DANMARKS OG GRØNLANDS GEOLOGISKE UNDERSØGELSE RAPPORT 2010/80

DK-model2009

Geologisk og hydrostratigrafisk opdatering 2005 - 2009

Per Nyegaard, Lars Troldborg & Anker L. Højberg

DE NATIONALE GEOLOGISKE UNDERSØGELSER FOR
DANMARK OG GRØNLAND, KLIMA- OG ENERGIMINISTERIET

GEUS

DANMARKS OG GRØNLANDS GEOLOGISKE UNDERSØGELSE RAPPORT 2010/80

DK-model2009

Geologisk og hydrostratigrafisk opdatering 2005 - 2009

Per Nyegaard, Lars Troldborg & Anker L. Højberg

DE NATIONALE GEOLOGISKE UNDERSØGELSER FOR
DANMARK OG GRØNLAND, KLIMA- OG ENERGIMINISTERIET

GEUS

Forord

I perioden 2005 – 2009 er der sket en opdatering og videreudvikling af den Nationale Vandressourcemodel (DK-modellen). Opdateringen er finansieret under den nationale overvågning af vand og natur NOVANA og oprindeligt etableret som et samarbejdsprojekt mellem GEUS og de danske amter. Efter strukturreformens nedlukning af amterne er projektet videreført i samarbejde mellem GEUS og de syv statslige miljøcentre. Selve modelopstillingen samt model kalibrering og validering er forestået af GEUS, mens miljøcentrenes rolle har været dataleverandører samt ansvarlige for kvalitetssikring, hvor der specielt har været fokus på kvalitetssikring af den geologiske og hydrostratigrafiske opdatering af DK-modellen.

DK-modellen er opdelt i syv delmodeller, hvoraf de seks er indgået i opdateringen, mens delmodellen for Bornholm allerede lå opdateret ved projektets begyndelse. Ved projektets afslutning foreligger der en opdateret numerisk model for hver af de syv delmodeller. Omfanget af opdateringen samt opstilling og kalibrering af de hydrologiske delmodeller er sammenfattet i Højberg et al. (2010), mens den tekniske dokumentation er henlagt til modelrapporter udarbejdet for hver delmodel, med undtagelse af modellen for Sjælland og modellen for Lolland, Falster og Møn, der er opstillet samlet og derfor rapporteret samlet.

Den geologiske og hydrostratigrafiske opdatering har været en omfattende og central del af opdateringen og er derfor rapporteret selvstændigt i nærværende rapport.

De udarbejdede rapporter samt supplerende informationer om DK-modellen herunder kontaktpersoner og relateret litteratur kan findes på hjemmesiden www.vandmodel.dk.

Indhold

1. Baggrund og formål 5

1.1. Formål ... 5
1.2. Rapportens indhold ... 6

2. Overordnede arbejdsprocesser og principper for opdatering 7

2.1. Omfang af opdateringen ... 7
2.2. Arbejdsproces ... 8
2.3. Principper for opdatering ... 9

3. Koncept for sammentolkning af modeller 12

3.1. DK-model2003 – geologisk opbygning ... 12
3.2. Opdaterede koncepter for øerne og Jylland ... 13
3.2.1. Model for øerne ... 13
3.2.2. Model for Jylland ... 15

4. Data bearbejdning 19

4.1 Vurdering af grundlag for opdatering ... 19
4.1.1 Amtsseminar ... 19
4.2 Sammentolkning af modeller ... 22
4.2.1 Sjælland, Sydhavsøerne og Fyn ... 23
4.2.2 Jylland ... 26
4.3 Interpolation og opretning af flader ... 35
4.1.1. Interpolation ... 35
4.1.2. Opretning ... 37

5. Produkt 39

5.1. Model for Sjælland og Sydhavsøerne ... 39
5.1.1. Geologisk model ... 39
5.1.2. Hydrostratigrafisk model ... 44
5.2. Model for Fyn ... 48
5.2.1. Geologisk model ... 48
5.2.2. Hydrostratigrafisk model ... 52
5.3. Model for Jylland ... 55
5.3.1. Geologisk model ... 55
5.3.2. Hydrostratigrafisk model ... 60

6. Fremtidige opdateringer 69

7. Reference 71

BILAG 1 - 4

1. Baggrund og formål

Den første version af den Nationale Vandressource Model (*DK-model2003*) blev etableret i perioden 1996 – 2003 og blev afsluttet med udgivelsen af temarapporten "Ferskvandets Kredsløb" (Henriksen et al., 2003). Efterfølgende blev det i NOVANA programmet 2004 – 2009 indskrevet, at der skal etableres en hydrologisk modellering af vandbalancen og grundvandsdannelsen på overordnet oplandsniveau (vandområdedistrikt) og national skala. Til løsning af denne opgave, blev der i 2005 etableret et samarbejdsprojekt *NOVANA modellering* mellem GEUS og de danske amter, hvori DK-model2003 opdateres til *DK-model2009*. På grund af projekts løbetid frem til 2009, har de syv miljøcentrene fra 2007 overtaget amternes opgaver i forbindelse med opdateringen.

En meget væsentlig og omfattende opgave i forbindelse med opdateringen har været en opdatering af den geologiske og hydrostratigrafiske tolkning i modellen. De tidligere amter lå inde med et stort lokalkendskab til hvilke modeller der var opsat indenfor amtet og deres kvalitet, samt kendskab til geologien indenfor amtet generelt via øvrige aktiviteter. Der var en overvejende risiko for at den kollektive viden indenfor et amt i nogen grad ville gå tabt ved deres nedlukning. Opdateringen af den geologiske model blev derfor prioriteret højt fra opstarten af opdateringsprojektet, hvor der blev indsamlet modeller og viden fra efteråret 2005 og frem til amternes nedlukning i december 2006.

1.1. Formål

Formålet med opdateringen af den geologiske og hydrostratigrafiske model er, at tilvejebringe en geologisk og hydrostratigrafisk model på nationalt niveau, der er konsistent på tværs af tidligere modeller og administrative skel og tilgodeser tolkningerne i de tidligere lokalmodeller udviklet af amterne på en skala, der i videst mulig omfang tilgodeser opløsningen i de tidligere lokalmodeller.

Vigtige hensigter for den fremtidige anvendelse af den geologiske og hydrostratigrafiske model er, at de kan anvendes som reference model på stor skala og som udgangspunkt i forbindelse med nye detailkortlægninger, -modeller og kan indgå som redskab i sagsbehandlingen generelt indenfor administrationen af det danske grundvand af relevante myndigheder.

Målene for opdateringen er således ikke alene at opnå en mere detaljeret og korrekt beskrivelse af vandets kredsløb, men ligeledes at opnå en samlet opdateret beskrivelse, der kan anvendes af de relevante myndigheder og som kan danne baggrund for fremtidige opdateringer. Modellen kan i denne forbindelse opfattes som en 3D database, på basis af hvilken det er muligt at give en tredimensionel repræsentation af eksempelvis grundvandsforekomster. Ved en efterfølgende kobling af relevante hydrologiske data til modellen er det muligt at lave en kobling mellem hydrogeologien og de hydrologiske data, hvilket f.eks. vil kunne anvendes til en kobling mellem grundvandsforekomster og indtag anvendt til indvinding, pejlinger eller prøvetagninger til kemiske analyser.

1.2. Rapportens indhold

Opdateringen af den geologiske og hydrostratigrafiske model på basis af de eksisterende amtsmodeller indeholder to overordnede trin 1) vurdering af hvilke dele af de tidligere lokalmodeller der skal medtages i opdateringen af DK-modellen, og 2) indarbejdelse af disse modeller i DK-modellen. Der er således ikke sket en geologisk gentolkning af hele Danmark. Rapporten har derfor ikke vægt på geologiske beskrivelser, men fokuserer på den faktiske arbejdsproces med beskrivelse af de principper og koncepter der er anvendt samt de tekniske løsninger for indarbejdelse af lokalmodellerne i DK-modellen. Endvidere giver modellen en oversigt over hvilke eksisterende amtsmodeller, der er medtaget under opdateringen af den Nationale Vandressource Model. Rapporten vil i overvejende grad fremstå som en teknisk rapport, for en oversigt over den samlede opdateringsproces samt de opnåede modelresultater henvises til ”DK-model2009 – sammenfatning af opdatering 2005-2009” (Højberg et al. (2010).

Indledningsvist (Kapitel 2) gives et overblik over den overordnede arbejdsproces og principperne for opdateringen. I Kapitel 3 beskrives de koncepter der blev anvendt i forbindelse med den geologiske tolkning for DK-model2003, samt de rammer der blev opstillet for sammentolkning af DK-model2003 og amternes modeller. Den tekniske tilgang for indarbejdelsen af loaklmodellerne i DK-modeller er beskrevet i Kapitel 4, mens de færdige produkter er beskrevet i Kapitel 5. Erfaringer fra projektet og perspektiverne for en fremtidig løbende opdatering er præsenteret i Kapitel 6. Rapporten afsluttes med Bilag, der indeholder en teknisk dokumentation af relevante delopgaver.

2. Overordnede arbejdsprocesser og principper for opdatering

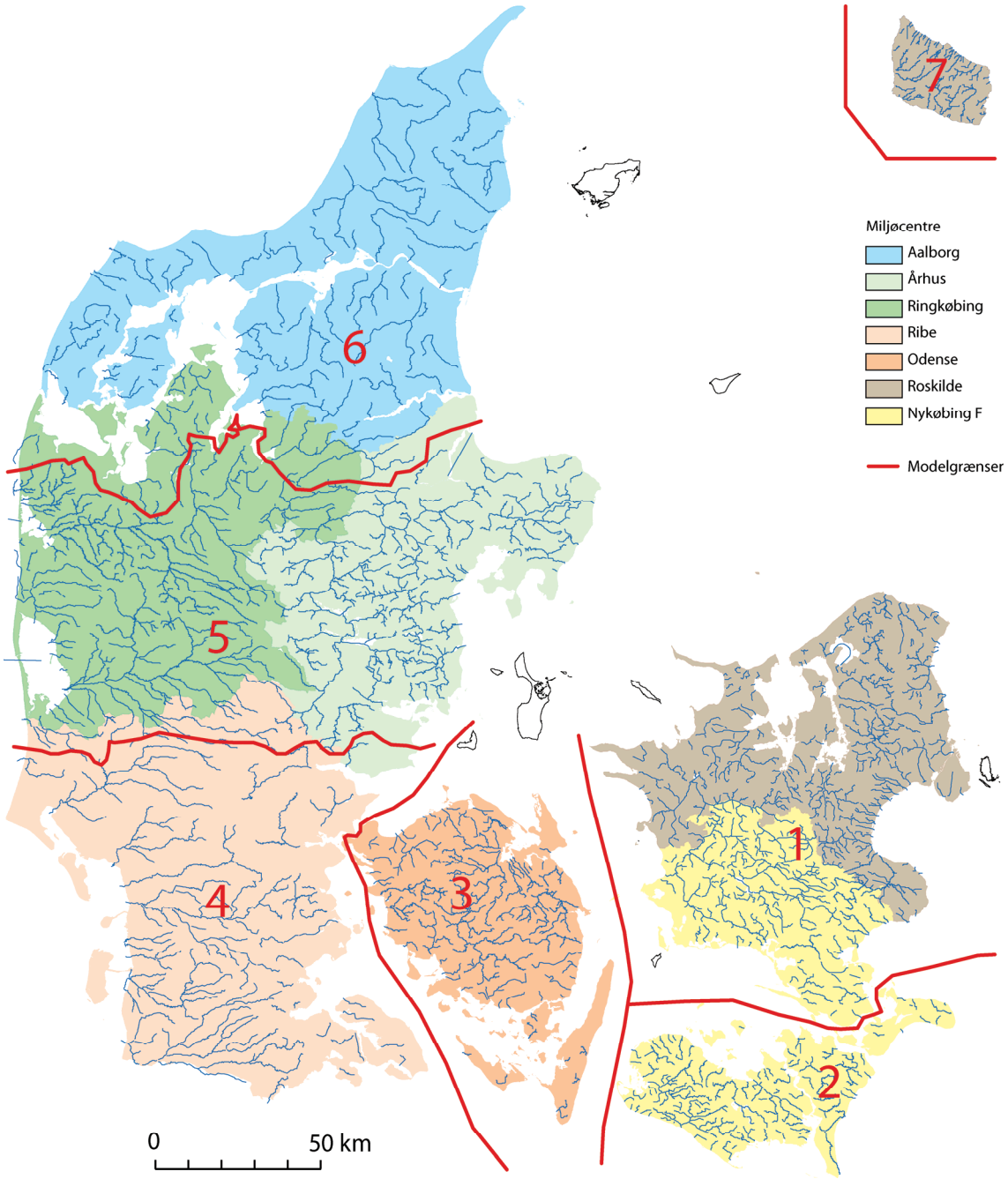
Opdateringen er baseret på modeller opstillet under de tidligere amter frem til deres nedlukning i 2006. De medtagede modeller er således opstillet forud for Geo-vejledning nr. 3 "Opstilling af geologiske modeller til grundvandsmodellering" (Jørgensen et al., 2008), og følger således ikke retningslinjerne i denne vejledning. Dette betyder bl.a., at der for størstedelen af de medtagede modeller ikke har været en stringent opdeling mellem de tre modeltyper 1) Geologisk forståelsesmodel, 2) Rumlig geologisk model og 3) Hydrostratigrafisk model. I nærværende rapport anvendes betegnelsen "geologisk model" derfor om en model der beskriver de geologiske strukturer. Som modsætning hertil er modeller hvis struktur er baseret på f.eks. forventede hydrauliske egenskaber, men hvor den geologiske opbygning ikke er tilgodeset. Til sidstnævnte gruppe tilhører eksempelvis modeller alene opstillet på basis af modstande fra geofysiske undersøgelser og modeller opstillet som beregningslag for en grundvandsmodel, hvor ét beregningslag kan indeholde flere geologiske strukturer.

2.1. Omfang af opdateringen

DK-model2009 er opbygget af 7 delmodeller som vist på Figur 1. Under opdateringen 2005 – 2009 er der ikke foretaget en opdatering af Modelområde 7 (Bornholm). Denne er til gengæld opdateret i et selvstændigt projekt (Troldborg et al., 2009) og foreligger i samme detaljeringsgrad som de øvrige delmodeller og udgør således en naturlig del af den samlede DK-model. De enkelte delmodellers areal samt antallet af grids i det horisontale plan er angivet i Tabel 1.

Tabel 1. Areal af de syv delmodeller samt antal grids i det horisontale plan.

Delmodel	Samlede landareal (km^2)	Antal aktive horisontale grids inklusiv hav/fjord
Område 1 – Sjælland	7163	37569
Område 2 – Sydhavsøerne	2042	13885
Område 3 – Fyn	3473	24009
Område 4 – Sønderjylland	7897	35869
Område 5 – Midtjylland	11578	49993
Område 6 – Nordjylland	9934	47649
Område 7 – Bornholm	590	9432



Figur 1. Afgrænsning af de syv delmodeller indeholdt i den opdaterede DK-model samt grænser for de syv miljøcentre. Områder uden fyldfarve indgår ikke i modelopstillingen.

2.2. Arbejdsproces

Opdateringen af den geologiske model er sket i et tæt samarbejde med de danske amter/miljøcentre, gennem afholdelse af fælles workshops samt seminarer i de enkelte amter. Den overordnede arbejdsproces har været opdelt i følgende faser:

Opstilling af overordnet koncept. For at kunne gennemføre en sammentolkning af de forskellige modeller har det være nødvendigt at arbejde med en overordnet ramme for den geologiske model, hvori de eksisterende modeller har kunnet indpasses. Kravene for en sådan ramme har bl.a. været, at den skulle være tilstrækkelig detaljeret til at kunne tilgode-

se opbygningen af de eksisterende modeller, og at den rumlige opløsning har været tilstrækkelig fin til at den tolkede geologi i de eksisterende modeller har kunnet bibeholdes. Det overordnede koncept samt skala for sammentolkningen blev diskuteret på to workshops for hhv. øerne (Sjælland, Lolland, Falster, Møn og Fyn) og Jylland.

Dataindsamling – amterne. Hvert amt var ansvarlig for indsamling af eksisterende modeller, herunder fremskaffelse af rapporter og digitalt materiale. Amterne skulle endvidere foretage en vurdering af, hvorvidt de opstillede modeller var konsistente og hvorledes de kunne passes ind i den overordnede ramme.

Dataoverlevering. Det af amterne indsamlede materiale blev fremsendt til GEUS, efterfulgt af et én-dags seminar mellem GEUS og det enkelte amt, hvor det digitale materiale blev gennemgået, for at opnå et overordnet overblik og forståelse af opbygningen af de enkelte detailmodeller og de dertilhørende modellag. På basis heraf samlede GEUS det digitale materiale i et "GeoModel" (ArcMap) projekt, der foruden de tidligere amtsmodeller indeholdt den geologiske tolkning i DK-modellen samt boringsbeskrivelser fra JUPITER databasen.

Amtsseminar. I hvert amt blev der afholdt et amtseminar, hvor de enkelte lokalmodeller fra amterne blev gennemgået og diskuteret, og det blev besluttet hvilke dele af modellerne, der skulle indgå i opdateringen af DK-modellen. På amtsseminarerne deltog der generelt flere personer fra amtet, hvor nogle havde erfaring med hydrologisk modellering og modelopstilling, mens andre havde en generel viden omkring den geologiske opbygning indenfor amtet.

Sammentolkning af modeller. Den egentlig sammentolkning af amtsmodellerne og DK-modellen blev udført på GEUS. Her blev der opstillet i alt tre geologiske og hydrostratigrafiske modeller for hhv. Sjælland inklusiv Lolland, Falster og Møn; Fyn samt Jylland. Sammentolkningen blev gennemført efter strukturreformen, og "GeoModel" projekterne blev tilpasset den nye struktur, så hvert miljøcenter fik udleveret et projekt omfattende det respektive miljøcenter. En undtagelse herfra er modellen for Sjælland, Lolland, Falster og Møn, hvor det blev fundet mest hensigtsmæssigt at bibeholde tolkningerne i et enkelt projekt.

Kvalitetssikring af sammentolkning. Den sammentolkede model blev overleveret til de syv miljøcentre, der har udført en kvalitetssikring af sammentolkning indenfor det enkelte miljøcentres administrative grænser. Kvalitetssikringen indeholdt et check af, hvorvidt de tidligere amtsmodeller var repræsenteret i den sammentolkede model i det omfang det var aftalt på amtsseminarerne og hvorvidt indbygningen af disse modeller havde ført til artefakter ved overgangen mellem de tidligere modeller og DK-modellen.

2.3. Principper for opdatering

Opdatering af den geologiske og hydrostratigrafiske model for DK-modellen, er baseret på de eksisterende geologiske tolkninger, der var udviklet af amterne frem til de afholdte amtsseminarer. I praksis betyder dette, at DK-modellens geologi er udskiftet med geologien i amtsmodellerne i det omfang det blev aftalt på amtsseminarerne. Indenfor rammerne af projektet har det ikke været muligt at foretage en gentolkning af hhv. de tidligere amtsmodeller eller DK-modellen. Geologiske og/eller geofysiske data der ikke allerede var udnyttet i forbindelse med opstillingen af de tidligere amtsmodeller, er således ikke inddraget i en revurdering eller gentolkning af de modtagne modeller. I områder uden en amtsmodel, er geologien derfor som udgangspunkt identisk med den geologiske model opstillet i DK-model2003. I forbindelse med sammentolkningen af de tidligere amtsmodeller og DK-

modellen samt til konstruktion af hydrostratigrafsike lag for Jylland, er der dog konstrueret hjælpeprofiler, hvor DK-modellens geologi er blevet opdateret på basis af nye boringer (Afsnit 4.2.2.).

Et væsentligt element for opdateringen har været valg af skala. Kravene til den valgte skala har været, at den i videst muligt omfang skulle kunne tilgodese opløsningen i de tidligere amtsmodeller. Dette er løst ved at anvende de oprindelige tolkningsdata fra lokalmodellerne hvor disse kunne fremskaffes. For de øvrige modeller er gridfladerne konverteret enten til punkt data eller til konturlinjer. Detaljeringen i de tilgrundliggende tolkningsdata er således bibeholdt i det omfang de var tilgængelige, mens gridflader fra de tidligere lokalmodeller i overvejende grad vil kunne genskabes når der tages højde for forskel i grid opløsning og koordinat reference system.

En forudsætning for, at en geologisk tolkning blev medtaget i opdateringen var, at der forelå en tredimensional geologisk tolkning/model på digital form. Dvs., tolkningen skulle give en fuldstændig tredimensional beskrivelse af geologien, hvor geologiske enheder/formationer/legemers rummelige udstrækning var beskrevet samt deres indbyrdes placering. En geologisk forståelse alene beskrevet skriftligt, ved principskitser eller håndtegnede profiler, er således ikke medtaget, da dette ville fordre en videre tolkning for at kunne indgå i en tredimensional model, en opgave det ikke har været muligt at løfte indenfor projektet.

I forbindelse med grundvandsmodellering er de geologiske enheders hydrauliske egenskaber i fokus og til beskrivelse af heterogeniteten af de hydrauliske egenskaber indføres der ofte en underinddeling/zonering. Det opleves derfor ofte, at den hydrogeologiske tolkning i en grundvandsmodel ikke umiddelbart kan omsættes til en egentlig geologisk tolkning pga. af hydraulisk zonering, sammenlægning eller opsplitning af lag baseret på en vurdering af de geologiske enheders hydrauliske egenskaber. Et vigtigt mål med den geologiske model i DK-modellen er imidlertid, at den skal kunne anvendes som udgangspunkt ved fremtidige detailkortlægninger, og at den efterfølgende kan udgøre en ramme hvori detailmodeller kan indsættes. Det er derfor vigtigt, at der i videst mulig omfang skelnes mellem den geologiske model og dennes lag repræsenteret i en grundvandsmodel.

Da de indsamlede amtsmodeller alle var opstillet forud for Geo-vejledning nr. 3 og derfor ikke fulgte retningslinerne heri om en klar opdeling mellem den geologiske og den hydrostratigrafiske model, var det på baggrund af de tilgængelige data ikke muligt at foretage en klar opdeling mellem disse modeltyper. Det har derfor ikke været muligt at følge en stringent adskillelse i den opdaterede model. Under gennemgangen af de enkelte modeller på amtsseminarerne, blev det dog i samråd med amterne forsøgt at vurdere hvorvidt de enkelte modeltolkninger repræsenterede geologiske formationer eller hydrostratigrafiske-/beregningslag i en grundvandsmodel. De hydrostratigrafiske-/beregningslag blev som udgangspunkt ikke medtaget under opdateringen af den geologiske model, mens de ofte indgik i forbindelse med konstruktionen af de hydrostratigrafiske lag i DK-model2009.

Lokale hydrostratigrafiske zoneringer er ikke medtaget i opdateringen. Begrundelsen herfor har dels været, at modellen skal kunne danne grundlag for fremtidige modelopstillinger i lokalområder, hvorfor der har været fokus på, at modellen skal være så gennemskuelig som muligt. Endvidere vil en underopdeling af de geologiske enheder vha. eksempelvis

zoneringen anvendt i lokalmodellerne medfører et stort antal frihedsgrader, der under modelkalibreringen kan resultere i en overparameterisering af modellen. Endeligt vil det indenfor projektets rammer ikke være muligt med en detaljeret vurdering af grundlaget for de anvendte zoner, dvs. om de er solidt begrundet i varierende geologiske forhold, eller må antages at være indført som led i kalibreringen af lokalmodellen og ikke umiddelbart kan overføres til en anden skala. Dette betyder, at den geologiske opdatering er baseret på den geologiske forståelse, mens evt. hydrogeologiske zoneringer foretaget i forbindelse med tidligere modelopstillinger ikke er tilgodeset. Med den simple parameterisering vil det ikke være muligt at tilgodese lokal/regional heterogenitet i de hydrauliske egenskaber. Modellens gennemskuelighed er således prioriteret over en forbedret modelkalibrering ved indførelsen af hydraulisk zonering. Den manglende repræsentation af hydrogeologiske zoner vurderes ikke at have signifikant betydning for simuleringen af den national/regionale vandbalance, men skal ikke tages som udtryk for at disse zoner er vurderet som irrelevante for en detailmodellering.

Det er søgt at gennemføre opdateringen ensartet for hele landet, dvs. anvende en stringent metode til indbygningen af de tidligere amtsmodeller. Forud for projektet har der imidlertid ikke været erfaringer med denne form for opdatering, og det har derfor været nødvendigt at udvikle metoder og koncepter. Da opbygningen og dokumentationen af de tidligere modeller er meget varierende, var det ikke muligt at udvikle stringente metoder og koncepter fra projektet opstart. Det har derfor været nødvendigt løbende at tilrette disse, i takt med at nye problemstillinger blev erkendt.

3. Koncept for sammentolkning af modeller

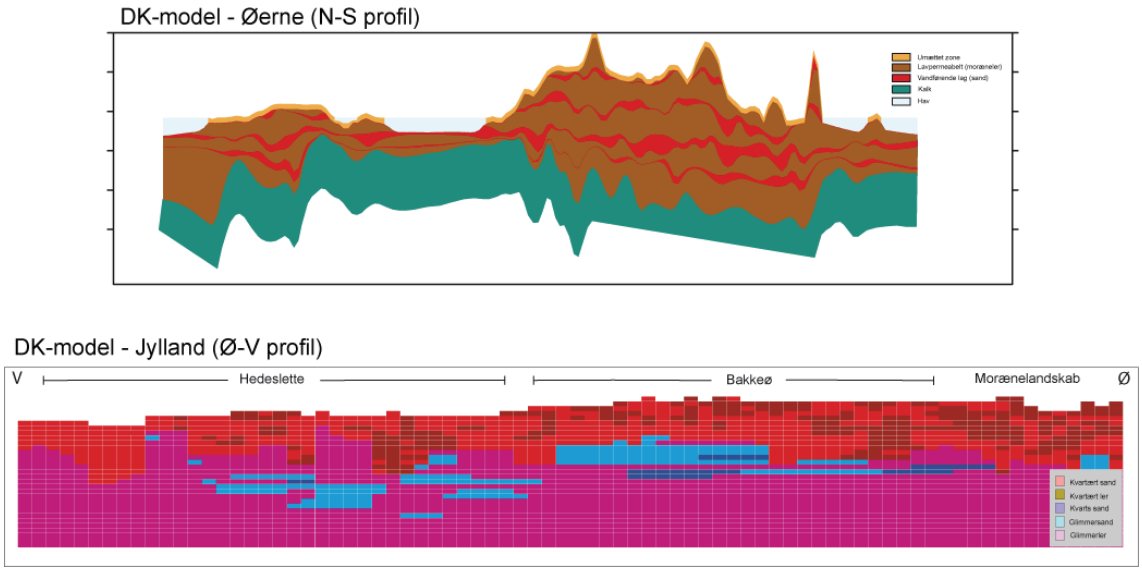
For at kunne gennemføre en sammentolkning af de forskellige modeller har det være nødvendigt at arbejde med en overordnet ramme for den geologiske model, hvori de eksisterende modeller, dvs. amtsmodeller og DK-modellen, har kunnet indpasses. Kravene for en sådan ramme har bl.a. været, at den skulle være tilstrækkelig detaljeret til at de eksisterende modeller har kunnet indpasses i konceptet, og at den rumlige opløsning har været tilstrækkelig fin til at den tolkede geologi i de eksisterende modeller har kunnet bibeholdes.

3.1. DK-model2003 – geologisk opbygning

I DK-model2003 blev der lavet en landsdækkende geologisk tolkning, baseret på to forskellige koncepter for Øerne (Sjælland, Sydhavsøerne og Fyn) og Jylland. Den første opsætning blev foretaget på Øerne og var primært en 'håndtolkning', idet der på daværende tid ikke eksisterede IT-programmer som kunne klare tolkning interaktivt. Tolkningen blev derfor foretaget på grundlag af de trykte Basisdatakort i 1:50.000. For hver kilometer-grid blev der opstillet en fiktiv boring ud fra data i det pågældende grid eller fra de omkringliggende boringer. Data blev lagt i en fil med dgunr, koordinater, kote, bundkote, tykkelse og DGUsymbol for hvert lag. Ud fra disse data blev der interpoleret geologiske lagflader. Metoden er yderligere detaljeret i Bilag 1.

For Jylland blev den geologiske model også opstillet på baggrund af grid i 1 x1 km., men da især de Miocæne aflejringer syntes meget usammenhængende, blev geologien fra boringerne opdelt i 10 m tykkelser, og grids blev så tolket ud fra den dominerende bjergart i sektionen. Tolkningen blev foretaget interaktivt i ArcView i 10 meter sektioner fra kote 160 meter til -300 meter og over 1 million grids blev tolket. Der blev således ikke dannet gennemgående lagflader for geologien. For yderligere detaljering af fremgangsmetoden henvises til Bilag 2.

Forskellen i de to koncepter for tolkningen af den geologiske model for hhv. øerne og Jylland i DK-model2003 er illustreret i Figur 2.



Figur 2. Profiler fra DK-model2003 illustrerende forskellene i lagtolkningen udført på øerne og pixeltolkningen udført for Jylland.

I DK-model2003 er geologien således tolket på stor skala (nationalt), hvor fokus var etablering af en tredimensionel hydrogeologisk model beskrivende de overordnede magasinforhold i Danmark. Fokus var således ikke at opnå en boringsnær tolkning, der kunne tilgodese samtlige lokale variationer. Den hydrogeologisk tolkningsmodel i DK-model2003, vil således ikke nødvendigvis være tro mod den geologiske beskrivelse på boringsniveau. Ligeledes er det forventeligt, at den hydrogeologiske model i DK-model2003 ikke vil indeholde den samme detaljering, som der er opnået ved en omfattende detailundersøgelser i lokalområder.

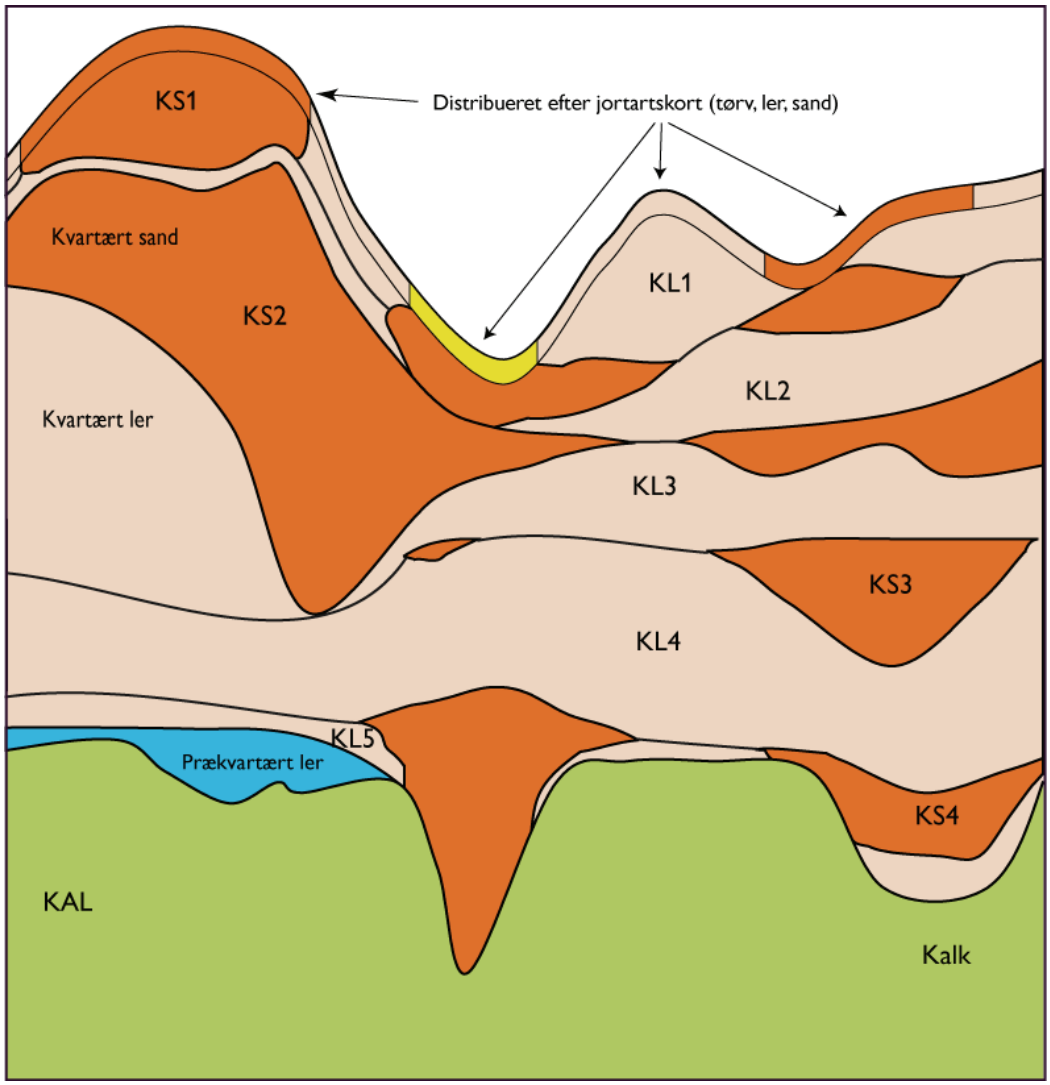
3.2. Opdaterede koncepter for øerne og Jylland

En overordnet ramme for sammentolkningen af DK-modellen og de eksisterende amtsmodeller blev indledningsvist diskuteret på workshops med udgangspunkt i de modelopstillinger der var foretaget i de enkelte amter, samt hvilke koncepter der var anvendt for tolkningen af de geologiske modeller. På grund af de forskellige koncepter for den geologiske model for hhv. øerne og Jylland, blev der afholdt to separate workshops.

3.2.1. Model for øerne

Fælles for de eksisterende modeller er, at de er tolket som lagmodeller. Der var et klart ønske fra amterne om, at den geologiske model for øerne skulle tolkes som en lagmodel. Den overordnede struktur for amtsmodellerne, er en kvartær lagpakke bestående af vekslende sand og ler formationer. Der er nogen variation i repræsentationen af de enkelte geologiske enheder, specielt mht. sandforekomsterne, som enten er tolket som gennemgående lag eller som linser med lokal udbredelse. Der er en betydelig variation i forekomsten af de prækvartære aflejringer. I nogle områder udgøres prækvartæret primært af Danien kalk, med begrænset tilstedeværelse af skrivekridt. I andre områder er prækvartæret domineret af Selandien aflejringer, grønsandskalk og Kerteminde mergel.

På basis af workshoppen for øerne blev der opstillet en geologisk forståelsesmodel, beskrevet ved en kvartær lerpakke med sandlegemer i flere niveauer, der overlejre de prækvartære enheder, Figur 3. Modellerne for Sjælland (inklusiv Sydhavsøerne) og Fyn adskiller sig ved, at der på Sjælland indgår 4 niveauer med sandlegemer i den kvartære lagpakke, mens det nederste niveau ikke eksisterer i modellen for Fyn. I begge områder adskilles sandlegemerne helt eller delvist af lerede enheder. Det øverste niveau med sandlegemer (KS1) udgøres af højtliggende sekundære magasiner der ofte ikke er sammenhængende. De to mellemste niveauer (KS2 og KS3) har ofte mere regional udbredelse og udgør i nogle område de primære magasiner. Det nederste niveau (KS4) der kun indgår i Sjællandsmodellen genfindes i dybe dale - f.eks. Alnapdalen. KS3 og KS4 (hvor dette findes) vil potentielt kunne stå i hydraulisk kontakt med de prækvartære aflejringer. De prækvartære formationer og deres betydning for grundvandsindvindingen varierer betydeligt.



Figur 3. Principskitse for tolkningen af den geologiske model for øerne, med angivelse af navngivningen af de sandede (KS) og lerede (KL) enheder.

Lagfladerne i den hydrostratigrafiske model for øerne er defineret som værende sammenfaldende med den geologiske model, dog med en udvidelse med et øvre opsprækket ler-

lag. Under opdateringen for øerne blev der således ikke skelnet mellem den geologiske og den hydrostratigrafiske opbygning.

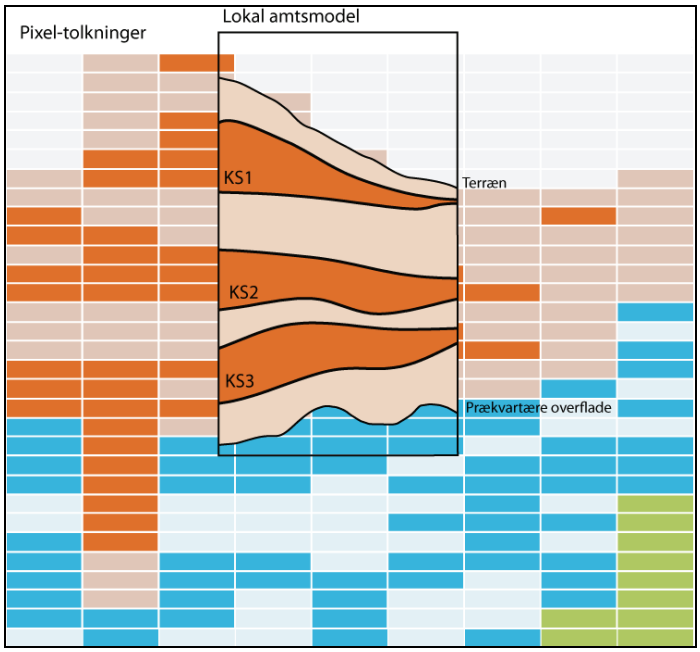
De færdige geologiske og hydrostratigrafiske modeller er præsenteret i Afsnit 5.1 og 5.2 for hhv. modellen for Sjælland og Sydhavsøerne samt Fyn.

