvartære lagserie ovenover er domineret af ler (ML) med indslag af sand/grus (DS/DG). Dog viser boring DGU nr. 146.19 en lagserie med tørv i toppen og en dominans af sand og silt herunder. Dette kunne pege på en lokal erosion ned i moræneleret, som nu er fyldt op. Midten af profilet krydser havneområdet i Odense, og her ses boringer med op til omkring 15 m postglaciale tørv/dynd. Disse aflejringer er sandsynligvis begrænset til den topografiske lavning. Øst for lavningen ligger DGU nr. 137.504, som er anført som "U" (ler, sand, grus) mens borejournalen viser viser at der er tale om ML ("blåler") og i borejournalen er noteret at der under moræneleret findes grus. I dette grus er der en relativt stor afsenkning (6 m pr. m³), hvilket peger på lokal udbredelse af gruset.</p> <p><u>Usikkerheder:</u> Der er stor usikkerhed på modeltolkningerne langs stort set hele profilet. Kun ved havnen er der tale om mellem usikkerhed, da boringerne tydeligt viser det postglaciale fyld i lavningen, men den dybe del af lagserien opløses ikke her.</p>		

Dato:	Profil ODC VØ 11	Udfyldt af:	PSA
13.08.14	<p><u>Datatæthed langs profilet:</u> Lille datatæthed (boringer).</p> <p><u>Datakvalitet (boringer):</u> Begrænset; flere boringer har ingen eller kun begrænsede litologiske oplysninger.</p> <p><u>Geologiske tolkninger:</u> Paleocænt ler er anført i boringerne DGU nr. 136.14 ("Fedt ler m. haarde lag"), 137.489 (PL) og 137.501 ("Skifer"). I boring DGU nr. 137.52B beskrives bunden som "Blåler", og det er muligt at dette også er paleocænt.</p>		

	<p>Den kvartære lagserie ovenover viser sand/grus i de dybe dele og moræneler herover. Sandet/gruset er op til 20 m tykt (DGU nr. 137.501), og filtre her i viser klorid på op til næsten 500 mg/l. Ved havneområdet og de lavtliggende områder her ses borerer med tørv og gytje (mellem profil SN 4 og SN 7). Boring DGU nr. 137.52B, som ligger i en topografisk lavning ("Vinkælderrenden") viser i PDF-borejournalen, at der i de øverste meter er "Blåler og "Ler", men hvor det er beskrevet at leret bliver gradvist mere sandet opefter og der optræder kalkskaller.</p> <p><u>Usikkerheder:</u> Der er stor usikkerhed på modeltolkninger langs stort set hele profilet.</p>
--	--

Dato:	Profil ODC VØ 12	Udfyldt af:	PSA
13.08.14	<p><u>Datatæthed langs profilet:</u> Lille datatæthed (boringer).</p> <p><u>Datakvalitet (boringer):</u> Begrænset; flere borerer har ingen eller kun begrænsede litologiske oplysninger.</p> <p><u>Geologiske tolkninger:</u> Mod vest anbores paleocænt ler i to borerer (DGU nr. 136.10; "L: Fedt ler, hårde lag" og i 136.16; L: Skiferler) mellem kote -33 og -43 m. Boring DGU nr. 137.4 er fra 1885 og angivelsen af "PL" i ca. kote -30 m er usikkert, da leret i borejournalen beskrives som "Blaaler" og "Sandler". Det er noteret, at "vandet er salt".</p> <p>Den kvartære lagserie er kun sparsomt belyst; mod vest findes antageligt ML over prækvartæret, herover grus og endelig ML og tørv på toppen. Denne lagserie kan sandsynligvis findes mod øst også, og tilsyneladende bliver sanet/gruset tykkere østover. Der er konstateret forhøjet klorid i flere af filtrene i den kvartære lagserie (eksempelvis 110-177 mg/l i DGU nr. 136.205), hvilket peger på en opadrettet gradient langs profilet. Overfladenært sand i borerer langs profilet kan pege på udfyldninger af lokale erosioner.</p> <p><u>Usikkerheder:</u> Der er stor usikkerhed på modeltolkninger langs stort set hele profilet. Herudover ser det ud til at der kan være tale om en kotefejl på borererne helt mod vest (5-10 m).</p>		

Dato:	Profil ODC VØ 13	Udfyldt af:	PSA
14.08.14	<p><u>Datatæthed langs profilet:</u> Meget begrænset antal borerer dybere end 10 m.</p> <p><u>Datakvalitet (boringer):</u> Kun få gode beskrivelser af borererne.</p> <p><u>Geologiske tolkninger:</u> Kalk ("K") og paleocænt ler ("PL") er truffet i borererne DGU nr. 137.92 og 137.5; kalken ligger i kote -80 til -55 m, mens toppen af det paleocæne ler ligger i kote -43 til -40 m. Der er således tegn på et relief i kalken, som ikke kan genfindes i toppen af prækvartæret. I førstnævnte boring er der konstateret næsten 5.000 mg/l klorid i det paleocæne ler. Det hydrostatisk tryk er opadrettet i denne boring (tryk over terræn), og at trykket generelt er opadrettet langs profilet kan indirekte ses af, at der i andre borerer er konstateret salt porevand i den kvartære lagserie ovenover (DGU nr. 136.909, 137.5, 137.95).</p> <p>Den kvartære lagserie viser moræneler og smeltevandssand/grus, men borererne giver ikke mulighed for korrelation mellem borererne. Boring DGU nr. 137.5 er en gammel boring med en dårlig beskrivelse, og der er beskrevet ML i boringen og ingen sandlag. DGU nr. 137.95 lige øst for viser dog et lag af DS under ca. 15 m ML. Dette kan muligvis betyde, at de kvartære sandlag typisk har en begrænset udbredelse. Boring DGU nr. 136.98 mod vest viser et ca. 20 m tykt lag af DS/DG, men ifølge borejournalen i Jupiter er der i borebeskrivelsen tale om meget hård ML og ikke DS. I dette tilfælde er leret skyllet ud ved boreprocessen, hvilket skaber en sandet/gruset prøve og i sidste ende et tilsyneladende tykkere magasin end reelt.</p> <p><u>Usikkerheder:</u> Der er stor usikkerhed på modeltolkninger langs stort set hele profilet.</p>		

Dato:	Profil ODC VØ 14	Udfyldt af:	PSA
14.08.14	<p><u>Datatæthed langs profilet:</u> Generelt er der en lille boringstæthed, med undtagelse af en række korte boringer mellem skæringen med ODC SN 8 og 9, hvor der er boret igennem postglaciale marine lag.</p> <p><u>Datakvalitet (boringer):</u> Varierende kvalitet af borebeskrivelser.</p> <p><u>Geologiske tolkninger:</u> Kalken ("BK") anbores i ca. kote -68 m mod vest på profilet (DGU nr. 136.73B), og herover haves palæocent ler med en tykkelse på ca. 33 m og en topkote ved -35 m. Øst for denne boring haves der i -41 m "L", som i borejournalen beskrives som "Skiferler og grøndsandskalk" (DGU nr. 136.38A). Helt mod øst haves "PL" i kote -36 m (DGU nr. 137.426), hvilket peger på en nogenlunde plan prækvartæroverflade i dette område. Den kvartære lagserie er domineret af ML, bortset fra DGU nr. 136.38A, som viser 45 m "DS" (se profil ved afstand 3.000 m). I borejournalen står, at der blev pumpet ved ca. 40 m, men "boringen gik næsten straks tør". Dette er usandsynligt ved et 45 m tykt DS-magasin, så den eneste forklaring er, at der er boret i ML og at leret er skyllet ud af prøverne ved boreprocessen. Der er således ikke tale om DS i denne boring. Der ses stedvise sandlag af mindre end 10 meters tykkelse i boringerne langs profilet.</p> <p>Der er konstateret forhøjet kloridindhold eller beskrevet "saltvand" i flere boringer langs profilet, eksempelvis DGU nr. 136.73B, hvor der i kalken er fundet 17.588 mg/l klorid, 71 m.u.t., og et aftagende kloridindhold opefter til 552 mg/l i DS, 25 m.u.t. Boringen har et vandtryk over terræn og en generelt opadrettet trykgradient bedømt ud fra kloridindholdet. I boring DGU nr. 137.819 helt mod øst ses et kloridindhold på 2.600 mg/l i et DS-magasin 25 m.u.t., hvilket peger på nogenlunde tilsvarende forhold. I afstanden 5.500-7.000 m ses en række boringer, som gennemborer postglaciale marine aflejringer af sand, gytje og ler med en tykkelse på op til ca. 10 m. Under disse lag haves ML og S. Alle boringer er dog korte. De postglaciale lag følger topografiske lavninger i morænen, som forventes at være udbredt i området.</p> <p><u>Usikkerheder:</u> Der er stor usikkerhed på modeltolkningerne langs stort set hele profilet.</p>		

