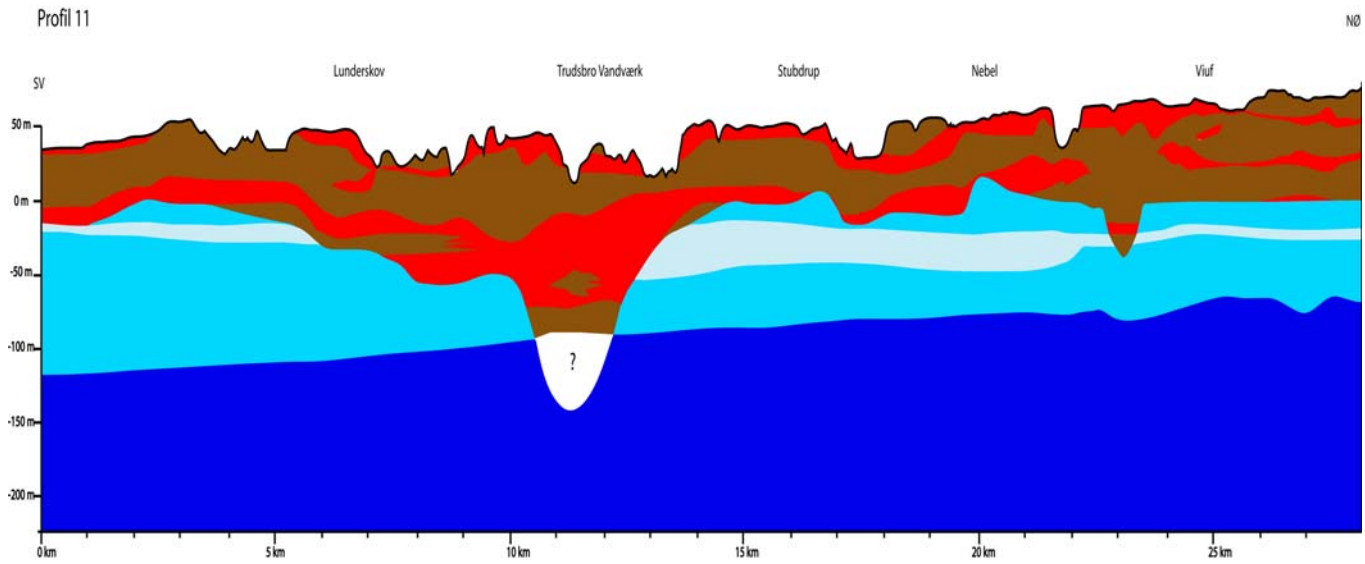


Kolding Kommune

Geologisk forståelsesmodel for Kolding Kommune

December 2009

RAMBØLL

Kolding Kommune

Geologisk forståelsesmodel for Kolding Kommune

14-Dec-09

Ref.:	09409010
	A00005-3-JETS
Version:	Version 1
Dato:	2009-12-14
Udarbejdet af:	Jette Sørensen (JETS)
Kontrolleret af:	Hanne Birch Madsen (HABM)
Godkendt af:	Louise Therese Åstrøm-Andersen (LOA)