3.2.2. Model for Jylland

Muligheden for at opstille en overordnet geologisk model for Jylland blev indledningsvist diskuteret mellem amterne og GEUS på en workshop. Hvert amt gav en oversigt over hvilke modeller der var opstillet i amtet, hvilket koncept der var anvendt, og et bud på hvorvidt de anså det som muligt at udforme en sammenhængende geologisk model indenfor deres amt.

Geologisk model
For hovedparten af amterne var der ikke udformet en sammenhængende geologisk model for hele amtet, men opstillet isolerede modeller i forbindelse med grundvandsovervågningen (GRUMO) og gebyrkortlægningen. I flere tilfælde var der ikke sammenfald mellem modellerne, ligesom der ikke havde været gjort forsøg på at korrelere de geologiske enheder modellerne i mellem. For flertallet af modellerne var der anvendt lagtolkning mens pixeltolkning kun var anvendt i et mindre antal modeller. Generelt forventede amterne, at det ville give store problemer, hvis der skulle tolkes én sammenhængende amtsmodel, baseret på gennemgående lag. Specielt ansås de kvartære aflejringer for at være så komplekse, at en korrelation af lag indenfor et amt ville være svært eller umuligt. Flere havde dog en forventning om, at de prækvartære aflejringer ville kunne tolkes som gennemgående enheder.

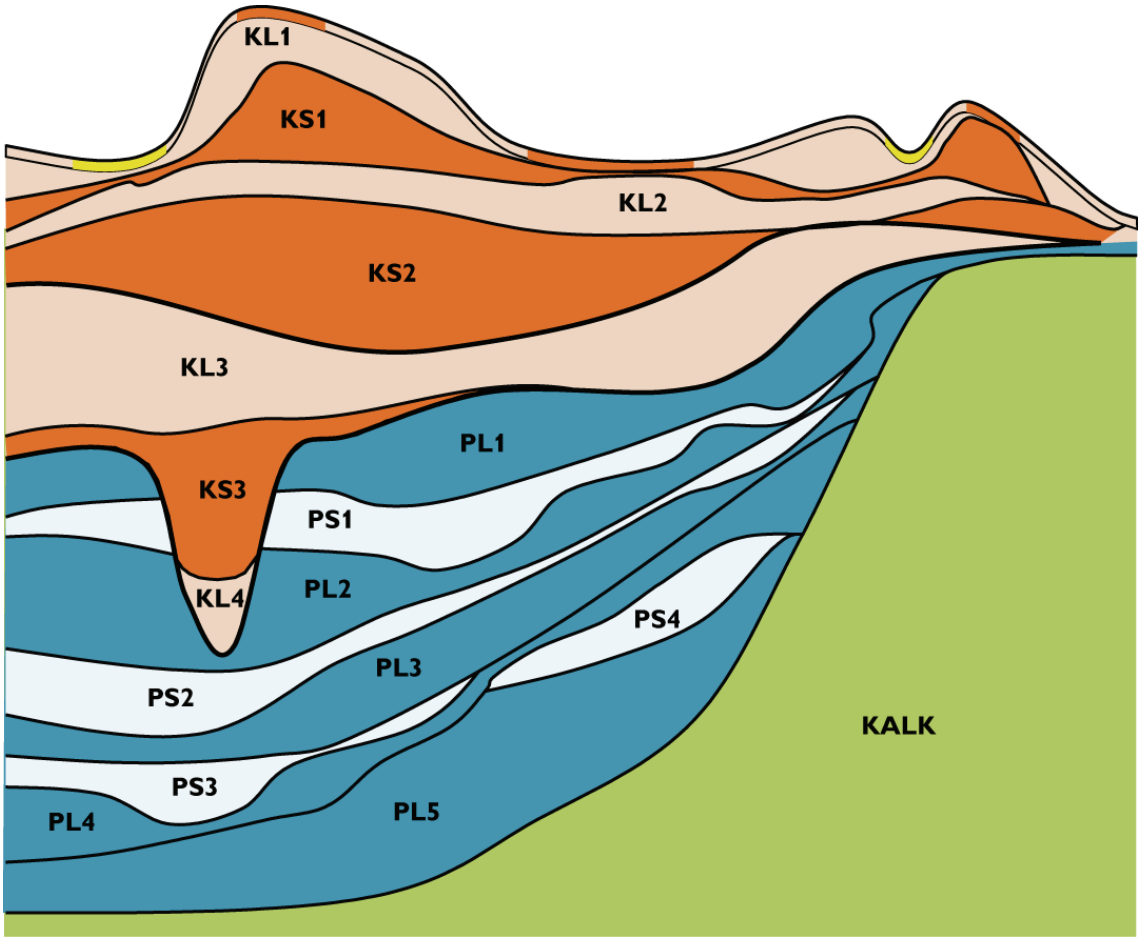
På basis af de tidligere opstillede modeller og kendskabet til den varierende geologi i Jylland fra øst til vest og fra syd mod nord, blev det på workshoppen for Jylland konkluderet, at det ville være meget omfattende hvis der skulle opstilles en samlet geologisk lagtolkning for hele Jylland, og at dette arbejde ikke vil kunne løses indenfor rammerne af NOVANA modelleringsprojektet. Det blev derfor besluttet, at opbygge den geologiske model som en hybrid bestående af en kombination af pixler fra DK-model2003 og lag fra amtsmodellerne. En sådan løsning er teknisk mulig ved at anvende pixlerne som ”baggrundsgeologi” for hele Jylland, og overlejre disse med linser, der udgøres af lag fra amtsmodellerne, Figur 4. Med denne metode er det muligt at tilgodese den geologiske opbygning af amtsmodellerne og anvende pixeltolkningen fra DK-model2003 i områder hvor der ikke var opstillet lokale modeller. Den tekniske løsning for kombineringen af pixler og lagtolkninger er beskrevet nærmere i Afsnit 4.2.2.



Figur 4. Principskitse som illustrerer opbygningen af den geologiske model for Jylland med pixler som "baggrundsgeologi" overlejret af linser af lag fra amtsmodellerne

Til håndtering af amtsmodellerne var det nødvendigt at opstille et overordnet koncept for den geologiske tolkning for hele Jylland, hvortil lagene fra amtsmodellerne kunne relateres. For at kunne tilgodese opbygningen af disse modeller blev det på workshoppen besluttet, at dette koncept skulle tilgodese en lagfølge bestående af op til otte vertikalt arrangerede magasinlag med mellemlejring af ler. De otte magasinlag består af tre kvartære og fire prækvartære sandlag samt prækvartært kalk.

Den endelig sammentolkning af de tidligere modeller viste imidlertid, at det opstillede koncept ikke var tilstrækkelig fleksibelt til at kunne tilgodese detaljeringen i samtlige modeller. I enkelte områder var der behov for at kunne medtage en underopdeling af nogle af sandmagasinerne, eksempelvis en opdeling i en øvre og nedre Bastrup formation. Konceptet er derfor udvidet ved at opdele nogle af sandlinserne i en øvre og nedre del adskilt af ler og i enkelte delområder er der indlagt en nedre kvartært sand (KS4) med direkte kontakt til prækvartæret. Den endelige geologiske model for Jylland er præsenteret i Afsnit 5.3.



Figur 5. Principskitse af den overordnede geologiske ramme for sammentolkningen af de geologiske modeller for Jylland. KS og KL angiver enheder bestående af hhv., kvartært sand og kvartært ler, mens PS og PL angiver prækvartært sand og ler. Lokalt er magasinerne KS2, KS3 og PS2 underopdelt i en øvre og nedre del.

Hydrostratigrafisk model

I DK-model2003 var de numeriske beregningslag for Jylland opbygget med en varierende lagtykkelse ned til kote 0 m. Herunder var de opstillet som planparallelle lag, hvor de øvre lag havde en tykkelse svarende til pixeltykkelsen (10 m), og gradvist øget med dybden. Beregningslagene var således ikke opbyget på basis af en hydrostratigrafisk model med afgrænsning af geologiske enheder med sammenlignelige hydrauliske forhold. Herved kunne et sammenhængende magasin være delt over flere beregningslag, hvilket har sine ulemper i forbindelse med modellens anvendelighed som en hydrostratigrafisk referenceramme, da det ikke er muligt at referere til et magasin ved angivelse af et specifikt lag. Foruden at lette overskueligheden af modellen, har tolkningen af hydrostratigrafiske lag to vigtige fordele:

1. De hydrostratigrafiske lag kan anvendes som beregningslag i modellen, og strømningsberegningerne indenfor et magasin bliver derved mere korrekt, end hvis magasinet er opdelt over flere beregningslag.
2. Beregnede vandbalancer udtrækkes pr. beregningslag, og det er derved simpelt at udtrække f.eks. grundvandsdannelsen til et magasin når dette er afgrænset ved et beregningslag.

Det blev derfor valgt, at der som del af opdateringen skulle opstilles en samlet hydrostratigrafisk model for hele Jylland.

I områder hvor eksisterende lokalmodeller er medtaget i opdateringen, er den hydrostratigrafiske tolkning primært baseret på disse lokalmodeller. I de øvrige områder er der under opdateringsprojektet tolket en ny hydrostratigrafisk model baseret på boringsinformationer og pixeltolkningen i DK-model2003. Fremgangsmetoden for opstillingen af den hydrostratigrafiske model er beskrevet i Afsnit 4.2.2 mens den samlede hydrostratigrafiske model er præsenteret i Afsnit 5.3.2.

4. Data bearbejdning

De enkelte amter har været ansvarlige for at skabe et overblik over de lokalmodeller der har været opstillet indenfor amtet, samt foretage en indledende vurdering af deres anvendelighed i forbindelse med opdateringen. For de lokalmodeller der blev vurderet egnet for opdateringen, har amterne endvidere været ansvarlig for indsamling af rapporter og digitalt materiale for data anvendt under tolkningen, samt den endelige digitale model. Det indsamlede materiale blev overleveret til GEUS, og på et indledende en-dagsmøde med amterne, blev der etableret et overblik over de enkelte amtsmodeller, deres indbyrdes placering og deres indplacering i det overordnede koncept. Ligeledes blev der opstillet en samlet oversigt over det digitale materiale, herunder den anvendte geografiske projektion, samt hvad de enkelte filer repræsenterede, f.eks. basisdata, punkttolkninger, profiltolkninger eller færdige laggrænser for en geologiske/hydrostratigrafisk model eller beregningslag i en grundvandsmodel.

Den opdaterede DK-model er opstillet i den geografiske projektion ETRS89/EUREF89 UTM zone 32N , hvortil alle eksisterende modeller i andre projektioner er blevet konverteret. Det indsamlede digitale materiale blev efterfølgende samlet i et ”GeoModel”-projekt. Dette ArcMap projekt indeholder alt digitalt materiale indsamlet af amterne, samt den geologiske tolkning for DK-model2003. Desuden er der inkluderet boringsbeskrivelser fra JUPITER databasen for boringer og nogle basiskort.

4.1 Vurdering af grundlag for opdatering

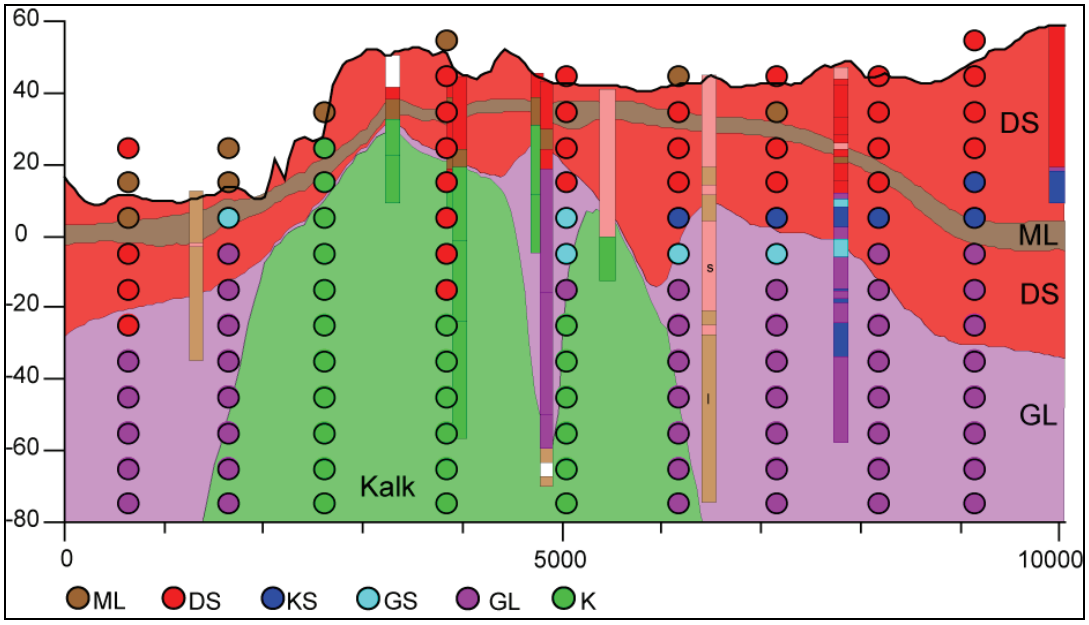
Det opstillede GeoModel projekt dannede basis for en gennemgang og en diskussion af de enkelte lokale amtsmodeller. Gennemgangen skete på et todages amtsseminarer, der blev afholdt amtsvis, med deltagelse af repræsentanter fra GEUS, samt personer fra amtet med kendskab til den (hydro-)geologisk modellering eller kendskab til den overordnede geologiske opbygning indenfor amtet.

4.1.1 Amtsseminar

Det primære formål med amtsseminarerne var at beslutte hvilke dele af amtets lokalmodeller, der skulle medtages i opdateringen. Hertil skulle amterne forud for amtsseminarerne vurdere, hvordan amtets geologiske modeller passede ind i det overordnede koncept, der var defineret på de indledende workshops. På basis heraf blev der foretage en gennemgang og sammenligning af den geologiske/hydrostratigrafiske tolkning i hhv. amtsmodellerne og DK-modellen, og truffet beslutning om hvilke dele af amtsmodellerne (delområder eller lag) der skulle medtages under opdateringen af DK-modellen. For øerne, hvor den geologiske og den hydrostratigrafiske model er sammenfaldende, blev der alene medtaget data der repræsenterer geologiske formationer. Blev det vurderet, at lagene i en lokalmodel repræsenterede beregningslag i en strømningsmodel, og ikke kunne relateres til en geologiske tolkning, blev disse lag således ikke medtaget i opdateringen. Med opdelingen mellem den geologiske og den hydrostratigrafiske model for Jylland var det derimod muligt at udnytte data fra hydrostratigrafiske- og strømningsmodeller. Geologiske modeller blev prio-

riteret højest, men i tilfælde hvor der kun eksisterede en hydrostratigrafisk- eller en strømningsmodel, blev laggrænserne fra denne medtaget til konstruktion af de hydrostratigrafiske lag i DK-modellen, mens DK-modellens pixler blev bibeholdt som den geologiske tolkning.

Sammenligning af de forskellige modeller skete ved optegning af profiler til visualisering af lokalmodellerne, DK-modellen samt boringer, Figur 6. Profilliner for optegning blev konstrueret så disse krydsede områderne med eksisterende lokalmodeller, samt områder hvor der var kendte problemstillinger, som evt. krævede en speciel håndtering i forbindelse med konstruktionen af de hydrostratigrafiske lag.



Figur 6. Eksempel på profil gennem Mønsted-modellen fra Viborg amt (udfyldte flader) med DK-modellens pixeltolkning (cirkler) og boringer.

Under gennemgangen af tidligere modeller blev der erkendt en række problemstillinger, bl.a.:

1. Det var ikke altid klart hvad *formålet* havde været for modelopstillingen. En sådan manglende information gør det vanskeligt at vurderer den overordnet detaljering af modellen, samt om der var nogle forhold der var lagt mere vægt på at beskrive end andre.
2. Foruden de forskelligartede formål for lokalmodellerne, var der ofte benyttet forskellige koncepter under opstillingen. I flere tilfælde var det således ikke muligt at afgøre, hvorvidt modellen repræsenterede en geologisk eller en hydrostratigrafisk tolkning. Dette medførte, at det var vanskeligt at afgøre, om modellagene repræsenterede flere hydrostratigrafiske enheder med sammenlignelige hydrologiske egenskaber, men fra forskellige tidsaldre, eller flere lithologiske enheder fra samme tidsalder. Som resultat heraf var det ikke muligt at anvende alle laggrænser fra mange af lokalmodellerne i den geologiske opdatering eller i forbindelse med konstruktion af de hydrostratigrafiske lag. Under gennemgangen blev det besluttet hvilke laggrænser der skulle benyttes til forbedring af DK-modellen.

3. Ofte manglede der en klar *afgrænsning af fokusområder*. I disse tilfælde var det ofte svært at afgøre, hvorvidt der havde været et fokusområde med en detaljeret geologiske tolkning, samt randområder i periferien, hvor modellen alene var opstillet for at opnå acceptable randbetingelser i en passende afstand af fokusområdet.
4. Hvor der var foretaget en geologisk tolkning som basis for opstilling af en grundvandsmodel, var der i nogle tilfælde ikke opstillet en rummelig geologisk model, men alene foretaget en *todimensional geologisk tolkning,* f.eks. i form af profiltolkninger. Beregningslagene i grundvandsmodellen var efterfølgende interpoleret på basis af profildataene. Ofte var interpolationen udført af de personer, der var ansvarlig for den hydrologiske modellering og ikke af geologi kyndige personer. I flere tilfælde var der derfor ikke foretaget en geologisk baseret kontrol og kvalitetssikring af de interpolerede flader.
5. I amter hvor der var opstillet flere geologiske- eller strømningsmodeller, var disse sjældent sammentolket, eller relateret til hinanden. Det var derfor ofte en kompliceret opgave, at finde ud af hvorledes de enkelte lag i de forskellige modeller skulle relateres og indpasses i det overordnede koncept.
6. I nogle tilfælde var der alene foretaget en hydrogeologisk tolkning, uden en forudgående geologisk modellering. Da en hydrostratigrafisk model har fokus på de hydrauliske egenskaber, vil nogle af de geologiske lag ofte være slået sammen, ligesom der kan være anvendt zonering for at opnå en rumlig fordeling af de hydrologiske egenskaber. Det var derfor ikke umiddelbart muligt, at udrede den bagvedliggende geologiske model på basis af den hydrostratigrafisk model. I disse tilfælde var det svært at afgøre årsagen til en evt. afvigelse mellem en amtsmodel og DK-modellen, dvs. om afvigelsen var udtryk for forskelligartet geologisk tolkning, eller skyldtes en tilpasning af den hydrostratigrafiske model. Denne problemstilling var særlig udtalt i områder, hvor den hydrostratigrafiske model var opstillet på baggrunden af en rumlig distribuering af en forventet hydraulisk ledningsevne, og ikke på basis af en egentlig geologisk tolkning. Dette var eksempelvis modeller, hvor lithologiske eller geofysiske data var konverteret til en forventet modstand, der efterfølgende var interpoleret til en 3D model. Mens denne metode virker appellerende for opnåelse af en rumlig fordeling af ledningsevnen, er det ikke muligt at udrede modellens geologiske opbygning, der vil kunne anvendes til generering af top og bund af de geologiske enheder.

Til trods for at amterne forinden amtsseminarerne havde indsamlet relevant materialer for de respektive modeller, resulterede de erkendte problemer i, at det ofte var nødvendigt, at bruge en del ekstra ressourcer til udredning af data samt vurdering af formål og kvalitet af amtsmodellerne. I det omfang det var muligt, blev original data anvendt under den oprindelige tolkning fundet frem og gennemgået for at klarlægge hvordan de var processeret, hvilket format de lå på samt hvad de repræsenterede. Egentlige tolkningsdata (punkter og profiler) blev prioriteret over færdig interpolerede grids. Ofte var det ikke specificeret i modeludbuddet, at original data samt tolkninger anvendt til interpolation af gridfladerne skulle lagres og dokumenteres særskilt, hvorfor det som hovedregel var svært eller umuligt at genfinde og adskille data anvendt til interpolationen. Endvidere var det sjældent dokumenteret hvorledes interpolationerne af flader var foretaget, dvs. hvilken algoritme der var anvendt samt dennes parametre. Det var derfor i flere tilfælde nødvendigt, at basere opdateringen på de interpolerede data frem for de egentlige geologiske tolkninger.

Et vigtigt formål for DK-modellen er, at den skal kunne danne basis for en videre og mere detaljeret tolkning. Under opdateringen af den geologiske og hydrostratigrafiske model blev det derfor vægtet højt, at disse modeller i videst mulig omfang skal være adskilt. Da der i flere tilfælde var tvivl om hvorvidt lokalmodellen repræsenterede en geologisk eller en hydrostratigrafisk tolkning, blev det i hvert tilfælde vurderet, hvorvidt lokalmodellen bidrog med en opdateret og bedre forståelse af geologien, eller om en evt. forskel mellem DK-model og lokalmodel skyldtes at lagene i lokalmodellen repræsenterede hydrostratigrafiske lag, og derfor kun skulle medtages under opdateringen af den hydrostratigrafiske model for DK-modellen.

4.2 Sammentolkning af modeller

En vigtig opgave i sammentolkningen har været at tilpasse modellerne i overgangene mellem DK-modellen og amtsmodellerne, sikre en troværdig tolkning for amtet som helhed og sikre en forståelse for strømningsvejene for grundvandssystemet, f.eks. hvilke magasiner vurderes at være kortsluttet og identificering af dominerende enheder såsom begravede dale. Endvidere har det været vigtigt at opnå en kontinuerlig model indenfor de 3 velafgrænsede områder (Sjælland og Sydhavsøerne, Fyn og Jylland), uden hensyntagen til opdelingen i delmodeller anvendt i DK-modellen.

Det digitale materiale fra amterne blev samlet i tre GIS projekter (ArcMap) dækkende: 1) Sjælland samt Sydhavsøerne 2) Fyn og 3) Jylland.

Under sammentolkningen er de geologiske tolkninger prioriteret højest, og disse danner basis for opdateringen. Hvis det ikke var muligt at tilvejebringe de originale tolkningsdata, har det været nødvendigt at benytte griddata fra lokalmodellerne. Dette er opnået ved konvertering af gridflader til punktdata, med ét punkt for hvert grid. Tætheden af disse punkter vil således være bestemt af den anvendte gridstørrelse i lokalmodellerne. I enkelte tilfælde var tolkningsdata tilgængelige, men ved interpolation af fladerne var det ikke muligt at genskabe strukturerne i de oprindelige flader, hvorfor det var nødvendigt at supplere med griddata fra de tidligere modeller. Dette er sket ved en konvertering af gridfladerne til enten punkter eller konturlinjer, der er anvendt som støttepunkter/-linjer under interpolationen af fladerne. Konvertering af flader til konturlinjer frem for punkter er speciel fordelagtig i tilfælde hvor der er anvendt en høj grid opløsning. Konvertering til punkter vil i dette tilfælde føre til generering af mange punkter, og dermed blive tungt at arbejde med, mens datamængden reduceres betragteligt ved konvertering til konturlinjer.

Endelig er der medtaget konturlinjerne fra GIS-temaer over kalkoverfladen og prækvartæroverfladen som støttelinjer for at opnå en tilfredsstillende beskrivelse af den prækvartære flade.

Sammentolkningen er i videst mulig omfang udført efter samme principper for hele landet. På grund af det forskellige koncept anvendt for den geologiske og hydrostratigrafiske model for øerne og Jylland i DK-model2003, har det imidlertid været nødvendigt at anvende lidt forskellige fremgangsmetoder.

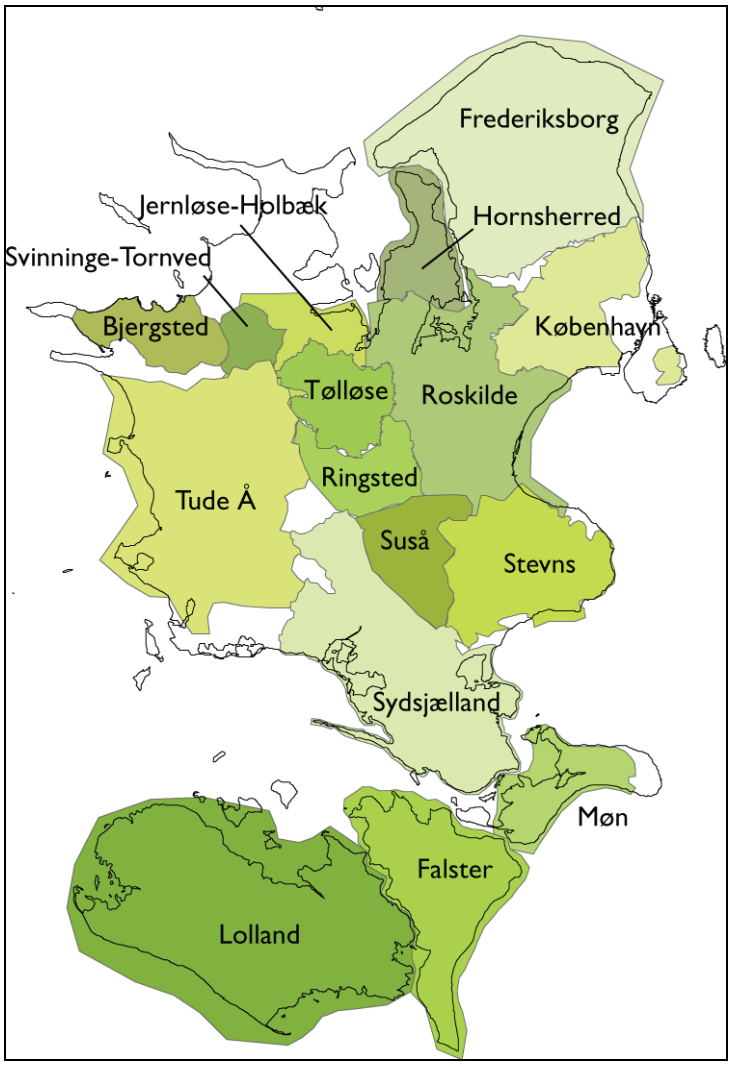
4.2.1 Sjælland, Sydhavsøerne og Fyn

For Øerne var DK-model2003 samt lokalmodellerne opstillet som lagmodeller. Anvendelsen af samme koncept for alle modeller gør opdateringsproceduren forholdsvis simpel, idet DK-modellens lagflader kan udskiftes med lagflader fra amtsmodellerne.

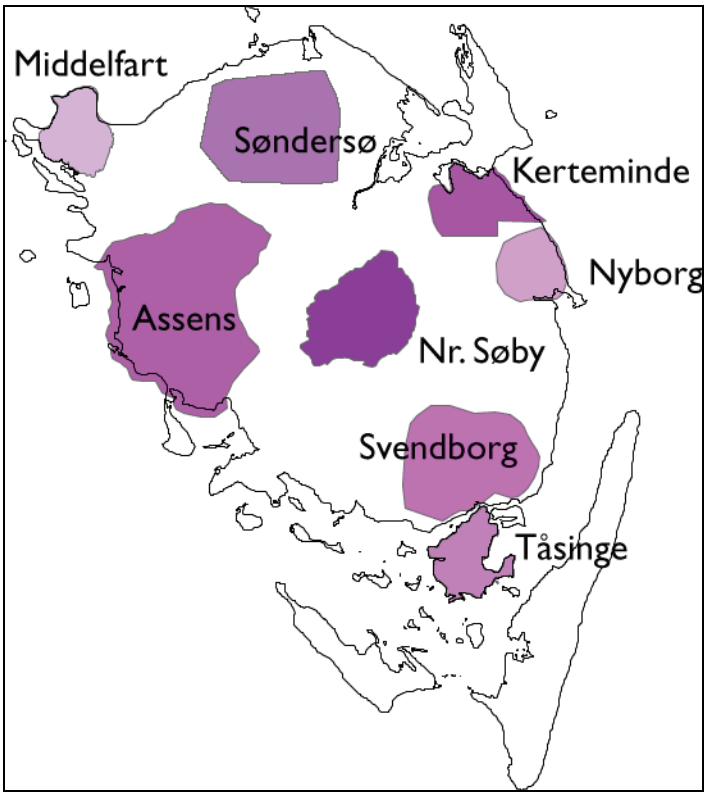
For øerne er den geologiske og den hydrostratigrafiske model sammenfaldende, med undtagelse af et supplerende toplag i den hydrostratigrafiske model, hvor leret pga. tilstedeværelsen af sprækker er antaget at have en højere hydraulisk ledningsevne end det øvrige ler. Da de to modeltyper overvejende er sammenfaldende gennemgås de samlet herunder.

Geologisk og hydrostratigrafisk model

For Sjælland og Sydhavsøerne er der gennemgået 16 lokale modeller, der helt er delvist er medtaget i opdateringen, mens det tilsvarende antal for Fyn er 7. Placeringen og udbredelse af de lokale amtsmodeller er gengivet i Figur 7 og Figur 8 for hhv. Sjælland og Sydhavsøerne samt Fyn. Hvilke lag der er medtaget fra lokalmodellerne i opdateringen og hvilken lagflader disse er indpasset i fremgår af Bilag 3.



Figur 7. Placering og udbredelse af lokale amtsmodeller der blev gennemgået ved amtsseminarerne med henholdsvis Frederiksborg, Københavns, Vestsjællands og Storstrøms amter.



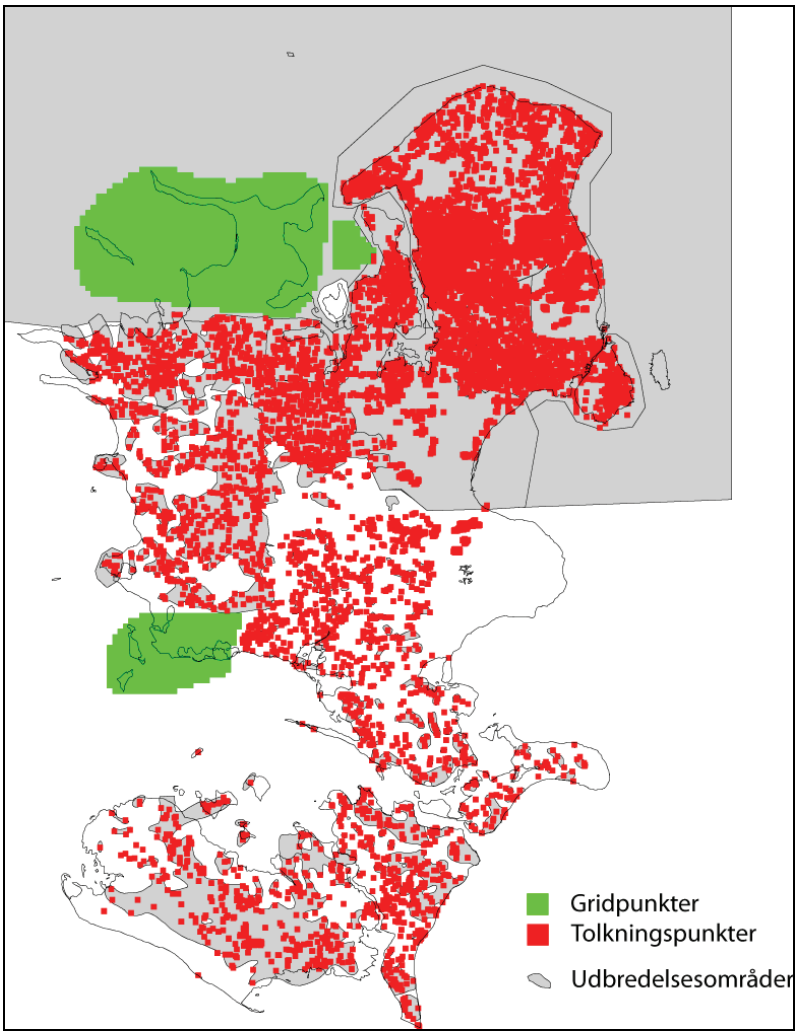
Figur 8. Placering og udbredelse af lokale amtsmodeller der blev gennemgået ved amtsseminaret med Fyns amt.

Den geologiske forståelsesmodel for øerne er en lagpakke bestående af en leret enhed med indskud af sandlegemer i forskellige niveauer. Under sammentolkningen af modellerne er leret anvendt som baggrundsgeologi, mens sandmagasinerne er indlagt ved generering af top og bund for disse. Dette betyder, at der kun er generet gridflader for top og bund for lagene der indeholder sandlinser, samt toppen af prækvartæroverfladen.

Den overordnede procedure for sammentolkningen har været:

1. **Tilpasning af data.** Indledningsvist er data fra lokale amtsmodellerne tilpasset. Foruden en konvertering til rette koordinatsystem, indbefatter dette en horisontal afgrænsning af hvilke(t) delområde(r) af lokalmodellerne, der medtages i opdateringen. En sådan afgrænsning er foretaget for at sikre, at data kun er medtaget i områder, hvor der har været fokus på den geologiske modellering, mens områder hvor den geologiske model primært er opstillet for at opnå tilfredsstillende randbetingelser for en efterfølgende grundvandsmodel er frasorteret. For hver af lokalmodellerne er der genereret en udbredelsesfil (polygon), der angiver hvilke(t) område(r) der er medtaget fra de lokale amtsmodeller.
2. **Korrelation mellem amtsmodeller og DK-model.** For hver amtsmodel medtaget i opdateringen er korrelationen mellem lagene i amtsmodellen og DK-modellen bestemt. Dette er delvist baseret på gennemgangen under amtsseminarerne, men ved den egentlige sammentolkning har det i flere tilfælde været nødvendigt med en revurdering heraf.
3. **Data fra DK-model.** De geologiske gridflader fra DK-model2003 er konverteret til punkter. Punkterne fra DK-modellen er slettet i de områder, hvor amtsmodellerne er medtaget dvs. indenfor områderne defineret ved udbredelsesfilerne.

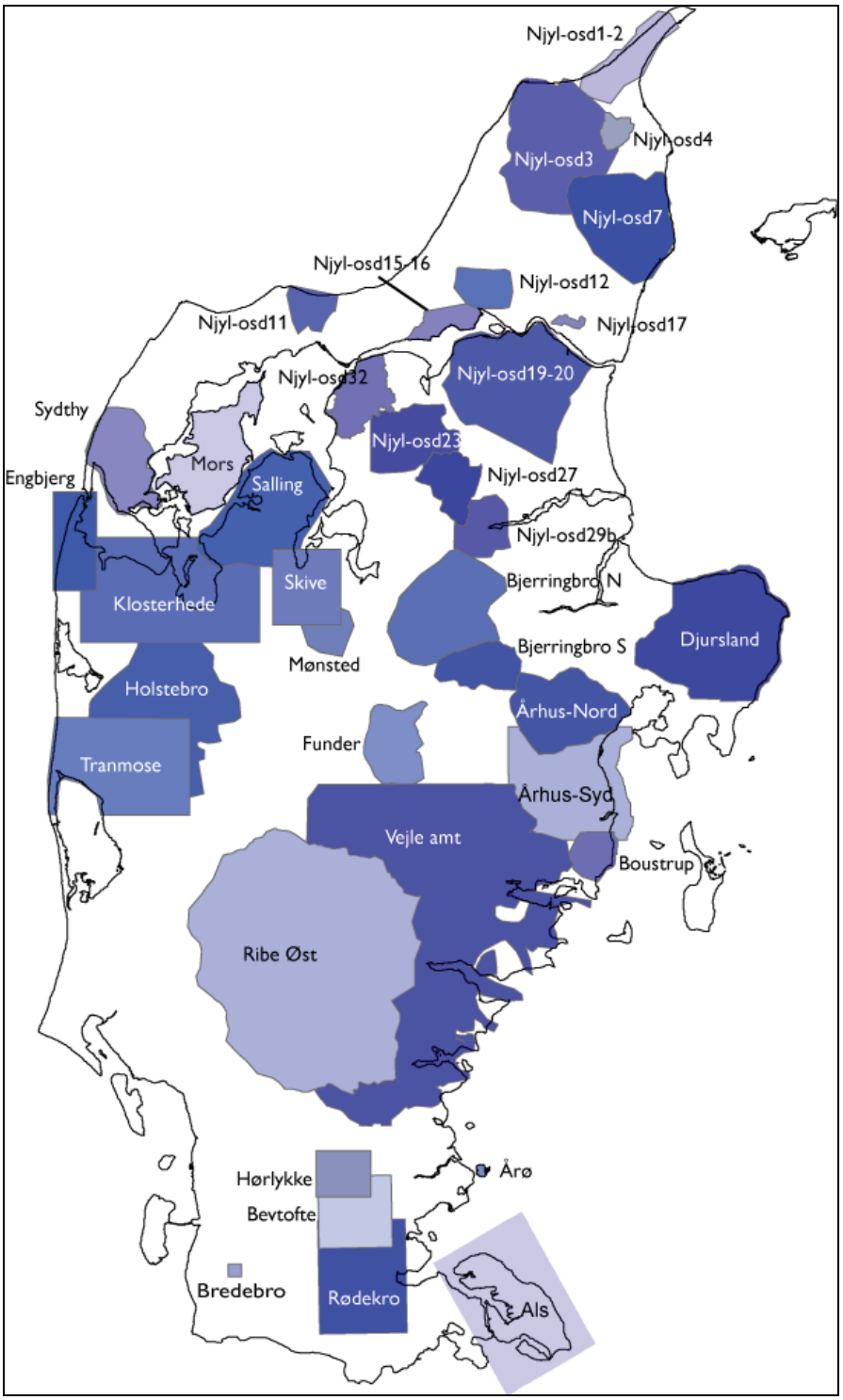
4. **Sammenkobling af data for de enkelte flader.** For hver flade er alle punkter tilhørende denne flade samlet i GIS-lag. Der er oprettet to GIS-temaer indeholdende henholdsvis geologiske tolkningspunkter og griddata, hvor sidstnævnte er gridflader fra DK-model2003 og lokalmodeller der er konverteret til punkter, Figur 9.
5. **Sammentolkning mellem amtsmodeller.** I tilfælde hvor de eksisterende modeller overlappede hinanden har det været nødvendigt med en sammentolkning af disse i områderne med sammenfald. Dette er foretaget ved en prioritering af modellerne indbyrdes og anvendelse af punkterne fra den højest prioriterede model.
6. **Sammentolkning med DK-model.** Hvor der ikke eksisterede amtsmodeller er tolkningerne baseret på DK-model2003, som i denne forbindelse er revurderet ved overgangene til amtsmodellerne.
7. **Udbredelse af linser.** For hvert niveau med sand/kalk er der defineret en udbredelsesfil (polygon), der angiver den horisontale udbredelse af sandlinserne. Udbredelsesfilen definerer et område indenfor hvilket en given enhed eksisterer (er benævnt polygon til afgrænsning af lag og lagflader Afsnit 3.28 i Jørgensen et al., 2008). Udbredelsen af sandlinser i de enkelte lag er baseret på lokal model tolkninger
8. **Interpolation og opretning af flader.** Se Afsnit 4.3



Figur 9. Tolkningspunkter samt konverterede gridpunkter og udbredelse af sandmagasinet KS3 i DK-model2009 for Sjælland.