Dato:	Profil ODC SN 1	Udfyldt af:	PSA
01.09.2014	<p><u>Datatæthed langs profilet:</u> Begrænset antal boringer, men rimelig dækning med SkyTEM-data.</p> <p><u>Datakvalitet (boringer):</u> Varieret detaljeringsgrad af borebeskrivelser.</p> <p><u>Geologiske tolkninger:</u> Mellem profil VØ5 og VØ7 haves de dybeste boringer på profilet, og to af disse boringer når ned i tilsyneladende faststående kalk i kote -58 til -62 m. I DGU nr. 145.285 er der herover ca. 5 m "PL", mens der i DGU nr. 145.2718 er moræneler ovenover og derover en flage af PL. I Boring 145.271 er faststående prækvartære aflejringer endnu ikke truffet i kote -72 m. Disse tre boringer ligger indenfor et ca. 1½ km bredt strøg, hvor SkyTEM-data viser, at der er dominans af høje elektriske modstande til stor dybde. Dette står i kontrast til de omkringliggende områder, som er domineret af lave modstande dybere end kote -25 m. Der er her tale om en dalerosion (se beskrivelser under ODC_VØ_5, 6 og 7). Fra ca. kote -20 og nedefter i boring DGU nr. 145.285 er der tale om sanddominans i den kvartære lagserie, hvis man ser på de digitale data. Hvis man ser detaljeret på de bagvedliggende boreoplysninger i Jupiter (vedhæftede PDF-filer) opdager man, at de nederste knap 20 m er beskrevet som "Ler, hårdt, stenet", hvilket umiskendeligt er moræneler. Denne lagserie passer bedre med den nærtliggende DGU nr. 145.271, som netop viser moræneler i disse dybder. Lagserien i dalstrukturen er vekslende.</p> <p>Lagserien lige syd for dalerosionen er dårligt beskrevet, og umiddelbart ser det ud til i SkyTEM, at der er en mindre dyb dalstruktur mellem VØ_3 og VØ_4, men dette er meget usikkert, da SkyTEM-data ligger langt fra profilet. Lagserien mod nord viser en ganske simpel lagserie; i DGU nr. 136.10 er der i ca. kote -30 m anboret "Fedt ler, hårde lag", hvilket sammenholdt med de lave elektriske modstande, peger på paleocæn ler (PL). Herover haves "u" – sandsynligvis moræneler, herover knap 15 m grus og herover igen moræneler. De øvrige boringer på den nordlige halvdel af profilet viser omtrent samme lagserie.</p> <p>Der er på DGU nr. 136.10's borejournal påtegnet "Saltvand", hvilket viser opstigende salt grundvand. De lave elektriske modstande er også meget lave helt op til kote -20 m. Hvis man ser på Sky-</p>		

	<p>TEM-data ser man mod syd at der er meget lave modstande mellem kote -25 og -65 m, mens der mellem -65 og -110 m er knapt så lave modstande. Det vurderes, at de meget lave modstande udgør paleocænt ler, mens der herunder er tale om kalk med porevand med et vist saltindhold. Fra profilet ser det umiddelbart ud til, at fersk porevand kan trænge ned til dybere niveauer via dalerosionen og fortrænge det salte porevand i kalken. Dette synes ikke at være tilfældet i så høj grad nord for dalerosionen.</p> <p><u>Usikkerheder:</u> Der er kun få boringer langs profilet, men SkyTEM-data understreger det billede boredata tegner, så generelt kategoriseres usikkerheden som "mellem".</p>
--	---

Dato:	Profil ODC SN 2	Udfyldt af:	PSA
02.09.2014	<p><u>Datatæthed langs profilet:</u> Begrænset boringstæthed; kun få SkyTEM sonderinger.</p> <p><u>Datakvalitet (boringer):</u> Flere boringer har dårlige beskrivelser. Specielt er beskrivelserne/tolkningerne af ellogboringer af dårlig kvalitet.</p> <p><u>Geologiske tolkninger:</u> Paleocænt ler er fundet i bunden af 4 boringer langs profilet; f.eks. mod syd i DGU nr. 145.184, hvor PL anbores i kote -24 m og mod nord i DGU nr. 136.13, hvor "L" beskrevet som "Fed ler" er anboret i kote -40 m. Dette giver en hældning på ca. 2m/km mod nord.</p> <p>Den kvartære lagserie er meget dårligt beskrevet, både fordi der er tale om få boringer langs profilet og fordi jordlagsbeskrivelserne stedvist er meget usikre. Dette gælder i særdeleshed ellogboringerne DGU nr. 145.2507-2510 ved Bolbro/Exercermarken. Dette gælder typisk de dybe dele, hvor det er tolkninger fra elloggen, der er indført i Jupiter. Hvad brøndborenen beskriver som moræneler, beskrevet som sand (se i logbog om fejlbehæftede boringer). Der er således ikke tale om så tykke lag af smeltevandssand/silt mod syd på profilet (mellem 2000 og 4000 m), som boringerne antyder. Lagserien mod syd er domineret af moræneler. Ved skæring med profil VØ 6 og 7 viser DGU nr. 145.2507 ca. 30 m sand, hvilket må antages at være korrekt (god beskrivelse).</p> <p>Mod nord er den kvartære lagserie også domineret af moræneler, med et indslag af DS/DG dybere end kote -10 m og med en tykkelse på 5-10 m. Der haves (tilsyneladende) afgrænsede lavninger med postglaciale ferskvandsaflejringer (max. 5 m tykke).</p> <p><u>Usikkerheder:</u> Der er stor usikkerhed på tolkningerne langs dette profil.</p>		

Dato:	Profil ODC SN 3	Udfyldt af:	PSA
02.09.2014	<p><u>Datatæthed langs profilet:</u> Boringstætheden er stor midt på profilet.</p> <p><u>Datakvalitet (boringer):</u> Der er mange boringer med dårlig kvalitet.</p> <p><u>Geologiske tolkninger:</u> Nederst i lagserien anbores kalk i kote -55 m ved 3.500 m og i kote -70 m mod nord ved 9.200 m, hvilket i grove tal giver en nordlig hældning på 2,6 o/oo. Det paleocæne ler ovenover har overside mellem ca. kote -22 og -42 m og tykkelsen varierer mellem ca. 10 m og 35 m med størst tykkelse mod nord. Leret er typisk beskrevet som "Skiferler" (fx DGU nr. 145.2523).</p> <p>Den kvartære lagserie viser vekslende smeltevandssand og moræneler. Ved ca. 3.300 m sker der tilsyneladende et skift i lagserien, og igen ved ca. 4.500 m; Lagserien mellem skæring med profil VØ7 og VØ9 er meget varieret. Der er sandsynligvis tale om en dalerosion mellem skæringen med VØ5 og VØ7.</p> <p>Ellogboringen DGU nr. 145.2512 (ved 2.500 m) har en dårlig beskrivelse, og der er tvivl om litologien. Store dele af sandet i boringen er efter BB's beskrivelser i virkeligheden ML. Boring DGU nr. 145.2527 (ca. ved 5.400 m) har også dårlig beskrivelse; de øvre sandlag i boringen er højst sandsynligt ML. Ca. ved skæringen med profil VØ10 er der i Jupiter en række miljøtekniske boringer (Roers Alle, Tarup; se DGU nr. 136.1291), der ligger som PDF-filer i Jupiter og derfor reelt har litologi, selvom denne ikke er indtastet i Jupiter. Stort set alle boringerne er domineret af ML; alle boringer ligger meget tæt. Mod nord peger boringerne på en mere ensartet lagserie domineret af ML. Profilets nordlige del krydser to ådale, men boredata giver ikke et entydigt billede af eventuel-</p>		