Rambøll Danmark A/S
Olof Palmes Allé 22
8200 Århus N

Telefon 8944 7700
www.ramboll.dk

Indholdsfortegnelse

1. Indledning 4

2. Baggrund og formål 5

3. Tidligere undersøgelser 6

4. Gennemgang af eksisterende viden 8

4.1 Prækvartæret 9

4.1.1 Strukturelle forhold 9

4.1.2 Prækvartære aflejringer 12

4.2 Kvartæret 14

4.2.1 Det kvartære landskab 16

4.2.2 Begravede dale 19

4.2.3 Kvartære aflejringer 21

5. Overordnet hydrogeologisk model 22

5.1.1 Modelparametre 22

5.1.2 Databaser 22

5.1.3 Geologiske profiler 23

5.2 Tolkning 23

5.2.1 Vandværksboringer 25

5.2.2 Geofysiske data 25

5.3 Digitalisering 26

5.4 Interpolation 26

5.5 Resultater 27

5.5.1 Hydrogeologisk lagserie 29

5.5.2 Områder med mulige begravede dale 38

6. Magasintyper og geologisk sårbarhed 39

6.1 Magasintyper 39

6.2 Geologisk sårbarhed 40

7. Referencer 42

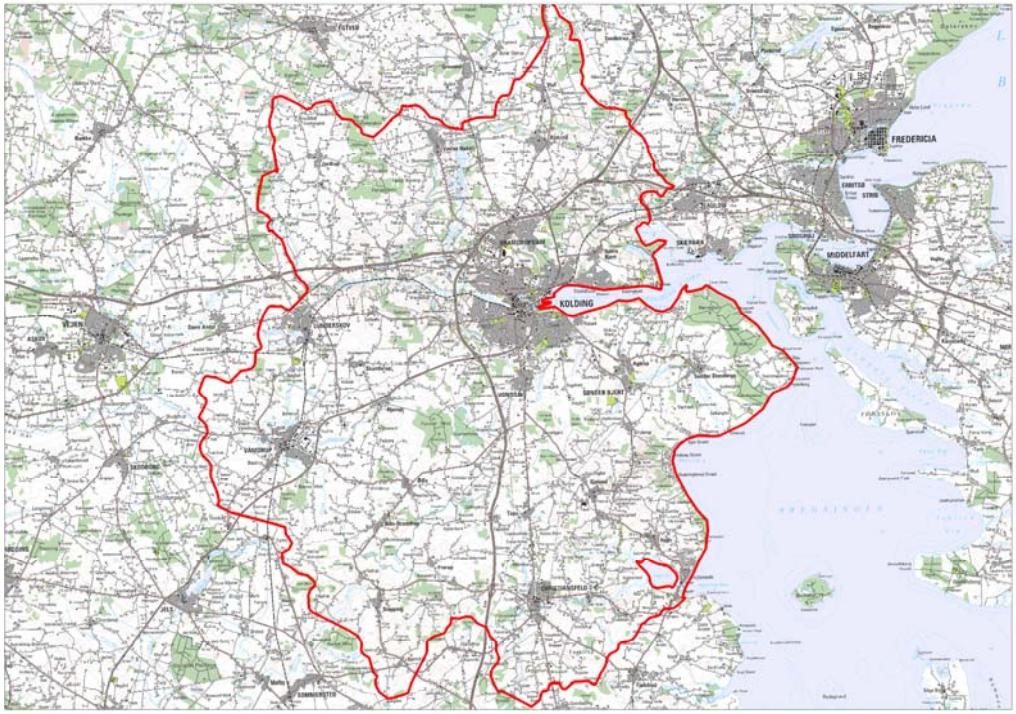
Figurfortegnelse

Figur 1.1: Kort over Kolding Kommune....4
Figur 4.1: Internationalt stratigrafisk skema 2004. © International Commision on Stratigraphy. Relevante tidsperioder for vandforsyningen i Kolding kommune er markeret med rødt....8
Figur 4.2: Geologisk kort over den prækvartære overflade i Danmark med udbredelse af lag fra Kridt og Danien i forhold til ældre og yngre aflejringer (baseret på Håkansson og Petersen, 1992 /8/). Fra Thomsen, 1995 /19/. 9
Figur 4.3: Kort over kalkoverfladens struktur. Kolding Kommune er markeret med rødt. Fra Ter-Borch (1987) /18/. Tallene angiver kalkoverfladens kote. 10
Figur 4.4: Kort over prækvartæroverfladens højdeforhold. Data er tolket og interpoleret af Rud Friborg og Steen Thomsen. 11
Figur 4.5: Kort over koten til den gode leder og dermed til toppen af det plastiske ler. 11
Figur 4.6: Oversigt over den prækvartære lagserie i Danmark. Den omtrentlige alder i mill. år er anført ud for vigtige grænser i lagserien. Fra Larsen og Kronborg (1994) /14/. 12
Figur 4.7: Overordnet oversigt over varme og kolde perioder i kvartæret. 14
Figur 4.8: Kvartærstratigrafi for Weichsel og Saale opstillet af Michael Houmark-Nielsen. Fra Houmark-Nielsen (2004) /7/. 15
Figur 4.9: Daglokaliterer beskrevet af Michael Houmark-Nielsen. Efter Houmark-Nielsen (1987) /6/. 16
Figur 4.10: Udsnit af Per Smeds Landskabskort /17/ og israndslinjer for Hovedfremstødet og det ungbaltiske fremstød. 17
Figur 4.11: Kort over terrænoverfladen i modelområdet. 18
Figur 4.12: Jordartskort. 19
Figur 4.13: Kort over begravede i Kolding Kommune. Fra Sandersen og Jørgensen (2006) /16/. 20
Figur 4.14: Kort over "Vejen Sund". Fra Konradi (2001) /12/. 20
Figur 4.15: Kort over placeringen af "Vejen Sund". Efter Konradi (2001) /12/. 21
Figur 5.1: Oversigt over profiler i modelområdet. Profilerne er vist med den anvendte bufferzone på 250 m. 23
Figur 5.2: Oversigt over resistiviteter i danske aflejringer. 25
Figur 5.3: Stratigrafisk oversigt. Kvartære lag er vist med rødt og brunt og tertiære med blå farver. 27
Figur 5.4: Oversigt over placeringen af geologiske principskitser 28
Figur 5.5: Kort over koten for bund af lag 1. Hvor laget er under 2 m tykt vises det ikke. 29
Figur 5.6: Tykkelse af lag 1 vist med de datapunkter, der ligger til grund for beregningen. ..30
Figur 5.7: Tykkelse af lag 1 vist med vandværksboringer. 31
Figur 5.8: Kort over koten for bund af lag 2. Hvor laget er under 2 m tykt vises det ikke. 31
Figur 5.9: Tykkelse af lag 2. 32
Figur 5.10: Tykkelse af lag 2 vist med vandværksboringer og herunder boringer som er filtersat i lag 2. 33
Figur 5.11: Kort over koten for bund af lag 3. Hvor laget er under 2 m tykt vises det ikke. ..34
Figur 5.12: Tykkelse af lag 3. 34
Figur 5.13: Tykkelse af lag 3 vist med vandværksboringer. 35
Figur 5.14: Kort over koten for bund af lag. Hvor laget er under 2 m tykt vises det ikke. 36
Figur 5.15: Tykkelse af lag 4. 36

Figur 5.16: Tykkelse af lag 4 vist med vandværksboringer og herunder boringer som er filtersat i lag 4. 37
Figur 5.17: Områder med mulige begravede dale..... 38
Figur 6.1: Zonering af Kolding Kommune i forhold til hvilke grundvandsmagasiner, der indvindes fra. 39
Figur 6.2: samlet tykkelse af Øvre ler og Mellem ler i Kolding Kommune modellen. 41
Figur 6.3: Eksisterende kort over sårbarheden for de øverste 30 m. 41

1. Indledning

Rambøll har af Kolding Kommune fået til opgave at opstille en geologisk forståelses-model for kommunens område. Et kort over kommunen kan ses i figur 1.1.



Figur 1.1: Kort over Kolding Kommune

Modelarbejdet er udført i henhold til "Udbud vedrørende geologisk oversigt over Kolding Kommune" /1/ og Rambølls tilbud "Tilbud – geologisk oversigt over Kolding Kommune" /2/.

2. Baggrund og formål

Kolding Kommune har igangsat arbejdet med en ny vandforsyningsplan og ønsker i den forbindelse at få udredt de geologiske forhold i kommunens område. Formålet med den geologiske forståelsesmodel er:

- at få skabt et samlet overblik over de geologiske forhold og vandressourcerne i Kolding Kommune
- at få opstillet et effektivt værktøj til sagsbehandlingen vedrørende kommunens vandressourcer
- at få udarbejdet et kortfattet og letforståeligt afsnit om kommunens geologi til vandforsyningsplanen

For at opfylde formålene med opgaven er det valgt at udarbejde en udvidet geologisk forståelsesmodel, hvor der foruden gennemgang af litteratur og tidligere undersøgelser også er opstillet en overordnet hydrostratigrafisk model, således at der har kunnet udarbejdes geologiske tværsnit samt foretages en grov modellering af de 4 vigtigste vandførende og vandstandsende lag. Modellen skal betragtes som overordnet og er alene egnet til at skabe et overblik over grundvandsressourcerne og dæklagene i Kolding Kommune. Den kan således ikke anvendes til mere detaljerede formål.

Denne rapport beskriver resultaterne af den geologiske forståelsesmodel, mens det mere letlæselige afsnit om geologien, som skal indgå i vandforsyningsplanen, rapporteres særskilt.

Den geologiske forståelsesmodel indledes med et afsnit om datagrundlaget (afsnit 3) og en gennemgang af den eksisterende viden (afsnit 4). Herefter beskrives den overordnede hydrogeologiske model (afsnit 5) og sårbarhedsvurderingerne (afsnit 6).

3. Tidligere undersøgelser

Der er i Kolding udført en lang række geologiske, geofysiske og hydrologiske undersøgelser. I dette afsnit gives en kort beskrivelse af de vigtigste af disse referencer.