4.2.2 Jylland

For Jylland er der gennemgået 37 modeller, der helt eller delvist er medtaget i opdateringen. Deres placering samt den horisontale udbredelse fremgår af Figur 10. Hvilke lag der er medtaget fra de lokale amtsmodeller i opdateringen og hvilken lagflader disse er indpasset i fremgår af Bilag 4.

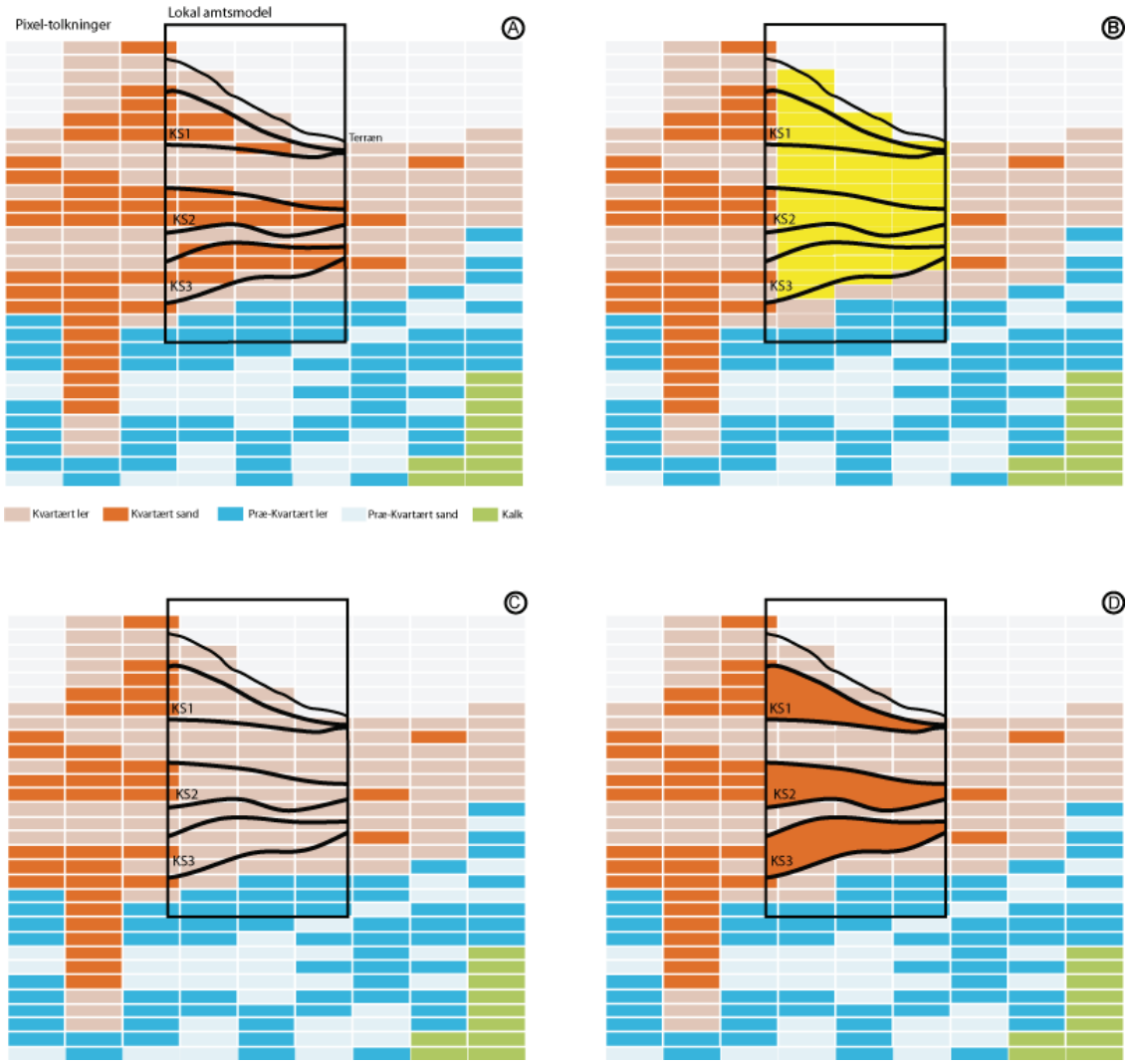


Figur 10. Placering og udbredelse af lokale amtsmodeller der blev gennemgået ved amtsseminarerne med henholdsvis Sønderjyllands, Ribe, Vejle, Ringkøbing, Århus og Nordjyllands amter.

Geologisk model

Den geologiske model for Jylland er opstillet som hybrid af pixeltolkninger fra DK-model2003, samt lagtolkninger fra amtsmodellerne. Pixeltolkningen fra DK-modellen er indlagt som baggrund for hele Jylland. I områder hvor der var opstillet en lokalmodel er DK-modellens geologi erstattet af geologien i amtsmodellen, i det omfang det blev aftalt på amtsseminarerne. Da der ikke opereres med gennemgående geologiske flader for Jylland i DK-model2003, har det ikke, som tilfældet for øerne, været muligt at opdatere den geologiske model ved en substitution af DK-modellens flader med geologiske flader fra amtsmodellerne. Den geologiske tolkning i lokalmodeller er derimod indbygget ved at overskrive pixeltolkningen, i de områder hvor det er aftalt at lokalmodellernes geologi skal medtages. I de øvrige områder er den geologiske model fra DK-model2003 anvendt, der er altså ikke sket en ny/gentolkning i disse områder. Under opstillingen af den hydrostratigrafiske model (næste afsnit) er der dog optegnet nye profiler og foretaget en mindre opdatering af den geologiske pixeltolkning baseret på nye boringer etableret siden opbygningen af DK-model2003.

Sammensætningen af den geologiske pixeltolkning og lagene fra amtsmodellerne er tilgodeset under indbygning af den geologiske model i MIKE SHE. Her er pixlerne indlagt som baggrundsgeologi, og overskrevet af linser, svarende til udbredelsen af lagene i amtsmodellerne. Frem for at definerer linser for alle sand- og lerlag i en amtsmodel er det valgt at definere en baggrundsgeologi for de enkelte amtsmodeller og sætte alle pixler indenfor modellen til denne baggrundsgeologi. Lag i amtsmodellen der afviger fra baggrundsgeologien er herefter indlagt som en linse. Princippet er illustreret på Figur 11. Den færdige geologiske model er således sammensat af 1x1km pixler (10m tykke), der er overlejret af geologiske linser repræsenterende de geologiske lag i amtsmodellerne.



Figur 11. Princip for sammenbygning af pixeltolkningen i DK-modellen og amtsmodellerne. A: Pixeltolkning med lokalmodellens lagflader. B: Lokalmodellen bruges til at udvælge pixler indenfor lokalmodellen. C: Pixlernes værdi ændres til en koden for "baggrundsgeologien" (her kvartært ler). D: Lokalmodellens geologi bygges ind ved at overskrive pixeltolkningen med linser hvis horisontale udbredelse svarer til lokalmodellens udbredelse.

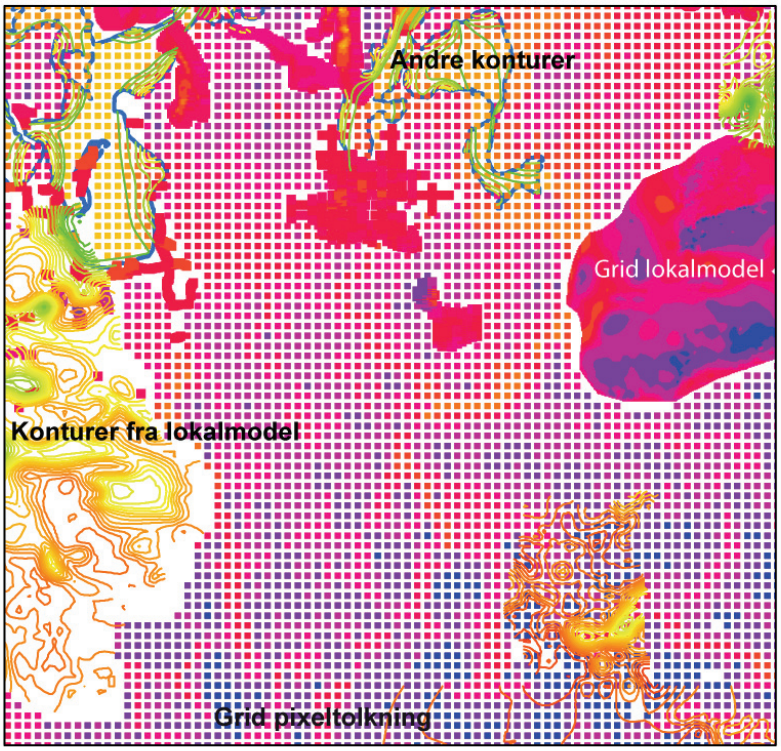
Opdateringen af den geologiske model for Jylland består således af to dele:

1. Konstruktion af linser beskrivende geologiske lag fra lokalmodellerne, der afviger fra den valgte baggrundsgeologi. Linserne afgrænses ved lagflader for top og bund samt en udbredelsesfil for den horisontale afgrænsning. Den horisontale afgrænsning er sammenfaldende med lokalmodellens fokusområde indenfor hvilken den geologiske tolkning skal medtages.
2. Kodning af pixler til "baggrundsgeologi". For hver lokalmodel vælges pixler i det område hvor lokalmodellens geologi skal medtages i opdateringen, f.eks. hele modellen eller hele/dele af den kvartære og/eller den prækvartære tolkning. Disse pixler sættes til den valgte baggrundsgeologi for lokalmodellen.

I Jylland eksisterer der betydende sandmagasiner i såvel de kvartære som de prækvartære aflejringer. I hovedparten af de lokale amtsmodeller var der imidlertid ikke differentieret mellem sandforekomster fra de to perioder, og et sandlegeme kunne således var sammen-

sat af både kvartært og prækvartært sand, der var vurderet at være i hydraulisk kontakt. I områder med dybe sandfyldte dale, kunne der således være tolket et sammenhængende sandlag, repræsenterende kvartært sand i de dybe dale og prækvartær sand udenfor dalene. Med en sådan opbygning er det ikke muligt at erkende de dybe dalstrukturer, hvilket er anset for vigtigt i forbindelse med opstillingen af den geologiske model. Sandlag der er vurderet at indeholde aflejringer af både Kvartær og Prækvartær alder, er derfor ikke medtaget i den geologiske model. I enkelte tilfælde har det dog været muligt at anvende dele af et sådant sandlag til beskrivelse af kvartære sandlegemer. Dette er sket ved kun at medtage en lagflade i områder, hvor laget befinder sig over den prækvartære overflade.

Der er tolket en samlet prækvartær overflade for hele Jylland. I det omfang der var tolket en prækvartær overflade i lokalmodellerne er denne benyttet, hvor data er medtaget enten i form af griddata eller konturer. I de øvrige områder er fladen baseret på pixeltolkningen hvor toppen af den øverste pixel tolket som værende af Prækvartær alder er benyttet til at definere grænsen. Dette giver en usikkerhed på ±5 m. Endelig er der benyttet konturer fra kort over dybden til den prækvare overflade i havområderne, Figur 12.

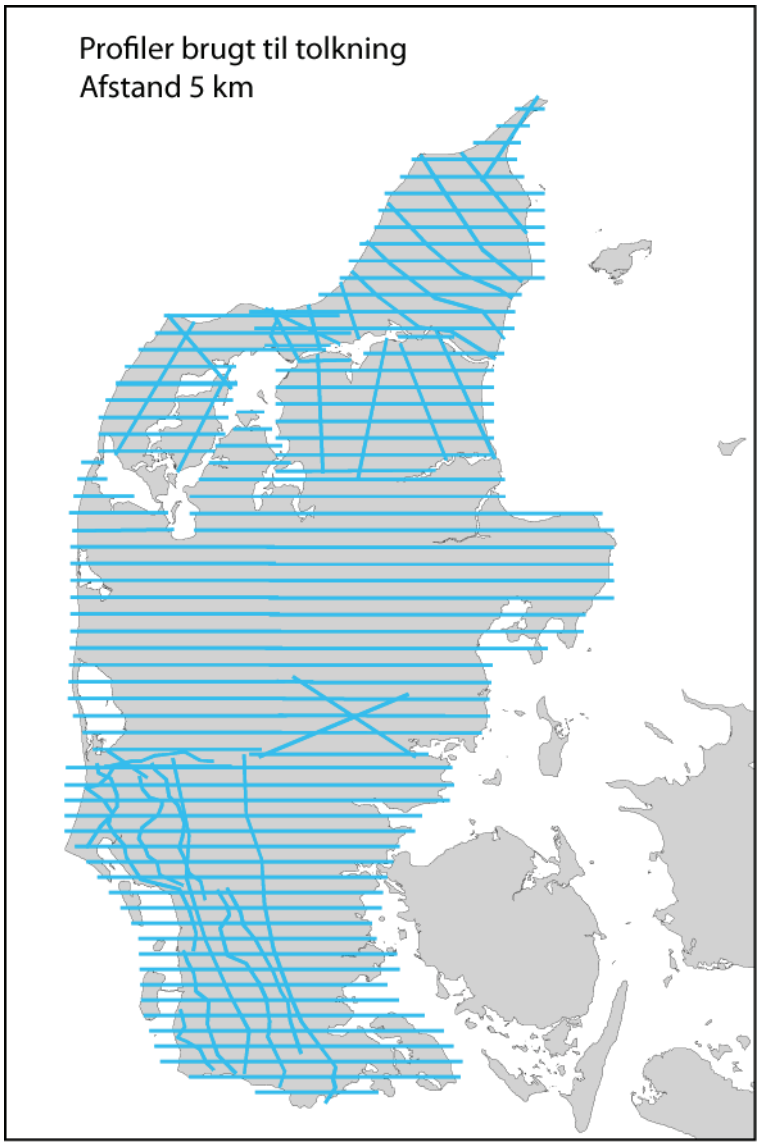


Figur 12. Data benyttet til at generere den prækvartære overflade.

Hydrostratigrafisk model

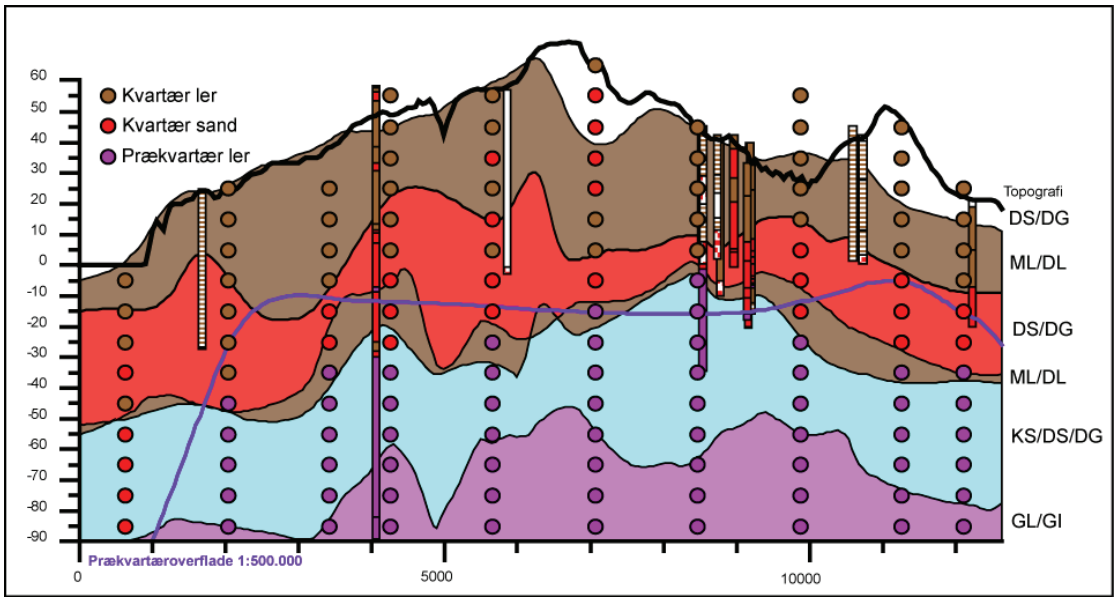
For Jylland er der under opdateringen lagt et stort arbejde i at tolke en sammenhængende hydrostratigrafisk model for hele Jylland konstrueret på basis af en overordnet forståelse af de hydrostratigrafiske forhold. Lagene afgrænser således lag der overvejende er hhv. magasin og vandstandsende lag. Til opstilling af den hydrostratigrafiske model er der foretaget en profiltolkning baseret på nye profiloptegninger primært orienteret i øst-vest gående retning med en indbyrdes afstand på 5 km, der er suppleret med tværgående profiler, Figur

13. Tolkningen af profilerne er sket på basis af boringsinformationer sammenholdt med pixeltolkningen.



Figur 13. Profiler opstillet for tolkning af den hydrostratigrafiske model for Jylland.

I områder hvor der er medtaget geologiske lag fra de lokale amtsmodeller er de disse lag ligeledes anvendt som hydrostratigrafiske lag, dvs. den geologiske og den hydrostratigrafiske model er sammenfaldende i disse områder. I tilfælde hvor flader fra en lokalmodel ikke er medtaget som en geologisk flade, er de i overvejende grad benyttet som hydrostratigrafiske flader. Der er dog undtagelser, eksempelvis hvor der i en model ikke er skelnet mellem kvartært og prækvartært sand, eller hvor der er konstateret uoverensstemmelser mellem boringer og lokalmodellen. Dette er eksempelvist erfaret for nogle sandlag tolket ud fra geofysik, hvor glimmersilt kan være svær at identificerer, Figur 14. I disse tilfælde er de hydrostratigrafiske lag indenfor lokalmodellerne primært konstrueret på basis af de nytolkede profiler. I områder hvor der ikke er medtaget lokale modeller, er den hydrostratigrafiske model alene baseret på de nytolkede profiler.



Figur 14. Eksempel på profil med uoverensstemmelse mellem boringsoplysninger/pixler og lokalmodel.

Opdatering og konstruktion af den geologiske og hydrostratigrafiske model er rent teknisk løst ved at anvende det samlede datamateriale til konstruktion af de hydrostratigrafiske flader, samt opstilling af to typer af geologiske udbredelsesfiler der definerer: 1) udbredelsen af lokalmodeller der skal medtages i den geologiske opdatering og 2) udbredelsen af geologiske lag indenfor lokalmodellerne. Udbredelsesfilerne under pkt.1 definerer de områder hvor geologien fra lokalmodellerne skal medtages og er benyttet til at udvælge pixler der skulle kodes med en baggrundsgeologi. De hydrostratigrafiske lag samt udbredelsesfilerne under pkt.2 definerer tilsammen top/bund samt horisontal udbredelse af de geologiske linser, der anvendes til at overskrive pixeltolkningen indenfor lokalmodellerne.

Den samlede procedure for opdatering af den geologiske model og konstruktionen af de hydrostratigrafiske lag har været:

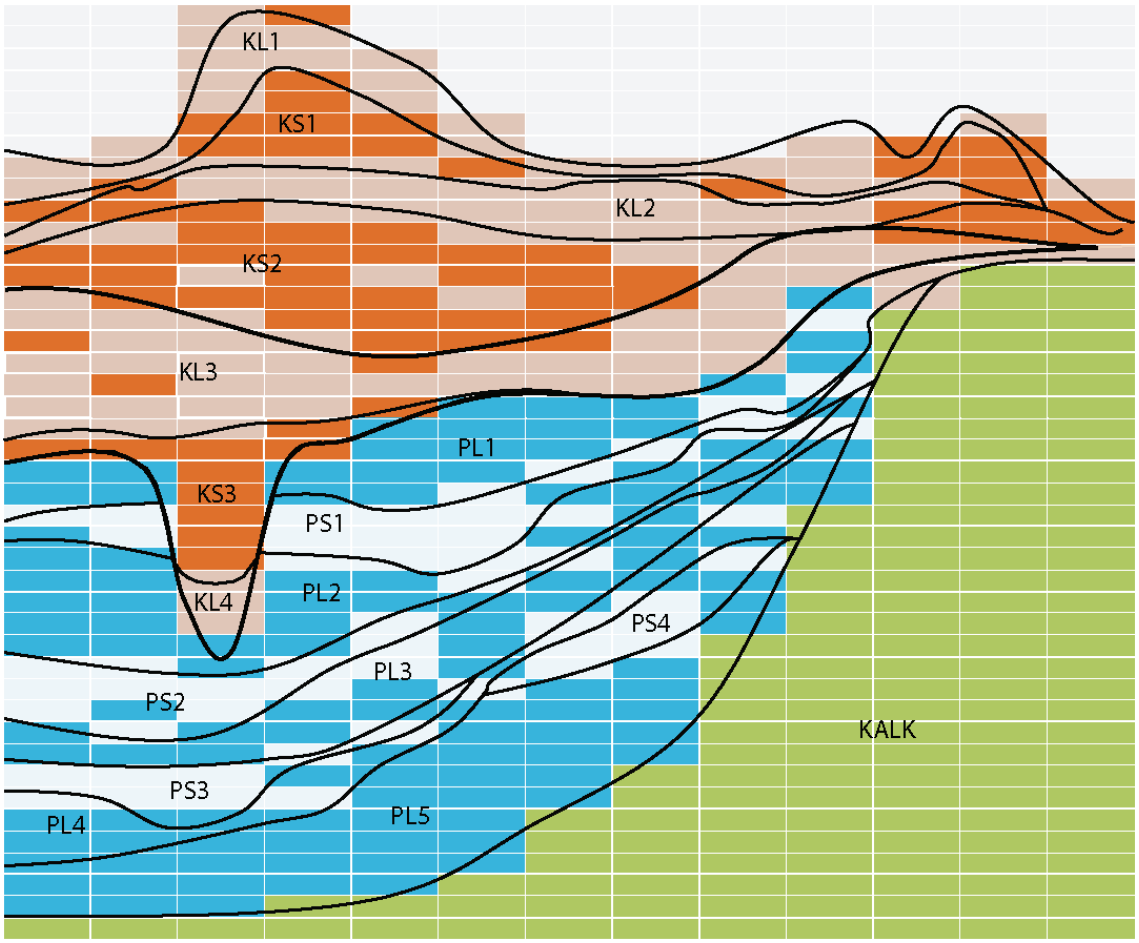
1. **Tilpasning af data.** Indledningsvist er data fra de lokale amtsmodeller konverteret til rette koordinatsystem. For data der er medtaget under den geologiske opdatering, er der endvidere foretaget en horisontal afgrænsning af hvilke(t) delområde(r) af amtsmodellerne, der medtages i opdateringen. En sådan afgrænsning er foretaget for at sikre, at data kun er medtaget i områder hvor der har været fokus på den geologiske modellering, og frasortere evt. områder hvor den geologiske model primært er opstillet for at opnå tilfredsstillende randbetingelser for en efterfølgende grundvandsmodel. For hver af de tidligere modeller er der genereret en udbredelsesfil (polygon) der angiver hvilke(t) område(r) der er medtaget fra de tidligere amtsmodeller.
2. **Korrelation mellem amtsmodeller og DK-model.** For hver amtsmodel medtaget enten under den geologiske opdatering eller til konstruktion af de hydrostratigrafiske lag, er lagene i amtsmodellen korreleret til konceptet for den geologiske opbygning for Jylland (Afsnit 3.2.2). Korrelationen er primært baseret på gennemgangen under amtsseminarerne, men ved den egentlige sammentolkning har det i nogle tilfælde været nødvendigt med en revurdering.

3. **Data fra profiltolkninger.** Data fra de nytolkede profiler er anvendt til konstruktion af de hydrostratigrafiske lag i områder uden tidligere lokalmodeller, hvor kvartære og prækvartære sandlegemer er sammentolket i lokalmodellerne eller hvor der blev konstateret uoverensstemmelse mellem tolkningen i lokalmodellerne og boringsoplysninger.
4. **Samle data for flader.** For hver flade er alle punkter tilhørende denne flade samlet i ét GIS-lag, dvs. lokale tolkningsdata, konverterede griddata samt tolkningspunkter fra den nye profiltolkning.
5. **Sammentolkning mellem amtsmodeller.** I tilfælde hvor de eksisterende modeller overlappede hinanden har det været nødvendigt med en sammentolkning af disse i områderne med sammenfald. Dette er foretaget ved en prioritering af modellerne indbyrdes og anvendelse af punkterne fra den højest prioriterede model.
6. **Udbredelse ny geologi.** For hver lokalmodel der medtages under den geologiske opdatering er der defineret en udbredelse (polygon) svarende til fokusområdet for den enkelte model, Figur 15.
7. **Udbredelse af linser.** Inden for en lokalmodel er samtlige lag ikke nødvendigvis udbredt i hele modelområdet. For hvert lag er der derfor defineret udbredelser (polygoner), der angiver de horisontale udbredelser af de geologiske lag i lokalmodellen. Disse udbredelsesfiler definerer således, hvor linserne eksisterer og hvor pixelgeologien overskrives i MIKE SHE.
8. **Interpolation og opretning af flader.** Se Afsnit 4.3
9. **Udskiftning af pixler.** Indenfor polygonerne under punkt 7 er pixler overskrevet med en kode der angiver den valgte baggrundsgeologi for lokalmodellen.

Figur 15. Tolkningspunkter og konverterede gridpunkter (pkt_ks2b), hjælpelinjer (pol_ks2b) anvendt til konstruktion af det hydrostratigrafiske lag KS2. Endvidere er udbredelsen af lokalmodeller der indgår i den geologiske opdatering (ub_ks2).

Hvor den hydrostratigrafiske model er baseret på de lokale amtsmodeller, vil der kun optræde én hydrostratigrafisk enhed indenfor laget, f.eks. et sandmagasin. I områder uden

lokalmodeller, hvor modellen er baseret på profiler og DK-modellens pixeltolkning, vil der kunne optræde forskellige hydrostratigrafiske enheder indenfor samme hydrostratigrafiske lag. Geologisk set vil der således kunne optræde områder med lerpixler indenfor et hydrostratigrafisk sandmagasin, Figur 16.



Figur 16. Hvor pixeltolkningen fra DK-model2003 udgør den geologiske model, vil der kunne optræde pixler af forskellig geologi indenfor ét hydrostratigrafisk lag.

Med den varierende geologi for Jylland, vil et hydrostratigrafisk lag ikke nødvendigvis eksistere over det hele, eksempelvis findes nogle af de dybe prækvartære sandformationer kun mod syd. Ligeledes er der variationer mht. kompleksiteten af den kvartære lagpakke, hvor denne i nogle områder har kunnet repræsenteres ved anvendelse af to sandlag, mens der har været behov for anvendelse af tre lag i andre områder, specielt hvor der findes dybe dale. Der er dog det samme antal hydrostratigrafiske lag for hele Jylland, men i områder vil nogle af de hydrostratigrafiske lag være ikke-eksisterende, dvs. de har en lagtykkelse på 0 m. Den geologiske og hydrostratigrafiske model for Jylland er præsenteret i Afsnit 5.3.

4.3 Interpolation og opretning af flader

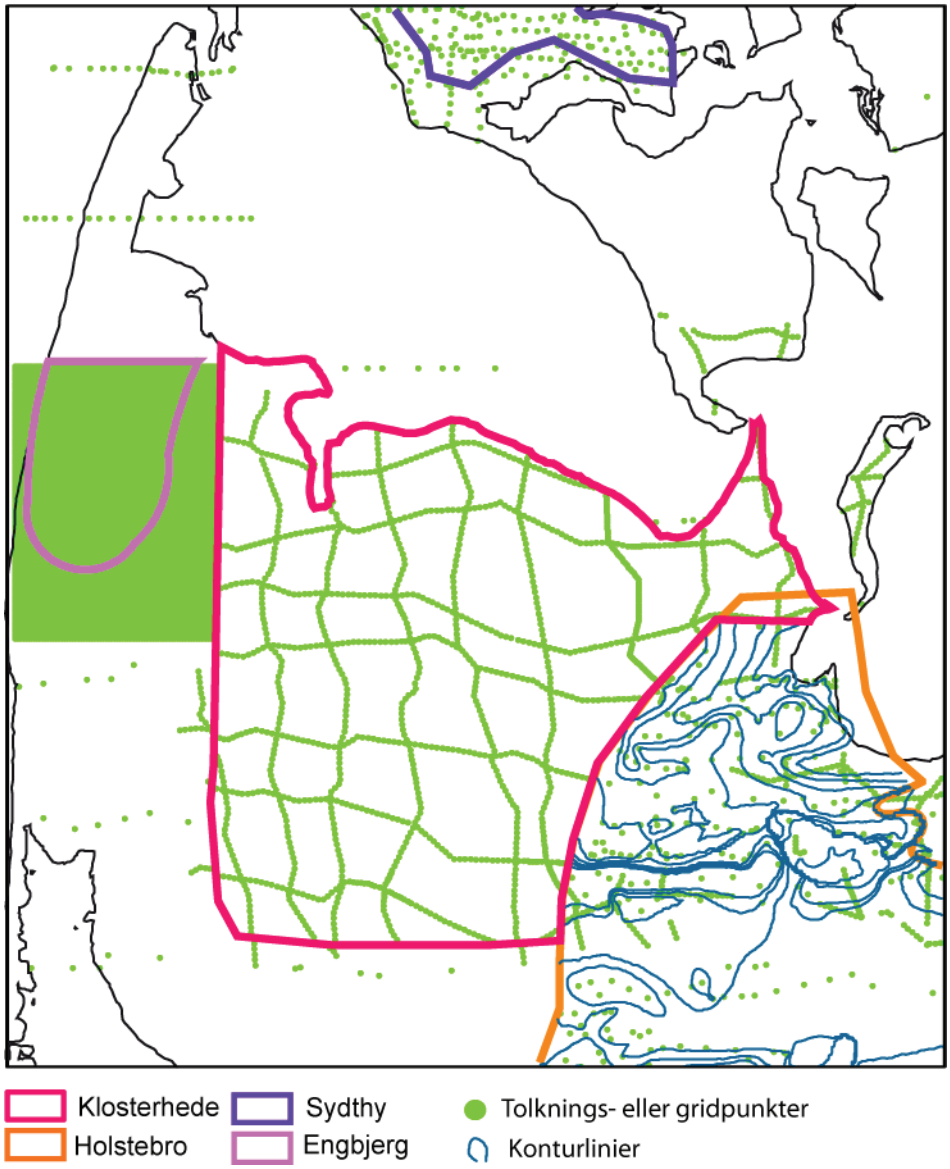
4.1.1. Interpolation

Det samlede datasæt for interpolationen af de forskellige flader består af følgende datatyper:

- *Tolkningspunkter*. Er de geologiske tolkningspunkter der konstrueret under opstilling af lokalmodellen. Disse kan være både "snappede[1]" til boringer og frihåndstolkninger
- *Gridpunkter*. Disse punkter er fremkommet ved en konvertering af eksisterende gridflader til punktdata. Datatætheden af denne datatype vil være bestemt af opløsningen i den oprindelige gridflade.
- *Hjælpelinjer.* Dette er konturlinjer der anvendes som hjælpeinformation under interpolationen. Konturlinjer er anvendt på følgende måde:
    - I områder uden tolkningsdata, men hvor der eksisterer anden information om en flades forløb. Dette er eksempelvis anvendt ved interpolation af kalkoverfladen for store dele af Jylland, hvor denne flade ikke var tolket i de lokale modeller. Her er kalkoverfladen interpoleret på basis af digitaliserede konturliner fra GEUS kort af kalkoverfladens beliggenhed
    - I områder hvor der eksisterer tolkningsdata, men hvor disse ikke er tilstrækkelige til at gendanne strukturen af lagfladerne i de oprindelige lokalmodeller. Her er de oprindelige gridflader konverteret til konturlinier og medtaget som hjælpelinier så de oprindelige strukturer kan gendannes med den anvendte interpolationsrutine
    - Flade filer fra lokal modeller som er konverteret til konturlinjer

Anvendelsen af de forskellige datatyper til interpolation af fladerne er illustreret på Figur 17.

[1] Snappede fladetolkningspunkter: Definerer en tolket position af en flade eller lag i rummet. Et snappet fladetolkningspunkt er tilknyttet et datapunkt i modelrummet. Dette vil normalt være en laggrænse i en boring, i en geofysisk sondering eller på et seismisk profil. (Jørgensen et al., 2008)



Figur 17. Eksempel på data anvendt til interpolation af de hydrostratigrafiske flader. I Klosterhede og Sydthy er der alene anvendt tolkningsdata, mens der er anvendt både tolkningsdata og supplerende konturlinjer konverteret fra de oprindelige gridflader i modellen for Holstebro. Endelig er de oprindelige grids konverteret til punkter for Engbjerg modellen.

Lagfladerne er interpoleret i ArcMap 9.3 ved anvendelse algoritmen ”topotoraster” (indeholdt i Spatial Analyst). Algoritmen er udviklet af ESRI med det formål at kunne generere en korrekt hydrologisk højdemodel, der foruden hensyntagen til kontinuiteten af en overfladen er i stand til at repræsentere abrupte overgange, eksempelvis forårsaget af strømmende vand. Denne algoritme er valgt, idet den er fundet egnet til interpolation af geologiske højdemodeller, og er fleksibel med mulighed for angivelse af flere filer der skal medtages under interpolationen (eksempelvis filer indeholdende punkter, linjer og udbredelse). Endvidere er algoritmen relativ hurtig, betydelig hurtigere end eksempelvis kriging, hvilket er attraktivt da der arbejdes med sammenhængende gridflader indenfor de enkelte GIS-projekter.

Til brug for den numeriske modellering er fladerne interpoleret i et 500 x 500 m grid, svarende til gridstørrelsen anvendt i den numeriske model. Der ligger således færdige interpolerede flader for hele Danmark i denne opløsning. Da interpolationen af fladerne er baseret på de originale data eller konverterede grids fra lokalmodellerne, vil det være muligt at geninterpolere data med en anden rumlig opløsning. Begrænsningen i hvor lille opløsning der med rimelighed kan anvendes ligger i den nøjagtighed hvormed de lokale modeller indenfor det pågældende område er tolket.

Interpolationen styres vha. parameterfiler. Et eksempel på en parameterfil er givet i Figur 18, for interpolation af fladen for bund af KS2 for Sjælland, der er baseret på punktfilerne "grd_bsand2.shp" og pkt_bsand2.shp".

```
POINT i:\geomodel\sjaelland\novdata\layers\grd_bsand2.shp Z
POINT i:\geomodel\sjaelland\novdata\layers\pkt_bsand2.shp Z
ENFORCE OFF
DATATYPE SPOT
ITERATIONS 40
ROUGHNESS_PENALTY 0.00000000000
DISCRETE_ERROR_FACTOR 1.00000000000
VERTICAL_STANDARD_ERROR 0.50000000000
TOLERANCES 2.50000000000 100.00000000000
EXTENT 615050.00000000000 6035050.00000000000
749950.00000000000 6239950.00000000000
CELL_SIZE 100.00000000000
MARGIN 20
```

Figur 18. Eksempel på parameterfil anvendt til interpolation af lagfladen for bund af KS2 for Sjælland.

4.1.2. Opretning

Efter interpolationen er der sket en opretning af fladerne for at undgå krydsende lag. Opretningen er sket ved at opstille en prioriteret rækkefølge af lagene, således at de lag der forventes at være mest korrekt beskrevet er prioriteret over lag de forventes at være mere usikre. Der er først oprettet efter top af laget, dernæst bund af lag. Under opretningen tages der hensyn til de konstruerede udbredelsesfiler, der definerer indenfor hvilke områder en flade eksisterer, og opretning efter en flade sker således kun indenfor udbredelsesfilen.