<p>le udfyldninger af en dalerosion.</p> <p>Der er i kalken fundet kloridindhold på 1234 mg/l (DGU nr. 145.87), mens der i kvartært sand ved Tarup er fundet mellem 32 og 158 mg/l klorid (DGU nr. 136.213).</p> <p><u>Usikkerheder:</u> Tolkningerne langs profilet har stor usikkerhed pga. få boringer, men hvor boringerne ligger tæt kan der foretages korrelationer.</p>
--

Dato:	Profil ODC SN 4	Udfyldt af:	PSA
03.09.2014	<p><u>Datatæthed langs profilet:</u> Bortset fra mellem 3.600 og 4.800 m, hvor der er et stort antal boringer, er boringstætheden lille.</p> <p><u>Datakvalitet (boringer):</u> Umiddelbart vurderet er kvaliteten generelt middelgod.</p> <p><u>Geologiske tolkninger:</u> Midt på profilet anbores kalken ca. i kote -50 m. Det paleocæne ler ovenover har overside mellem ca. kote -22 og -42 m. Beskrivelserne af leret er dog dårlig, fx "skiferler".</p> <p>Den kvartære lagserie er sand/grusdomineret mellem skæring med profil VØ 5 til 7. Det paleocæne ler er her tyndt, hvilket peger på en dal-erosion næsten helt ned til kalken. Den kvartære lagserie både syd og nord her for, har væsentlig højere andel af morænelerslag. Boring 136.98 ved skæring med VØ13, har mellem -5 og -15 m beskrevet lagene som smeltevandssand, men der er her tale om moræneler jf. brøndborenen (se logbog om fejlbehæftede boringer). Der ser ud til at være tale om afgrænsede forekomster af postglaciale aflejringer øverst i lagserien i lavninger/ådale.</p> <p>Der er konstateret "saltvand" i DGU nr. 136.14 i det dybe "skiferler".</p> <p><u>Usikkerheder:</u> På grund af den stedvist lille boringstæthed og dårlige beskrivelser er usikkerheden generelt mellem til stor.</p>		

Dato:	Profil ODC SN 5	Udfyldt af:	PSA
03.09.2014	<p><u>Datatæthed langs profilet:</u> Der er generelt lille datatæthed langs profilet; der haves et mindre område med SkyTEM-data helt mod syd.</p> <p><u>Datakvalitet (boringer):</u> Generelt rimelig god, men med enkelte grelle undtagelser (se herunder).</p> <p><u>Geologiske tolkninger:</u> Ved 3.700 m ses områdets dybeste boring (DGU nr. 145.433). I denne boring er der i kote -168 m anboret Skrivekridt under en 180 m tyk kvartær lagserie, hvilket viser en meget dyb erosionsstruktur på dette sted. Herover i lagserien haves kalk (BK) beskrevet i fx boring DGU nr. 145.748 ved skæring med VØ1. Kalken anbores mellem kote -60 og -70 m. Herover haves paleocænt ler, som typisk beskrives som "skifer" af brøndborer og som "Ler, ret fed, olivengråt, kalkholdigt" i DGU-beskrivelsen (DGU nr. 136.287). Tykkelsen af det paleocæne ler er op til 25 m. Det paleocæne ler er også borteroderet i en dalstruktur helt mod syd, hvor der ses moræneler direkte på BK (DGU nr. 145.748). Denne dalstruktur ligger under den nuværende lavning omkring Odense Ådal. Dalerosionen midt på profilet, derimod, har ingen topografisk dal ovenover, og det ser umiddelbart ud som om de øverste dele af lagserien kan korreleres henover dalen. Lagserierne i dalstrukturene er meget vekslende, men ser ud til at være sanddomineret, mens lagserien udenfor dalene er mindre kompliceret opbygget og mere leret. Boring DGU nr. 136.38A (ved skæring med VØ14) viser dominans af DS, men dette er en fejl; der er tale om ML (se beskrivelse af profil VØ14 ovenfor).</p> <p>I et filter i kvartært sand/grus lige over skrivekridtet i den dybe boring DGU nr. 145.433 haves et kloridindhold på godt 6.000 mg/l (kote ca. -141 m), mens der så højt som kote -25 m haves kloridværdier på 372 til 1805 mg/l i boringer lige udenom erosionsstrukturen. I andre boringer er der blot konstateret tilstedeværelse af "saltvand". SkyTEM-data viser, at der på den sydligste dalstruktur er høje modstande i kalken, hvilket her tyder på, at der er trængt fersk grundvand ned gennem sedimenterne i erosionsstrukturen. Der er dog ingen kemiske analyser til at bekræfte dette.</p> <p><u>Usikkerheder:</u> De geologiske korrelationer langs profilet har generelt en stor usikkerhed; boringstætheden er</p>		

	sparsom og der er i flere tilfælde tvivl om litologien pga. boringernes alder. Dalstrukturenes laterale udbredelse er ligeledes usikker.
--	--

Dato:	Profil ODC SN 6	Udfyldt af:	PSA
04.09.2014	<p><u>Datatæthed langs profilet:</u> Der er generelt lille datatæthed langs profilet; der haves et mindre område med SkyTEM-data helt mod syd.</p> <p><u>Datakvalitet (boringer):</u> Varierende; flere boringer med sparsomme beskrivelser.</p> <p><u>Geologiske tolkninger:</u> Kalkoverfladen anbores mod syd i kote -47 m (BK; Boring DGU nr. 146.157) og ved 6.500 m i kote -60 m, hvilket gennemsnitligt betyder en nordlig hældning på 2,2 o/oo. Kalken anbores også i andre boringer, men her i noget dybere niveauer (ca. kote -65 til -85 m). Ovenover kalken haves paleocænt ler, skifer og mergel, som har topkote mellem -27 og -35 m – med højeste beliggenhed mod nord. Største tykkelse er godt 30 m (DGU nr. 137.80). I de områder, hvor kalken ligger dybest, er der forekomster af paleocæne aflejringer ovenover (ved ca. 500-1.250 m og 4.250-4.750 m), hvilket svarer til en dybde, hvor der ellers ses kalk. Såfremt beskrivelserne i boringerne er korrekte og de paleocæne aflejringer ligger på oprindeligt leje, så er der disse to steder tale om forkastninger, hvor de prækvartære lag forkastes vertikalt i størrelsesordenen 20 m. Prækvartæroverfladen afspejler dette.</p> <p>Den kvartære lagserie er generelt lerdomineret (ML), og de største tykkelser af sand (DS) ses i de dalerosioner, som ligger ovenover de formodede forkastninger. Dog er der usikkerhed omkring den reelle tykkelse af sandet i dalerosionen midt på profilet, da der f.eks. i boring DGU nr. 145.3261 er uoverensstemmelser mellem prøvebeskrivelserne og den gammalog, som er udført. Ved skæring med VØ10 (ved havneområdet) ses op til 10 m tykke postglaciale ferskvandsaflejringer og helt nordligt ses forekomst af postglaciale gytjeaflejringer, som er afgrænsede til den topografiske lavning.</p> <p>I filtre i de prækvartære lag, hvor de ligger dybest, er der konstateret kloridindhold mellem 348 og 1480 mg/l (fx DGU nr. 145.3261 og 145.40a). I bunden af boring DGU 145.121 er der konstateret 2057 mg/l klorid så højt som kote -30 m (i "PL").</p> <p><u>Usikkerheder:</u> På grund af det begrænsede antal boringer er usikkerheden på tolkningerne stor.</p>		