Miljøcenter Ribe, 2009: Kortlægningsgrundlag for kommunal indsatsplan. Grundvandskortlægning Vonsild-Agtrup området /15/.
Sammenskrivning af den kortlægning som Vejle Amt har foretaget i indsatsområderne Agtrup og Vonsild. Der beskrives 2 begravede dale og i alt 4 grundvandsmagasiner, der ikke nødvendigvis er sammenhængende i området. Hovedparten af indvindingen foregår fra det magasin, der benævnes Mellem Sand. Der ses generelt en lav nitratbelastning og hovedparten af indvindingsboringerne indvinder fra jern- og sulfatzonen. I det Øvre Sand er der dog flere steder påvist nitrat.

Vejle Amt, 2006: Geologisk model – Vonsild. Orbicon A/S. /22/.
Orbicon har for Vejle Amt opstillet en geologisk og hydrostratigrafisk model for Vonsild modelområde. Der er i den hydrostratigrafiske model opstillet en lagserie med i alt 9 lag:

1. Øvre lag (ler)
2. Øvre sand
3. Mellem ler
4. Mellem sand
5. Nedre ler
6. Nedre sand
7. Dalfyld 1
8. Dalfyld 2
9. Palæogen overflade

det mellemste sand udgør det primære magasin i området, men laget vurderes ikke at være sammenhængende. Det nedre sand ses kun sporadisk i data og beskrives som et muligt fremtidigt magasin.

Afrapporteringen af modellen er meget begrænset, og lagene er derfor kun beskrevet ganske sporadisk.

Jørgensen, F., 2006: Vonsild indsatsområde. Hydrogeologiske undersøgelser – afrapportering. Vejle Amt. /10/.
På baggrund af det eksisterende datagrundlag beskrives de geologiske og hydrogeologiske forhold i området. Området domineres af moræneler og i 40-50 m dybde ses et lag af smeltevandssand, der vurderes at være sammenhængende over et større areal. Der kan indvindes fra både kvartære og tertiære lag, men kendskabet til de tertiære lag er begrænset. Geofysiske undersøgelser viser, at der findes en begravet dal (Agtrup dalen) i området og at den stedvist er 300-350 m dyb.

På baggrund af seismiske linjer i området er der påvist hældende reflektorer som kan tolkes som miocæne deltaaflejringer. Prækvartæroverfladen er beliggende mellem kote 0 og -10 m.

Vejle Amt, 2006: Viuf og Bramdrupdam indsatsområder. Statusrapport. /23/.
Der er udført en lang række geofysiske undersøgelser i området og på den baggrund beskrives de geologiske forhold kort.

Vejle Amt, 2001: Grundvandsmodel for overvågningsområdet Trudsbro. Carl Bro. /21/.
Der er i en konceptuel geologisk model opstillet en lagserie med 7 lag:

1. Øvre smeltevandssand (DS1)
2. Øvre moræneler (ML1)
3. Smeltevandssand (DS2)
4. Nedre moræneler (ML2)
5. Nedre smeltevandssand/tertiært sand (DS3_terS)
6. Glimmerler (GL1)
7. Tertiært sand (Ter1)

DS1 ses stedvist i området og med en gennemsnitlig tykkelse på ca. 8-10 m. ML1 ses til gengæld i hele området og med de største mægtigheder omkring randmoræne-systemerne. DS2 er påvist i det meste af området og har en varierende mægtighed. Mægtigheden af ML2 varierer mellem 5 og 60 m, mens den for DS3_terS varierer mellem 5 og 70 m. GL1 er kun påvist i enkelte boringer og også den underliggende enhed Ter1 er dårligt belyst.

Vejle Amt. Beskrivelse af geologi og reservoirforhold for 12 områder. /20/.
Korte beskrivelser af geologi, deformation, reservoirforhold, grundvandskvalitet og sårbarhed.

4. Gennemgang af eksisterende viden

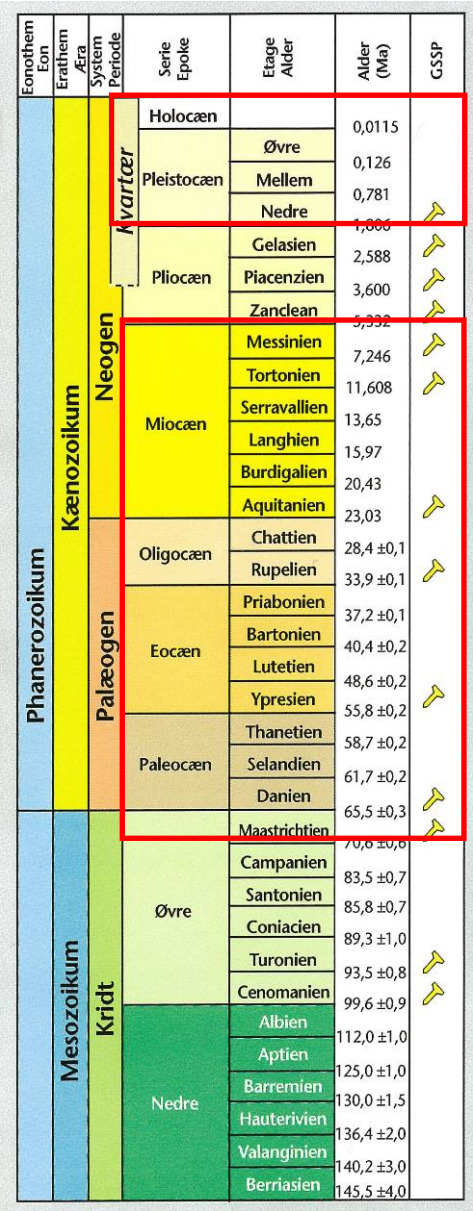
Dette afsnit indledes med en gennemgang af den eksisterende viden om de strukturelle forhold og herefter beskrives de prækvartære og kvartære lagserier.

Den geologiske forståelsesmodel baseres alene på de aflejringer, der vurderes at have betydning for vandressourcerne i området. I figur 4.1 ses et udsnit af det internationale stratigrafiske skema fra 2004. De aflejringer, der behandles i den geologiske forståelsesmodel er markeret med rødt. Det drejer sig om aflejringer fra Øvre Kridt, Paleocæn, Eocæn, Oligocæn, Miocæn, Pleistocæn og Holocæn. Der findes så vidt vides ingen aflejringer fra Pliocæn i modelområdet.