Følgende prioritering er anvendt for alle modelområder, idet omfang de pågældende lag eksisterer indenfor modelområdet.:

1. Topografi
2. PREQ - Prækvartære overflade
3. KS2 – Kvartær sand2 (Regionale magasiner)
4. KS3 – Kvartær sand3 (Mellem/Dybtliggende magasiner)
5. KS4 – Kvartær sand4 (Mellem/Dybtliggende magasiner)
6. KS1 – Kvartær sand1 (Terrænnære magasiner)
7. PS1 – Prækvartær sand1 (oftest sand i Odderup Formationen)
8. PS2 - Prækvartær sand2 (oftest sand i Bastrup Formationen)
9. PS3 - Prækvartær sand3 (oftest sand i Ribe Formationen)
10. PS4 - Prækvartær sand4 (oftest sand i Billund Formationen)
11. KAL – Sen Kridt og Danien kalkaflejringer
12. Ler indslag i KS2, KS3 og PS2 (for krydsende flader af ler indenfor disse enheder)

For øerne kan overgangen mellem aflejringer fra Kvartær og Prækvartær erkendes på baggrund af lithologien, hvor eksempelvis kalken udgør prækvartæroverfladen i store dele. Den geologiske model, tolket på basis af lithologien, indeholder således naturligt en prækvartæroverflade. Modsat forholder det sig for Jylland, hvor de tidligere amtsmodeller typisk ikke indeholder en tolket prækvartæroverflade, hvorfor dalstrukturer i denne overflade ikke fremtræder klart. For at opnå en bedre beskrivelse af dalstrukturerne i den hydrostratigrafiske model, blev det derfor valgt at medtage den prækvartære overflade under opretningen af de hydrostratigrafiske lag. For konstruktion af den prækvartære overflade henvises til Afsnit 4.2.2.

Fladerne er interpoleret og oprettet ved afvikling af en række scripts. Disse scripts er tekstfiler indeholdende parametre og information for afvikling af ArcGis procedurer, der afvikles i en bestemt rækkefølge i en ”dos-prompt” i ArcMap miljøet. Anvendelsen af scripts og parameterfiler sikre, at det er muligt at genskabe fladerne ved en ny interpolation. Dette er specielt vigtigt i tilfælde, hvor der efterfølgende sker en opdatering af datagrundlaget, f.eks. med nye datapunkter fra en detailmodel. Efter tilføjelsen af de nye punkter kan alle fladerne interpoleres og oprettes igen, og de nye flader vil kun være påvirket i de områder hvor der er adderet nye data. For hvert af de tre områder: Sjælland inklusiv Sydhavsøerne, Fyn og Jylland udgør tekstfilerne for interpolation og opretning ca. 300 tekstlinjer, og er derfor ikke medtaget som hardcopy. Det samlede sæt tekstfiler kan rekvireres ved direkte henvendelse til GEUS eller på mailadressen: dk-model@geus.dk.

5. Produkt

Det samlede produkt af opdateringen af den geologiske og hydrostratigrafiske model omfatter:

1. Opdateret geologisk model
2. Opdateret hydrostratigrafisk model
3. GIS (ArcMap) projekt med opdaterede geologiske/hydrostratigrafiske flader, data anvendt til konstruktion af disse flader samt scripts brugt til interpolation og opretning
4. GIS (ArcMap) projekt med de oprindelige data modetaget fra amterne

Fladerne for de opdaterede geologiske og hydrostratigrafiske modeller er desuden indlæst i den nationale modeldatabase. Modellerne er indlæst for hvert af de tre områder: Sjælland samt Sydhavsøerne, Fyn og Jylland.

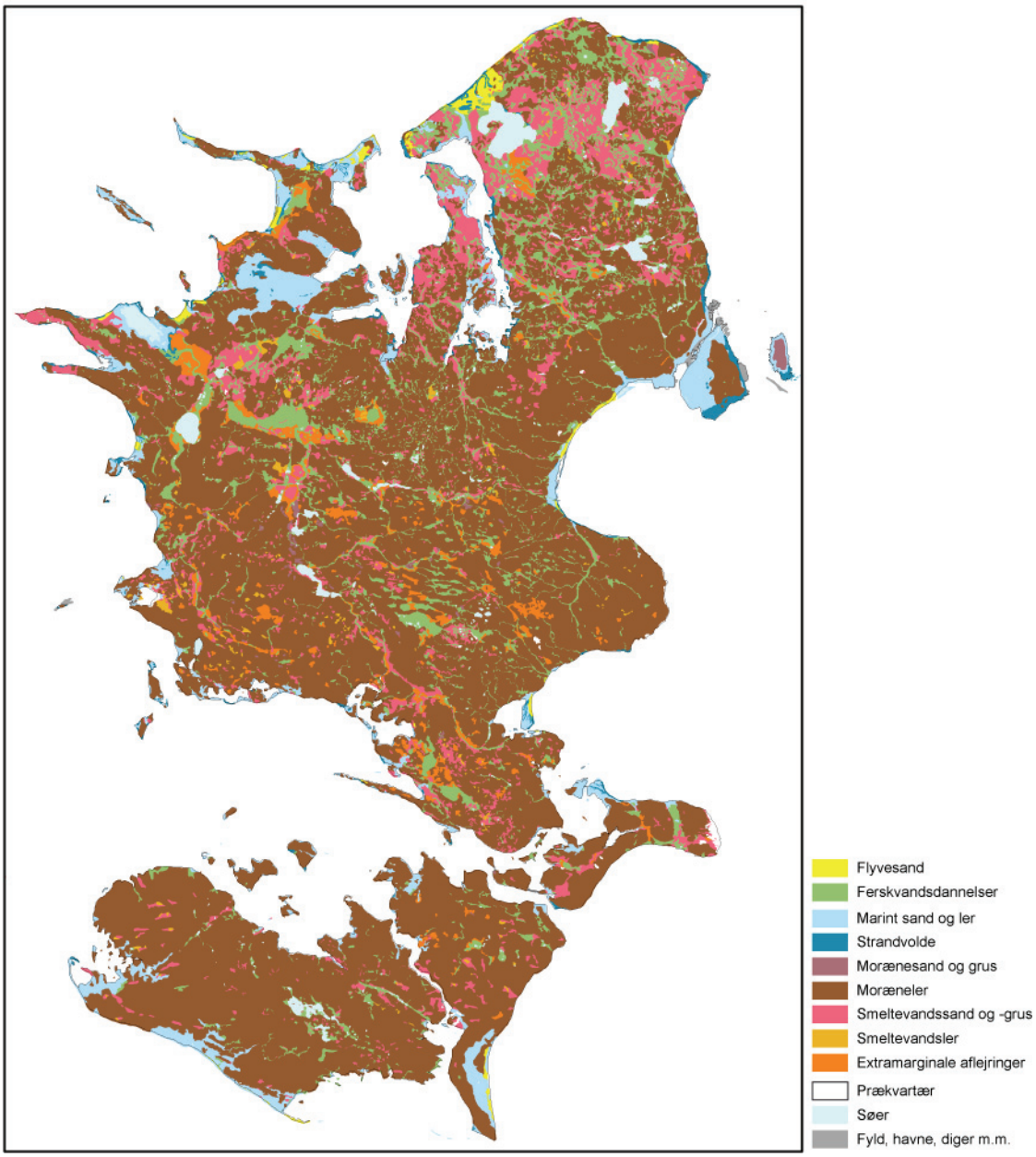
I det følgende præsenteres den opdaterede geologisk og hydrostratigrafiske model. For det øvrige datamateriale henvises til modeldatabasen.

5.1. Model for Sjælland og Sydhavsøerne

5.1.1. Geologisk model

Den geologiske model for Sjælland og Sydhavsøerne er opbygget som fire gennemgående enheder, med indskud af sandlegemer i fire forskellige niveauer med varierende horisontal udbredelse. De fire gennemgående lag, regnet fra topografien og ned, er (se Figur 3 for principskitse):

1. De øverste 3 m i landområdet udgør den umættede zone samt den øverste del af den mættede zone. I dette niveau skelnes der mellem tre enheder: sand, ler og andet, hvor deres rumlige fordeling er baseret på jordartskortet (Figur 19).
2. Et forholdsvist lavpermeabelt lag bestående af ler aflejret under forskellige geologiske tider og under varierende dannelsesmiljøer. Laget består overvejende af moræneler. I visse områder indgår desuden interglacialt, senglacialt og postglacialt ferskvandsler, samt interglacialt marint ler samt smeltevandsler og -silt. Laget strækker sig fra bunden af lag 1 og ned til de prækvartære aflejringer.
3. Et relativt lavpermeabelt lag bestående af paleocæne og eocæne enheder, Lillebæltsler, Røsnæsler og Kerteminde Mergel. Laget genfindes primært fra Midtsjælland og mod vest.
4. Vandførende prækvartære kalkaflejringer fra Danien og Kridt samt Senpaleocæne grønsandsaflejringer. Disse enheder udgør det primære magasin for store dele af Sjælland.



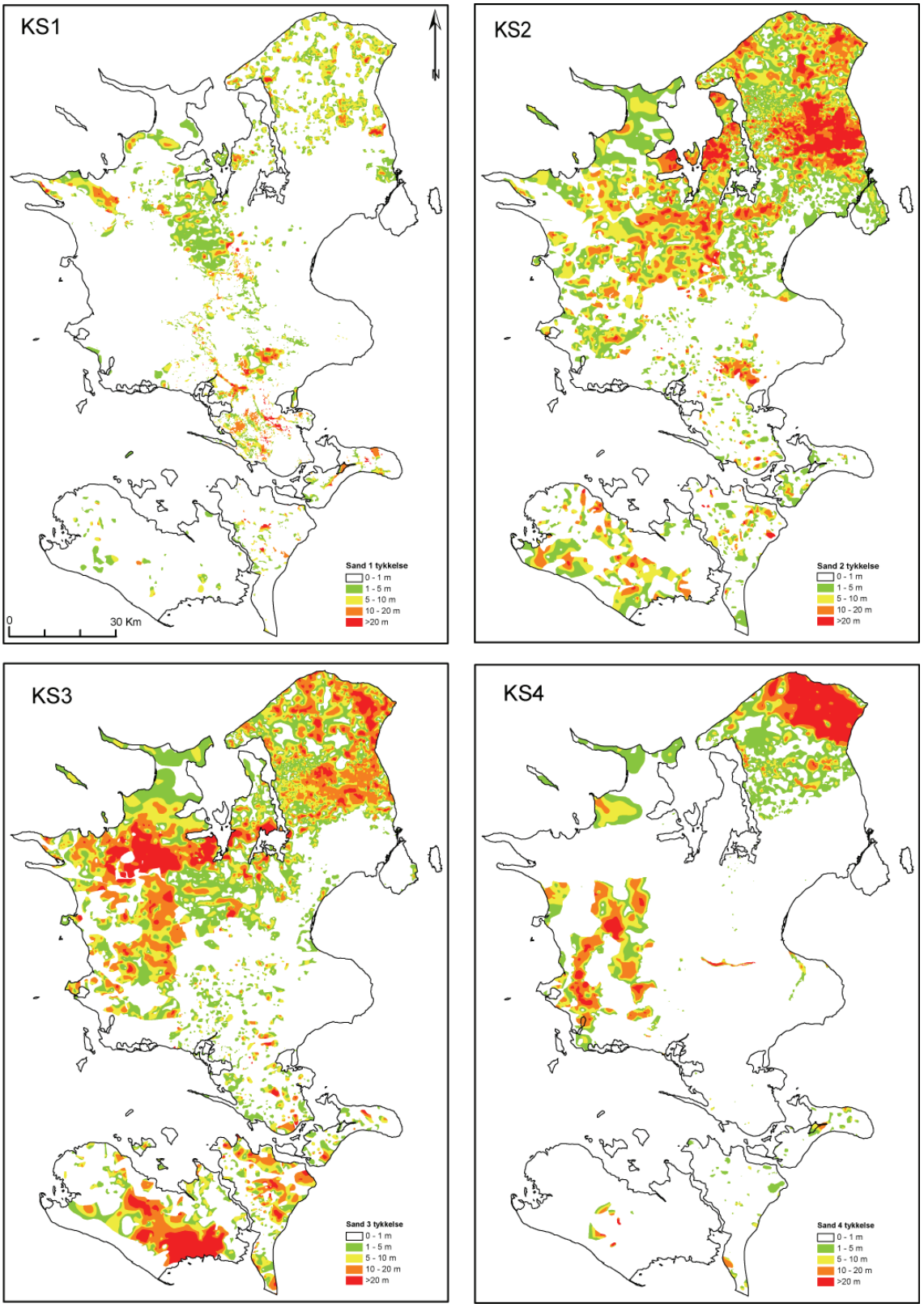
Figur 19. Jordartskort over Sjælland og Sydhavsøerne

De fire niveauer med sandlegemer er karakteriseret ved (fra topografien og ned):

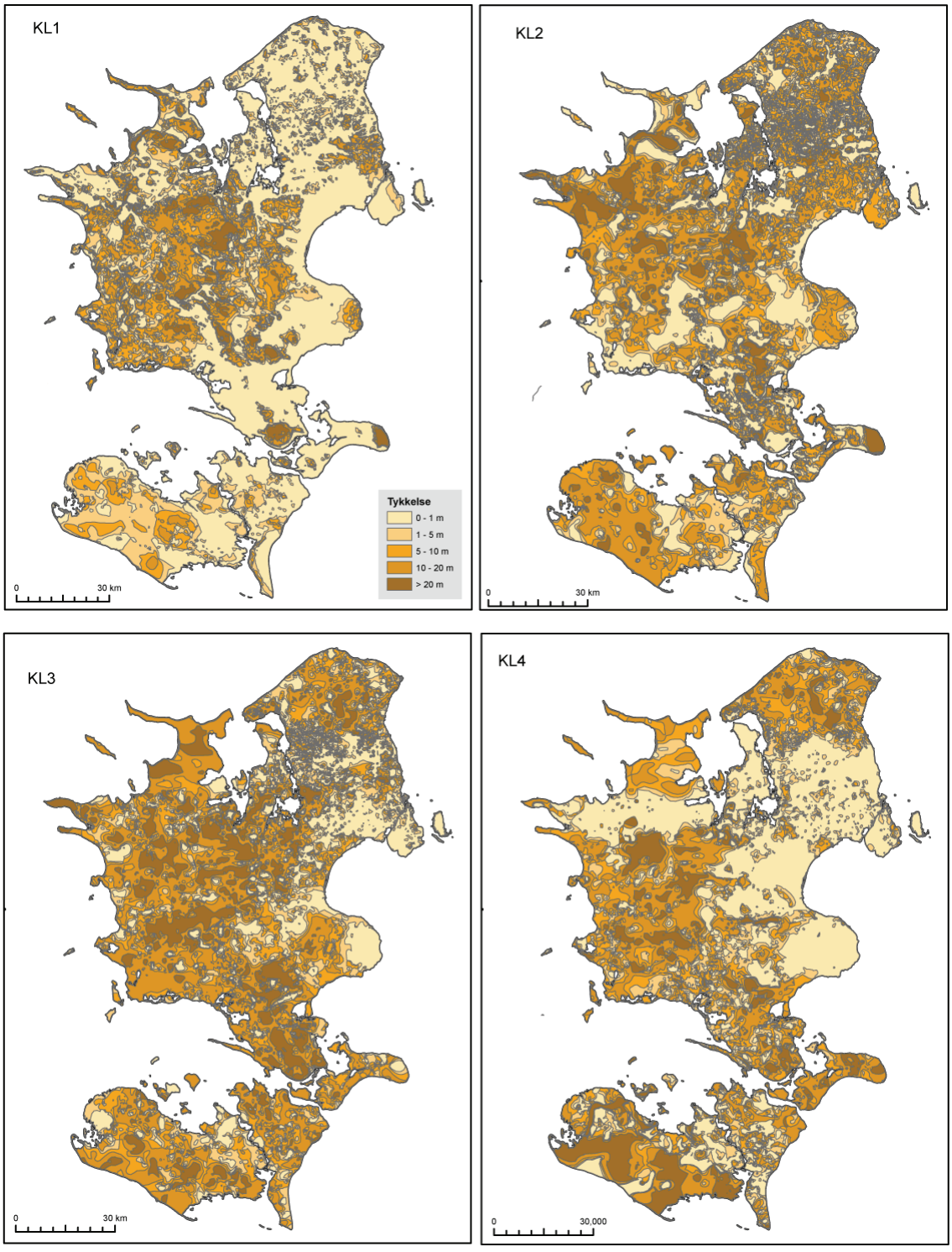
1. Legemer af smeltevandssand og -grus, som udgør sekundære lokale magasiner. Enhederne, som er det øverste niveau af sandforekomster, ligger omkring kote 30 til 50 m og har begrænset udstrækning. Laget findes således kun udbredt i de højtliggende områder på Sjælland. Lagtykkelser over 2 m findes især i Syd-, Midt- og i Nordsjælland.
2. Vandførende smeltevandssand og –grus enheder. Dette niveau indeholder de regionale øvre primære magasiner og har en relativ stor udstrækning med lagtykkelser over 10 m i mange områder, især i Midt- og Nordsjælland. Laget findes ofte omkring kote -15 til 0 m.

3. Vandførende smeltevandssand og –grus enheder, som udgør et regionalt nedre primært magasin. Magasinerne i dette niveau har relativ stor udstrækning med tykkelser på over 10 m i mange områder, især i Nord- og Vestsjælland samt på Lolland. Enhederne mangler dog, hvor de prækvartære aflejringer ligger højt som på Østsjælland og på Møn. Enhederne findes ofte omring kote -35 til -20 m.
4. Vandførende smeltevandssand og -grus enheder, der udgør et dybtliggende nedre primært magasin, der især findes i dybe sænkninger i den prækvartære overflade som i Nordsjælland og på Lolland samt i mindre udstrækning i Vestsjælland. I nogle områder (Nordsjælland) er der hydraulisk kontakt med de overliggende sandlegemer. Enhederne findes ofte dybere end kote -45 m.

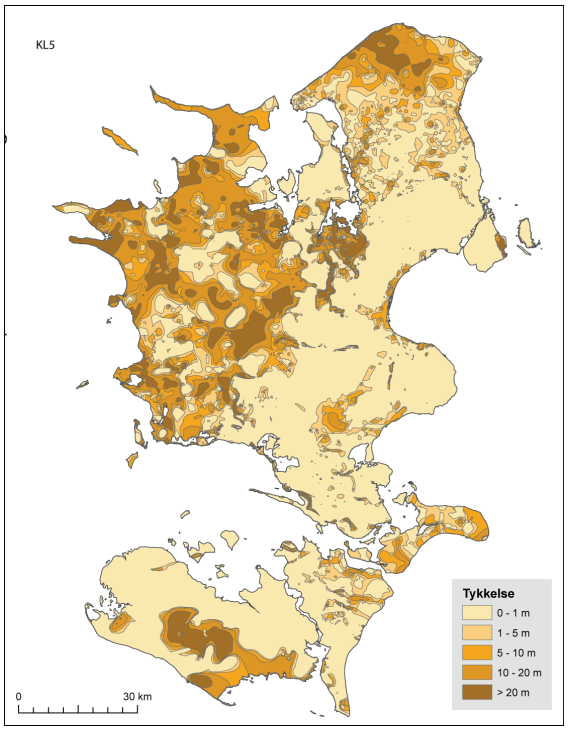
Udbredelse og tykkelse af de vandførende enheder fremgår af Figur 20 mens udbredelse og tykkelser af det mellemliggende ler er vist på Figur 21 og Figur 22. Udbredelse og tykkelse af det paleocæne ler der overlejre de prækvartære kalkaflejringer er gengivet på Figur 23.



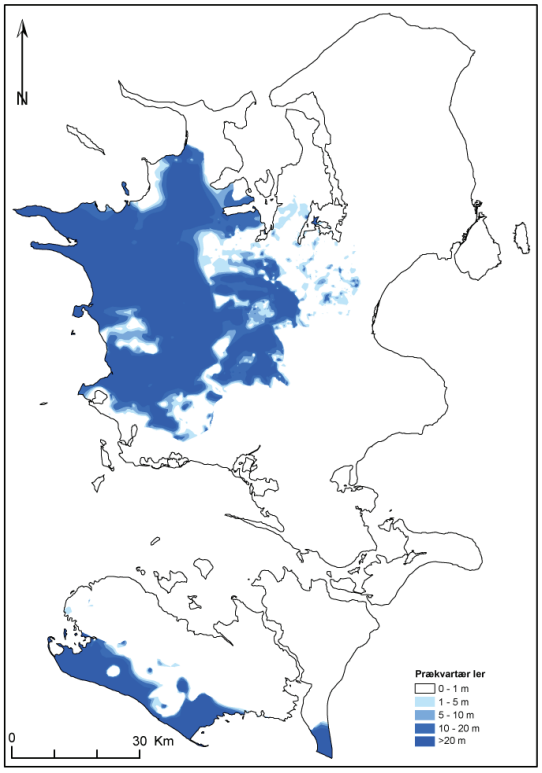
Figur 20. Udbredelse og tykkelse af de vandførende enheder bestående af kvartært sand.



Figur 21. Udbredelse og tykkelse af de kvartære lerlag, KL1 - KL4



Figur 22. Udbredelse og tykkelse af det kvartære lerlag, KL5.

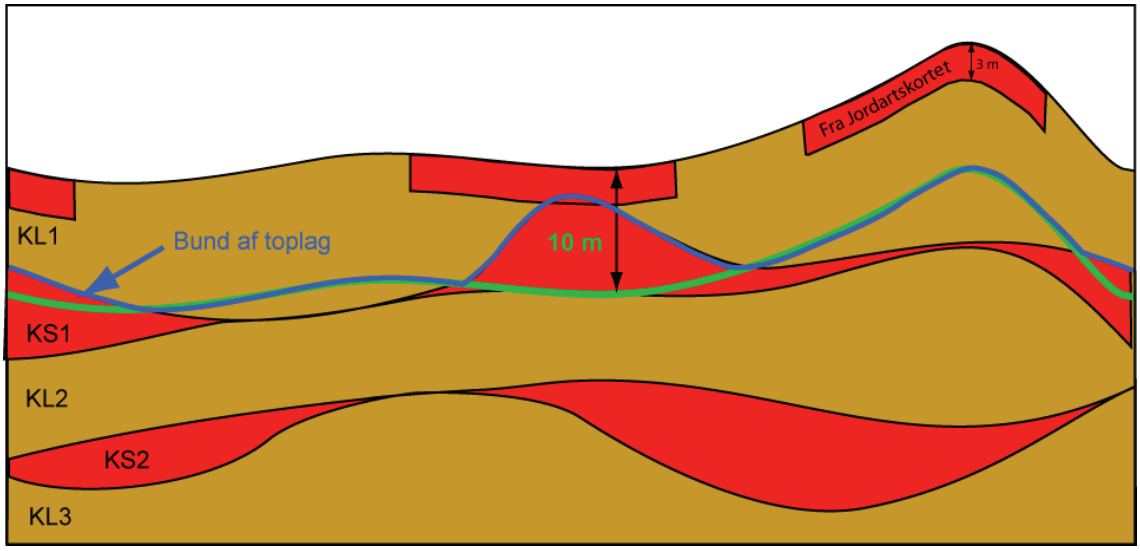


Figur 23. Udbredelse og tykkelse af ler fra Paleocæn og Eocæn

5.1.2. Hydrostratigrafisk model

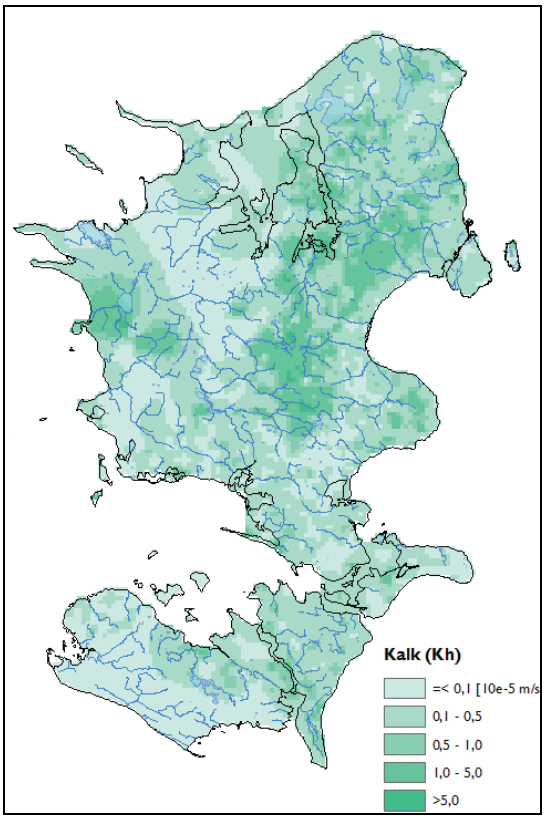
Den hydrostratigrafiske model for Sjælland og Sydhavsøerne adskiller sig alene fra den geologiske model ved introduktion af et øvre toplag (LST), hvor leret er antaget at være

opsprækket og derfor have en højere hydraulisk ledningsevne end det øvrige ler. Dette toplag strækker sig fra topografien og ned til toppen af den øverste beliggende sandforekomst dog maksimalt 10 m under topografien. Grænsen på 10 m under topografi er en ændring i forhold til DK-model2003, hvor der blev anvendt en toplagstykkelse på 3 m. Undersøgelser af sprækkedybder i moræneler har imidlertid vist, at sprækkerne kan strække sig væsentlig under de 3 m, afhængig af de lokale forhold. Miljøcenter Roskilde har, parallelt med opdatering af DK-modellen, kalibreret en variant af DK-modellen benævnt "Sjællandsmodellen" (Kürstein et al., 2009). Sjællandsmodellen anvender en mere avanceret metode til beskrivelsen af den umættede zone, ligesom der er foretaget en underopdeling af de hydrauliske ledningsevner vha. zonering. Erfaringer herfra underbygger, at sprækkedybden i moræneler er større end 3 m. Det er derfor valgt at udvide sprækkedybden til de maksimale 10 m under terræn, Figur 24.



Figur 24. Illustration af geologiske lag og det øverste hydrostratigrafiske lag LST.

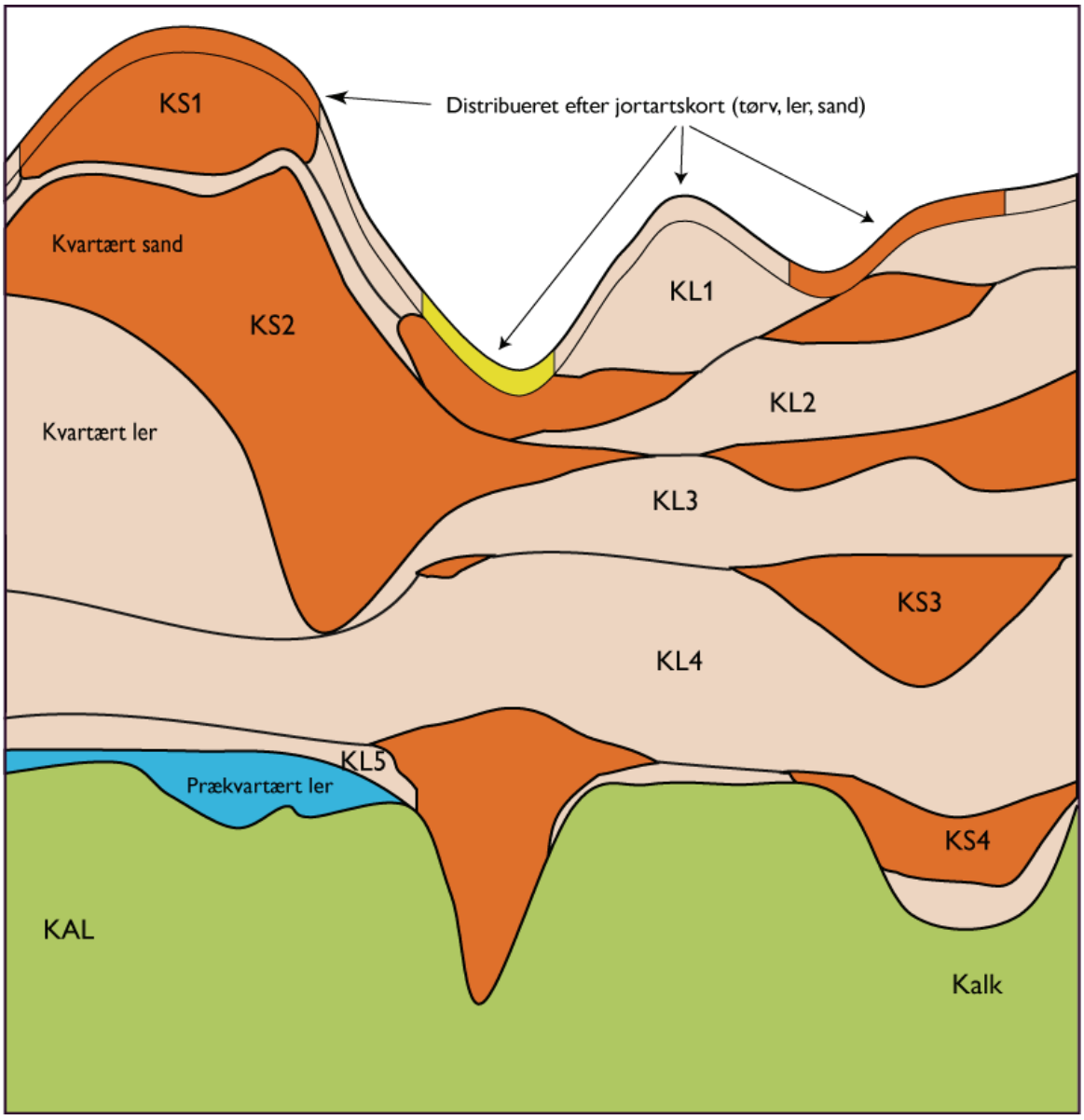
De vandførende egenskaber for kalken er meget afhængige af sprækkeintensiteten i såvel den horisontale som den vertikale retning, og der vil således være stor variation i hvor stort et område der er hydraulisk aktivt i kalken. Der foreligger ikke tilstrækkelig viden om den rumlige variation af sprækkerne i kalken. Derfor kan variationen ikke indbygges direkte i den hydrostratigrafiske model, og der kan således heller ikke indbygges en variabel tykkelsen af kalken, der beskriver tykkelsen af den hydrauliske aktive zone. En fornuftig distribuering af de hydrauliske egenskaber for kalken er imidlertid vigtig, da der indvindes store mængder vand herfra og fordi kalken pga. sprækkerne generelt vil være heterogen. Det er derfor valgt at repræsentere kalkaflejringerne ved et gennemgående lag med en konstant tykkelse på 50 m, og beskrive variationen i de hydrauliske egenskaber ved interpolation (kriging) af transmissiviteter estimeret på baggrund af pumpe/specifik ydelsesdata fra Jupiter. Den estimerede hydrauliske ledningsevne for kalken er gengivet i Figur 25.



Figur 25. Estimeret hydraulisk ledningsevne i kalken

Udover en differentiering mellem ler i det øverste toplag, samt en distribuering af de hydrauliske egenskaber for kalken, er der ikke introduceret anden hydraulisk underinddeling i den hydrostratigrafiske model.

Sandlegemerne optræder som linser med begrænset horisontal udbredelse, og udgør således ikke gennemgående lag. Til trods herfor, er det af hensyn til en vertikal reference til modellen valgt at benytte terminologien ”hydrostratigrafiske lag” for hhv. niveauerne med sand og det mellemliggende ler. Lag der indeholder Kvartært Sand navngives med ”KS” efterfulgt af lagnummeret (regnet fra topografien og ned) mens Kvartært Ler er navngivet ”KL” efterfulgt af lagnummer, ligeledes regnet fra topografien og ned. Den hydrostratigrafiske model er illustreret på Figur 26 og opsummeret i Tabel 2.



Figur 26. Principskitse af de hydrostratigrafiske enheder for modellerne for Sjælland samt Lolland, Falster og Møn.

Tabel 2. Oversigt over de hydrostratigrafiske lag for Sjælland samt Lolland, Falster og Møn.

Nr	Navn	Topflade	Bundflade	Beskrivelse
1	LST	sjnova-topo	sjnova-top10m	Det øvre toplag. Strækker sig fra terræn og ned til første sandlag, dog maksimalt 10 m under terræn. Laget består primært af moræneler men kan lokalt indeholde sandlinser defineret på basis af jordartskortet (top 3 m i den geologiske model). Lerenheder i laget regnes for opsprækket og har således en højere hydraulisk ledningsevne end det øvrige ler. Sand indenfor LST har samme hydrauliske egenskaber som det øvrige sand.
2	KL1	sjnova-top10m	sjnova-s1t	Øvre kvartære lerenhed, strækker sig fra bund af LST og ned til top af sand 1 i områder hvor top af øverste sand 1 ligger mere end 10 m under terræn.
3	KS1	sjnova-s1t	sjnova-s1b	Det øverste sandlag/linser, udgør mindre højtliggende sekundære magasiner, der ofte ikke er sammenhængende
4	KL2	sjnova-s1b	sjnova-s2t	Kvartært ler, ofte af regional udbredelse, adskiller KS1 og KS2
5	KS2	sjnova-s2t	sjnova-s2b	Dybereliggende magasin, ofte regional udbredelse og udgør primær magasin
6	KL3	sjnova-s2b	sjnova-s3t	Kvartært ler, ofte af regional udbredelse, adskiller KS2 og KS3
7	KS3	sjnova-s3t	sjnova-s3b	Dybereliggende magasin, ofte regional udbredelse og udgør primær magasin. Generelt det nederste kvartære magasin, med undtagelse af områder med dybe formationer, ofte dale.
8	KL4	sjnova-s3b	sjnova-s4t	Kvartært ler, ofte af regional udbredelse, adskiller KS3 og KS4
9	KS4	sjnova-s4t	sjnova-s4b	Dybe sandforekomster, ofte i dybe dale. Kan være i hydraulisk kontakt med prækvartæret. Ikke eksisterende i Fyns-modellen
10	KL5	sjnova-s4b	sjnova-prekv	Kvartært ler, adskiller KS4 og prækvartæret
11	PL1	sjnova-prekv	sjnova-plpk	Prækvartært ler. Laget genfindes primært fra Midtsjælland og mod vest.
12	KAL	sjnova-plpk	sjnova-lowerlevel_kalk	Prækvartære kalkaflejringer, bestående af Grøndsandskalk, Danien kalk og Skrivekridt. De hydrauliske egenskaber for laget er distribueret.

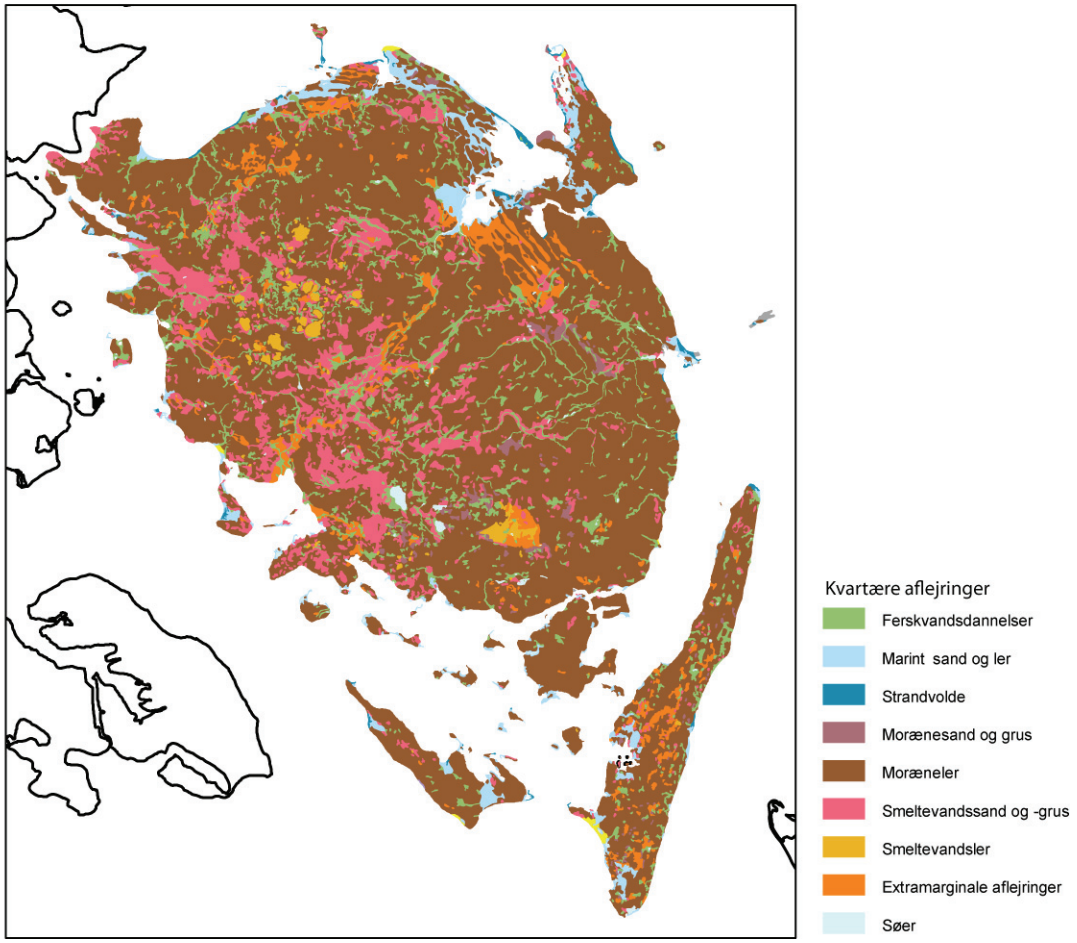
5.2. Model for Fyn

5.2.1. Geologisk model

Den geologiske model for Fyn er overordnet opbygget på samme måde som modellen for Sjælland. På Fyn er der dog kun indskud af sandlegemer i tre forskellige niveauer med varierende horisontal udbredelse, hvor der for Sjælland og Sydhavsøerne eksisterer op til

fire niveauer af sandlegemer. Modellen for Fyn indeholder tre gennemgående lag, der, regnet fra topografien og ned, er:

1. Et toplag bestående af de øverste 3 meter i landområdet, der udgør den umættede zone samt den øverste del af den mættede zone. I dette niveau skelnes der mellem tre enheder: sand, ler og andet, hvor deres rumlige fordeling er baseret på jordartskortet, Figur 27.
2. Et forholdsvist lavpermeabelt lag bestående af ler aflejret under forskellige geologiske tider og under varierende dannelsesmiljøer. Laget er således sammensat af moræneler, sen- og postglaciale lerede aflejringer, smeltevandsler og -silt. Laget strækker sig fra bunden af lag 1 og ned til de prækvartære aflejringer.
3. Et Prækvartært lag sammensat af relativt lavpermeable enheder bestående af Lillebæltsler, Røsnæsler og Kerteminde Mergel og vandførende enheder primært kalkaflejringer fra Danien.