Dato:	Profil ODC SN 7	Udfyldt af:	PSA
04.09.2014	<p><u>Datatæthed langs profilet:</u> Generelt lille boringstæthed.</p> <p><u>Datakvalitet (boringer):</u> Varierende; flere boringer med sparsomme prøvebeskrivelser.</p> <p><u>Geologiske tolkninger:</u> Kalken anbores ca. mellem kote -45 og -55 m i profilets sydlige del (K/BK), mens det paleocæne lers top anbores mellem -28 og -48 m. Der ses ingen tegn på dybt nedskårne erosioner.</p> <p>Den kvartære lagserie ovenover er lerdomineret (ML) med indslag af smeltevandssand/grus med en begrænset udbredelse. Den største tykkelse af det kvartære sand er på omkring 20 m.</p> <p>I boring DGU nr. 145.554 helt mod syd er der fersk porevand i kalken (43 mg/l klorid), mens der nordover ses et stigende kloridindhold allerede fra skæring med VØ2 (DGU nr. 146.1981; 34-430 mg/l klorid). På den nordlige del af profilet ses de forhøjede kloridværdier i kvartære sand/gruslag; eksempelvis i DGU nr. 146.564 med 1038 mg/l klorid (kote -20 til -25 m).</p> <p><u>Usikkerheder:</u> Korrelationerne på langs af profilet er usikre på grund af de få boringer, men generelt vurderes tolkningerne at have en mellem usikkerhed, da geologien opløses i den store skala.</p>		

Dato:	Profil ODC SN 8	Udfyldt af:	PSA
04.09.2014	<p><u>Datatæthed langs profilet:</u> Generelt lille boringstæthed.</p> <p><u>Datakvalitet (boringer):</u> Varierende; flere boringer med sparsomme prøvebeskrivelser.</p>		

	<p><u>Geologiske tolkninger:</u> Kalken anbores ca. mellem kote -46 og -80 m i henholdsvis profilets sydlige del og nordlige del (K/BK). Mod nord ligger kalken bemærkelsesvist dybt, hvilket peger på forkastninger. Det paleocæne lers top anbores mellem ca. -29 og -46 m. Der ses ingen tegn på dybt nedskårne erosioner i data. Det paleocæne ler er tyndest, hvor kalken ligger højest og tykkest, hvor kalken ligger dybest; mod syd er leret kun et par meter tykt, mens det mod nord er op mod 50 meter tykt. Leret er tykkest i DGU nr. 137.4, men der er tale om en gammel boring, hvor tolkningen af laget er usikkert.</p> <p>Den kvartære lagserie ovenover er lerdomineret (ML) med indslag af smeltevandssand/grus med en vis udbredelse. Den største tykkelse af det kvartære sand er på omkring 20 m. Mod nord ses postglaciale marine aflejringer på op til ca. 10 meters tykkelse i den topografiske lavning ved skæring med profil VØ14.</p> <p>Der er forhøjede kloridværdier i de prækvartære aflejringer på op til 4.957 mg/l (DGU nr. 137.92) og også i den kvartære lagserie ovenover (op til 350 mg/l klorid; DGU nr. 137.53).</p> <p><u>Usikkerheder:</u> Korrelationerne på langs af profilet er usikre på grund af få boringer, og generelt vurderes tolkningerne således at have en stor usikkerhed.</p>
--	---

Dato:	Profil ODC SN 9	Udfyldt af:	PSA
08.09.2014	<p><u>Datatæthed langs profilet:</u> Lille boringstæthed langs profilet.</p> <p><u>Datakvalitet (boringer):</u> Varierende, men overvejende dårlig.</p> <p><u>Geologiske tolkninger:</u> Der anbores "LK" (Danien kalk, slamkalk) i kote -52 i DGU nr. 146.2046, "BK" i kote -41 m i DGU nr. 146.65B og "K" i DGU nr. 146.2154 i kote -41 m. Alle tre boringer ligger centralt på profilet. Ovenover kalken haves paleocæn ler (PL/R), som anbores i mellem kote -30 og -40 m; f.eks. i boringerne DGU nr. 146.83 (PL) og 146.2046 (PL). I boring DGU nr. 146.2054 beskrives lagene som "L" og i brøndborerens beskrivelse står "skiferler". Tykkelsen af det paleocæne ler er mellem 0 og 14 m; borte-roderet lokalt ved skæring med profil VØ7. Der er en kote-forskel på ca. 12 m for toppen af kalken midt på profilet (DGU nr. 146.2046 og 146.65B), hvilket kunne pege på tilstedeværelsen af en forkastning mellem skæring VØ6 og VØ7.</p> <p>Den kvartære lagserie er lerdomineret, men med indslag af smeltevandssand/grus, hvis korrelation langs profilet er usikker. Ved skæringen med profil VØ7, hvor de paleocæne ler er borte-roderet ligger der ovenover ca. 25 m smeltevandssand/grus, hvilket kunne pege på en smal, sand/grusfyldt dalerosion på dette sted. Mod nord ses en udfyldning med postglaciale, marine aflejringer i den topografiske lavning; tykkelse godt 5 m.</p> <p>I boring DGU nr. 146.19 er der noteret, at der er konstateret "saltvand" i boringen.</p> <p><u>Usikkerheder:</u> Der er store usikkerheder ved tolkningerne, da boringstætheden er lille og da beskrivelserne af lagene ofte er sparsomme.</p>		

Dato:	Profil ODC SN 10	Udfyldt af:	PSA
08.09.2014	<p><u>Datatæthed langs profilet:</u> Meget lille.</p> <p><u>Datakvalitet (boringer):</u> Beskrivelserne i borejournalerne i Jupiter er udmærkede; dog er de "nye" geotekniske boringer fra GeoGIS uden detaljerede beskrivelser.</p> <p><u>Geologiske tolkninger:</u> Lagserien beskrives bedst i boring DGU nr. 146.2402, hvor kalken anbores i kote -41 m, og herover haves ca. 8 m PL/PK. Herover haves en lerdomineret kvartær lagserie, med meget tynde sandede indslag. De øvrige boringer på profilet er korte og viser overfladenært moræneler med tynde sandlag.</p> <p>I DGU nr. 146.2402 er der konstateret et kloridindhold på op til 358 mg/l.</p> <p><u>Usikkerheder:</u> Stor usikkerhed pga. få boringer.</p>		

Dato:	Profil ODC SN 11	Udfyldt af:	PSA
08.09.2014	<p><u>Datatæthed langs profilet:</u> Lille.</p> <p><u>Datakvalitet (boringer):</u> Varierende.</p> <p><u>Geologiske tolkninger:</u> Mod syd anbores BK i kote -36 m (DGU nr. 146.671) og mod nord i kote -55 m (DGU nr. 137.5). I sidstnævnte boring er beskrivelsen dog sparsom og tolkningen af den prækvartære lagserie er usikker (gl. boring). Det paleocæne ler beskrives stedvist som fed ler (PL), skifer (PR) og eller som grønssandskalk (PK); DGU nr. 146.89. den samlede tykkelse er op til 20-25 m. I DGU nr. 146.671 er den faststående del af det paleocæne ler dog kun 5 m tyk. I DGU nr. 146.38 anbores "K" i ca. kote -5, men dette er sandsynligvis en fejltolkning, da laget i borejournalen har påført: "Er sikkert grus".</p> <p>Den kvartære lagserie er lerdomineret (ML), og der ses stedvise indslag af smeltevandssand.</p> <p>En interessant iagttagelse i DGU nr. 146.671 er, at det paleocæne ler beskrives som "tørt". I samme boring er det konstateret, at der er "salt i kalken". Klorid findes også i andre boringer i koncentrationer på op til omkring 450 mg/l – såvel i prækvartæret som i kvartæret.</p> <p><u>Usikkerheder:</u> Stor usikkerhed på tolkningerne pga. det begrænsede antal boringer.</p>		

Dato:	Profil ODC SN 12	Udfyldt af:	PSA
08.09.2014	<p><u>Datatæthed langs profilet:</u> Meget lille.</p> <p><u>Datakvalitet (boringer):</u> Begrænset.</p> <p><u>Geologiske tolkninger:</u> Lagserien beskrives bedst ud fra boring DGU nr. 146.92, hvor der i kote -36 m anbores kalk (BK) og herover ca. 12 m paleocæn ler (topkote i ca. -23 m). Det paleocæne ler hælder svagt mod nord og i DGU nr. 137.426 anbores det i kote -36 m.</p> <p>Den kvartære lagserie er lerdomineret med tynde indslag af smeltevandssand/grus. Der kan ikke korreleres langs profilet.</p> <p>Der er konstateret 154 mg/l klorid i de prækvartære lag i DGU nr. 146.92, mens der i et kvartært sandlag er konstateret et let forhøjet kloridindhold på 87 mg/l (DGU nr. 146.73A).</p> <p><u>Usikkerheder:</u> Stor usikkerhed på tolkningerne langs profilet.</p>		