Aflejringer fra Øvre Kridt, er ældre end 66 mill. år, mens Danien kalk og palæogent ler er afsat for mellem 66 og 34 mill. år siden. De oligocæne lere er afsat for mellem 23 og 34 mill. år siden, mens de miocæne aflejringer er afsat for mellem 5,3 og 23 mill. år siden. De kvartære aflejringer er afsat indenfor en forholdsvis kort tidsperiode fra ca. 1,7 mill. år før nu og til ca. 11.500 år før nu.

Der er altså stor forskel på den tidsperiode de enkelte aflejringer er afsat i, men også meget stor forskel på de aflejringsmiljøer, der har hersket under aflejringen af sedimenterne. Hvor aflejringerne fra Øvre Kridt, Paleocæn, Eocæn og Oligocæn er afsat under marine forhold, så er de miocæne aflejringer i højere grad afsat som flodslette, lagune- og kyst sedimenter i den periode, hvor Danmark begyndte at tage form som landområde. De kvartære sedimenter er overvejende afsat i kuldeperioder, hvor landet i mange omgange var isdækket. Endeligt er de holocæne aflejringer afsat i den nuværende varmeperiode.

I det følgende benyttes betegnelsen "Prækvartær" som en samlet betegnelse for aflejringer ældre end Kvartæret, mens den ældre og tidligere udgåede, men nu atter accepterede betegnelse; "Tertiær" benyttes som en samlet betegnelse for aflejringer fra Paleocæn, Eocæn, Oligocæn og Miocæn.



Figur 4.1: Internationalt stratigrafisk skema 2004. © International Commision on Stratigraphy. Relevante tidsperioder for vandforsyningen i Kolding kommune er markeret med rødt.

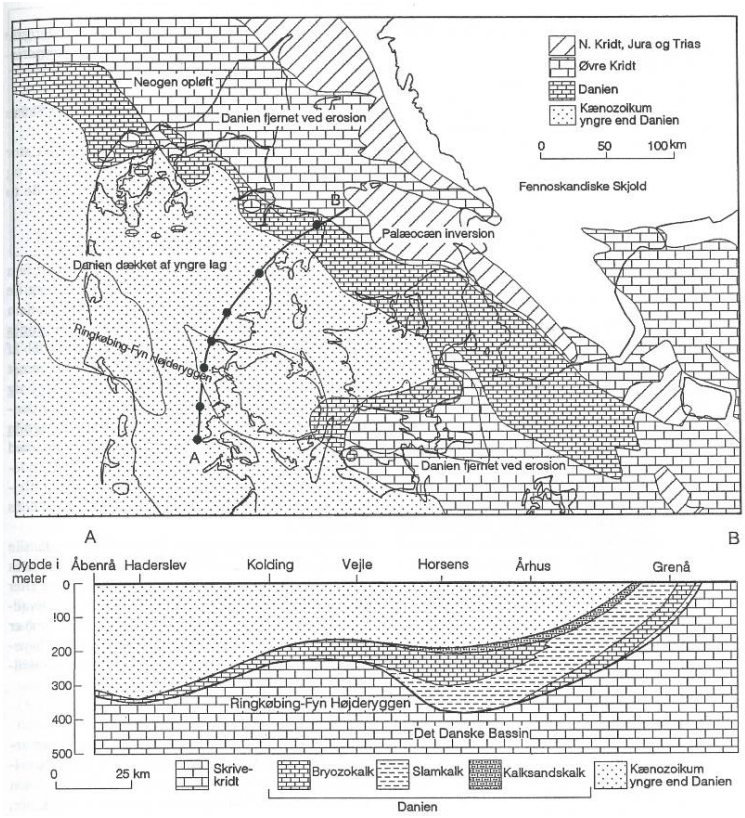
4.1 Prækvartæret

Gennemgangen af prækvartæret er delt op i et afsnit om strukturelle forhold (afsnit 4.1.1) samt et afsnit om aflejringer (afsnit 4.1.2)

4.1.1 Strukturelle forhold

Kalkoverfladens struktur

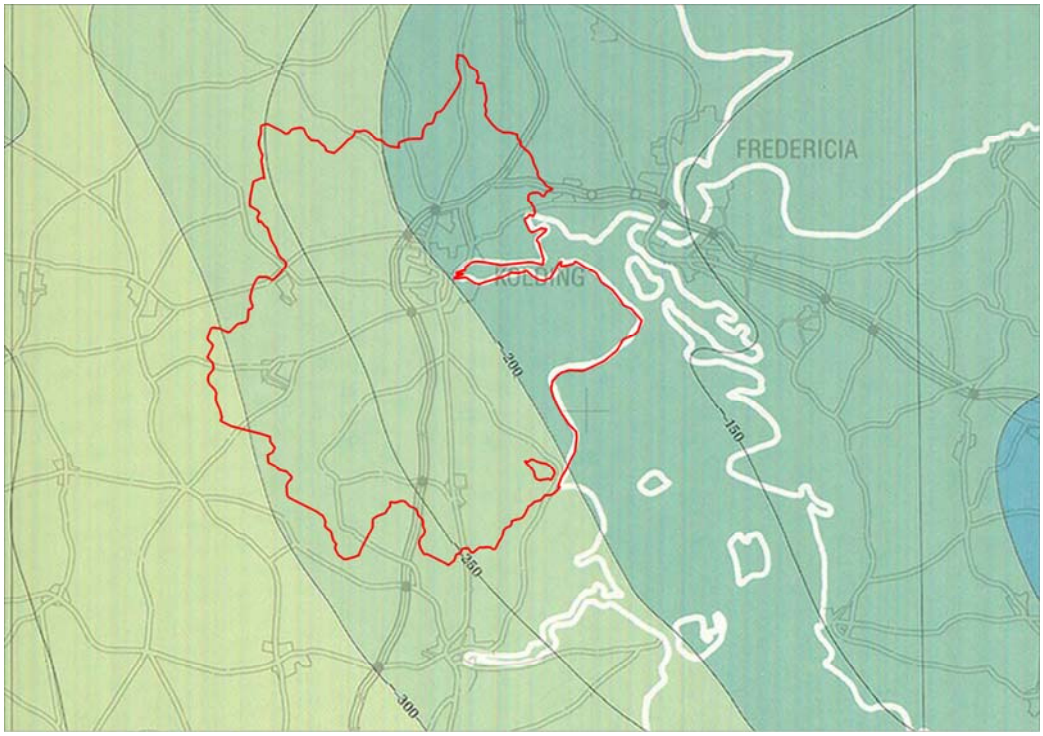
De prækvartære aflejringer, der i Kolding Kommune har betydning i forhold til grundvandsinteresserne er det fede ler fra Paleocæn og Eocæn, der overlejrer kalken, idet det danner bunden af grundvandsinteresserne, samt glimmerler, glimmersand og kvartssand fra Oligocæn og Miocæn. Overordnet hælder lagserien i den centrale og nordlige del af Jylland mod SV, således at aflejringerne i toppen af prækvartæroverfladen bliver stadigt yngre mod sydvest. Dette forhold er illustreret på kortet og det geologiske tværsnit i figur 4.2. Kolding Kommune ligger centralt i bassinet på den sydlige del af Ringkøbing Fyn højderyggen.