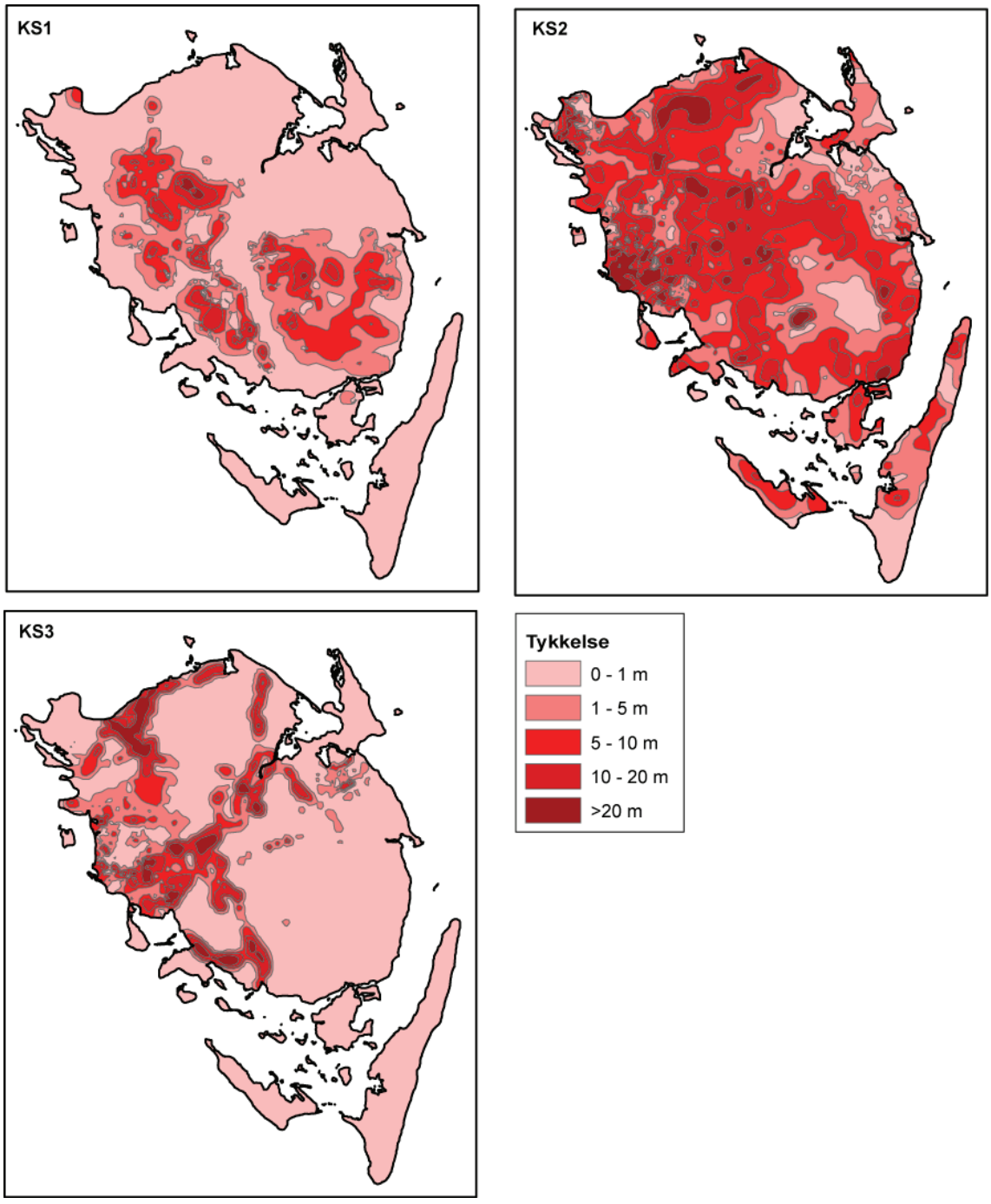
Figur 27. Jordartskort over Fyn

De tre niveauer med sandlegemer er karakteriseret ved (fra topografien og ned):

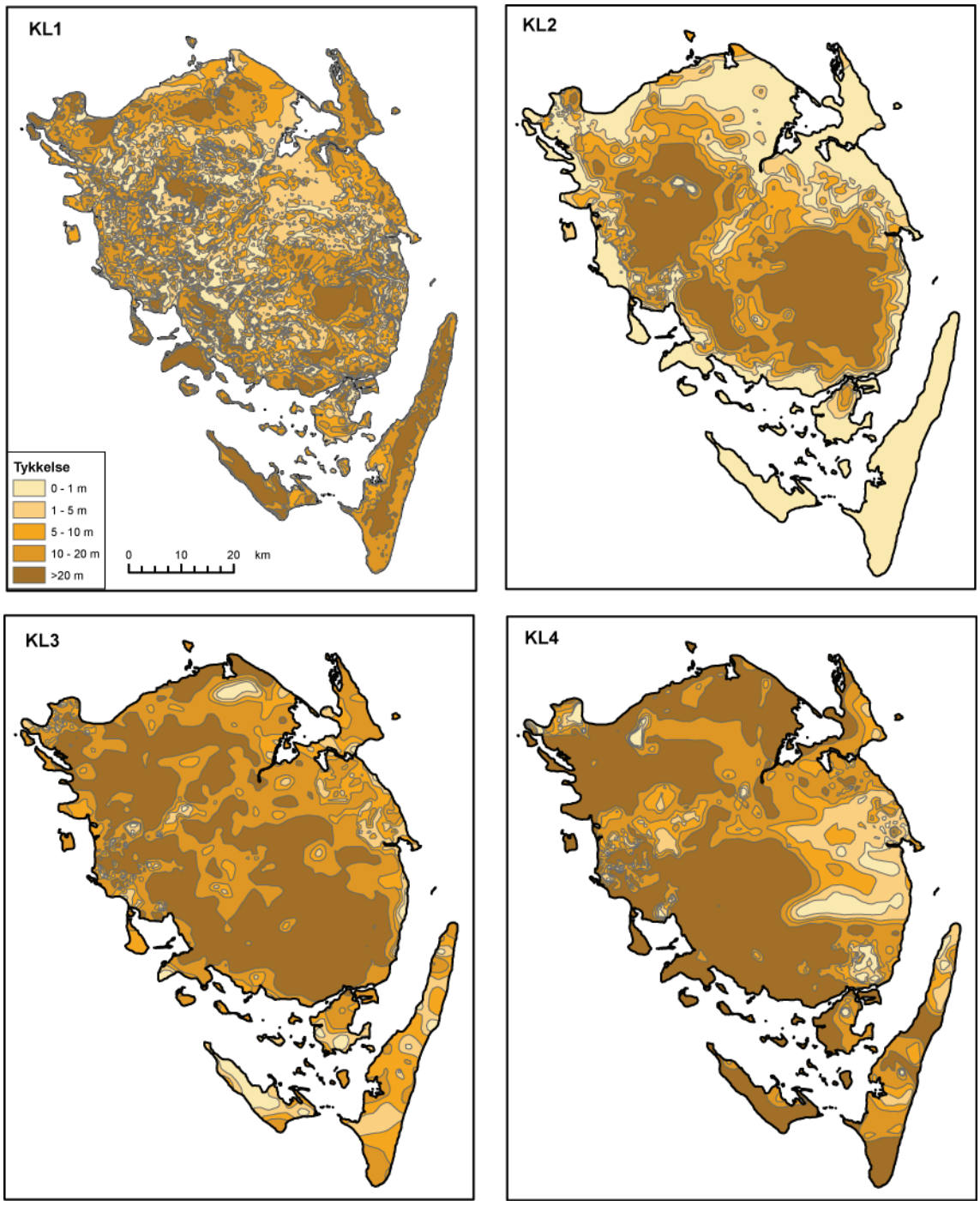
1. Legemer af smeltevandssand og -grus, som udgør sekundære lokale magasiner. Enhederne, som er det øverste niveau af sandforekomster, ligger omkring typisk over kote 30 og har begrænset udstrækning på godt 1000 km². Laget findes således primært udbredt i de højtliggende områder på Fyn.

2. Vandførende smeltevandssand og –grus enheder. Dette niveau indeholder de regionale øvre primære magasiner og har en relativ stor udstrækning med lagtykkelser over 10 meter i mange områder (ca. 1000 km²). Laget findes ofte omkring kote 30 til 0 meter.
3. Vandførende smeltevandssand og –grus enheder, som udgør et regionalt nedre primært magasin. Magasinerne i dette niveau har relativ lille udstrækning med tykkelser på over 10 meter. Træffes især i de nordlige og vestlige dele af Fyn. Enhederne findes ofte omring under kote 0. Laget kan stå i hydraulisk kontakt med kalkaflejringerne.

Udbredelse og tykkelse af de vandførende enheder fremgår af Figur 28 mens udbredelse og tykkelser af det mellemliggende ler er vist på Figur 29.



Figur 28. Udbredelse og tykkelse af de vandførende enheder.



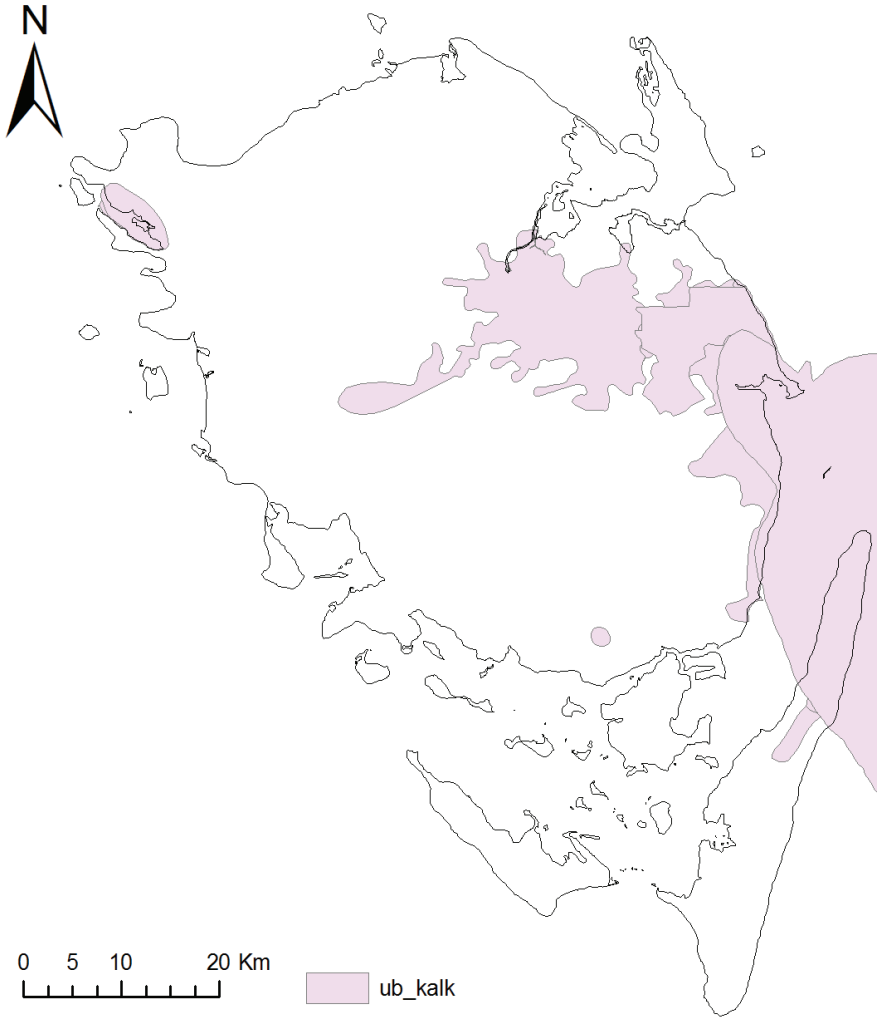
Figur 29. Udbredelse og tykkelse af ler mellem sandlegemerne.

5.2.2. Hydrostratigrafisk model

Hydrostratigrafien for Fyn er i overvejende grad sammenfaldende med den geologiske model. Som for Sjælland er der dog introduceret et øvre toplag, hvor leret er antaget at have en højere hydraulisk ledningsevne pga. tilstedeværelsen af sprækker. Toplaget strækker sig fra topografien og ned til toppen af den øverste beliggende sandforekomst, dog maksimalt 10 m under topografien.

Det er antaget, at den vandførende del af de prækvartære kalkaflejringer er begrænset til de øvre 50 m. Datagrundlaget for en interpolation af den hydrauliske ledningsevne i kalken

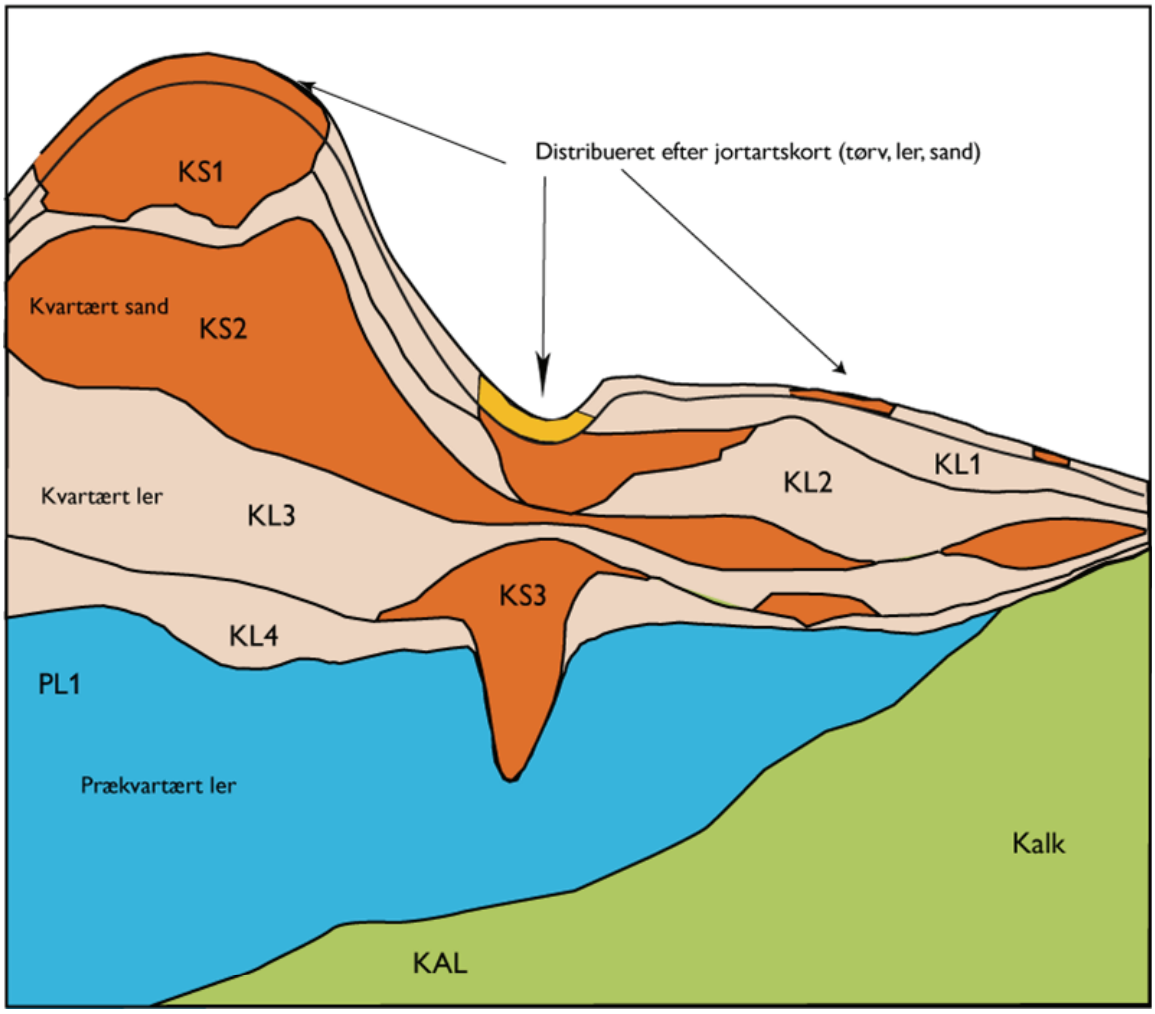
for Fyn er begrænset, hvorfor der som udgangspunkt ikke er foretaget en rumlig distribuering heraf. For Vest- og Sydfyn antages kalken ikke at have væsentlig betydning for strømningsforholdene, idet kalken her er lavpermeabel og samtidigt er overlejret af prækvatært ler af stor mægtighed. I den hydrostratigrafiske model er prækvartæret repræsenteret ved ét lag, hvor der er anvendt én hydraulisk ledningsevne for kalken i områder hvor kalken anvendes til indvinding, mens der er anvendt en anden (lav) hydraulisk ledningsevne i områder hvor det prækvartære lag udgøres af lerede sedimenter, Figur 30.



Figur 30. Udbredelse af områder hvor Fyns amt angav kalken som værende magasin forekomst på Fyn.

Udover en differentiering mellem ler i toplaget og det øvrige ler, samt en zonering af kalken i prækvartæret, er der ikke introduceret anden hydraulisk underinddeling i den hydrostratigrafiske model.

Sandlegemerne optræder som linser med begrænset horisontal udbredelse, og udgør således ikke gennemgående lag. Til trods herfor, er det af hensyn til en vertikal reference til modellen valgt at benytte terminologien ”hydrostratigrafiske lag” for hhv. niveauerne med sand og det mellemliggende ler. Lag der indeholder Kvartært Sand navngives med ”KS” efterfulgt af lagnummeret (regnet fra topografien og ned) mens Kvartært Ler er navngivet ”KL” efterfulgt af lagnummer, ligeledes regnet fra topografien og ned. Den hydrostratigrafiske model er illustreret på Figur 31 og opsummeret i Tabel 2.



Figur 31. Principskitse af de hydrostratigrafiske enheder for modellen for Fyn. Prækvartært ler og kalk er placeret i samme hydrostratigrafiske lag for Fyn

Tabel 3. Oversigt over de hydrostratigrafiske lag for modellen for Fyn.

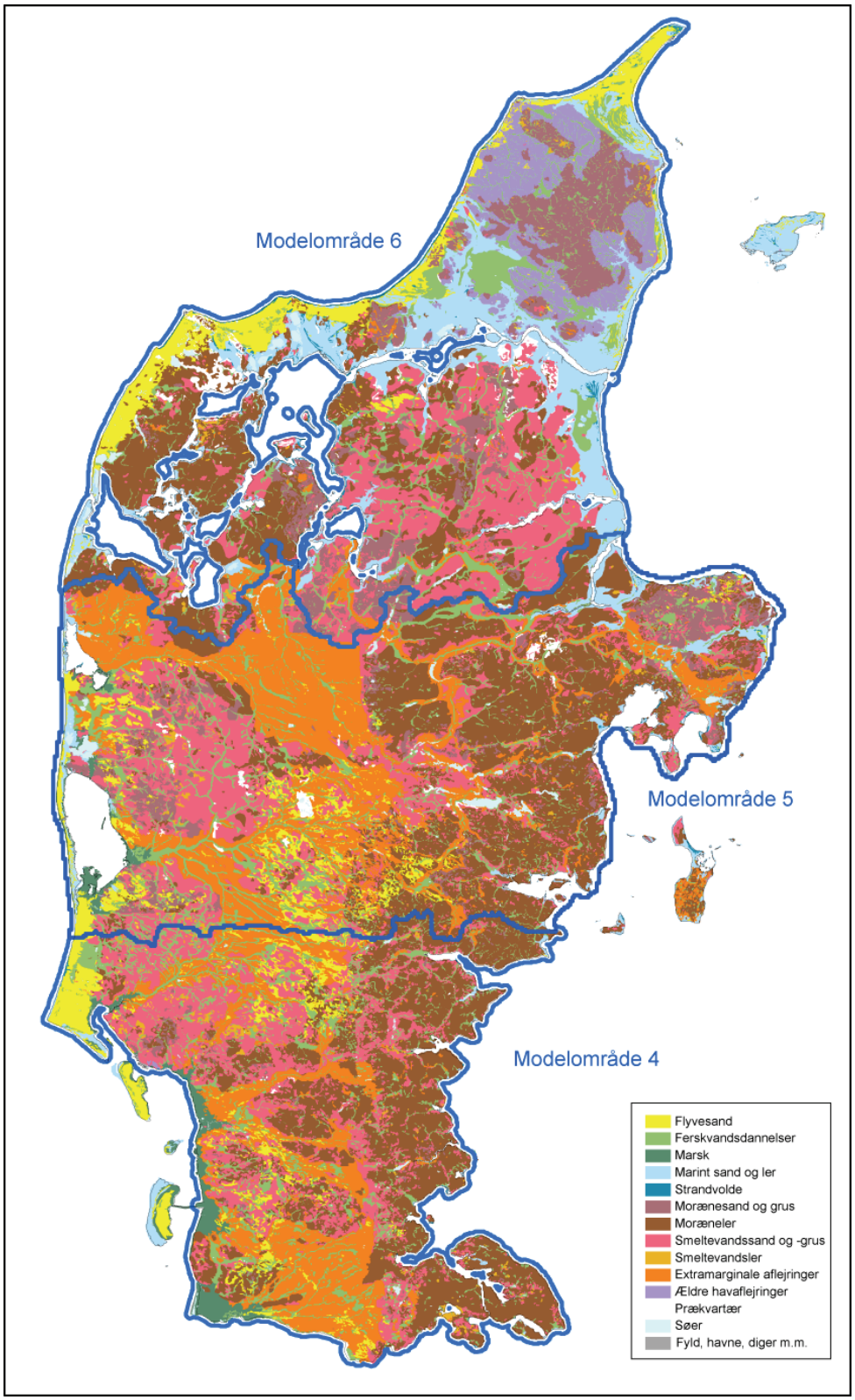
Nr	Navn	Topflade	Bundflade	Beskrivelse
1	LST	fyn-topo_0	fyn-opsprkler	Det øvre toplag. Strækker sig fra terræn og ned til første sandlag, dog maksimalt 10 m under terræn. Laget består primært af moræneler men kan lokalt indeholde sand linser defineret på basis af jordartskortet (top 3 m i den geologiske model). Lerenheder i laget regnes for opsprækket og har således en højere hydraulisk ledningsevne end det øvrige ler. Sand indenfor LST har samme hydrauliske egenskaber som det øvrige sand.
2	KL1	fyn-opsprkler	fyn-ks1t	Øvre kvartære lerenhed, strækker sig fra bund af LST og ned til top af sand 1 i områder hvor top af øverste sand 1 ligger mere end 10 m under terræn.
3	KS1	fyn-ks1t	fyn-ks1b	Det øverste sandlag/linser, udgør mindre højtliggende sekundære magasiner, der ofte ikke er sammenhængende.
4	KL2	fyn-ks1b	fyn-ks2t	Kvartært ler, ofte af regional udbredelse, adskiller KS1 og KS2
5	KS2	fyn-ks2t	fyn-ks2b	Dybereliggende magasin, ofte regional udbredelse og udgør primær magasin
6	KL3	fyn-ks2b	fyn-ks3t	Kvartært ler, ofte af regional udbredelse, adskiller KS1 og KS2
7	KS3	fyn-ks3t	fyn-ks3b	Dybereliggende magasin, ofte regional udbredelse og udgør primær magasin. Generelt det nederste kvartære magasin, med undtagelse af områder med dybe formation, ofte dale. Kan være i hydraulisk kontakt med prækvartæret
8	KL4	fyn-ks3b	fyn-preq	Kvartært ler, adskiller KS3 og prækvartæret
9	PL1/ KAL	fyn-preq	fyn-bund	Prækvartært ler og kalk. Kalken eksisterer primært på de østlige dele af Fyn.

5.3. Model for Jylland

5.3.1. Geologisk model

Den geologiske model for Jylland er opbygget som en hybrid af pixler overlejret af linser der udgøres af lag fra lokalmodellerne. Dette betyder, at der ikke er opstillet sammenhængende geologiske lag som for øerne. Der er dog opstillet en geologisk forståelsesmodel der overordnet følger det samme koncept som for øerne. Forståelsesmodellen er opbygget af fire gennemgående lag med indskud af sandlegemer med varierende horisontal udbredelse. Sandlegemerne fordeler sig med tre niveauer i Kvartæret og fire niveauer i Prækvartæret. For at tilgodese lokale variationer har det været nødvendigt at underinddele nogle af sandlegemerne i en øvre og nedre enhed. Da dette kun forekommer få steder og er af lokal udbredelse, er det valgt kun at navngive de omtalte syv niveauer og referer til en øvre og nedre del hvor dette er aktuelt. De fire gennemgående lag, regnet fra topografien og ned er:

1. De øverste 3 m i landområdet udgør den umættede zone samt den øverste del af den mættede zone. I dette niveau skelnes der mellem tre hydrostratigrafiske enheder: sand, ler og andet, hvor deres rumlige fordeling er baseret på jordartskortet, Figur 32.
2. Et forholdsvist lavpermeabelt lag bestående af ler af Kvartær alder men afsat under forskellige varierende dannelsesmiljøer. Laget er således sammensat af moræneler, interglacialt marint ler, sen- og postglaciale lerede aflejringer, smeltevandsler og -silt. Laget strækker sig fra bunden af lag 1 og ned til den prækvartære overflade.
3. Et relativt lavpermeabelt lag hovedsagligt bestående af Miocæn glimmerler og glimmersilt, Oligocæn glimmerholdigt Branden Ler og Viborg Ler, Eocæn Søvind Mergel, Lillebælts Ler og Røsnæs Ler. Laget dækker det meste af Jylland med undtagelse af Djursland og det meste af Vendsyssel. Laget afgrænses nedadtil af prækvartære kalkaflejringer.
4. Vandførende prækvartære kalkaflejringer fra Senkridt og Danien.



Figur 32. Jordartskort for Jylland

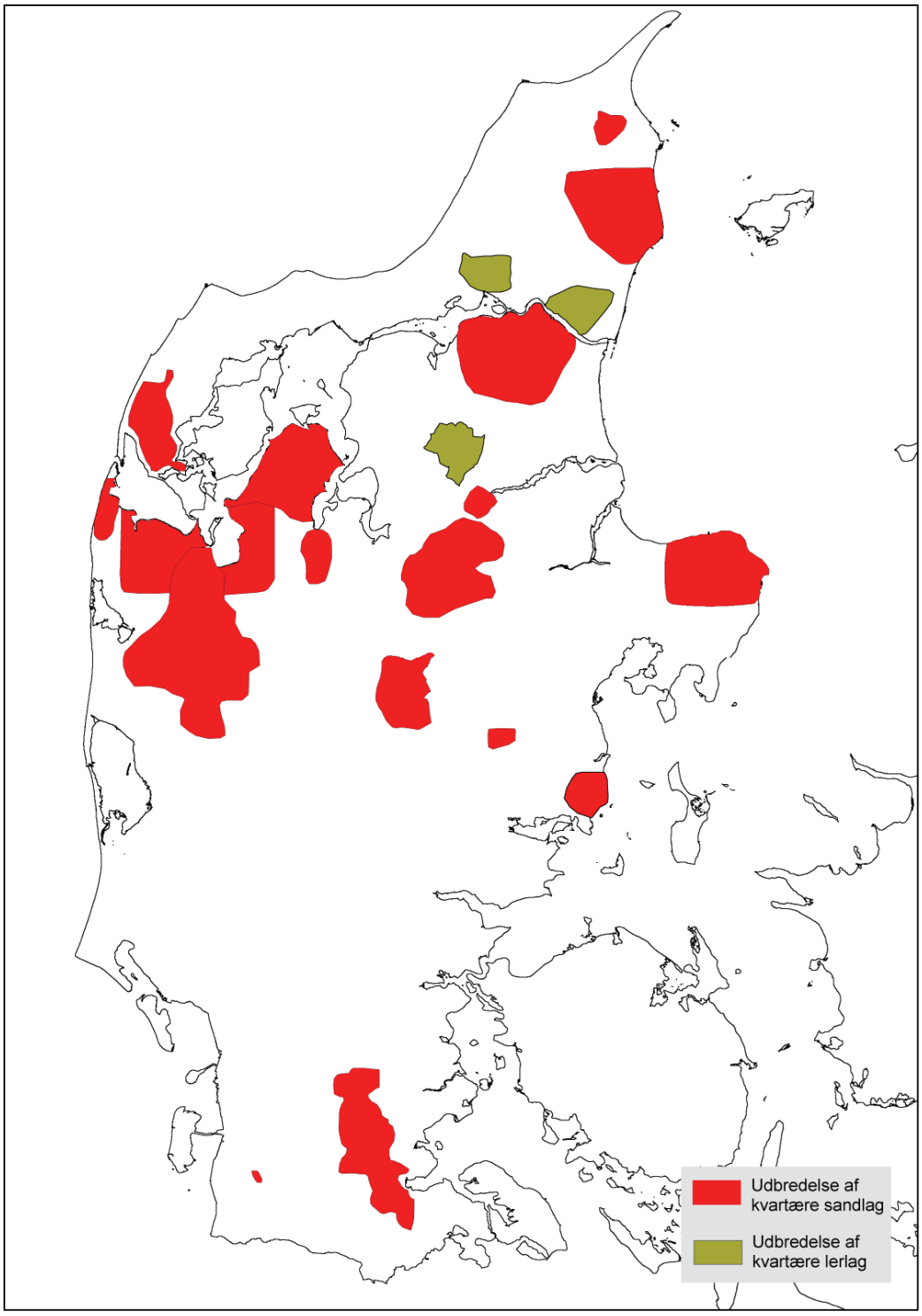
De tre kvartære niveauer med sandlegemer er karakteriseret ved (fra topografien og ned):

1. Legemer af smeltevandssand og -grus, som især udgør sekundære lokale magasiner. Enhederne, som er det øverste niveau af sandforekomster, ligger omkring kote 30 til 80 m. Laget findes således udbredt i de højere liggende områder. Lagtykkelser mellem 1 og 15 m dominerer.
2. Vandførende smeltevandssand og –grus enheder. Dette niveau indeholder de fleste regionale primære magasiner og har en relativ stor udstrækning med lagtykkelser mellem 5 og 25 m som de dominerende i mange områder. Laget kan dog være over 100 m tyk. Laget findes ofte omkring kote -50 til 50 m. Syd for Silkeborg hvor de miocæne lag ligger tæt på overfladen er laget under 1 m tykt. Laget er lokalt underinddelt i et øvre og nedre sandlag mellemlejret af ler.
3. Vandførende smeltevandssand og –grus enheder, som udgør et nedre magasin. Magasinerne i dette niveau har begrænset udstrækning med tykkelser på over 5 m. Formen er ofte som begravede dale udfyldt med sand, hvor tykkelsen kan komme over 100 m. Enhederne mangler hvor de prækvartære aflejringer ligger højt, som i store dele af det centrale Jylland. Enhederne findes ofte omring kote -70 til -20 m. Laget er lokalt underinddelt i et øvre og nedre sandlag mellemlejret af ler.

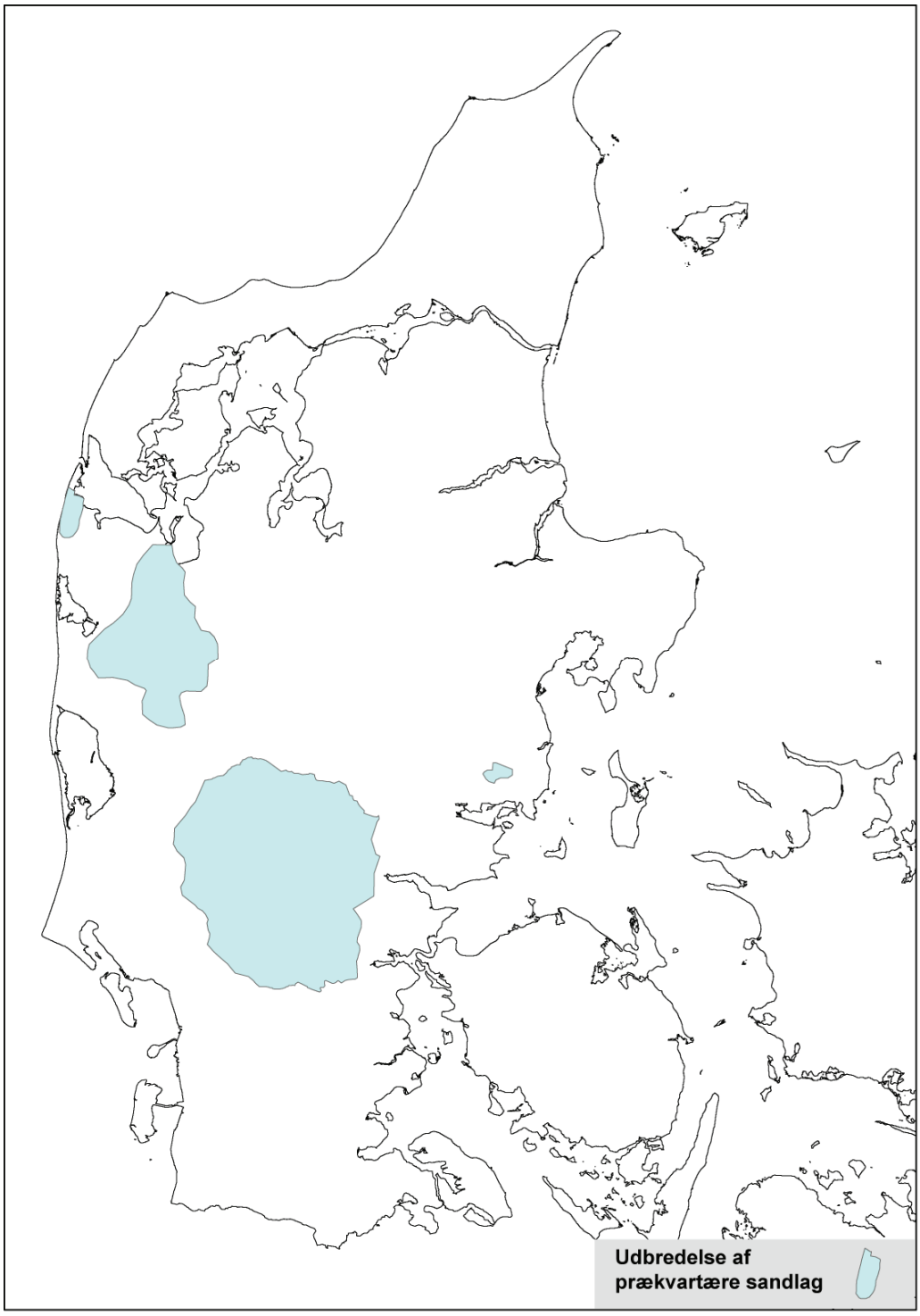
De fire prækvartære niveauer med sandlegemer er karakteriseret ved (fra den prækvartære overflade og ned):

4. Legemer af vandførende glimmersand og kvartssand som ofte udgør primære dybe magasiner, som stratigrafisk kan knyttes sammen med Odderup Formationen, og er udbredt især i området vest for Hovedopholdslinien. Enhederne ligger hovedsagligt mellem kote -100 og 25 m. Tykkelsen er ofte mellem 5 og 25 m, men kan være op til 100 m.
5. Legemer af vandførende glimmersand og kvartssand som ofte udgør primære dybe magasiner, som stratigrafisk kan knyttes sammen med Bastrup Formationen, og er udbredt især i det centrale Jylland. Tykkelsen ligger mellem 5 og 70 m med enkelte områder med over 100 m tykkelse. Enhederne ligger hovedsagligt mellem kote -100 og 20 m. Laget er lokalt underinddelt i et øvre og nedre sandlag mellemlejret af ler.
6. Kvartsand er her den dominerende bjergart i de sandlegemer der udgør disse dybtliggende primære magasiner. Enhederne er korreleret til Ribe Formationen og findes kun i den sydlige del af Jylland. Tykkelsen er fra 10- 60 m og de ligger fra kote -200 til -30 m.
7. De dybeste prækvartære sandmagasiner er stratigrafisk knyttet til Billund Formationen. Udbredelsen ligger i det centrale Jylland og ud under Nordsøen. Bjergarterne er kvartssand og glimmersand med en tykkelse mellem 10 og 30 m, men de kan blive op til 90 m tykke. Enhederne ligger mellem kote -200 til -40 m.