Dato:	Digitale tolkninger af RGM i ODC-kvadrant	Udfyldt af:	PSA
12.09.2014	<p>Først er der foretaget tolkninger af VTU_Top_Pal og VTU_Top_Kalk for at fastlægge udbredelsen af de dybe lag. Der er importeret tolkningspunkter fra de eksisterende modeller for disse to lagflader, da det vurderes, at der er tale om gode og sikre tolkninger. Herefter er der suppleret med nye VTU-tolkningspunkter.</p> <p>Næste trin har været at tolke de kvartære laggrænser langs profilerne, og herefter tolkning af boringerne mellem profilerne ved hjælp af dynamiske (flytbare) profiler eller midlertidige, irregulære profiler gennem de boringer, der ikke er med på de faste profiler.</p>		

Dato:	Digitale tolkninger af RGM i ODNV, OSØ og ODSØ-kvadranter	Udfyldt af:	PSA
12.09.2014	<p>RGM-tolkningerne i kvadranterne ODNV, ODØ og ODSV er foregået på samme måde som for ODC-kvadranten. Dog er datamængden generelt begrænset, hvilket vil sige, at der kun har kunnet sættes ganske få tolkningspunkter. Generelt set viser tolkningerne ingen overraskelser ifht. tolkningerne i ODC.</p> <p>Tolkningerne fremgår af GeoScene-projektet og de eneste bemærkninger er følgende:</p>		

Profil ODØ VØ1:

Der er meget overfladenært sand på profilet; borerne viser sand/grus og samtidigt et vist nitrat/nitritindhold, hvilket bekræfter at der er tale om sårbare forhold og som derved også bekræfter den sandede/grusede lagserie. Boringerne DGU nr. 146.209 og 210 er DAPCO-boringer, hvor lagene er beskrevet som "U" og hvor der i borejournalen står "Stenet, let leret diluvialsand og –grus". Det er sandsynligt, at disse lag svarer til de øvrige, overfladenære sandede/grusede lag og ikke udgør ML, som ofte angives som "U", hvis beskrivelserne er sparsomme.

Profil ODØ VØ 7:

Højtliggende PL ved skæring med SN1 og SN2. Topkoten ligger i -4 m. Dette er bemærkelsesværdigt, og forekomsten kan ikke bekræftes. Boring DGU 146.309 er fejlbehæftet, idet der i den digitale version i Jupiter er angivet "S", og hvor brøndboreren i stedet angiver "ML".

BILAG 5:

VTU Odense

Udvalgte modelprofiler

Rumlig geologisk model (RGM)

Profiler i kvadrat ODC:

Side 2: ODC_VØ_1

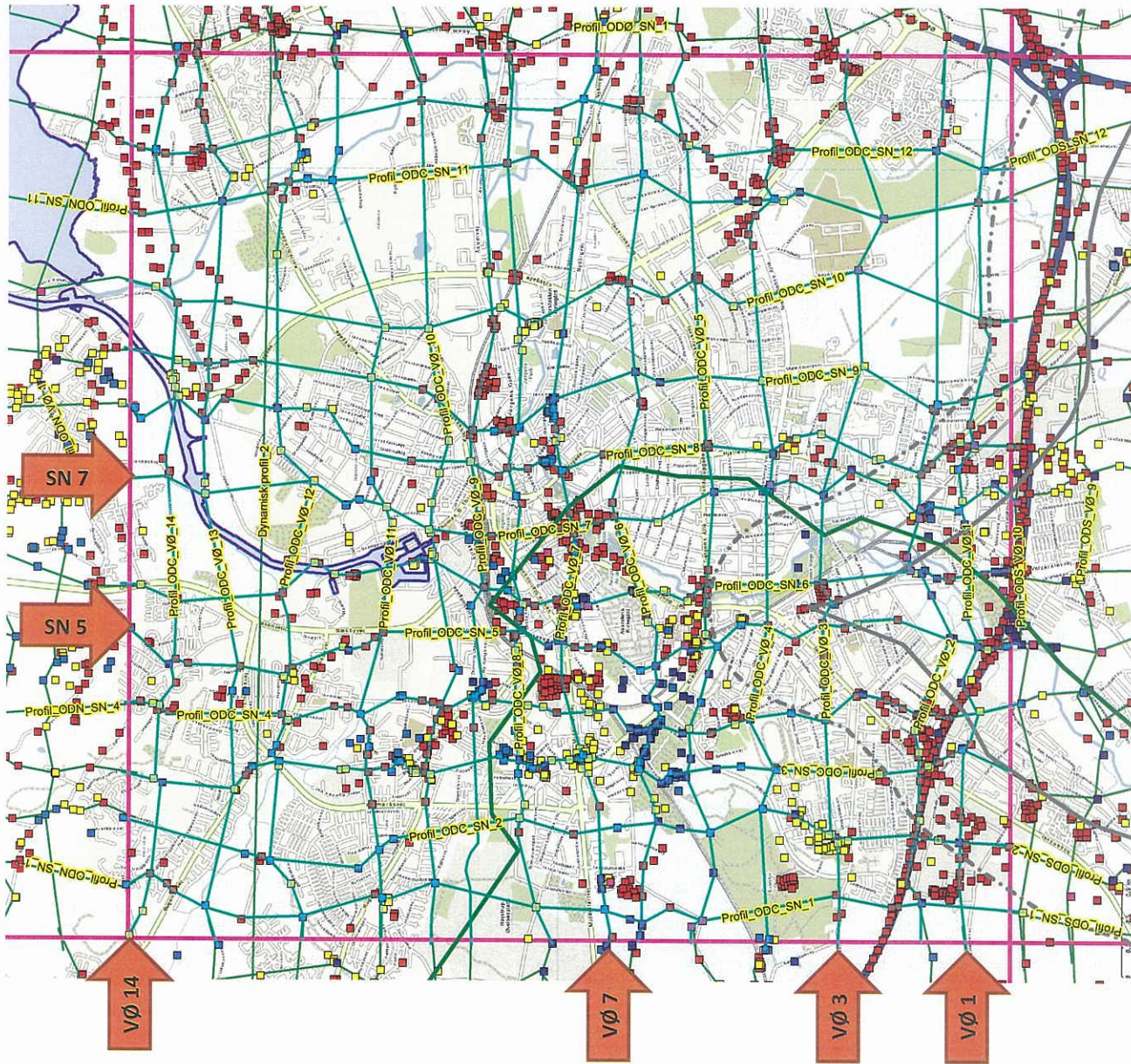
Side 3: ODC_VØ_3

Side 4: ODC_VØ_7

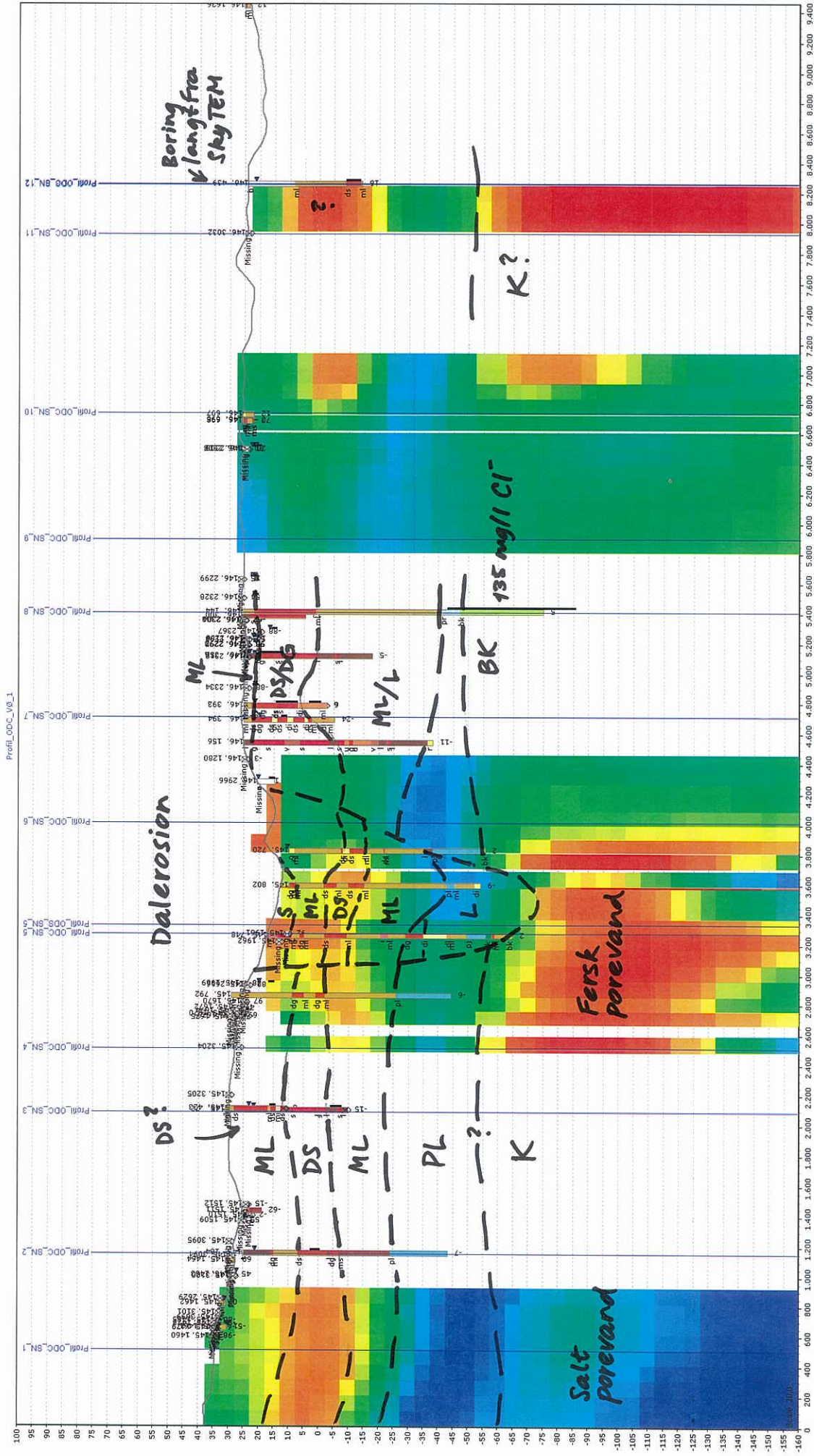
Side 5: ODC_VØ_14

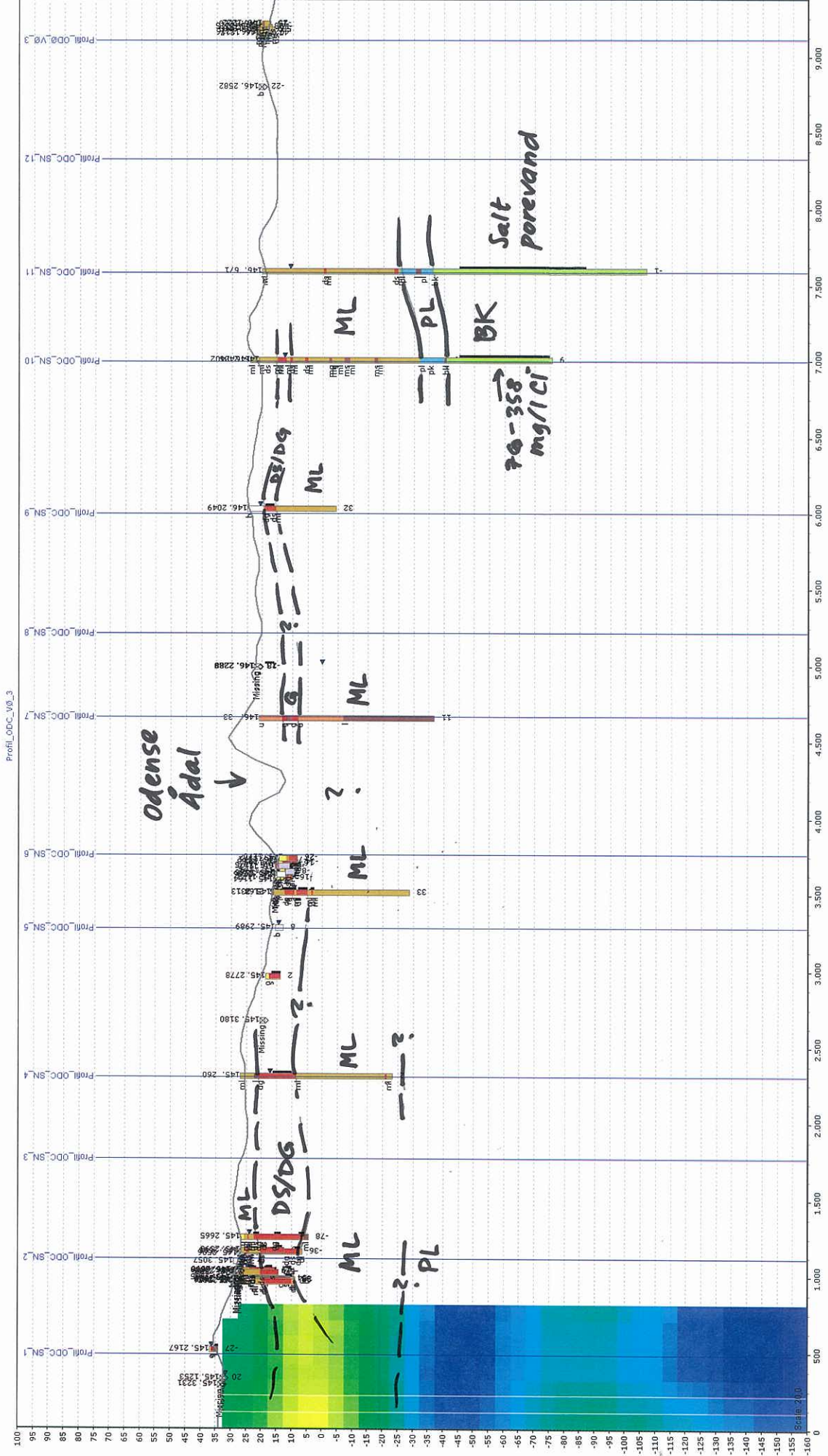
Side 6: ODC_SN_5

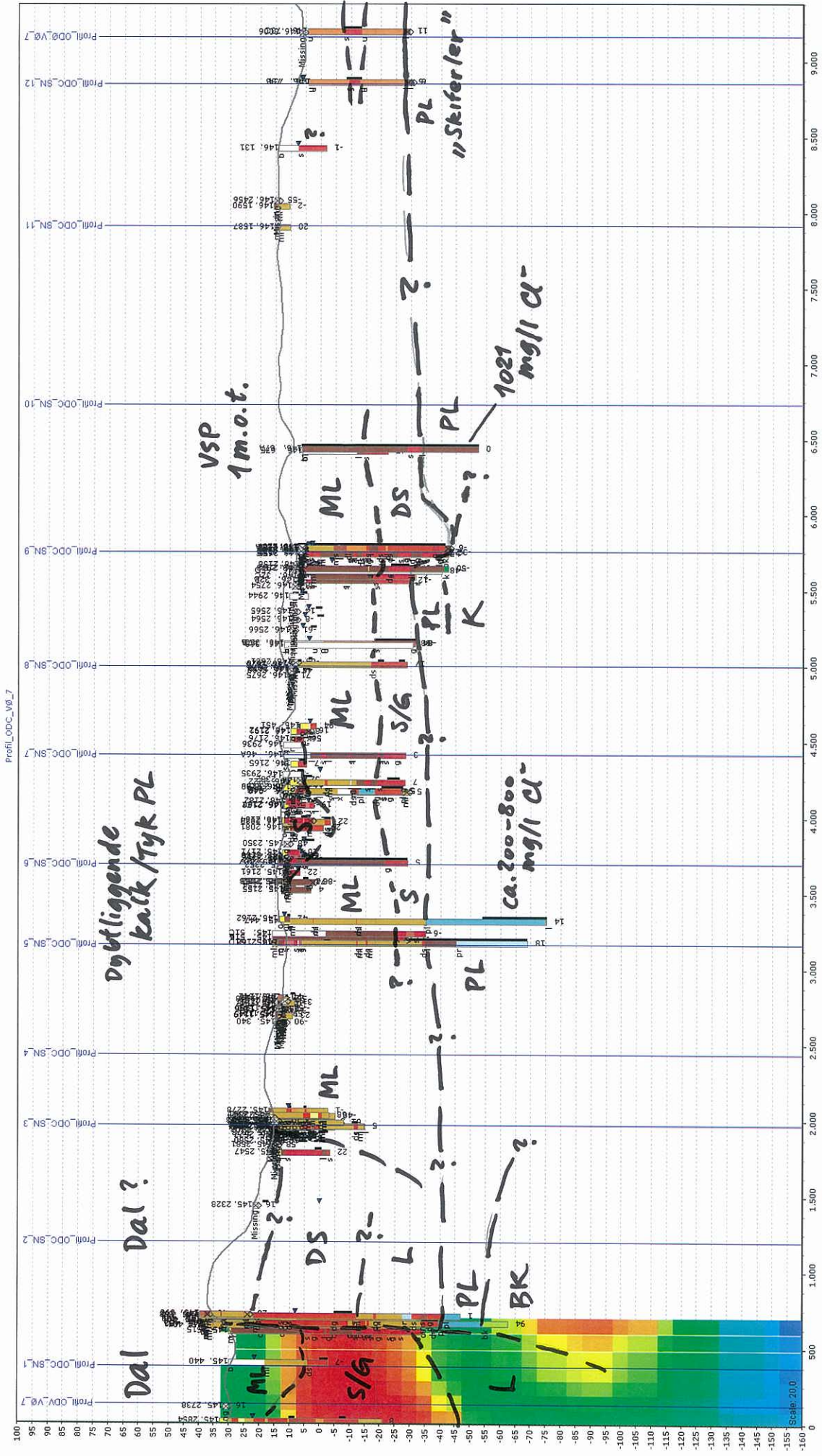
Side 7: ODC_SN_7

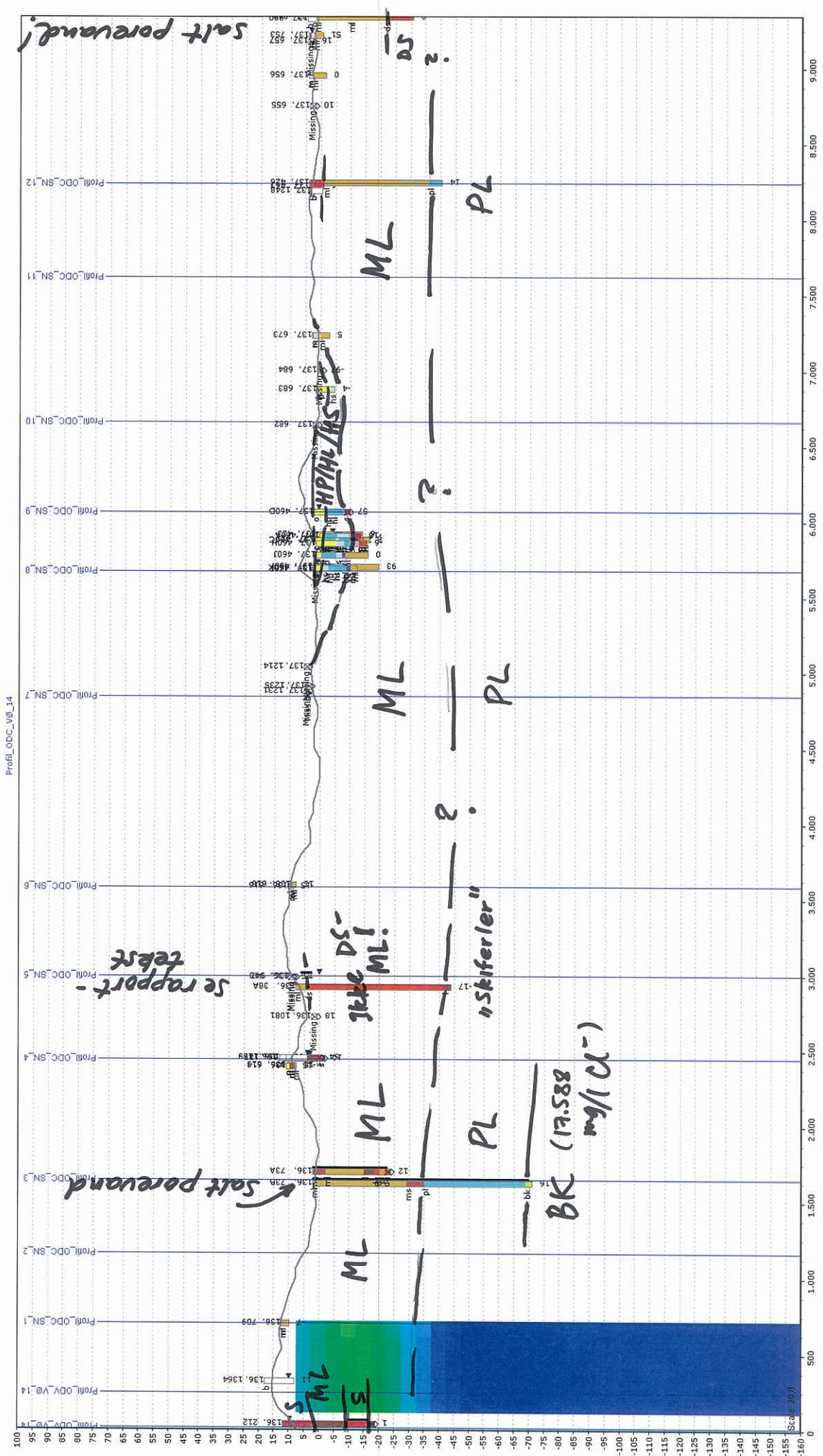


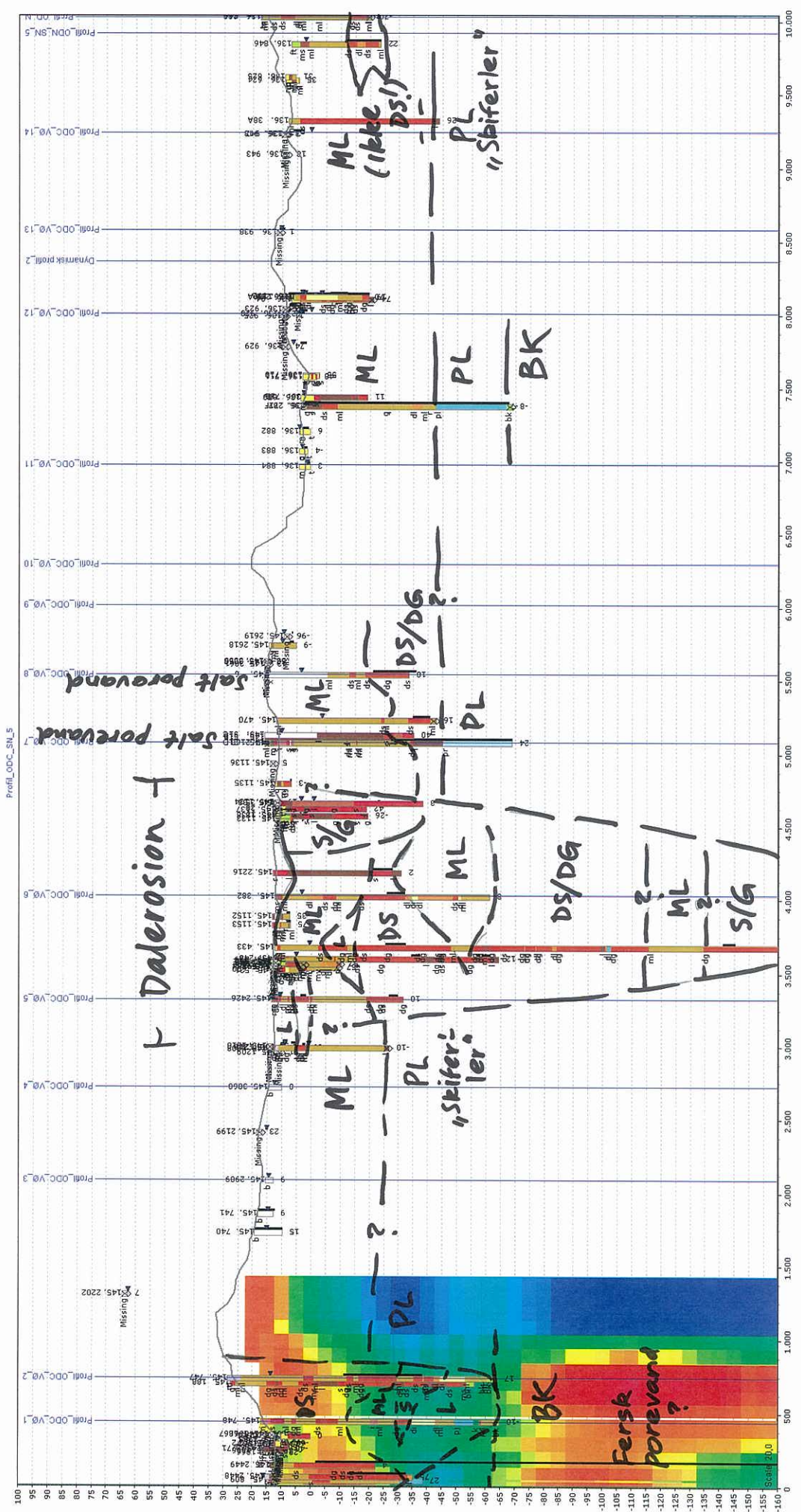
Alle profiler er udtegnet med 20 gange overhøjning.

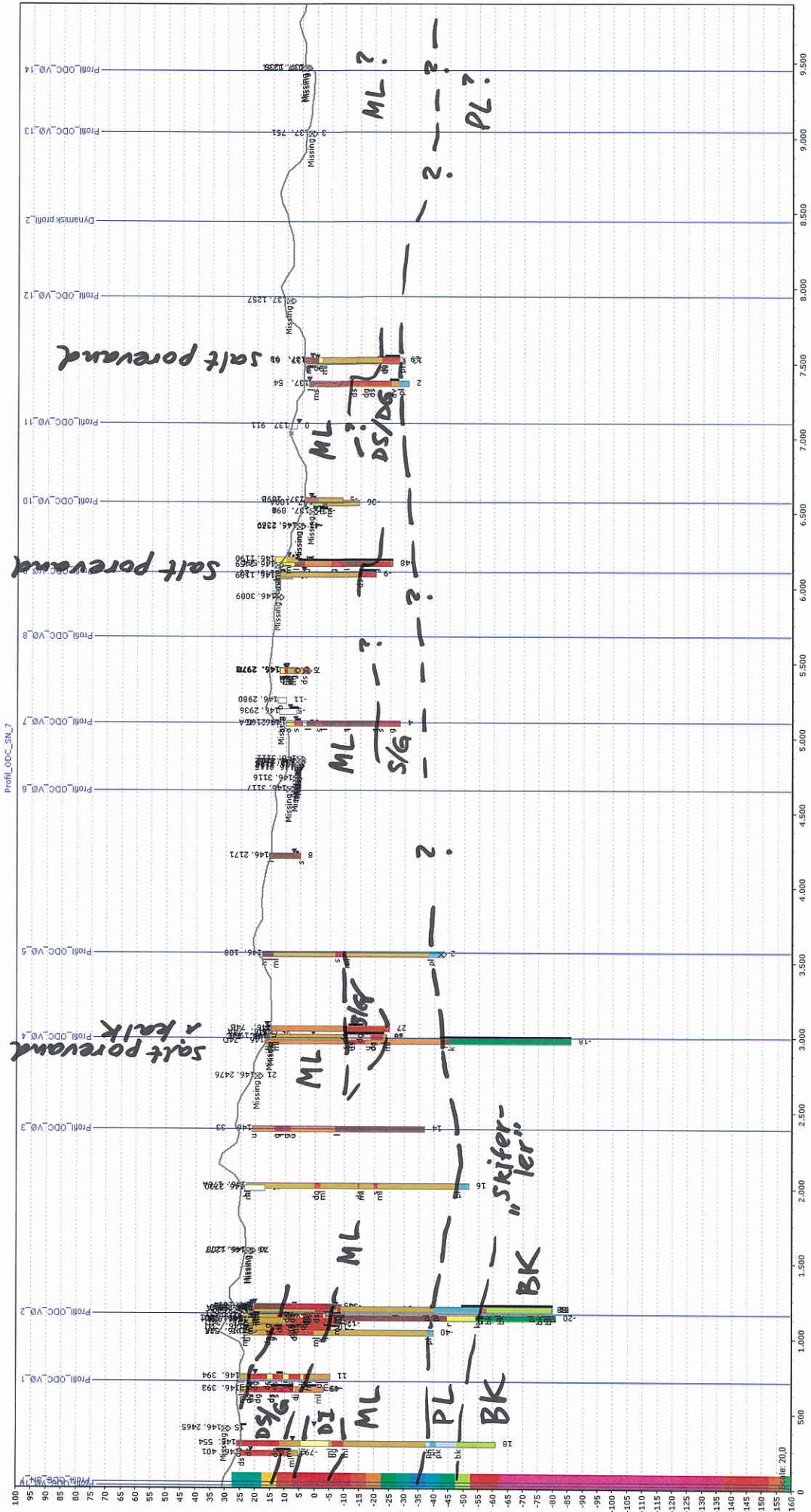












UDVIKLING AF EN 3D GEOLOGISK/HYDROGEOLOGISK MODEL SOM BASIS FOR DET URBANE VANDKREDS- LØB

DELRAPPORT 4 3D GEOLOGISK/HYDROSTRATIGRAFISK MODELLERING

Der er stigende fokus på den urbane geologi i disse år. Kommuner og vandselskaber står med nye opgaver inden for klimatilpasning, etablering af vedvarende energi, indsatsplaner mv., ligesom byomdannelser, infrastrukturprojekter