Figur 4.2: Geologisk kort over den prækvartære overflade i Danmark med udbredelse af lag fra Kridt og Danien i forhold til ældre og yngre aflejringer (baseret på Håkansson og Petersen, 1992 /8/). Fra Thomsen, 1995 /19/.

Lagseriens hældning skyldes en omfattende hævning af den vestlige del af Skandinavien, formodentlig i Sen Neogen. Herved blev de øverste lag i den nordøstlige del af landet eroderet væk, så de ældre tertiære aflejringer i dag findes umiddelbart under de kvartære aflejringer her (Heilmann-Clausen og Surlyk, 2006 /5/).

Af Ter-Borchs kort over kalkoverfladens struktur /18/, hvoraf der er vist et udsnit i figur 4.3, fremgår det, at kalkoverfladen i Kolding Kommune falder jævnt mod sydvest,

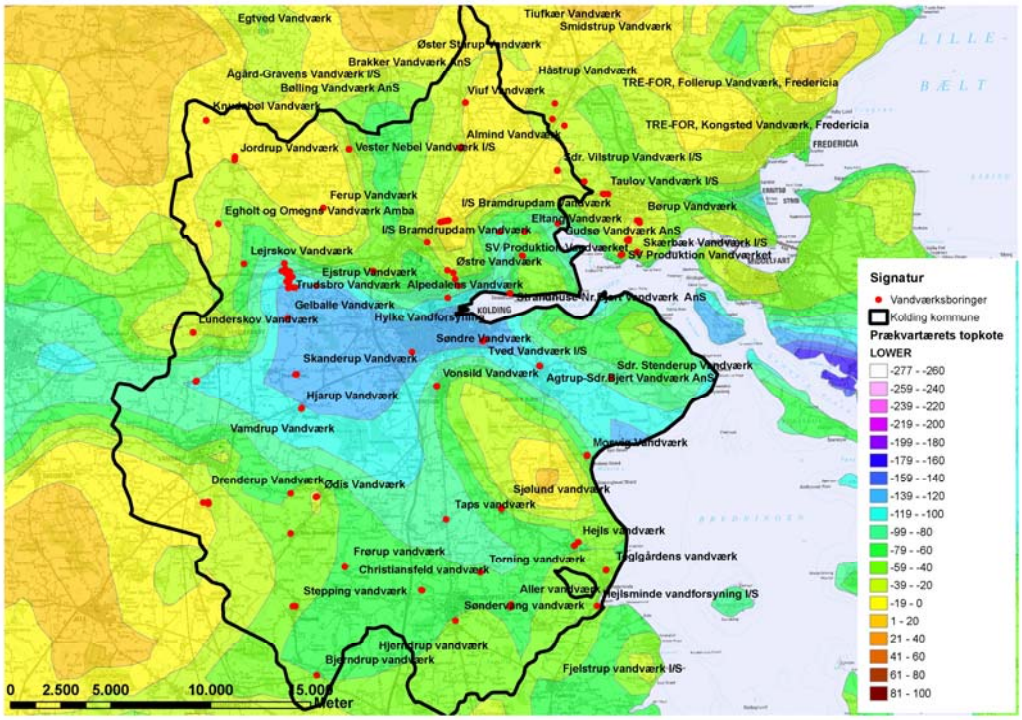


Figur 4.3: Kort over kalkoverfladens struktur. Kolding Kommune er markeret med rødt. Fra Ter-Borch (1987) /18/. Tallene angiver kalkoverfladens kote.

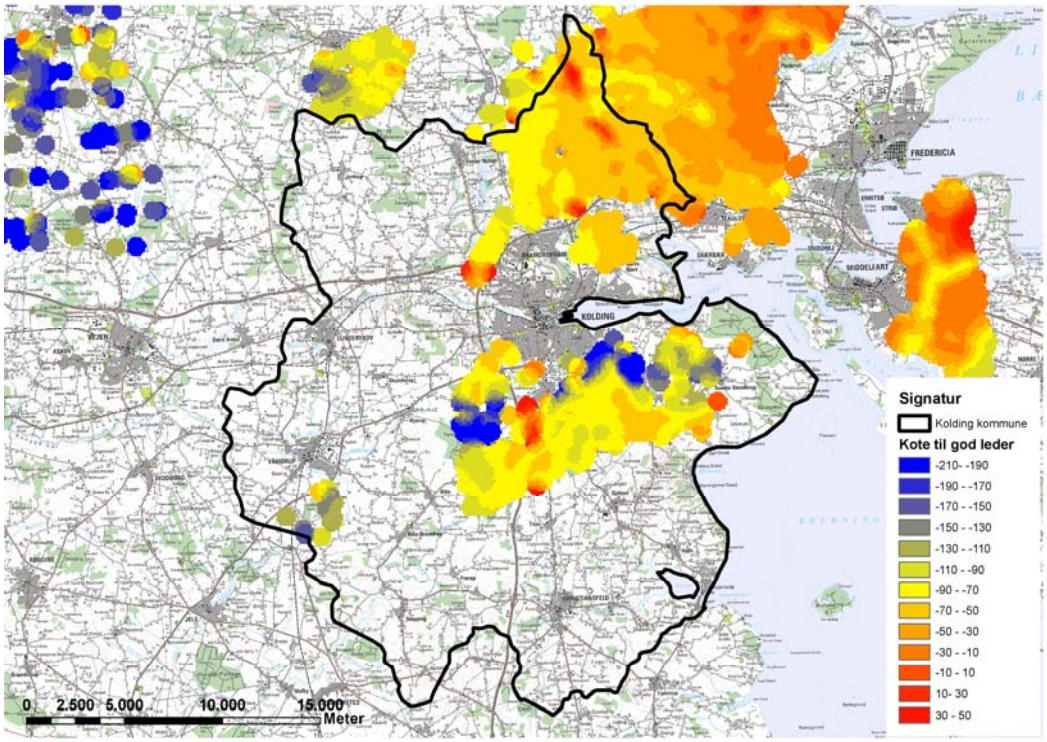
Prækvartæroverfladens højdeforhold og begravede dale

Betragtes det overordnede kort over prækvartæroverfladens højdeforhold, der ses i figur 4.4, kan det ses, at fladen varierer kraftigt idet der centralt i kommunen ses en markant fordybning ned til ca. kote -140 m. Denne dalstruktur er centreret omkring Kolding Fjord og udgør en fortsættelse af denne mod vest. Fra Kolding By strækker en begravet dalstruktur sig mod sydøst og fortsætter formodentligt ud i Lillebælt.
I kommunens nordligste del er prækvartæroverfladen beliggende mellem kote -20 og -40 m, mens fladen i den sydligste del er beliggende mellem -100 og -40 m. En oversigt over de begravede dale, der er identificeret i forbindelse med amternes kortlægning kan ses i figur 4.13.