Som beskrevet i Afsnit 4.2.2, er pixlerne sat til en baggrundsgeologi i de områder hvor der er medtaget lokalmodeller, mens lokalmodellens lag med afvigende geologi, er indlagt som linser. Figur 33 og Figur 34 angiver de områder, hvor pixeltolkningen er udskiftet med den geologiske tolkning i lokalmodellerne for hhv. den kvartære og den prækvartære lagpakke.



Figur 33. Områder hvor der er medtaget geologiske tolkninger fra lokalmodellerne i den kvartære lagpakke. Rød angiver at ler er anvendt som baggrundsgeologi (alle pixler har kode for kvartært ler) mens linserne repræsenterer sandlag fra lokalmodellerne. Grøn angiver at sand er anvendt som baggrundsgeologi (alle pixler har kode for kvartært sand) mens linserne repræsenterer lerlag fra lokalmodellerne.



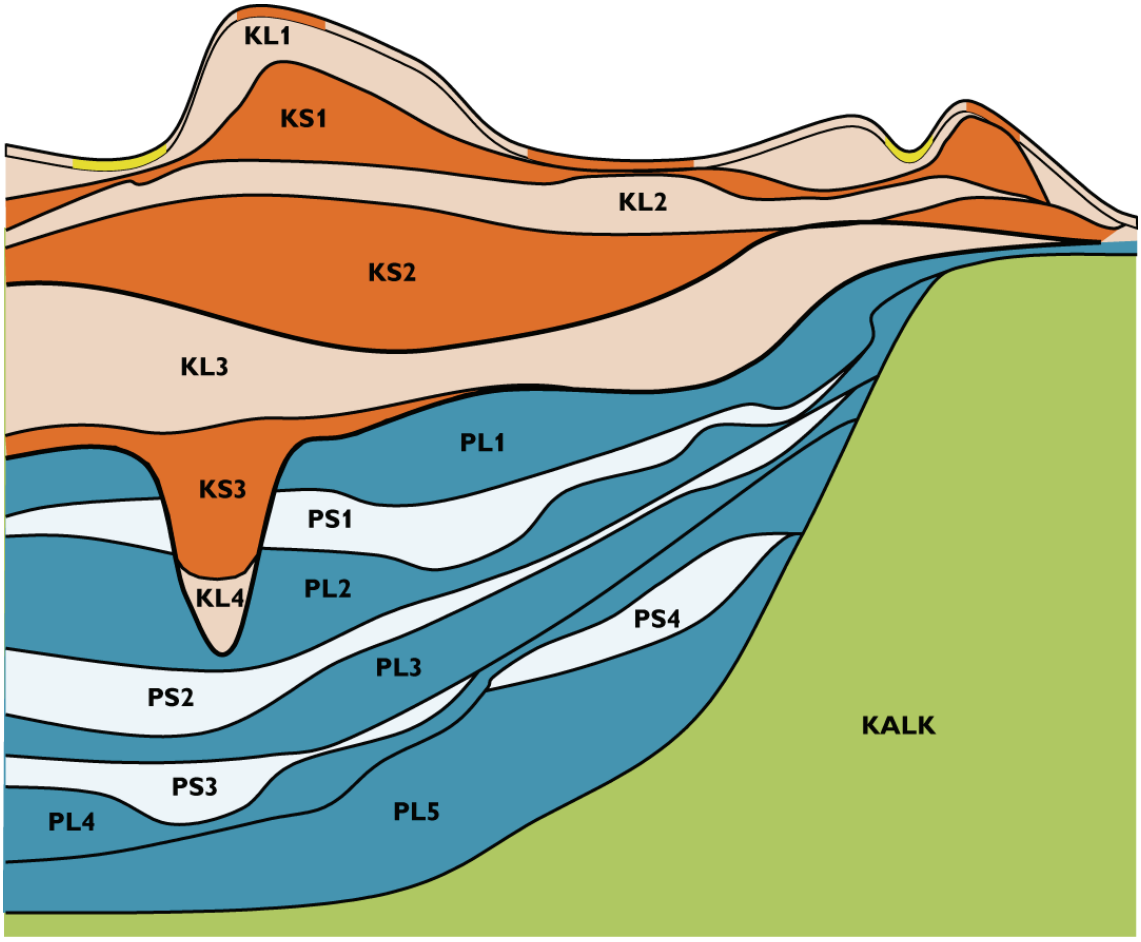
Figur 34. Områder hvor der er medtaget geologiske tolkninger fra lokalmodellerne i den prækvartære lagpakke. For alle områder er ler anvendt som baggrundsgeologi.

5.3.2. Hydrostratigrafisk model

Den hydrostratigrafiske model for Jylland er opbygget med samme antal lag som den geologiske model. For at kunne opløse de lokale variationer med underinddeling af nogle af sandlagene, er der for disse sandlag defineret en lagflade for top og bund af såvel øvre og nedre del. Den hydrostratigrafiske model indeholder således i alt 25 flader. Figur 35 viser

en principskitse for den hydrostratigrafiske model, mens Tabel 4 giver en beskrivelse af de enkelte lag.

Som for øerne er der antaget, at det øverste ler er opsprækket og har en højere hydraulisk ledningsevne end det øvrige ler. For Jylland er den opsprækkede zone dog begrænset til de øverste tre m, hvor det geologiske lag er defineret på baggrund af jordartskortet. I Syd og Midtjylland ligger de prækvartære kalkaflejringer for dybt til at have interesse for indvinding, mens kalken i det nordlige Jylland udgør et primært magasin. En semivariogramanalyse af de specifikke ydelsesdata i Jupiter for den prækvartære kalk udviste imidlertid hvid støj, dvs. der blev ikke fundet en rumlig korrelation af data. Det er derfor valgt ikke at anvende en distribueret hydraulisk ledningsevne for kalken i Jylland.



Figur 35. Principskitse for den hydrostratigrafiske model for Jylland. Lagene KS2, KS3 og PS2 er lokalt underinddelt i en øvre og nedre del.

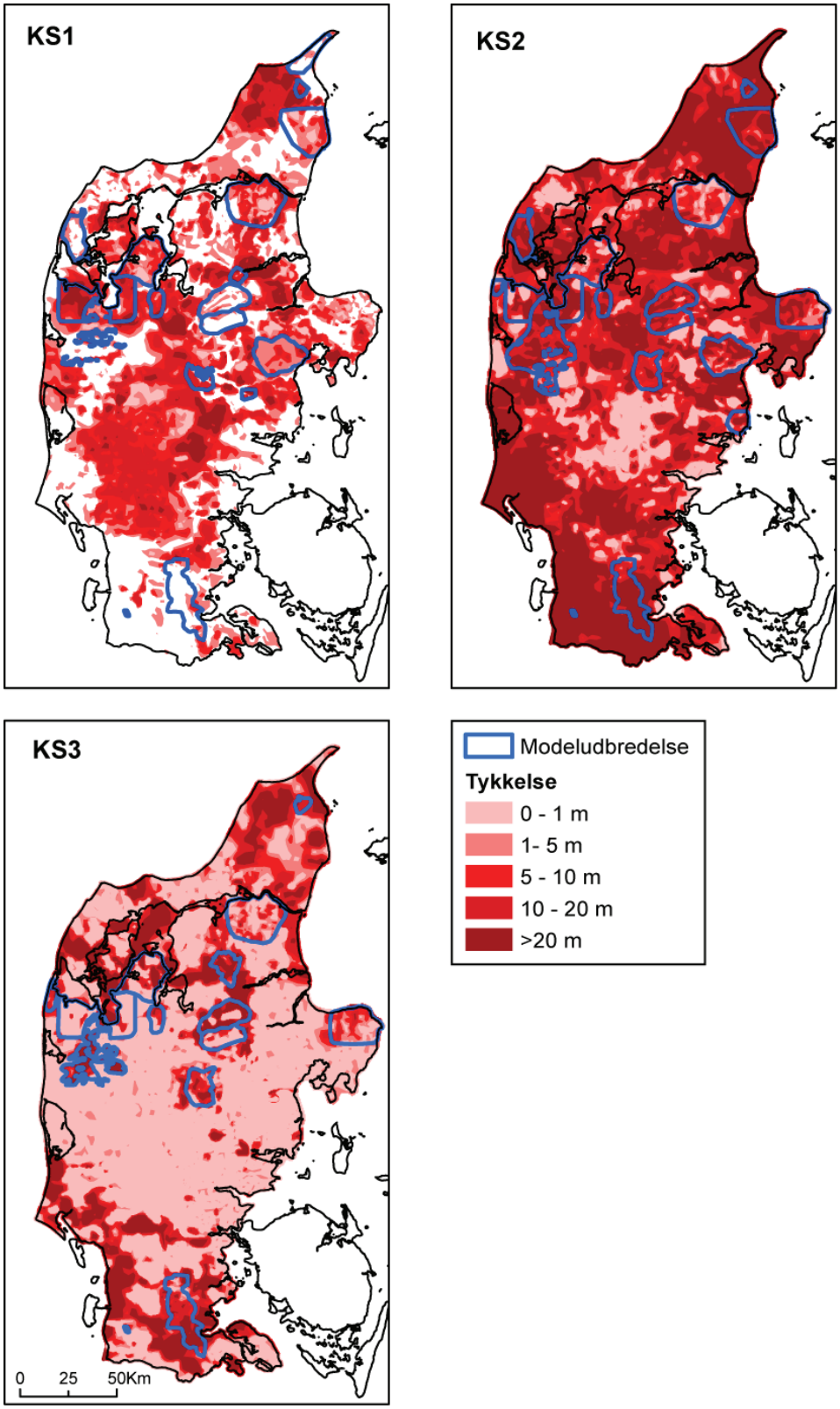
Tabel 4. Oversigt over de hydrostratigrafiske lag samt de afgrænsende flader for Jylland.

Nr.	*Navn*	*Topflade*	*Bundflade*	*Primære bjergart*	*Bemærkning*
1	LST	jyll-topo_0	jyll-top3m	Blandet	Øverste 3 m defineret på baggrund af jordartskort
2	KL1	jyll-top3m	jyll-ks1t	Ler	Fra 3 m under terræn til øverste sandenhed
3	KS1	jyll-ks1t	jyll-ks1b	Sand	Kvartært sand KS1, kan indeholde ler pixler
4	KL2	jyll-ks1b	jyll-ks2t	Ler	Kvartært ler adskiller KS1 og KS2, kan indeholde sand pixler
5	KS21	jyll-ks2t	jyll-lks2t	Sand	Øverste del af kvartært sand KS2, kan indeholde ler pixler
6	LKS2	jyll-lks2t	jyll-lks2b	Ler	Lokalt kvartært ler i KS2
7	KS22	jyll-lks2b	jyll-ks2b	Sand	Nederste del af kvartært sand KS2, kan indeholde ler pixler
8	KL3	jyll-ks2b	jyll-ks3t	Ler	Kvartært ler adskiller KS2 og KS3, kan indeholde sand pixler
9	KS31	jyll-ks3t	jyll-lks3t	Sand	Øverste del af kvartært sand KS3, kan indeholde ler pixler
10	LKS3	jyll-lks3t	jyll-lks3b	Ler	Lokalt kvartært ler i KS3
11	KS32	jyll-lks3b	jyll-ks3b	Sand	Nederste del af kvartært sand KS3, kan indeholde ler pixler
12	KL4	jyll-ks3b	jyll-ks4t	Ler	Kvartært ler adskiller typisk KS3 og Prækvartær overfladen, indeholder ofte både sand og ler pixler
13	KS4	jyll-ks4t	jyll-preq	Sand	Lokalt sand placeret direkte på prækvartæret KS4
14	PL1	jyll-preq	jyll-ps1t	Ler	Prækvartært ler adskiller prækvartær overfladen og PS1, indeholde ofte både sand og ler pixler
15	PS1	jyll-ps1t	jyll-ps1b	Sand	Prækvartært sand PS1, kan indeholde ler pixler
16	PL1	jyll-ps1b	jyll-ps2t	Ler	Prækvartært ler adskiller PS1 og PS2, kan indeholde sand pixler
17	PS21	jyll-ps2t	jyll-lps2t	Sand	Øvre del af prækvartært sand PS2, kan indeholde ler pixler
18	LP2	jyll-lps2t	jyll-lps2b	Ler	Prækvartært ler i PS2
19	PS22	jyll-lps2b	jyll-ps2b	Sand	Nedre del af prækvartært sand PS2, kan indeholde ler pixler
20	PL3	jyll-ps2b	jyll-ps3t	Ler	Prækvartært ler adskiller PS2 og PS3, kan indeholde sand pixler
21	PS3	jyll-ps3t	jyll-ps3b	Sand	Prækvartært sand PS3, kan indeholde ler pixler
22	PL4	jyll-ps3b	jyll-ps4t	Ler	Prækvartært ler adskiller PS3 og PS4, kan indeholde sand pixler
23	PS4	jyll-ps4t	jyll-ps4b	Sand	Prækvartært sand PS4, kan indeholde ler pixler
24	PL5	jyll-ps4b	jyll-kalk	Ler	Prækvartært ler adskiller PS4 og KAL, kan indeholde sand pixler,
25	KAL	jyll-kalk	jyll-bund	Kalk	Vandførende del af kalk, tykkelse sat til 50 meter overfladen er sammenfaldende med Prækvartær overfladen i Nordjylland

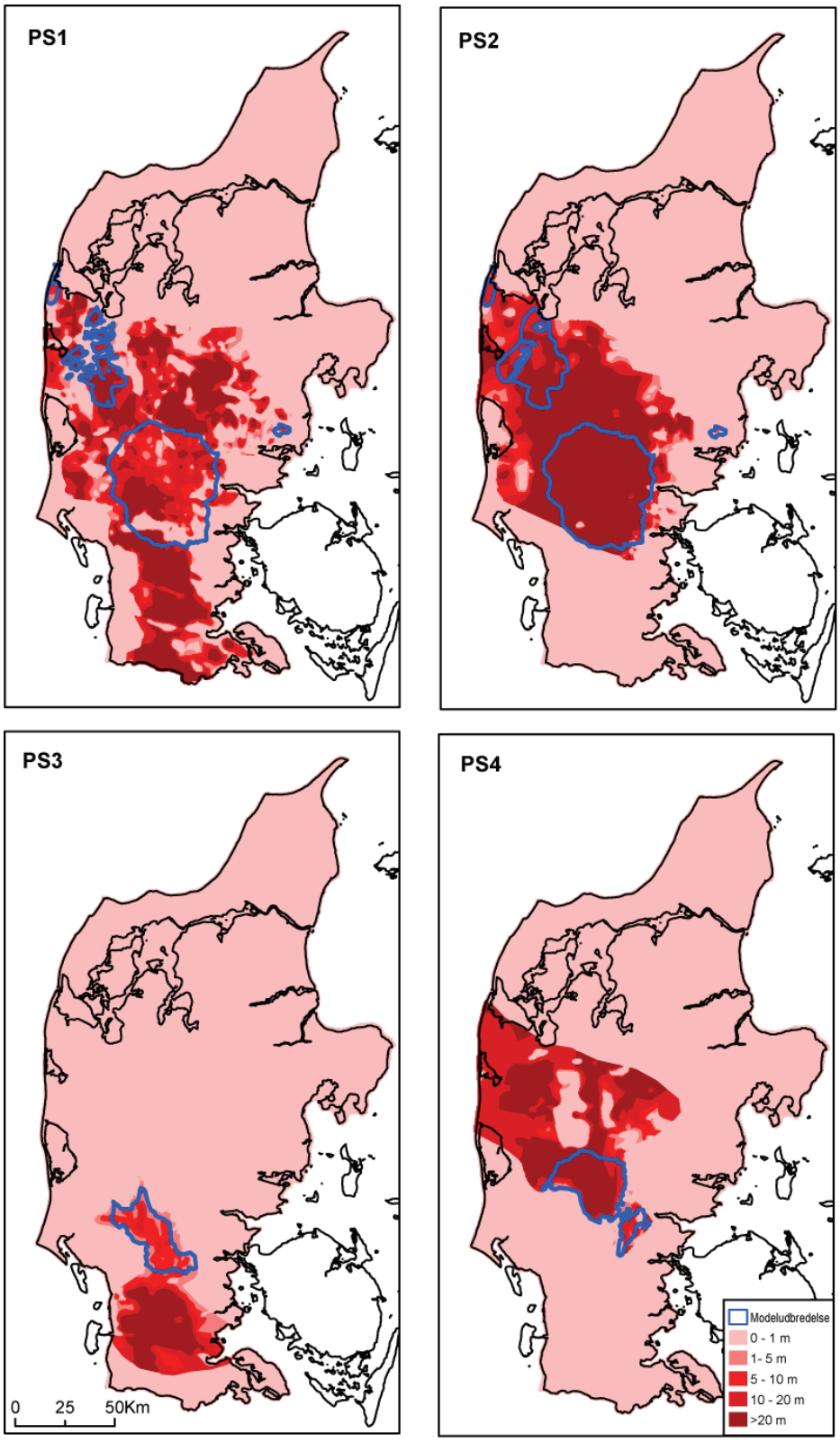
Som beskrevet i Afsnit 4.2.2 er der foruden de geologiske tolkningspunkter medtaget data fra lokalmodeller, der er vurderet at repræsentere hydrauliske afgrænsnin-

ger/beregningslag, samt tolkninger fra profiler opstillet under opdateringsprojektet. Data anvendt til interpolation af de hydrostratigrafiske flader dækker således hele Jylland, som illustreret på Figur 15. Blandingen af pixeltolkning og geologisk linsetolkning gør at de hydrostratigrafiske lag ikke nødvendigvis er homogen mht. den hydrauliske ledningsevne – som vil være bestemt af sand/ler fraktionen indenfor laget. Kun hvor de geologiske linser fra lokal modellerne er medtaget i den geologiske model vil den hydrostratigrafiske model have homogene lag Figur 16.

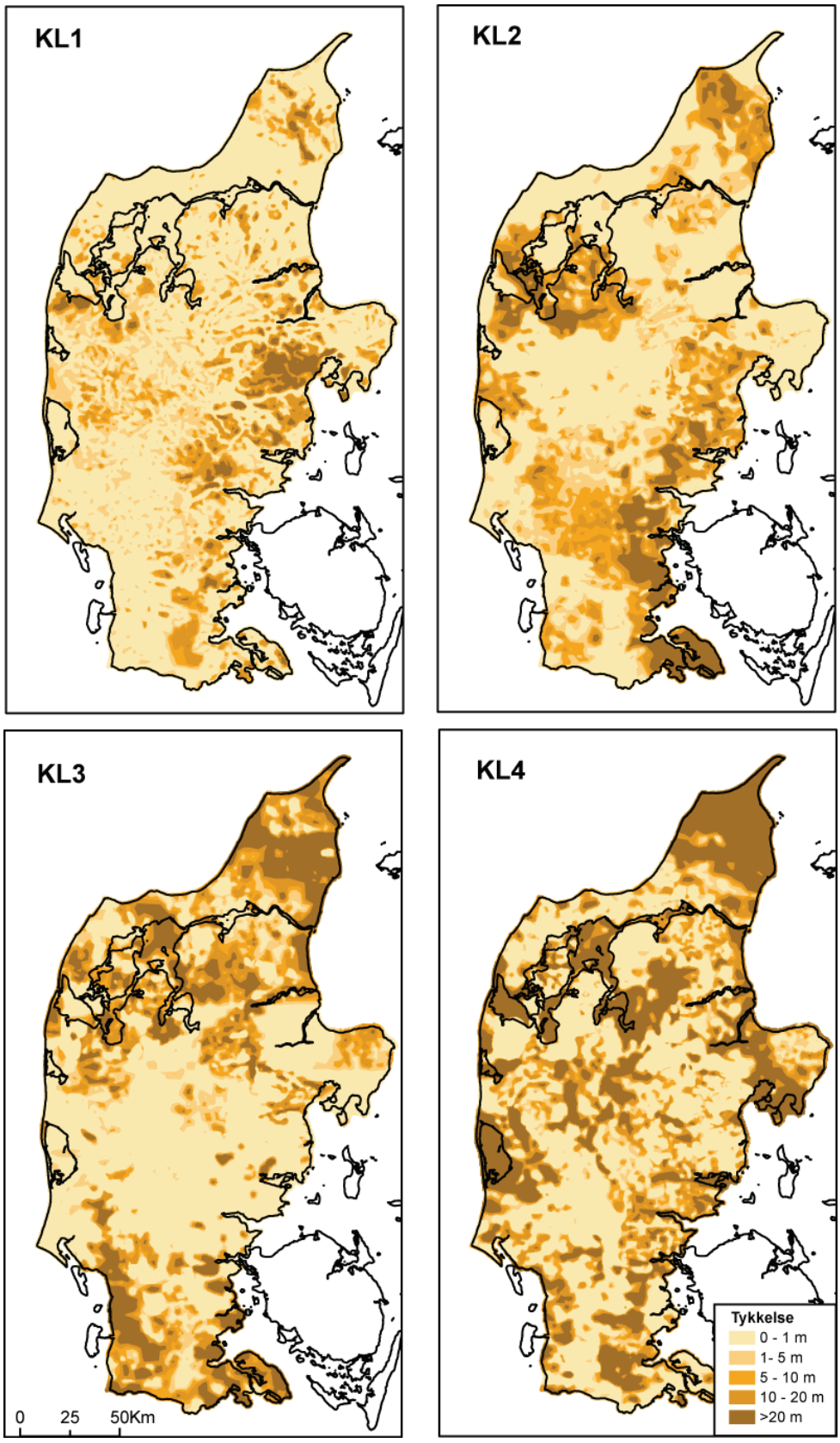
Samtlige hydrostratigrafiske lag er ikke til stede i hele Jylland. Hvor et lag ikke er eksisterende er top og bundflade for laget sammenfaldende, så laget ingen tykkelse har. Udbredelse og tykkelse af de hydrostratigrafiske magasinlag er vist på Figur 36 og Figur 37 for hhv. den kvartære og prækvartære lagpakke. De vandstandsende kvartære og prækvartære lag er vist på hhv. Figur 38 og Figur 39. Kalken er antaget at være 50 meter tyk overalt i modellen. Den hydrauliske ledningsevne for kalklaget er bestemt ud fra pixel geologien, dvs. der kan være områder med sand/ler i dette lag. I områder med kalk linser hentet fra de lokale modeller (ub-kalk = 1) er pixel geologien overskrevet med kalk i det hydrostratigrafiske lag KAL. Områder hvor de to kvartære magasiner KS2 og KS3 samt det prækvartære magasin PS2 er underinddelt i en øvre og nedre del fremgår af Figur 40.



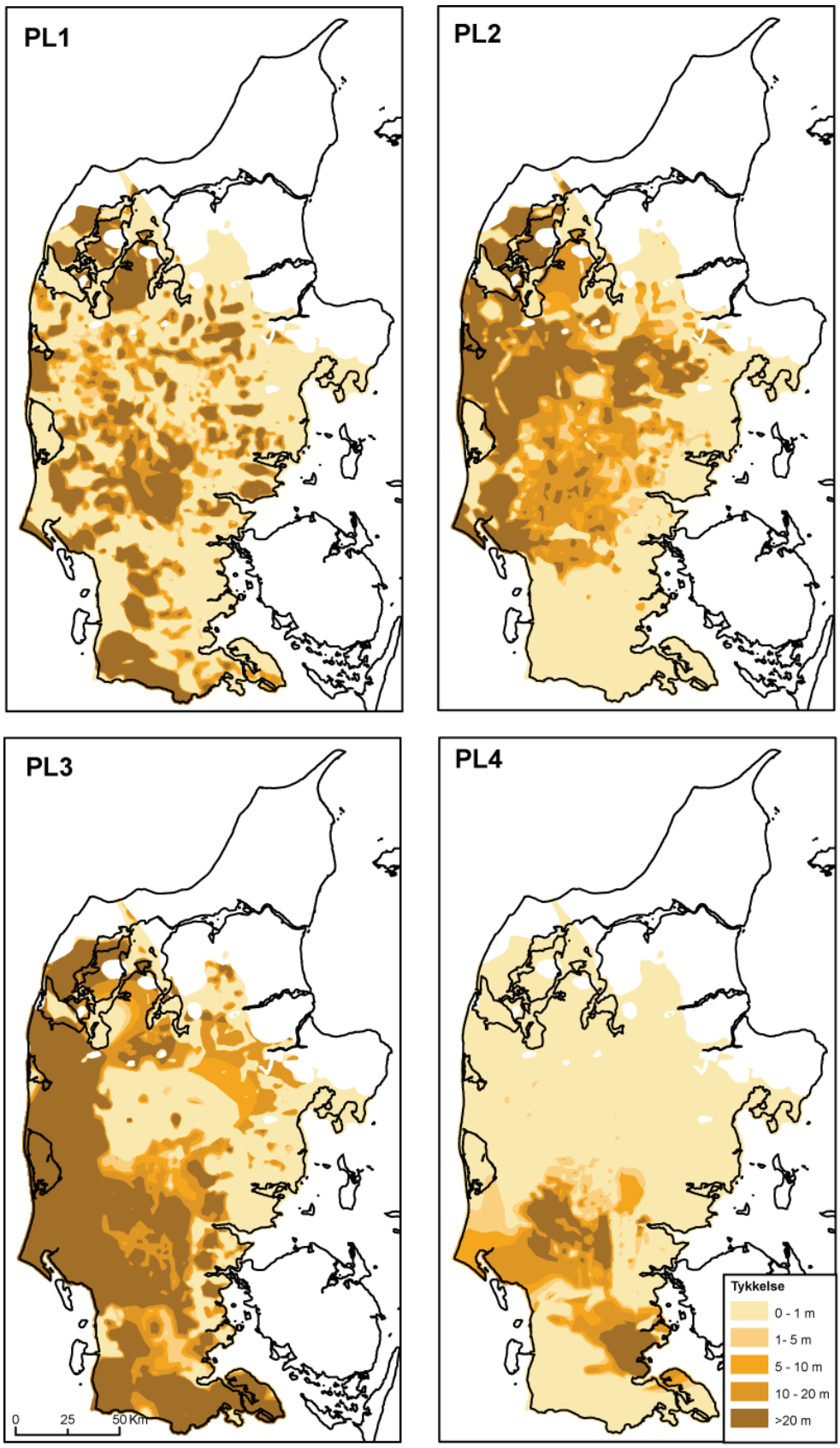
Figur 36. Udbredelse og tykkelse af Kvartære sandmagasiner. Blå polygoner angiver udbredelsen af lokalmodeller der er medtaget i den geologiske opdatering.



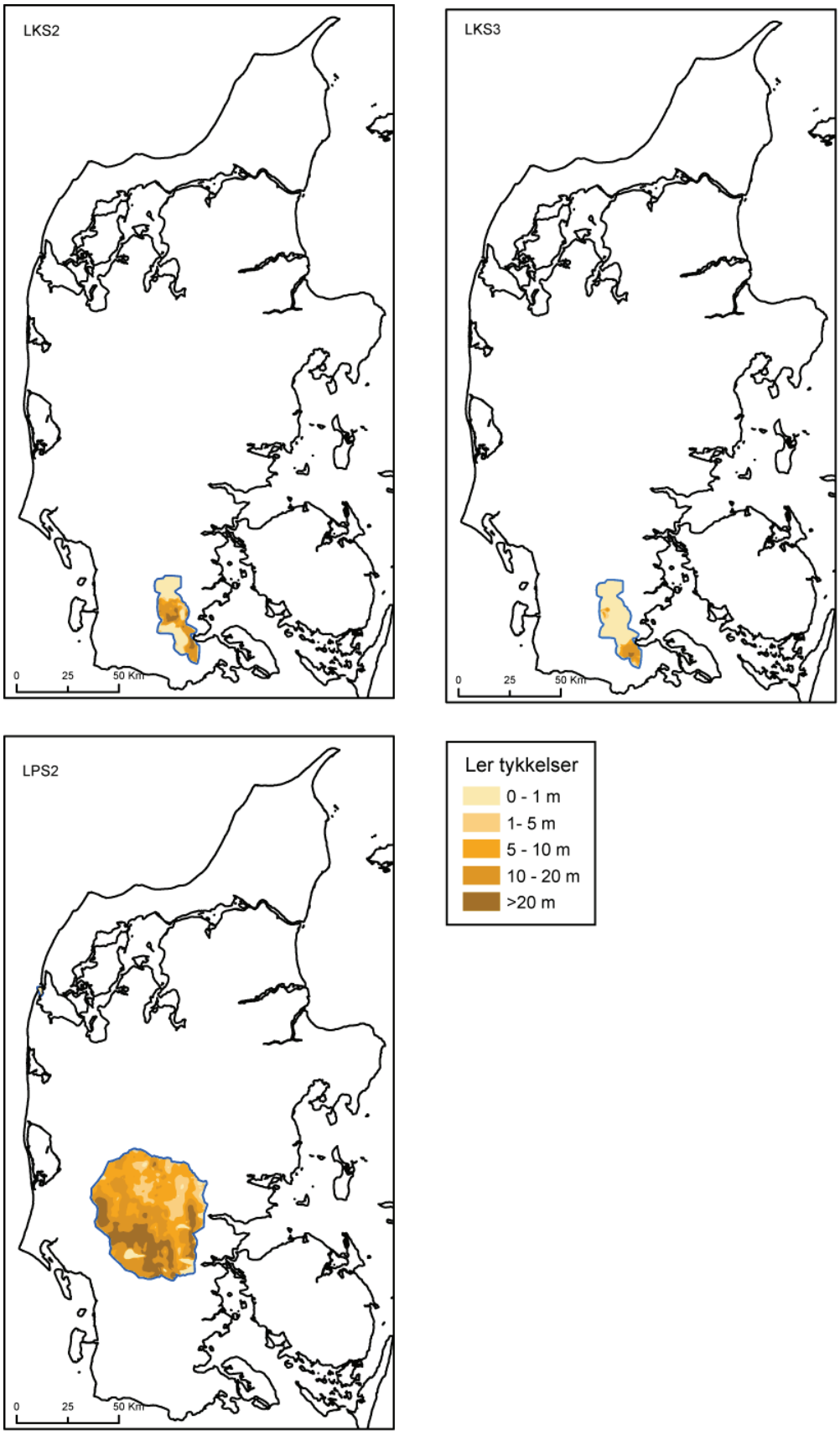
Figur 37. Udbredelse og tykkelse af prækvartære Miocæne sandmagasiner.



Figur 38. Udbredelse og tykkelse af ler mellem Kvartære sandlegemerne.



Figur 39. Udbredelse og tykkelse af ler mellem Prækvartære sandlegemerne.



Figur 40. Udbredelse og tykkelse af ler der opdeler magasinerne KS2, KS3 og PS2 i en øvre og nedre del.

6. Fremtidige opdateringer

Den første version af DK-modellen var banebrydende på flere fronter, ikke mindst med etablering af landsdækkende geologiske model, hvilket er helt unikt. Den geologiske model blev tolket på storskala med fokus på de overordnede strømningsforhold. Ambitionen var således ikke at foretage en tolkning på boringsniveau, hvor samtlige boringer blev tolket ind i en konceptuel forståelsesramme, men derimod at opnå en beskrivelse af udbredelsen samt sammenhænge mellem de betydende magasiner.

I den geologiske opdatering af DK-modellen dokumenteret i nærværende rapport er modellen blevet opdateret på basis af de geologiske modeller og viden, der var indsamlet i amterne frem til 2006. Den opdaterede model vil således indeholde den geologiske forståelse der var opnået frem til 2006. Da der til stadighed udføres nye geologiske kortlægninger og detailundersøgelser, vil den geologiske forståelse imidlertid forbedres løbende. For at opnå en model der til stadighed afspejler den aktuelle viden og forståelse af det hydrologiske og hydrogeologiske system, er det vigtigt at der fremover sker en regelmæssig opdatering af modellen. Nærværende opdateringen skal således ikke ses som et endeligt slutprodukt, men som et skridt på vejen i en model der løbende opdateres.

Hidtil har eksisterende modeller kun været genanvendt i et meget begrænset omfang, og erfaringerne hermed har således også været meget begrænset. Endvidere har en eventuel genanvendelse sjældent været tænkt ind i forbindelse med en modelopstilling, og der har derfor ikke været særskilt opmærksomhed på hvilke dokumentation, inklusiv lagring af digitalt materiale anvendt under opstillingen, der var nødvendig for en fremtidig genanvendelse. Dette har medført, at der er anvendt betydelige ressourcer på nærværende opdatering, herunder udvikling af koncept og metoder for en optimal anvendelse af det tilgængelige materiale.

Inden for de senere år er der sket en række tiltag, der i betydelig grad vil optimere en fremtidig opdatering:

1. Udarbejdelse af *Geo-vejledning nr. 3: Opstilling af geologiske modeller til grundvandsmodellering*. I vejledningen er der fokus på nødvendigheden af en grundig dokumentation af det udførte arbejde, så tredjepart vil være i stand til at gennemskue hvilke antagelser og forsimplinger, der er foretaget under tolkningen. Ligeledes beskriver vejledningen vigtigheden af, at data anvendt under tolkningen er dokumenteret, og at det angives hvilke procedurer og rutiner der anvendt, eksempelvis interpolationsalgoritme samt dennes parametre.
2. *Den nationale model database*. Det overordnede formål med den nationale model database har været at skabe en platform, der er i stand til at lagre geologiske og hydrologiske modeller. Lagringen i model databasen sker ved indlæsning af modellen i en forud defineret databasestruktur, der gør det muligt at lagre modellerne på en ensartet metode, og genskabe modellerne med tilhørende data ved en efterfølgende download af disse. Model databasen er under stadig udvikling, med udbygning af hvilke data typer det skal være muligt at lagre samt hvorledes data skal dokumenteres.
3. I 2008/2009 blev projektet *Dokumentation af informationer om geologiske modeller til sikring af fremtidig genanvendelse* gennemført. Projektet støtter op om princip-

perne beskrevet i Geo-vejledning nr. 3, og har haft til formål at konkretisere og detaljere behovet for lagring og dokumentation af materiale anvendt under modelopstilling, samt give anbefalinger specifikke for en genanvendelse af modeller. Projektet bygger på erfaringerne opnået i forbindelse med opdateringen af DK-modellen samt erfaringer opnået af rådgivere i forbindelse med tidligere opdateringer af modeller. Som produkt er der opstillet et datablad, der skal give et overblik over modellen, hvilket data der er indgået og hvordan disse er anvendt under modelopstillingen. Databladet anbefales udfyldt og uploaded til modeldatabasen som supplerende information. Et tomt datablad samt dokumentationsrapporten kan downloades fra modeldatabasens hjemmeside www.geus.dk/modeldb.

4. Der er opstillet *fælles udbudsbetingelser* for opstilling af geologiske modeller indenfor den National grundvandskortlægning. Heri er det specifikt indskrevet, at modeller opstillet som led i grundvandskortlægningen skal relateres til DK-modellen, og modellerne skal afleveres så de umiddelbart kan anvendes til opdatering af DK-modellen.

Der er således sket betydelige udviklinger, der støtter op om en fremtidig regelmæssig opdatering af DK-modellen. Den mest betydende forudsætning for en succesfuld videreførelse og opdatering af DK-modellen er imidlertid, at den bliver anvendt aktivt. Dette kan ske gennem konkrete anvendelser i projekter, men i lige så høj grad ved, at den i videst mulig omfang tænkes ind i ethvert kommende modelprojekt. Her kan den tjene som udgangspunkt for nye modelopstilling samt som ramme for en efterfølgende indarbejdelse af den opnåede detailviden. Netop indarbejdelse af opdateret geologisk og hydraulisk viden bør som minimum sikres, så vandforvaltningen udført af de forskellige myndigheder på forskellige skalaer anvender den samme opdaterede viden i forvaltningen. I forbindelse med den netop overståede opdatering, er der indhentet betydelig erfaring mht. anvendelse af detailmodeller som grundlag for opdatering af DK-modellen. Der er dog stadig et væsentligt behov for optimering af metoder og procedurer for en regelmæssig opdatering, både hvad angår det anvendte koncept samt de tekniske løsninger. En sådan optimering kan imidlertid alene ske på basis af erfaring opnået gennem konkret anvendelse, hvor de forskellige problemstillinger og mangler erkendes.

7. Reference

ESRI (2009). Hydrologically correct surfaces: Topo to Raster. http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/index.cfm?TopicName=Hydrologically_correct_surfaces%3A_Topo_to_Raster

Henriksen, H.J. and Sonnenborg, A. (2003) Ferskvandets kredsløb. NOVA 2003 Temarapport. GEUS, DMU, DJF og DMI. www.vandmodel.dk

Højberg AL., Troldborg L., Nyegaard P., Ondracek M., Stisen S. & Christensen BSB (2010) DK-model 2009 – Sammenfatning af opdateringen 2005 – 2009. GEUS rapport 2010/81, København

Jørgensen F., Kristensen M., Højberg AL., Klint KES., Hansen C., Jordt BE., Richardt N. & Sandersen P. (2008) Geo-vejledning nr. 3. - Opstilling af geologiske modeller til grundvandsmodellering. De nationale geologiske undersøgelser for Danmark og Grønland. Ministeriet for Klima og Energi. Juli 2008

Jørgensen LF., Sandersen P., Sørensen J., Troldborg L., Ditlefsen C., Højberg AL., Møller R.R. & Iversen C.H. (2009) Dokumentation af informationer om modeller til sikring af fremtidig genanvendelse. GEUS rapport 2009/87. pp31.