og anlægsopgaver stiller krav om detaljeret viden om de geologiske forhold. Manglende viden medfører risiko for fejl i planlægning og investeringer.

Odense Kommune, VandCenter Syd og GEUS indgik derfor i 2012 et samarbejde om at få udviklet en 3D geologisk/hydrogeologisk model af undergrunden i Odense Kommune. I 2013 blev der igangsat et 2-årigt projekt baseret på midler fra Vandsektorens Teknologiuudviklingsfond (VTU) med deltagelse af Odense Kommune, VandCenter Syd, I-GIS, Alectia A/S og GEUS.

Også på landsplan er problemstillingen velkendt, og det har derfor været forudsat, at resultaterne fra dette projekt skal kunne bruges som anbefalinger til et landsdækkende modelkoncept omfattende en systematisk modelopbygning og vedligeholdelse til gavn for kommuner, vandselskaber og rådgivere.

VTU-Projektet er nu færdigt, og i denne afrapportering af projektet præsenteres forhold, der er vigtige for håndteringen af det urbane vandkredsløb, f.eks om adgang til data (geotekniske, infrastruktur etc), hvordan en kommunal geologisk/hydrogeologisk model opbygges og vedligeholdes, hvordan de allerøverste lag (antropogenet) kan modelleres, hvordan modellerne samlet set bidrager til klimatilpasning osv.

Danmark står ikke alene med behovet for viden og modellering af undergrunden under byerne. GEUS og Odense Kommune har parallelt med dette projekt deltaget i et EU-projekt, hvis formål er at opbygge viden på et internationalt plan ("SUB-URBAN - A European network to improve the understanding and use of the subsurface beneath our cities"). Dette giver samtidig mulighed for en international vinkel i rapporteringen.