På kortet i figur 4.5 ses et af resultaterne af den geofysiske kortlægning i Kolding Kommune - koten til den gode leder for 5 ohmm. Den gode leder udgøres overvejende af toppen af de paleocæne og eocæne lere – se stratigrafisk oversigt i figur 4.6, der hælder fra NØ mod SV i denne del af Jylland. Ved Fredericia, hvor disse aflejringer stedvist går i dagen, er de beliggende op mod havniveau, mens de vest for Kolding Kommune og ca. 40 km vest for Fredericia er beliggende i ca. kote – 200 m. Dette svarer til at overfladen af det plastiske ler falder mod vest med ca. 5 m for hver km. Faldet sker forholdsvis jævnt, men begravede dale og andre strukturer kan lokalt give en meget varieret overflade.



Figur 4.4: Kort over prækvartæroverfladens højdeforhold. Data er tolket og interpoleret af Rud Friborg og Steen Thomsen.

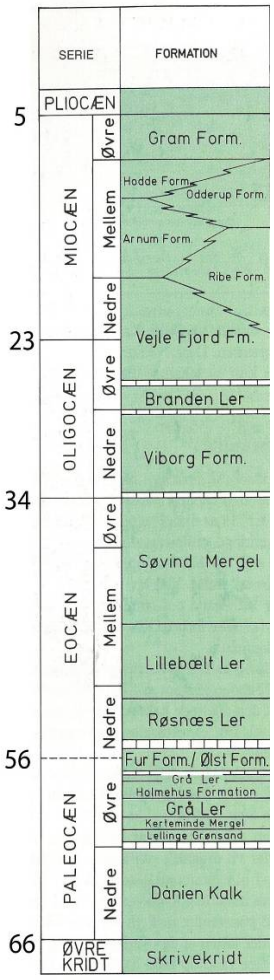


Figur 4.5: Kort over koten til den gode leder og dermed til toppen af det plastiske ler.

4.1.2 Prækvartære aflejringer

På figur 4.6 ses en oversigt over de danske prækvartære aflejringer fra Øvre Kridt til Pliocæn.

I Øvre Kridt blev der i et varmt og tørt klima afsat finkornede, biogene kalkaflejringer (Skrivekridt) i et næringsrigt hav. I Sen Kridt falder havniveauet jævnt og i Tidlig Danien fås et regressionsmaksimum, der betinger at Danien kalken afsættes mere kystnært end Skrivekridtet. Danienkalken er derfor som udgangspunkt grovere end Skrivekridtet, og er stedvist afsat i store bryozobanker (Thomsen, 1995 /19/).
Over Danien kalken følger en række lerede aflejringer med en samlet tykkelse på op mod 350 m. I modsætning til de biogene kalkaflejringer, består leret primært af fine nedbrydningsmaterialer, der er tilført fra de højtliggende erosionsområder, som omgav de marine bassiner (Heilmann-Clausen, 1995 /4/). Pga. en række tektoniske begivenheder i de omkringliggende områder, ændres forbindelserne mellem de marine bassiner, og kalksedimentationen ophører i slutningen af Danien. I de følgende ca. 35 millioner år var Danmark havdækket og hele Nordsøregionen var tektonisk rolig. Vanddybden var ganske stor og kulminerede i Ældre Eocæn, hvor der under afsætning af Røsnæs Ler kan have været vandybder på op mod 1km (Heilmann-Clausen, 1995 /4/).



Den Palæogene lagserie (Paleocæn, Eocæn og Oligocæn) er inddelt i sedimentære cykler med skarpe grænser, der oftest er ledsaget af glaukonithorisonter, som tegn på, at der har været sedimentationsafbrydelse og erosion af den underliggende lagserie. Dele af lagserien mangler derfor stedvist, og der kan være store regionale forskelle i tilstedeværelsen og mægtigheden af de enkelte lag. Erosionsbegivenhederne er markeret med lodrette streger på den stratigrafiske søjle i figur 4.6.

I Neogen (Miocæn og Pliocæn) har Danmark haft en meget mere kystnær placering og har fungeret som transitområde for de store mængder af sedimentmateriale, der blev transporteret fra det skandinaviske område til Nordsøbassinet (Friis, 1995 /3/). Den marginale placering i Neogen giver sig udslag i en række transgressioner og regressioner, og aflejringsmiljøet er derfor overvejende lavtvands-marint og fluviatilt. Bassinudviklingen i Neogen er i væsentlig grad bestemt af lokale tektoniske forhold (f.eks. saltstrukturer) samt af forkastningsbetinget indsynkning (Friis, 1995 /3/). Aflejringerne i det danske bassin er pga. indsynkning i bassinet og uplift af områderne nordøst for bassinet blevet eroderet, således at de dels hælder ind mod bassinets midte, og dels har en varieret udbredelse ved basis af kvartæret.

Figur 4.6: Oversigt over den prækvartære lagserie i Danmark. Den omtrentlige alder i mill. år er anført ud for vigtige grænser i lagserien. Fra Larsen og Kronborg (1994) /14/.

Aflejringer fra Nedre Paleocæn (Danien)
Kalken er påvist i enkelte boringer i Kolding Kommune, herunder dgu nr. 125.253 ved Højrup (se profil 8). Her er der i ca. 223 m u.t., svarende til ca. kote -167 m anboret en gråhvid, slammet og flintførende bryozokalk, der kan henføres til Danien.

Aflejringer fra Øvre Paleocæn og Eocæn
Aflejringer af plastisk ler fra Øvre Paleocæn og Eocæn ses i flere boringer i Kolding Kommune, herunder i dgu nr. 125.253. Over kalken ses mellem kote -127 m og -167 m en gråbrun, kalkfri ler med skifer- og askelag, der formodentlig kan henføres til Ølst formationen. Herover følger mellem kote -124 og -127 m et regulært askelag og mellem kote -121 og -124 m en plastisk, rødbrun og kalkholdig ler, der formodentlig kan henføres til Røsnæs Ler Formation. Mellem kote -81 og -121 m ses en grøngrå og kalkfri, plastisk ler fra Lillebælt Ler formation og mellem kote -48 og -81 en grågrøn, fed ler, der kan henføres til Søvind Mergel formationen.