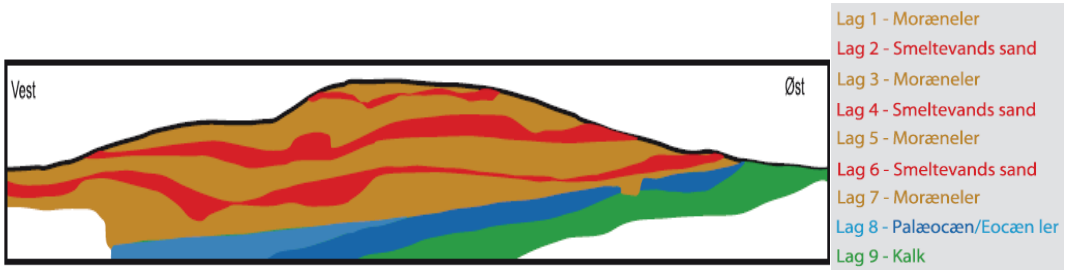
BILAG

BILAG 1

DK-model2003: Sjælland, Lolland, Falster, Møn og Fyn

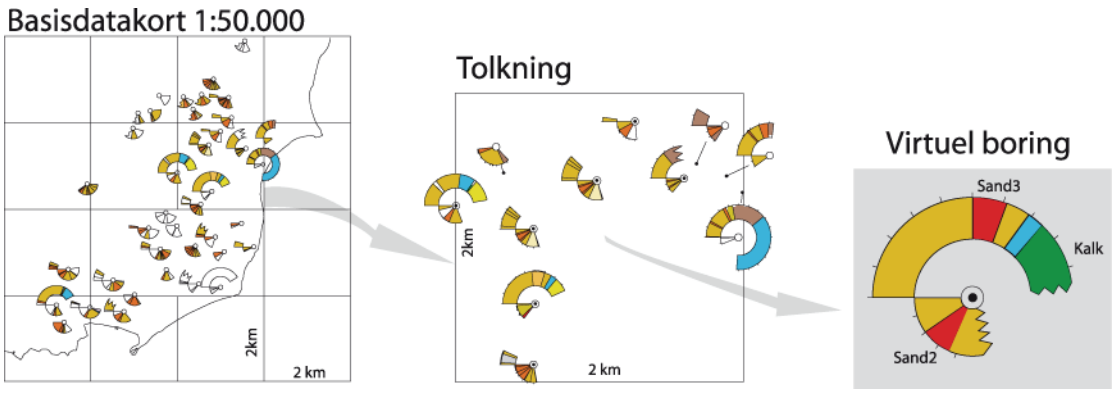
Geologisk og hydrostratigrafiske tolkning

Den geologiske tolkning for øerne i DK-model2003 blev foretaget som en "håndtolkning" uden brug at interaktive IT-programmer. Første skridt i tolkningen var opstilling af en geologisk forståelsesmodel baseret på eksisterende geologisk information for modelområdet, såsom tidligere rapporterede tolkninger og geologiske basiskort i øvrigt. Ved opstillingen af den geologiske forståelsesmodel blev antallet af magasinlag samt vandstandsende lag fastlagt, Figur B1- 1.



Figur B1- 1. Opstilling af konceptuel model med tilhørende lagsekvens.

Den efterfølgende tolkning tog udgangspunkt i publicerede og upublicerede basisdatakort i 1: 50.000. På kortene blev der indtegnet 2x2 km grids efter UTM koordinaterne. På basis af geologien i boringer inden for et kvadrat blev der tolket en "virtuel" boring som en gennemsnitsboring for kvadratet, Figur B1- 2.



Figur B1- 2. Arbejdsgangen fra basisdatakort til "Virtuel" boring.

Ud fra de "virtuelle" boringer blev koordinater, topkote og lagtykkelser af sandlagene for hver kvadrat skrevet ind i en fil, Figur B1- 3. Tykkelse og kote blev angivet i hele meter. Hvor der blev interpoleret lag, blev tykkelsen angivet som et decimaltal, som således ikke angiver en større præcision, men at der ikke foreligger boringsoplysninger.

Datafil

X-utm	Y-utm	sand1 K2	sand1 T2	sand2 K4	sand2 T4	sand3 K6	sand3 T6	præ-Q K8	præ-Q Bja	kalk K9	kalk Bja
567000	6135000	45	15	15	0,1	-25	0,1				
571000	6135000	45	4,1	8	19	-20	0,1				
573000	6135000	50	5,1	15	10	-15	0,1				
575000	6135000	50	15	12	10	-10	0,1	-12	r	-82	bk
577000	6135000	55	10	5	15	-10	8				
579000	6135000			15	12	-20	20	-40	pl	-62	bk
583000	6135000			5	5	-22	14	-36	pl		
587000	6135000			5	2	-20	15	-36	pl	-57	zk
589000	6135000			20	15	-5	5	-40	pl	-47	bk

K = Lag-topkote T = tykkelse

præ-Q = Prækvartær overflade
pl = Palæocænt ler
r = Skiffer
bk =Bryozokalk
zk = Danien kalk

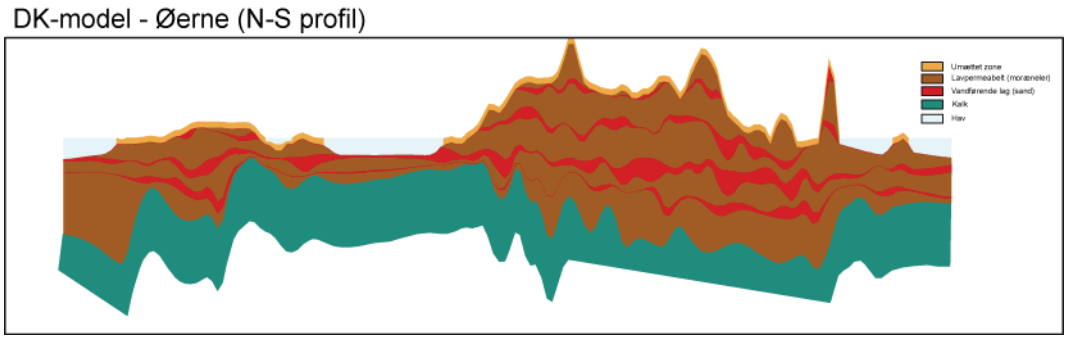
Lag 2 (Sand 1 - smeltevandssand) mangler - over terræn.

Lag 6 (sand 3 - smeltevandssand) mangler i boring og tykkelsen af laget er sat til 10 cm.

Lag 2 (Sand 1 - smeltevandssand). Laget er ikke beskrevet/fundet i boringer, men er lagt ind i den virtuelle boring.

Figur B1- 3. Data fil med forklaring af opbygning.

Datafilen blev efterfølgende importeret til strømningsmodellen (MIKE SHE) hvor der blev udført en interpolation af lagfladerne. Et tværsnit af Sjællandsmodellen med fire smeltevandslag, paleocænt ler og kalk er vist i Figur B1- 4.



Figur B1- 4. N-S profil gennem den første Sjællandsmodel.

BILAG 2

DK-model2003: Jylland

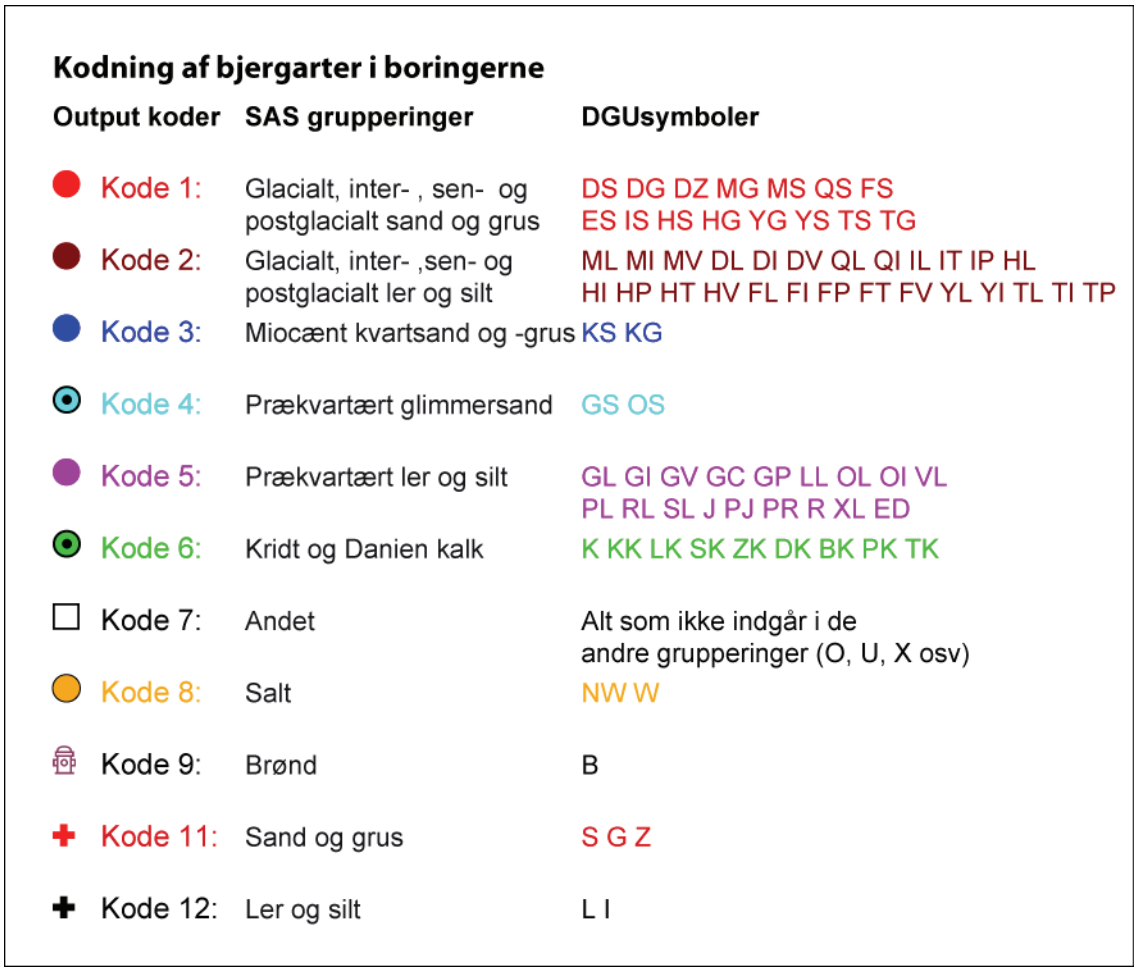
Geologisk og hydrostratigrafiske tolkning

Den geologiske tolkning for Jylland blev udført som en pixeltolkning. Arbejdsgangen indeholdt to trin.

Trin 1 – Udtræk til og fra SAS® program - Kodning og simplificering af bjergartstyper

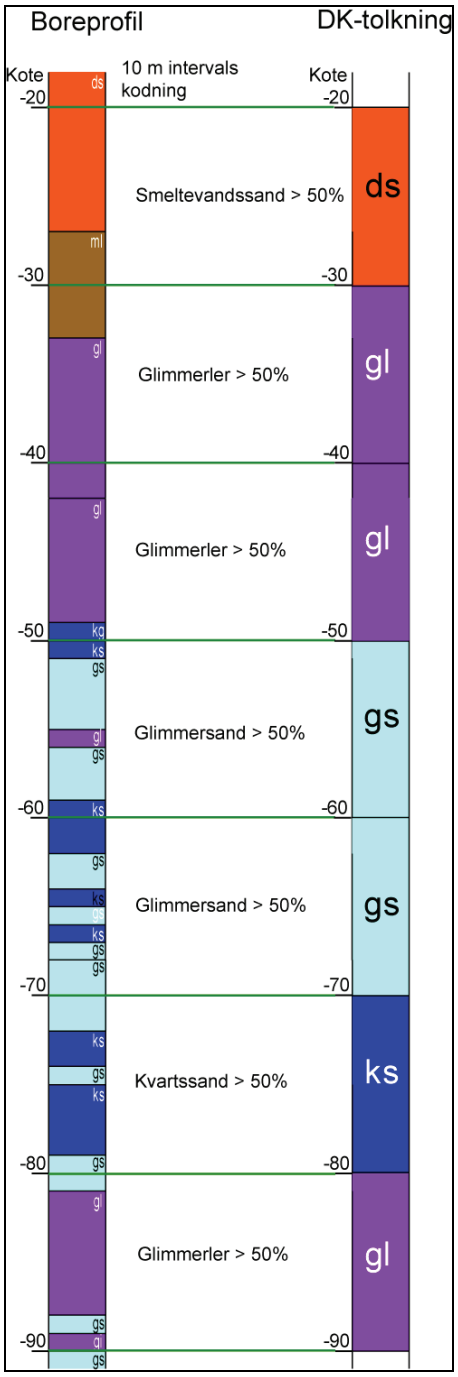
Første trin bestod i udtræk og processering af de geologiske informationer indeholdt i Jupiter databasen:

1. Der trækkes først data ud fra Jupiter-databasen til en DBF-fil som indeholder DGUnr, x og y koordinater, terrænkote, top og bund af lag samt DGUsymbol, og data importeret til en SAS-fil.
2. I tolkningen arbejdes der med 10 m tykke ”skiver”. Disse skiver defineres i SAS programmet ved angivelse af top og bundkoter, f.eks. -20 til -10 meter. (Der arbejdes mellem kote -300 og kote 160 meter).
3. ”Bidrag” til skiven fra boringernes lag beregnes.
4. Ud fra DGUsymbolerne foretages en inddeling i 12 bjergartsgrupper.
5. Bidraget fra de 11 grupper til skiven summeres og den procentvise andel beregnes. Data for den procentvise fordeling af bjergartsgrupper i skiven knyttet til DGUnr kan evt. trækkes ud.
6. Den dominerende bjergartsgruppe findes (≥50%).
7. Koordinaterne knyttes sammen med DGUnr.
8. Data eksporteres til en DBF-fil med DGUnr, x og y koordinater og en kode for bjergartsgruppen (farve). Denne fil kan så importeres til ArcView som grundlag for pixel-tolkningen.



Figur B2- 5. Oversigt over sammenhørende kode og bjergart.

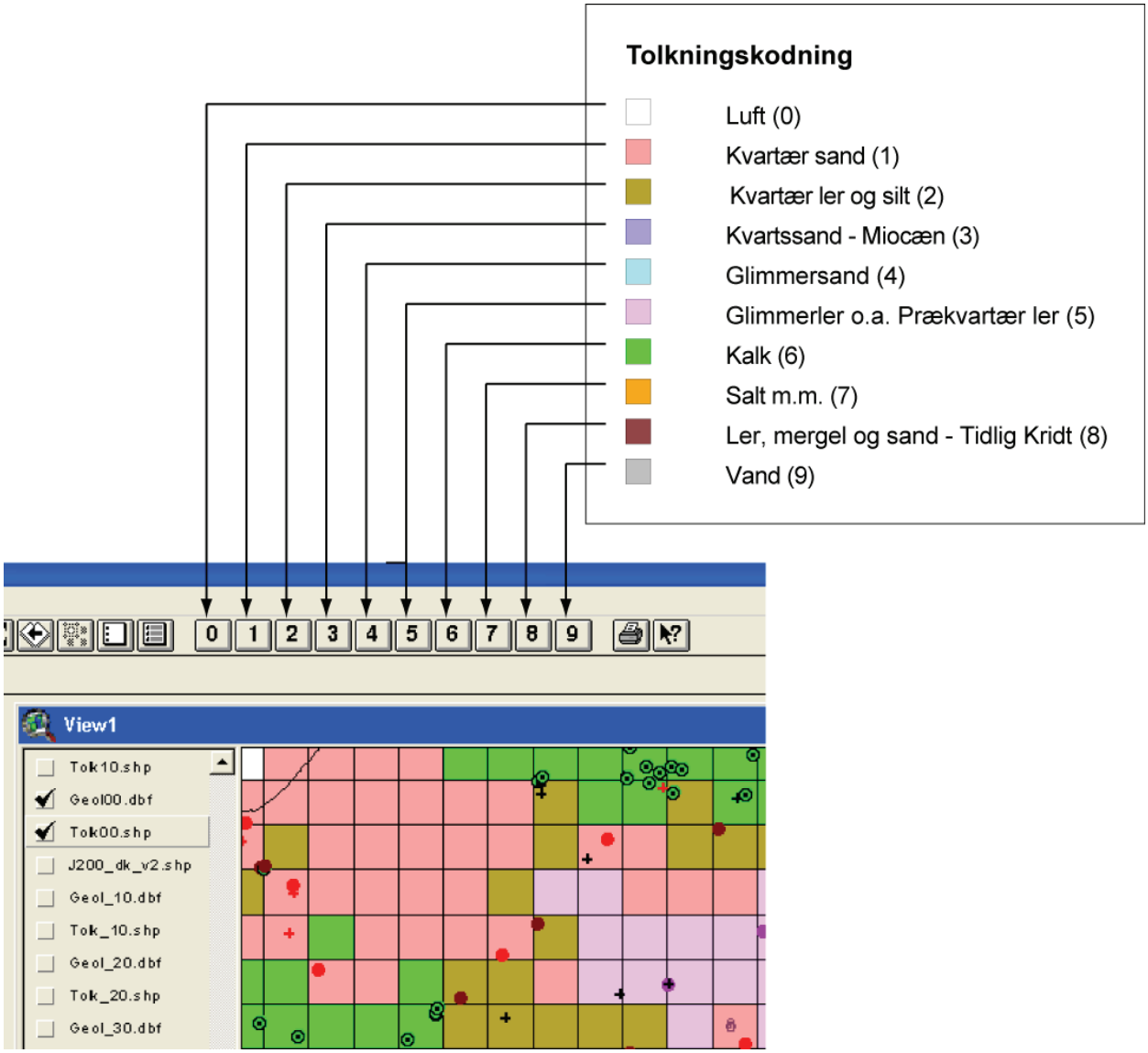
Eksempel på opdeling i bjergartsgrupper ved databehandlingen i SAS. Bjergartsgrupper med en andel under 50 % kommer ikke med i udtrækket. Hvor der er mange tynd lang vil de ikke blive repræsenteret i udtrækket. Hvor et lags andel er fordelt over to ”skiver og er på f.eks. 6 meter kan laget falde helt ud af udtrækket. Der vil desuden være en usikkerhed på ±5 meter på ”laggrænser”.



Figur B2- 6. Eksempel på opdeling i bjergartsgrupper ved databehandlingen i SAS. Bjergartsgrupper med en andel under 50 % kommer ikke med i udtrækket. Hvor der er mange tynd lang vil de ikke blive repræsenteret i udtrækket. Hvor et lags andel er fordelt over to "skiver og er på f.eks. 6 meter kan laget falde helt ud af udtrækket. Der vil desuden være en usikkerhed på ±5 meter på "laggrænser".

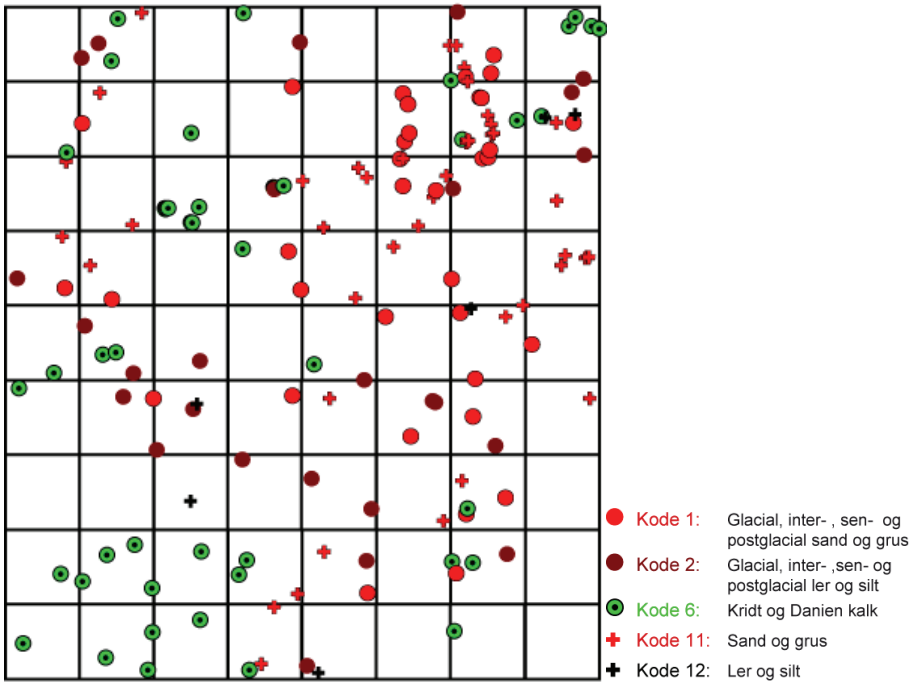
Trin 2 – Pixel-tolkning

Pixel-tolkningen er foretaget i ArcView 3.2 hvor de dannede DBF-filer fra SAS importeres som tabeller og hvorfra der dannes punkt-filer som ”Event layers”. Til tolkningen er der dannet en shape-fil med polygoner på 1x1 km som dækker tolkningsområdet. Shape-filen indeholder variablene X, Y og GEO. X og Y er origo for polygonen og GEO er som udgangspunkt tom, men bliver brugt til den værdi, som tolkningen, ud fra de simplificerede boringsoplysningerne, resulterer i. For at lette tolkningen er der lavet simple scripts, som er knyttet til knapper i menubjælken til en tolkning af polygonerne. Et tryk på knappen åbner polygon-filen for editering indsætter den valgte tolkning (tallet på knappen) for de selekterede polygoner og lukker filen igen.

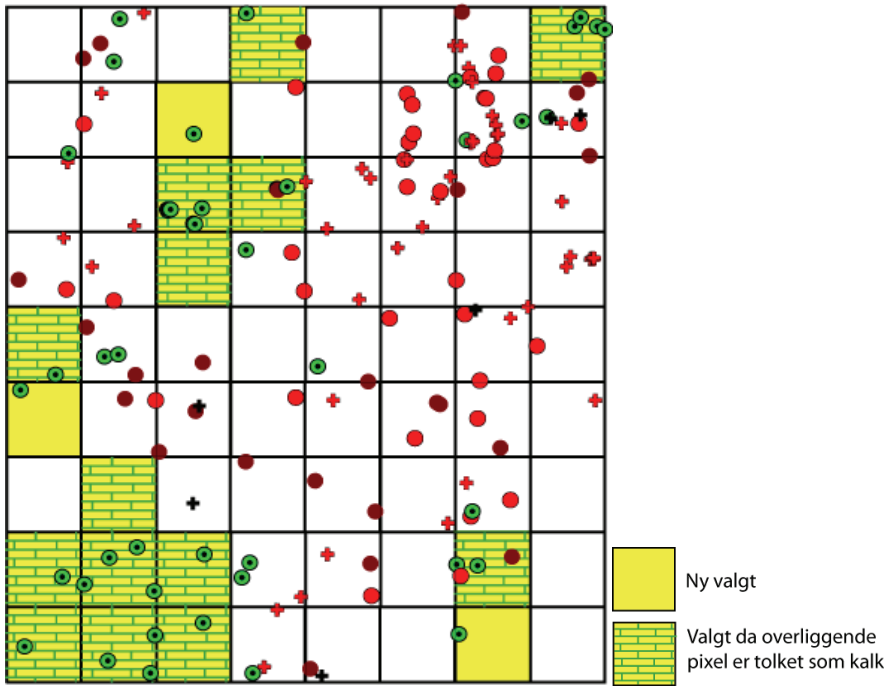


Figur B2- 7. Illustration af tolkningsværktøj i ArcView.

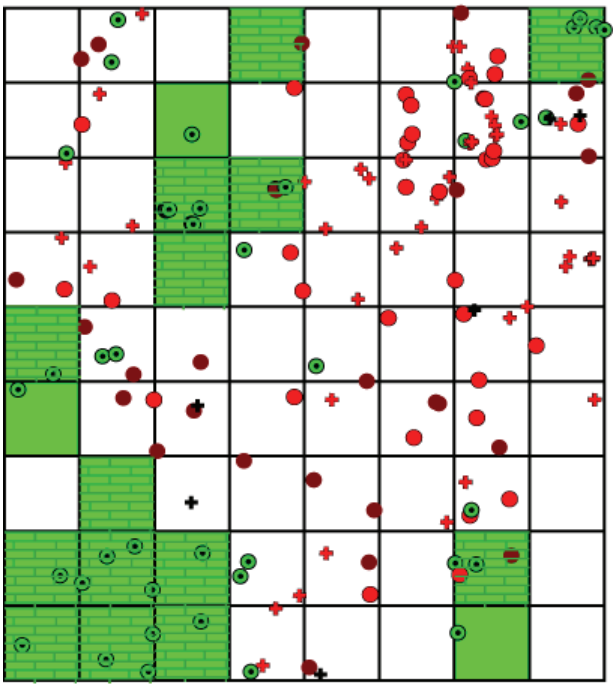
Eksempel på tolkning af et område med Kvartær sand og ler samt kalk:
A: Tomme polygoner med punktdata dannet ud fra beskrivelsen af boringerne i Jupiter.



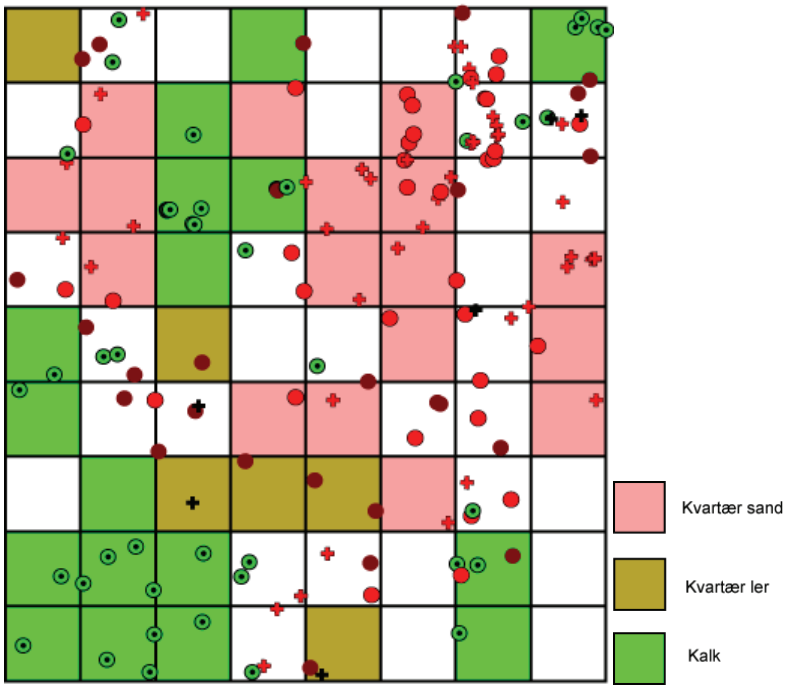
B: Polygoner tolket som kalk bliver valgt efter boringsdata samt ud fra tolkningen af den overliggende pixel.



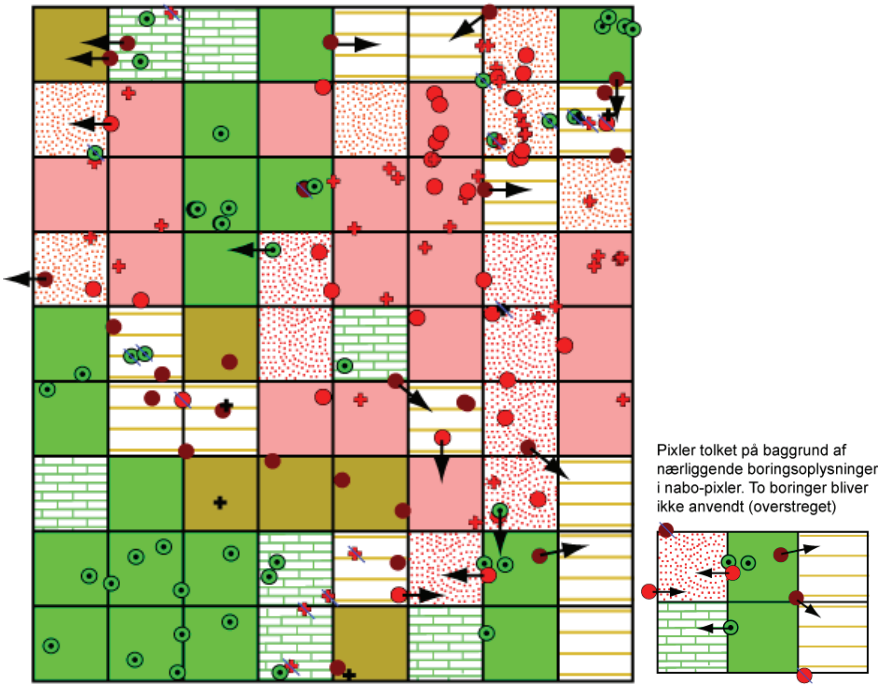
C: Polygoner tolket som ”sikre” kalk-pixler – variablen ”GEO” ændret fra ’null’ til 6.



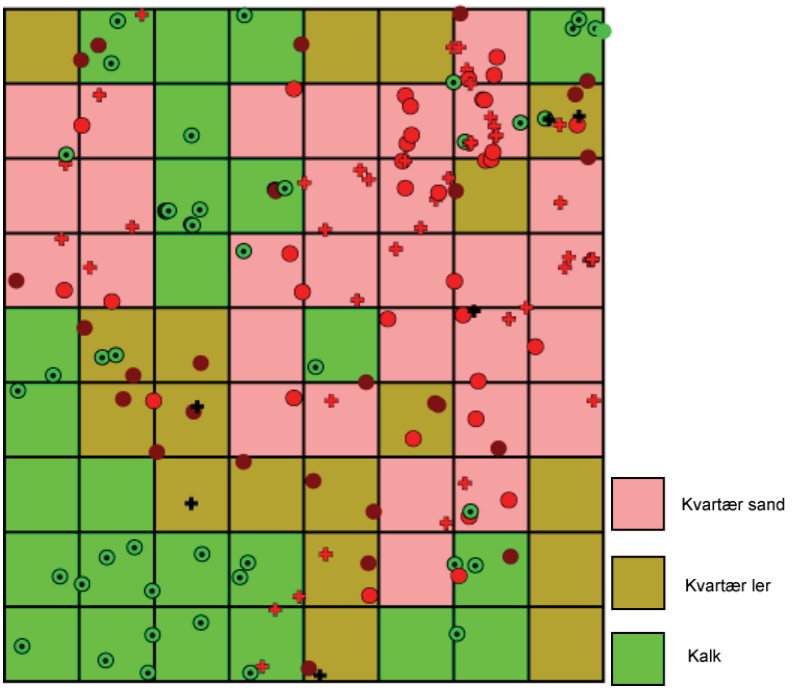
D: Polygoner tolket som ”sikre” kvartært sand eller ler samt kalk pixler – variablen ”GEO” ændret fra ’null’ til henholdsvis 1, 2 og 6.



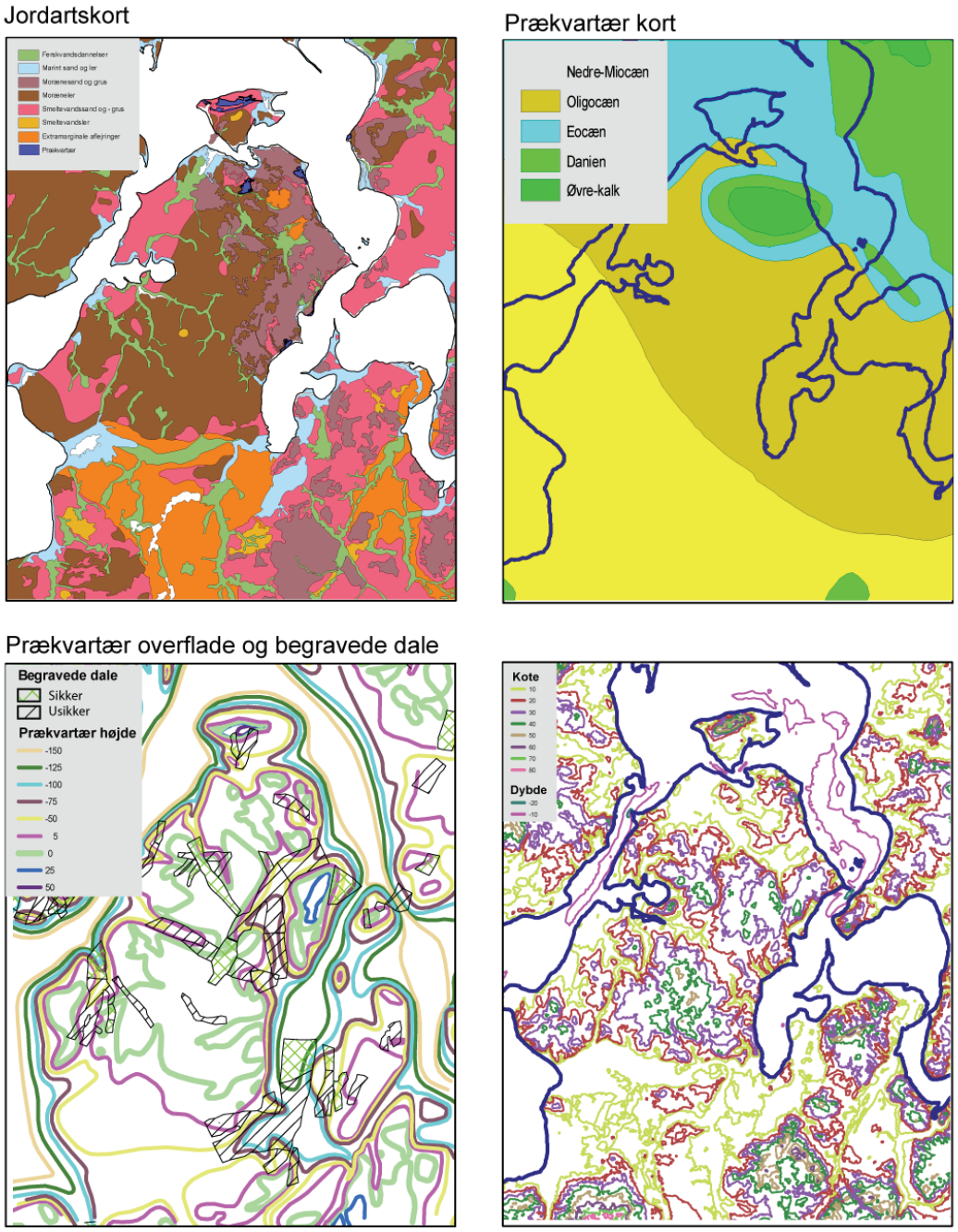
E: Polygoner hvor tolkningen er usikker pga. ingen boringsoplysninger, eller flere boringer med forskellige lag. Hvor der ingen oplysninger findes for en pixel er set på nærliggende boringer. Hvor der er flere typer bjergarter repræsenteret i en pixel, er den dominerende anvendt. Tolkningen beror ofte på et skøn. Boringsoplysninger kan også blive ignoreret (overstreget).



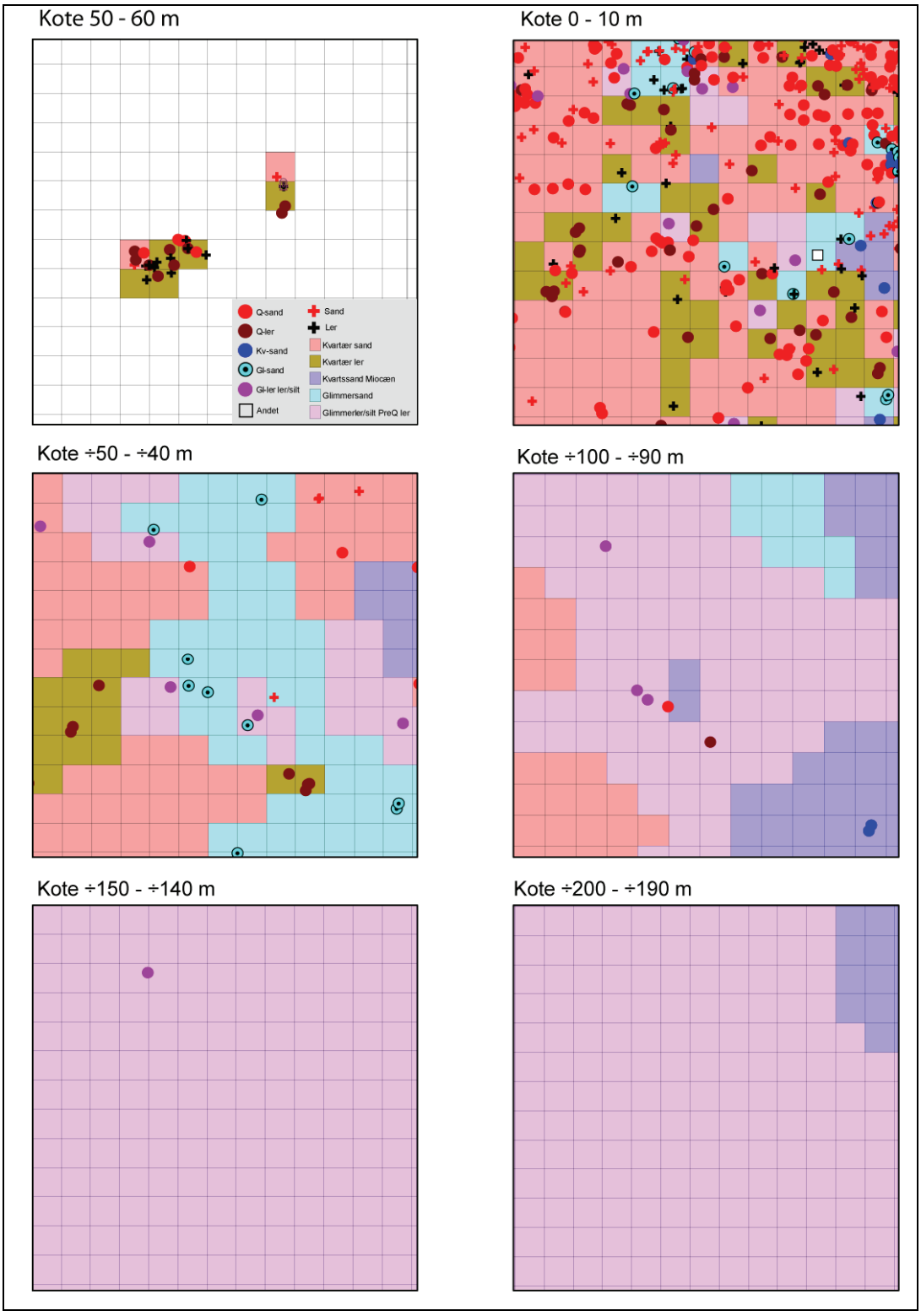
F: Hele området pixel-tolket.



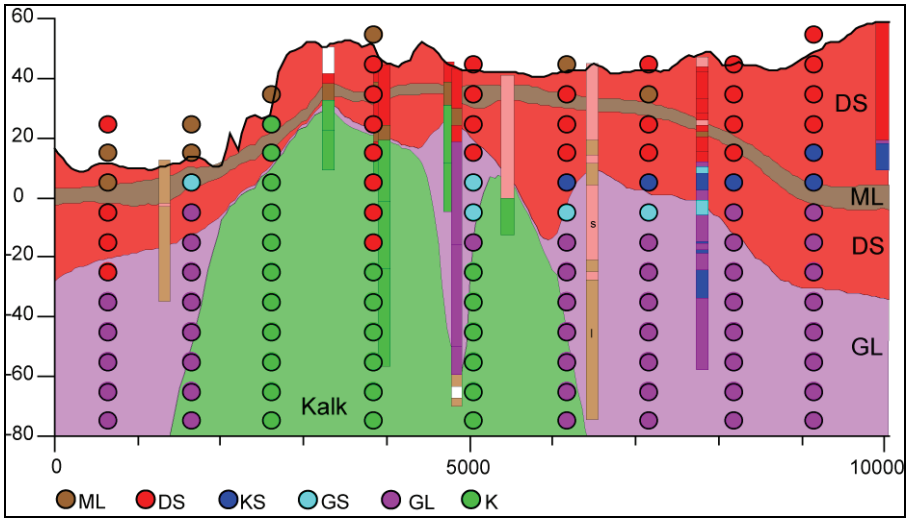
Som støtte for den geologiske tolkning er der anvendt eksisterende geologiske kort og temaer, som illustreret i Figur B2- 8



Figur B2- 8. Eksempler på korttemaer som er anvendt i pixel tolkningen – Jordartskort i 1:25.000 eller 1:100.000, VARV Prækvartære kort, Prækvartærfladens højdeforhold 1: 500.000 og højdekurver for land og hav.

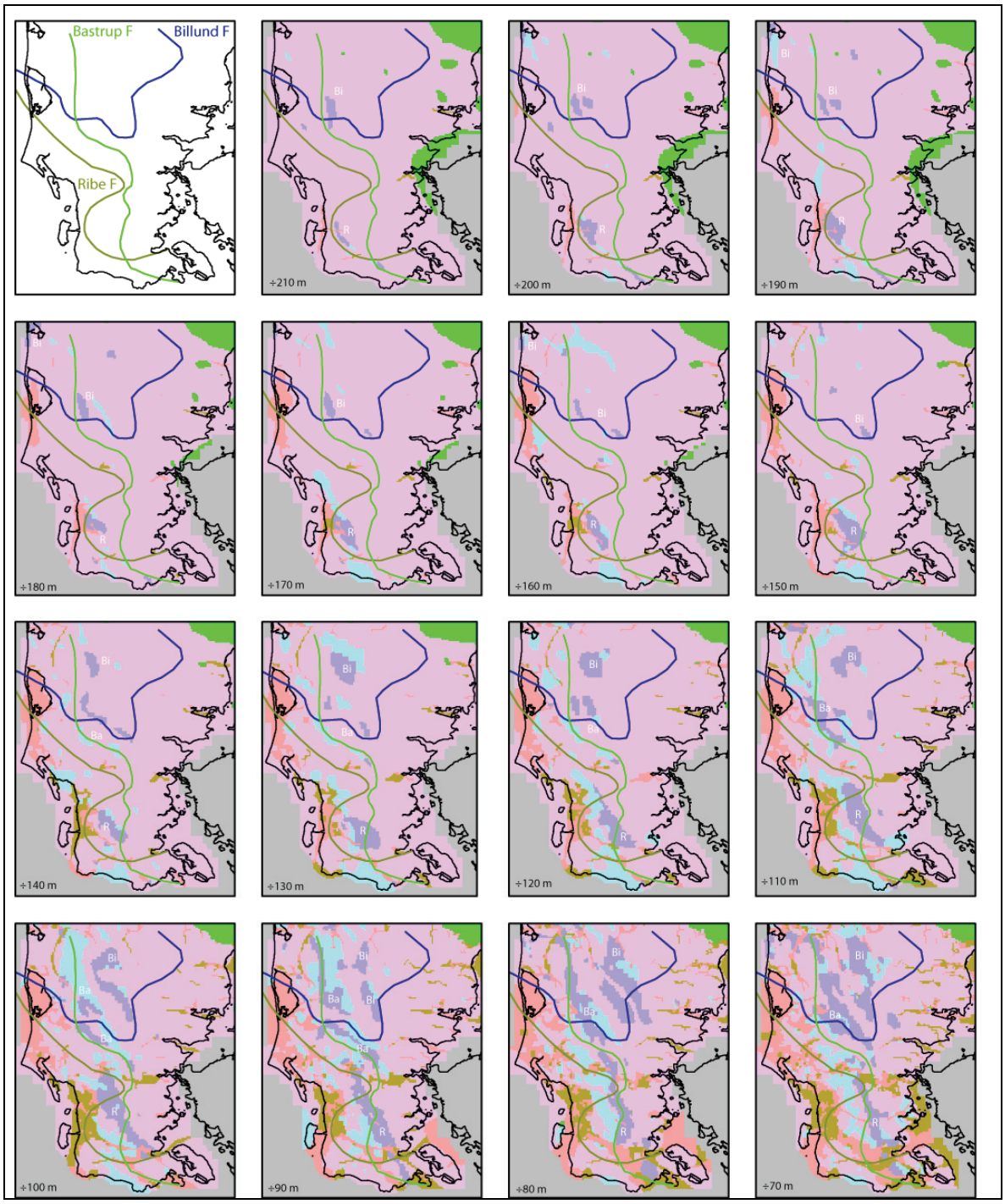


Figur B2- 9. Eksempler på pixel-tolkninger i forskellige niveauer for samme område med kvartære og miocæne bjergarter – kote 50-60, 0 – 10, -50 - -40, -100 - -90, -150 - -140 og -200 - -190 meter. I de dybeste niveauer er antallet af boringsoplysninger få eller helt manglende, og tolkningen derfor usikker.



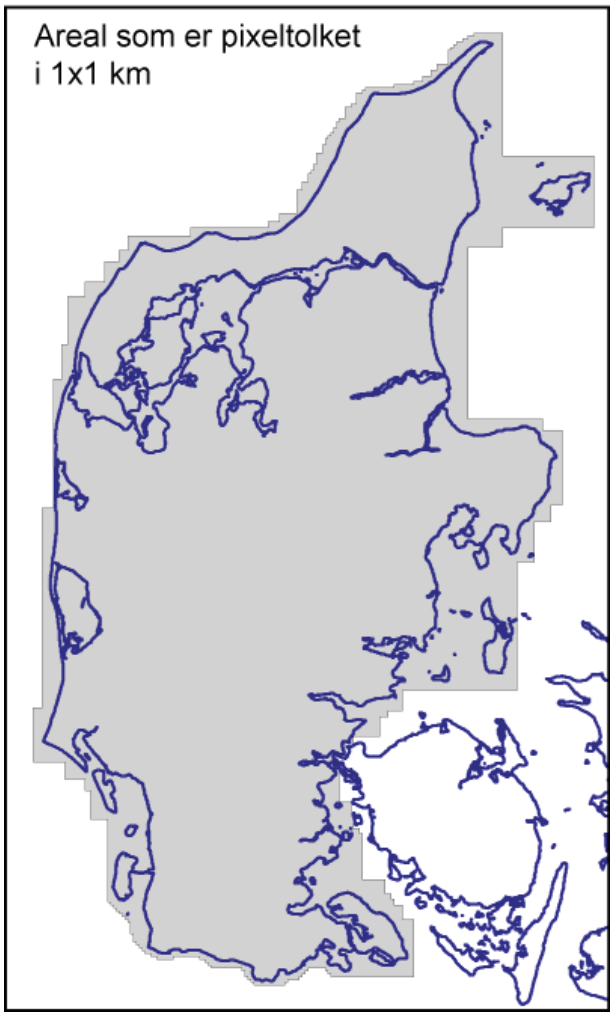
Figur B2- 10. Eksempel på lokalmodel, pixel-tolkning og boringer i et profil over en salt-horst.

Eksempel på de Miocæne aflejringers variation med dybden i pixeltolkningen og formations maksimale udbredelser. Billund Formationens udbredelse i dybe dele er tilsyneladende dårligt repræsenteret pga. manglende boringsoplysninger, medens Ribe Formationen tydelig kan følges (Figur B2- 10).



Figur B2- 11. Maksimal udbredelse af Billund (Bi), Ribe (R) og Bastrup (Ba) Formationerne vist sammen med pixeltolkningen fra kote -210 til – 70 m. Formationerne har en hældning mod VSV, og især Ribe Formationen kan tydelig følges mod øst i højere og højere niveauer. Signaturforklaring til farver: Se figur B2-7.

Pixeltolkningen er gennemført for hele Jylland samt samsø og Anholt, Figur B2- 12.



Figur B2- 12. Område som er pixel-tolket i 1x1 km og i 10 meters tykkelse

BILAG 3

Lokale modeller fra Øerne medtaget i opdateringen af DK-modellen

Model områder på **Sjælland** - Punkt data	sand1		sand2		sand3		sand4		Prækvartær Top	Bund Paleocæn ler – Top Kalk
	Top	Bund	Top	Bund	Top	Bund	Top	Bund		
Frederiksborg amt - øst	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Hornsherred	x	x	x	x	x	x			x	x
København amt regional			x	x	x	x			x	
København Amt Omr-2bc	x	x	x	x	x	x			x	
Roskilde amt	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Ringsted	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Orø	x	x	x	x						
Svinninge-Tornved	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Tudeå	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Bjergsted	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Tølløse	x	x	x	x	x	x			x	x
Jernløse-Holbæk	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Sydsjælland		x	x	x	x	x	x	x	x	x
Suså		x	x	x	x	x			x	x
Vårby-SMP									x	x
Stevns	x	x	x	x	x	x	x	x		
Lolland	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Falster	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Møn		x	x	x	x	x	x	x	x	

Model områder på **Sjælland** - GRID data	sand1		sand2		sand3		sand4	
	Top	Bund	Top	Bund	Top	Bund	Top	Bund
Odsherred - Gl. DK-model	x	x	x	x	x	x	x	x
Skælskør - Gl. DK-model	x	x	x	x	x	x	x	x
Roskilde amt							x	x

Model områder på **Fyn** - Punkt data	sand1		sand2		sand3		Prækvartær Top
	Top	Bund	Top	Bund	Top	Bund	
Assens			x	x	x	x	x
Kerteminde			x	x	x	x	x
Middelfart			x	x	x	x	
Nr. Søby	x	x	x	x			
Nyborg			x	x	x	x	x
Svendborg							x
Søndersø							
Tåsinge							
Ekstra profildata	x	x	x	x	x	x	x
Gl. DK-model	x	x	x	x	x	x	x

BILAG 4

Lokale modeller fra Jylland medtaget i opdateringen af DK-modellen

AMT	Model	Stednavn	Lagnavne (evt. med nye navne) : \geomodel\amtsdata*	Datatype	Samlet i lag	Udbredelse
Sønderjyllands amt	Bevtofte-Hovslund	Bevtofte-Hovslund	\SjylAmt\adjdata\Bevtofte-Hovslund\grids\bev-4a2	Punkter fra grid	pkt-ks1t	ub-ks1
			\SjylAmt\adjdata\Bevtofte-Hovslund\grids\bev-4a		pkt-ks1b	
			\SjylAmt\adjdata\Bevtofte-Hovslund\grids\bev-3d	Punkter fra grid	pkt-ks2t	ub-ks2
			\SjylAmt\adjdata\Bevtofte-Hovslund\grids\bev-3a		pkt-ks2b	
			\SjylAmt\adjdata\Bevtofte-Hovslund\layers\bev-3c	Tolknings-punkter	pkt-lks2t	ub-lks2
			\SjylAmt\adjdata\Bevtofte-Hovslund\layers\bev-3b		pkt-lks2b	
			\SjylAmt\adjdata\Bevtofte-Hovslund\grids\bev-2c	Punkter fra grid	pkt-ks3t	ub-ks3
			\SjylAmt\adjdata\Bevtofte-Hovslund\grids\bev-1c		pkt-ks3b	
			\SjylAmt\adjdata\Bevtofte-Hovslund\layers\bev-2b	Tolknings-punkter	pkt-lks3t	ub-lks3
			\SjylAmt\adjdata\Bevtofte-Hovslund\layers\bev-2a		pkt-lks3b	
Sønderjyllands amt	Hørlykke	Hørlykke	\SjylAmt\adjdata\hoerlykke\hoer-ml-top	Punkter fra grid	pkt-ks1	ub-ks1
			\SjylAmt\adjdata\hoerlykke\ml-bun.shp	Punkt data	pkt-ks2t	ub-ks2
			\SjylAmt\adjdata\hoerlykke\l1-top.shp		pkt-ks2b	
			\SjylAmt\adjdata\hoerlykke\l1-bun.shp	Punkt data	pkt-ks3t	ub-ks3
			\SjylAmt\adjdata\hoerlykke\gl-top.shp		pkt-ks3b	
Sønderjyllands amt	Rødekro-Åbenrå-Kiplev	Rødekro-Åbenrå-Kiplev	\SjylAmt\adjdata\RodekroAabenraaKiplev\grids\rod-4a2	Punkter fra grid	pkt-ks1t	ub-ks1
			\SjylAmt\adjdata\RodekroAabenraaKiplev\grids\rod-4a		pkt-ks1b	
			\SjylAmt\adjdata\RodekroAabenraaKiplev\grids\rod-3d	Punkter fra grid	pkt-ks2t	ub-ks2
			\SjylAmt\adjdata\RodekroAabenraaKiplev\grids\rod-3a		pkt-ks2b	
			\SjylAmt\adjdata\RodekroAabenraaKiplev\layers-NYENAVNE\ Top-yS-ml.shp \SjylAmt\adjdata\RodekroAabenraaKiplev\layers-NYENAVNE\ Top-oS-ds.shp	Punkter fra grid	pkt-lks2t pkt-lks2b	ub-lks2
			\SjylAmt\adjdata\RodekroAabenraaKiplev\grids\rod-2c	Punkter fra grid	pkt-ks3t	ub-ks3
			\SjylAmt\adjdata\RodekroAabenraaKiplev\grids\rod-1c		pkt-ks3b	
			\SjylAmt\adjdata\RodekroAabenraaKiplev\layers-NYENAVNE\ Top-E-ml.shp \SjylAmt\adjdata\RodekroAabenraaKiplev\layers-NYENAVNE\ Top-oE-ds.shp	Punkter fra grid	pkt-lks3t pkt-lks3b	ub-lks3
Sønderjyllands amt	Bredebro	Bredebro	Topografi	Punkt data	pkt-ks1t	ub-ks1
			geomodel\SjylAmt\adjdata\bredebo\layers\1top_s1.shp		pkt-ks1b	
			\SjylAmt\adjdata\bredebo\layers\2ml11.shp	Punkt data	pkt-ks2t	ub-ks2
			\SjylAmt\adjdata\bredebo\layers\3ds.shp		pkt-ks2b	
			\SjylAmt\adjdata\bredebo\layers\4ml.shp	Punkt data	pkt-ks3t	ub-ks3
			\SjylAmt\adjdata\bredebo\layers\5prekv.shp		pkt-ks3b	
Sønderjyllands amt	Årø	Årø	\SjylAmt\adjdata\Aaroe\layers\Bml11.shp	Punkt data	pkt-ks2t	ub-ks2
			\SjylAmt\adjdata\Aaroe\layers\Bds1.shp		pktks2b	
			\SjylAmt\adjdata\Aaroe\layers\Bms1.shp	Punkt data		ikke medtaget
			\SjylAmt\adjdata\Aaroe\layers\Bml11.shp			

AMT	Model	Stednavn	Lagnavne (evt. med nye navne) : \geomodel\amtsdata*	Datatype	Samlet i lag	Udbredelse
Ribe amt	Ribe amt øst	Ribe	\Ribeamt\layers sand1-top (TOPO)	Punkt data		ikke medtaget
			\Ribeamt\layers sand1-bund (R6071B14)			
			\Ribeamt\layers sand2-top (R6071B15) \Ribeamt\layers sand2-bund (R6071B16)	Punkt data		ikke medtaget
			\Ribeamt\layers\odd-top.shp (R6071B17) \Ribeamt\layers\odd-bund.shp (R6071B18)	Punkt data	pkt-oddt pkt-oddb	ub-odd
			\Ribeamt\layers\bas-top.shp (R6071B19) \Ribeamt\layers\bas-bund.shp (R6071B20)	Punkt data	pkt-bast pkt-basb	ub-bas
			\Ribeamt\layers\bas2-top.shp (R6071B21) \Ribeamt\layers\bas1-bund.shp (R6071B22)	Punkt data	pkt-lbast pkt-lbasb	ub-lbas
			\Ribeamt\layers\ribe-top.shp (R6071B23) \Ribeamt\layers\ribe-bund.shp (R6071B24)	Punkt data	pkt-ribt pkt-ribb	ub-rib
			\Ribeamt\layers\bill-top.shp (R6071B25) \Ribeamt\layers\bill-bund.shp (R6071B66)	Punkt data	pkt-bilt pkt-bilb	ub-bil

AMT	Model	Stednavn	Lagnavne (evt. med nye navne) : geomodel\amtsdata*	Datatype	Samlet i lag	Udbre-delse
Vejle amt	Vejle amtsmodel	Vejle	\geomodel\amtsdata\VejleAmt\adjdata\basis\grids\z2	Punkter fra grid	(pkt-ks1t)	ikke medtaget
			\geomodel\amtsdata\VejleAmt\adjdata\basis\grids\z3		(pkt-ks1b)	
			\geomodel\amtsdata\VejleAmt\adjdata\basis\grids\z4 \geomodel\amtsdata\VejleAmt\adjdata\basis\grids\z5	Punkter fra grid	(pkt-ks2t) (pkt-ks2b)	ikke medtaget
			\geomodel\amtsdata\VejleAmt\adjdata\basis\grids\z6 \geomodel\amtsdata\VejleAmt\adjdata\basis\grids\z7	Punkter fra grid	(pkt-ks3t) (pkt-ks3b)	ikke medtaget
			\geomodel\amtsdata\VejleAmt\adjdata\basis\grids\z8 \geomodel\amtsdata\VejleAmt\adjdata\basis\grids\z9	Punkter fra grid	(pkt-ps1t) (pkt-ps1b)	ikke medtaget
			\geomodel\amtsdata\VejleAmt\adjdata\basis\grids\z11 \geomodel\amtsdata\VejleAmt\adjdata\basis\grids\z12	Punkter fra grid	(pkt-ps2t) (pkt-ps2b)	ikke medtaget
			\geomodel\amtsdata\VejleAmt\adjdata\basis\grids\z13 \geomodel\amtsdata\VejleAmt\adjdata\basis\grids\z14	Punkter fra grid	(pkt-ps4t) (pkt-ps4b)	ikke medtaget

AMT	Model	Stednavn	Lagnavne (evt. med nye navne) : \geomodel\amtsdata*	Datatype	Samlet i lag	Udbredelse
Ringkøbing amt	Engbjerg	Engbjerg	\RingkAmt\adjdata\maps\eng_t_san2\	Punkter fra grid	pkt-ks2t	ub-ks2
			\RingkAmt\adjdata\maps\eng_b_san2\		pkt-ks2b	
			\RingkAmt\adjdata\maps\eng_t_san1\	Punkter fra grid	pkt-ks3t	ub-ks3
			\RingkAmt\adjdata\maps\eng_b_san1\		pkt-ks3b	
			\RingkAmt\adjdata\maps\eng_t_ms2\	Punkter fra grid	pkt-oddt	ub-odd
			\RingkAmt\adjdata\maps\eng_b_ms2\		pkt-oddb	
			\RingkAmt\adjdata\maps\eng_t_ms1\	Punkter fra grid	pkt-bast	ub-bas
			\RingkAmt\adjdata\maps\eng_b_ms1\		pkt-basb	
			\RingkAmt\adjdata\shapes\Engbjerg\eng_topkalk.shp	Punkter fra grid	pkt-kalk	ub-kalk
Ringkøbing amt	Hostebro	Hostebro	\RingkAmt\holsterbro\holst-nysand1_top.shp	Punkt data	pkt-ks1t, pol-ks1t	ub-ks1
			\RingkAmt\holsterbro\holst-nysand1_bund.shp		pkt-ks1b, pol-ks1b	
			\RingkAmt\holsterbro\Holst-nysand2_top.shp	Punkt data	pkt-ks2t, pol-ks2t	ub-ks2
			\RingkAmt\holsterbro\ Holst-nysand2_bund.shp		pkt-ks2b, pol-ks2b	
			\RingkAmt\holsterbro\Holst-nysand3_top.shp	Punkt data	pkt-ks3t. Pol-ks3t	ub-ks3
			\RingkAmt\holsterbro\Holst-nysand3_bund.shp		pkt-ks3b, pol-ks3b	
			\RingkAmt\holsterbro\Holst-tersand1_top.shp	Punkt data	pkt-oddt, pol-oddt	ub-odd
			\RingkAmt\holsterbro\Holst-tersand1_bund.shp		pkt-oddb, pol-oddb	
			\RingkAmt\holsterbro\Holst-tersand2_top.shp	Punkt data	pkt-bast, pol-bast	ub-bas
			\RingkAmt\holsterbro\Holst-tersand2_bund.shp		pkt-basb, pol-basb	
			\RingkAmt\adjdata\maps\holst-prekv\		pol-preq	ub-lokpreq
Ringkøbing amt	Tranmose	Tranmose	\RingkAmt\adjdata\maps\tranm_ler1\	Punkter fra grid	pkt-ks1b	ikke medta-get
			\RingkAmt\adjdata\maps\tranm_san2\	Punkter fra grid	pkt-ks2t	ikke medta-get
			\RingkAmt\adjdata\maps\tranm_ler2\		pkt-ks2b	
Ringkøbing amt	Klosterhe-de	Klosterhe-de	Topografi	Punkt data	pkt-ks1t	ub-ks1
			\RingkAmt\adjdata\shapes\Klosterhede\klos-san1b-pkt.shp		pkt-ks1b	
			geomodel\RingkAmt\adjdata\shapes\Klosterhede\klos-san2t-pkt.shp	Punkt data	pkt-ks2t	ub-ks2
			\RingkAmt\adjdata\shapes\Klosterhede\klos-san2b-pkt.shp		pkt-ks2b	
			geomodel\RingkAmt\adjdata\shapes\Klosterhede\klos-san3t-pkt.shp	Punkt data	pkt-ks3t	ub-ks3
			\RingkAmt\adjdata\shapes\Klosterhede\klos-san3b-pkt.shp		pkt-ks3b	

AMT	Model	Stednavn	Lagnavne (evt. med nye navne) : \geomodel\amtsdata*	Datatype	Samlet i lag	Udbredelse
Aarhus amt	Djurs Nord	Djursland Nord	\AarhAmt\adjdata\DjursNord\grids\djusn1\	Punkter fra grid	pkt-ks2t	ub-ks2
			\AarhAmt\adjdata\DjursNord\grids\djusn2\		pkt-ks2b	
			\AarhAmt\adjdata\DjursNord\grids\djusn3\	Punkter fra grid	pkt-ks3t	ub-ks3
			\AarhAmt\adjdata\DjursNord\grids\djusn4\		pkt-ks3b	
			\AarhAmt\adjdata\DjursNord\grids\djusn4\	Punkter fra grid	pkt-kalk	ub-kalk
Aarhus amt	Djursland regional	Djurs Region	\AarhAmt\adjdata\DjursReg\grids\djursreg_b3\	Punkter fra grid	pkt-kalk	ub-kalk
Aarhus amt	AarhusNord	Aarhus	\AarhAmt\adjdata\AarhusNord\grids\aan3\	Punkter fra grid	pkt-ks1t	ub-ks1
			\AarhAmt\adjdata\AarhusNord\grids\aan4\		pkt-ks1b	
			\AarhAmt\adjdata\AarhusNord\grids\aan4\	Punkter fra grid	pkt-ks2t	ub-ks2
			\AarhAmt\adjdata\AarhusNord\grids\aan4\		pkt-ks2b	
Aarhus amt	Boulstrup	Boulstrup	\AarhAmt\adjdata\Boulstrup\grids\boul1\	Punkter fra grid	pkt-ks2t	ub-ks2
			\AarhAmt\adjdata\Boulstrup\grids\boul2\		pkt-ks2b	
			\AarhAmt\adjdata\Boulstrup\grids\boul3\	Punkter fra grid	pkt-ks3t	ub-ks3
			\AarhAmt\adjdata\Boulstrup\grids\boul4\		pkt-ks3b	
Aarhus amt	Funder	Funder	\AarhAmt\adjdata\Funder\layers\ml12.shp	Punkt data	pkt-ks1	ub-ks1
			\AarhAmt\adjdata\Funder\layers\sm21.	Punkt data	pkt-ks2t	ub-ks2
			\AarhAmt\adjdata\Funder\layers\ml11.shp		pkt-ks2b	
			\AarhAmt\adjdata\Funder\layers\sm11.shp	Punkt data	pkt-ks3t	ub-ks3
			\AarhAmt\adjdata\Funder\layers\tertop1.shp		pkt-ks3b	

AMT	Model	Stednavn	Lagnavne (evt. med nye navne) : \geomodel\amtsdata*	Datatype	Samlet i lag	Udbredelse
Viborg	Sydthy	Sydthy	Topografi		pkt-ks1t	ub-ks1
			\VibAmt\Adjdata\shapes\vib-lag7-pkt.shp	Punkt data	pkt-ks1b	
			\VibAmt\Adjdata\shapes\vib-lag6-pkt.shp	Punkt data	pkt-ks2t	ub-ks2
			\VibAmt\Adjdata\shapes\vib-lag5-pkt.shp		pkt-ks2b	
Viborg	Salling	Salling	\VibAmt\Adjdata\shapes\vib-lag7-grd.shp	Punkter fra grid	pkt-ks1b	ub-ks1
			\VibAmt\Adjdata\shapes\vib-lag6-grd.shp	Punkter fra grid	pkt-ks2t	ub-ks2
			\VibAmt\Adjdata\shapes\vib-lag5-grd.shp		pkt-ks2b	
			\VibAmt\Adjdata\shapes\vib-lag4-grd.shp	Punkter fra grid	pkt-ks3t	ub-ks3
			\VibAmt\Adjdata\shapes\vib-lag3-grd.shp		pkt-ks3b	
Viborg	Bjerringbro Nord	Bjerringbro Nord	\VibAmt\Adjdata\shapes\vib-lag7-grd.shp	Punkter fra grid	pkt-ks1	ub-ks1
			\VibAmt\Adjdata\shapes\vib-lag6-grd.shp	Punkter fra grid	pkt-ks2t	ub-ks2
			\VibAmt\Adjdata\shapes\vib-lag5-grd.shp		pkt-ks2b	
			\VibAmt\Adjdata\shapes\vib-lag4-grd.shp	Punkter fra grid	pkt-ks3t	ub-ks3
			\VibAmt\Adjdata\shapes\vib-lag3-grd.shp		pkt-ks3b	
			\VibAmt\Adjdata\shapes\prekv-vibamt-reedit.shp	Punkter fra grid	grd-lokpreq	ub-lokpreq
Viborg	Bjerringbro Syd	Bjerringbro Syd	\VibAmt\Adjdata\shapes\vib-lag7-grd.shp	Punkter fra grid	pkt-ks1	ub-ks1
			\VibAmt\Adjdata\shapes\vib-lag6-grd.shp	Punkter fra grid	pkt-ks2t	ub-ks2
			\VibAmt\Adjdata\shapes\vib-lag5-grd.shp		pkt-ks2b	
			\VibAmt\Adjdata\shapes\vib-lag4-grd.shp	Punkter fra grid	pkt-ks3t	ub-ks3
			\VibAmt\Adjdata\shapes\vib-lag3-grd.shp		pkt-ks3b	
			\VibAmt\Adjdata\shapes\prekv-vibamt-reedit.shp	Punkter fra grid	grd-lokpreq	ub-lokpreq
Viborg	Skive	Skive	\VibAmt\Adjdata\shapes\vib-lag7-pkt.shp	Punkt data	pkt-ks1	ub-ks1
			\VibAmt\Adjdata\shapes\vib-lag6-pkt.shp	Punkt data	pkt-ks2t	ub-ks2
			\VibAmt\Adjdata\shapes\vib-lag5-pkt.shp		pkt-ks2b	
			\VibAmt\Adjdata\shapes\vib-lag4-pkt.shp	Punkt data	pkt-ks3t	ub-ks3
			\VibAmt\Adjdata\shapes\vib-lag3-pkt.shp		pkt-ks3b	
Viborg	Mønsted	Mønsted	\VibAmt\Adjdata\shapes\vib-lag2-pkt.shp	Punkt data	pkt-kalk	ub-kalk
Viborg	Mors	Mors	\VibAmt\Adjdata\shapes\prekv-vibamt-reedit.shp	Punkter fra grid	grd-lokpreq	ub-lokpreq

AMT	Model	Stednavn	Lagnavne (evt. med nye navne) : \geomodel\amtsdata*	Datatype	Samlet i lag	Udbredelse

Nordjylland	osd11	Vester Torup	\NjylAmt\adjdata\omr11\maps\omr11-kalk\	Punkter fra grid	grd-kalk	ub-kalk
Nordjylland	osd12	Åbybro	\NjylAmt\adjdata\osd12\Layers\osd12-l11.shp	Punkt data	pkt-ks1b	ub-kl2
			\NjylAmt\adjdata\osd12\Layers\osd12-l12.shp		pkt-ks2t	
			\NjylAmt\adjdata\osd12\Layers\osd12-l21.shp	Punkt data	pkt-ks2b	ub-kl3
			\NjylAmt\adjdata\osd12\Layers\osd12-l22.shp		pkt-ks3t	
			\NjylAmt\adjdata\osd12\Layers\osd12-l31.shp	Punkt data	pkt-ks3b	ub-kl4
			\NjylAmt\adjdata\osd12\Layers\osd12-l32.shp		pkt-ks4t	
			\NjylAmt\adjdata\osd12\osd1217-kalk.shp	Punkt data	pkt-kalk	ub-kalk
Nordjylland	OSD1-2	Skagen	Topografi		pkt-ks1t	ub-ks1
			\NjylAmt\adjdata\Omr1-2\omr1-2\	Punkter fra grid	pktks1b	
Nordjylland	OSD15-16	Øland-Gjøl	\NjylAmt\adjdata\omr15-16\maps\omr15-prekv\	Punkter fra grid	pkt-ks2b	ikke medtaget
			\NjylAmt\adjdata\omr15-16\maps\omr15-prekv\	Punkter fra grid	pkt-kalk	ikke medtaget
Nordjylland	OSD17	Hals	\NjylAmt\adjdata\osd17\layers\oevre_ler_top.shp	Punkt data	pkt-ks1b	ub-kl2
			\NjylAmt\adjdata\osd17\layers\oevre_ler_bun.shp		pkt-ks2t	
			\NjylAmt\adjdata\osd17\layers\mellem_ler_top.shp	Punkt data	pkt-ks2b	ub-kl3
			\NjylAmt\adjdata\osd17\layers\mellem_ler_bun.shp		pkt-ks3t	
			\NjylAmt\adjdata\osd17\layers\nedrelertop.shp	Punkt data	pkt-ks3b	ub-kl4
			\NjylAmt\adjdata\osd17\layers\nedrelerbund.shp		pkt-ks4t	
-			\NjylAmt\adjdata\osd17\layers\skrivekridttop.shp	Punkt data	pkt-kalk	ub-kalk
Nordjylland	OSD19-20	Ålborg Syd	Topografi		pkt_ks1t	ub-ks1
			\NjylAmt\adjdata\omr19-20\layers\ex-filter\osd19_l6.shp	Punkter fra 100mgrid	pkt-ks1b	
			\NjylAmt\adjdata\omr19-20\layers\ex-filter\osd19_l7.shp	Punkter fra 100mgrid	pkt-ks2t	ub-ks2
			\NjylAmt\adjdata\omr19-20\layers\ex-filter\osd19_l8.shp		pkt-ks2b	
			\NjylAmt\adjdata\omr19-20\layers\ex-filter\osd19_l9.shp	Punkter fra 100mgrid	pkt-ks3t	ub-ks3
			\NjylAmt\adjdata\omr19-20\layers\ex-filter\osd19_l10.shp		pkt-ks3b	
-			\NjylAmt\adjdata\omr19-20\layers\ex-filter\osd19_l11-pol.shp	Højdekurver fra 100mgrid	pol-kalk	ikke medtaget
Nordjylland	OSD23	Aars	\NjylAmt\adjdata\omr23\kalkov1.shp	Punkt data	pkt-kalk	ub-kalk
Nordjylland	OSD27	Nørager	\NjylAmt\adjdata\omr27\maps\omr27_topo\	Punkter fra grid	pkt_ks1t	
			\NjylAmt\adjdata\omr27\maps\omr27_b1\	Punkter fra grid	pkt-ks1b	ub-kl2
			\NjylAmt\adjdata\omr27\maps\omr27_b2\		pkt-ks2t	
			\NjylAmt\adjdata\omr27\maps\omr27_b3\	Punkter fra grid	pkt-ks2b	ub-kl3
			\NjylAmt\adjdata\omr27\maps\omr27_b4\		pkt-ks3t	
			\NjylAmt\adjdata\omr27\maps\omr27_b5\	Punkter fra grid	pkt-ks3b	ub-kl4
			\NjylAmt\adjdata\omr27\maps\omr27_b6\		pkt-ks4t	
			\NjylAmt\adjdata\omr27\maps\omr27_b7\			ikke medtaget
Nordjylland	OSD3	Sindal-Tornby	\NjylAmt\adjdata\osd3\shape\osd3-b1.shp	Punkt data	pkt-ks1	ikke medtaget
			\NjylAmt\adjdata\osd3\shape\osd3-b2.shp	Punkt data	pkt-ks2t	ikke medtaget
			\NjylAmt\adjdata\osd3\shape\osd3-b3.shp		pkt-ks2b	ikke medtaget
Nordjylland	OSD32	Løgstør	\NjylAmt\adjdata\omr32\grideuref89\kalk\	Punkter fra grid	grd-kalk	ub-kalk
Nordjylland	OSD4	Tolne	\NjylAmt\adjdata\osd4\Layers\osd4-s4t.shp	Punkt data	pkt-ks1t	ub-ks1
			\NjylAmt\adjdata\osd4\Layers\osd4-s4b.shp		pkt-ks1b	
			\NjylAmt\adjdata\osd4\Layers\osd4-s3t.shp	Punkt data	pkt-ks2t	ub-ks2
			\NjylAmt\adjdata\osd4\Layers\osd4-s3b.shp		pkt-ks2b	
			\NjylAmt\adjdata\osd4\Layers\osd4-s2t.shp	Punkt data	pkt-ks3t	ub-ks3
			\NjylAmt\adjdata\osd4\Layers\osd4-s2b.shp		pkt-ks3b	
Nordjylland	OSD7	Søby	\NjylAmt\adjdata\osd7\shape\lag13.shp	Punkt data	pkt-ks1	ub-ks1
			\NjylAmt\adjdata\osd7\shape\lag22.shp	Punkt data	pkt-ks2t	ub-ks2
			\NjylAmt\adjdata\osd7\shape\lag32.shp		pkt-ks2b	
Nordjylland	OSD29b	Hobro	\NjylAmt\Ekstra\OSD29b\kalk.shp	Punkter på gridform	grd-kalk	ub-kalk