Aflejringer fra Oligocæn og Miocæn
Oligocæne aflejringer er kun med sikkerhed påvist i enkelte boringer, herunder dgu nr. 133.1298 fra profil 24 og 142.714 fra profil 4. Der er i begge boringer truffet en ret fed, glimmerholdig og stærkt glaukonitholdig, gråsort ler, som kan henføres til Brejning Ler, der er afsat i Øvre Oligocæn.

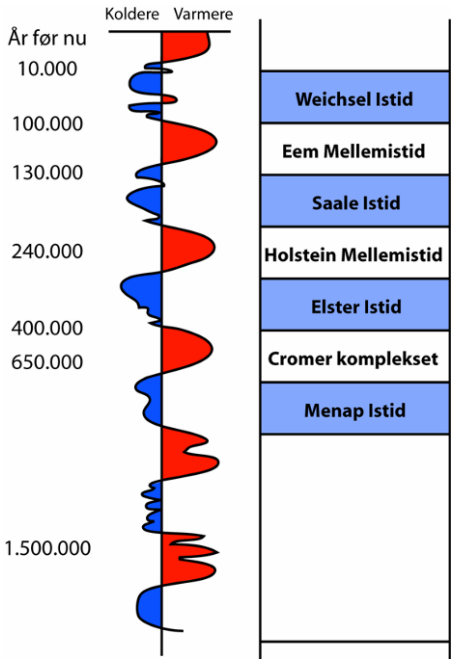
De miocæne aflejringer er i modsætning til de oligocæne truffet i mange boringer i kommunen. De udgøres af vekslende aflejringer af glimmerler, glimmersand, glimmersilt og kvartssand og –grus. I nogle områder dominerer glimmerler og glimmersilt og i andre områder ses mere udbredte sand og gruslag. I boring dgu nr. 142.714 på profil 4 ved Anderup ses eksempelvis en ca. 75 m tyk lagserie af glimmersilt og glimmerler, der kun brydes af enkelte indslag af glimmersand, mens der i boring dgu. nr. 133.1298 på profil 24 ved Bastrup Mark ses en op mod 80 m tyk lagserie af kvartssand og –grus samt glimmersand, der kun afbrydes af enkelte lag af glimmerler.

4.2 Kvartæret

Den kvartære tidsperiode har været præget af en stadig vekslen mellem kolde perioder (glaciale perioder) og varme perioder (interglaciale perioder) – se modstående figur 4.7.

I de kolde perioder er iskapperne i Skandinavien vokset og har bredt sig ud over Danmark. Der er i den forbindelse blevet afsat moræneaflejringer under og nærved isen, mens der på smeltevandssletterne og i issøer foran isen er afsat smeltevandsaflejringer.

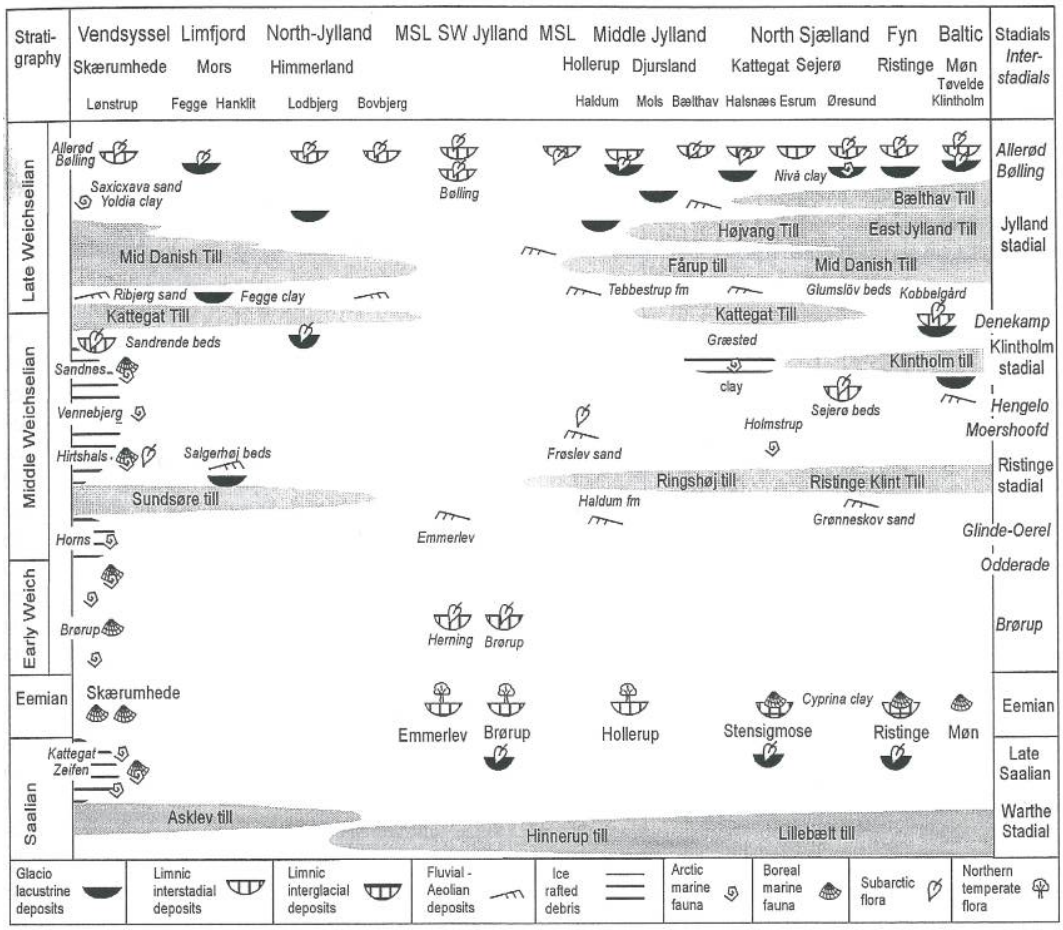
I de varme periode er der afsat såvel ferskvands som marine aflejringer. Bevaringspotentialet for disse sedimenter har dog været ringe i de efterfølgende istider, og de ses derfor kun undtagelsesvist.



Figur 4.7: Overordnet oversigt over varme og kolde perioder i kvartæret.

I Danmark er der med sikkerhed fundet aflejringer fra de sidste 4 istider; Weichsel, Saale, Elster og Menap samt fra de mellemliggende interglaciale perioder; Eem, Holstein og Cromer komplekset. Aflejringer fra Weichsel istiden ses overalt i Danmark, og derfor er der et detaljeret kendskab til stratigrafien for disse sedimenter. Også aflejringer fra Saale og Elster istiderne kendes, men her er der større usikkerhed med hensyn til de enkelte moræneenheder. Aflejringer fra Menap kendes kun fra ganske få lokaliteter, og der hersker derfor meget stor usikkerhed om disse sedimenter, der meget vel kan være afsat i én af kuldeperioderne i Cromer komplekset eller i forbindelse med et endnu ældre isfremstød. I den geologiske forståelsesmodel omtales glaciale sedimenter ældre end Elster derfor blot som Præ Elster sedimenter.

Michael Houmark-Nielsen ved Geologisk Institut i København har opstillet en stratigrafi for Sen Saale, Eem og Weichsel for den centrale og sydlige del af Jylland samt for Fyn og Sjælland /6/ - se figur 4.8.

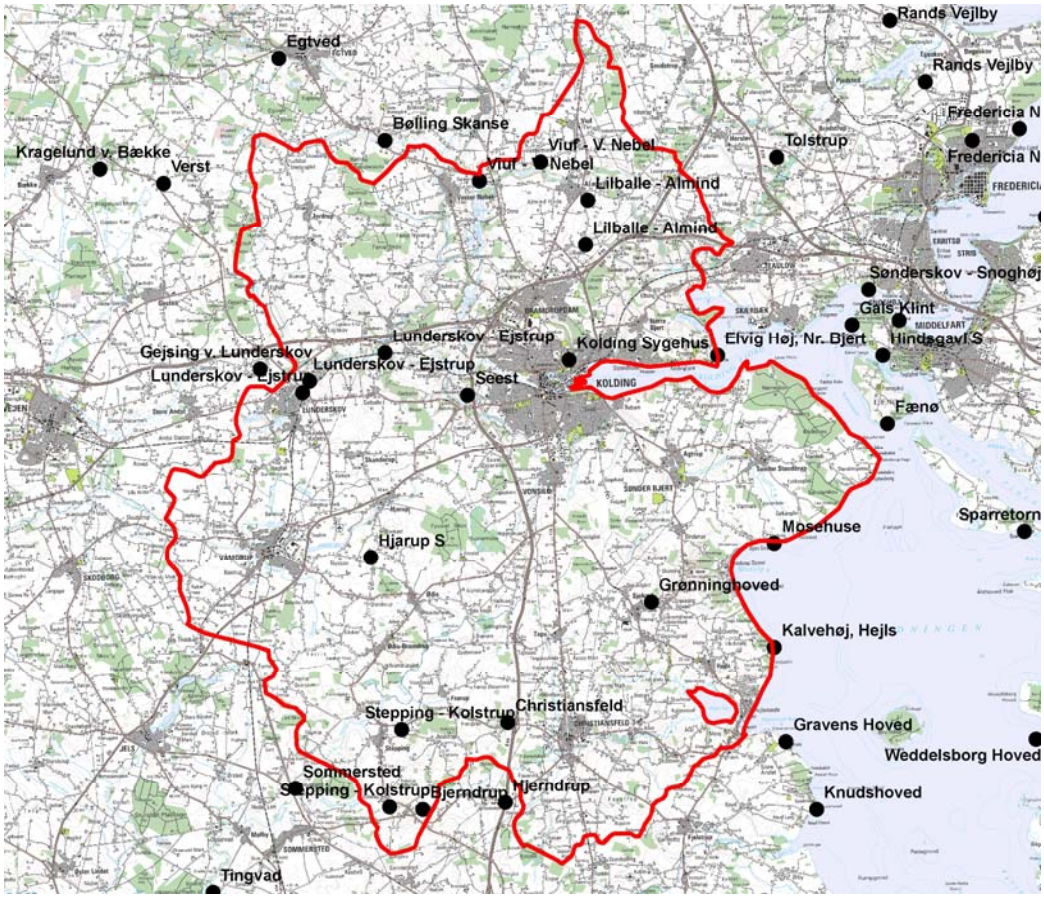


Figur 4.8: Kvartærstratigrafi for Weichsel og Saale opstillet af Michael Houmark-Nielsen. Fra Houmark-Nielsen (2004) /7/.

Houmark-Nielsen (1987) har fra Kolding Kommune beskrevet i alt ca. 20 daglokaliteter (se figur 4.9) og redegør for en kvartær lagserie med moræneaflejringer, der kan henføres til Ashoved og Lillebælt Till fra Saale og Midtdanske og Østjyske Till fra Sen Weichsel /6/.

Ashoved Till er afsat i forbindelse med et isfremstød fra NØ i Saale og den underliggende lagserie er derfor deformeret fra denne retning. Efter afsmeltningen af denne is fås et isfremstød fra øst og Lillebælt Till afsættes. Der er fundet spor af glacialtektoniske deformationer fra dette fremstød flere steder i kystklinter i Kolding Kommune.

I den sene del af Weichsel overskrider NØ isen landet og bevæger sig ind til hovedopholdslinjen i den centrale del af Jylland. Aflejringer fra denne is (Midt Danske Till) samt deformationer af den underliggende lagserie, er fundet på mange lokaliteter i Kolding Kommune. Efter tilbagesmeltningen af denne is, afsættes den Østjyske Till i et fremstød fra SØ, og også denne till er fundet på mange lokaliteter i Kolding Kommune.



Figur 4.9: Daglokaliterer beskrevet af Michael Houmark-Nielsen. Efter Houmark-Nielsen (1987) /6/.

4.2.1 Det kvartære landskab

Kolding Kommune er beliggende indenfor det område i Jylland, som har været overskredet af den NØ is, der nåede frem til Hovedopholdslinjen i den sene del af Weichsel glaciationen. På Per Smeds landskabskort i figur 4.10 er hovedopholdslinjen markeret med en rød streg. Fra isfronten er smeltevand strømmet ud og har dannet de flade hedesletter, der ses vest for hovedopholdslinjen. Under afsmeltningen af NØ Isen har der været flere genfremstød og i slutningen af Weichsel Istiden trænger det ungbaltiske isfremstød ind over området fra SØ. Denne israndlinje er markeret med blåt på landskabskortet i figur 4.10, mens mindre genfremstød er markeret med sort. Alene i den sidste del af Weichsel Istiden har området således været overskredet af flere gletschere, og lagserien vil derfor have været udsat for omfattende glacialtektonisk deformation. I forbindelse med tilbagesmeltningen af isen fra såvel hovedopholdslinjen som fra den ungbaltiske israndslinje er der efterladt et karakteristisk dødislandskab med afløbsløse lavninger, hvori der senere er afsat blødbundsaflejringer.

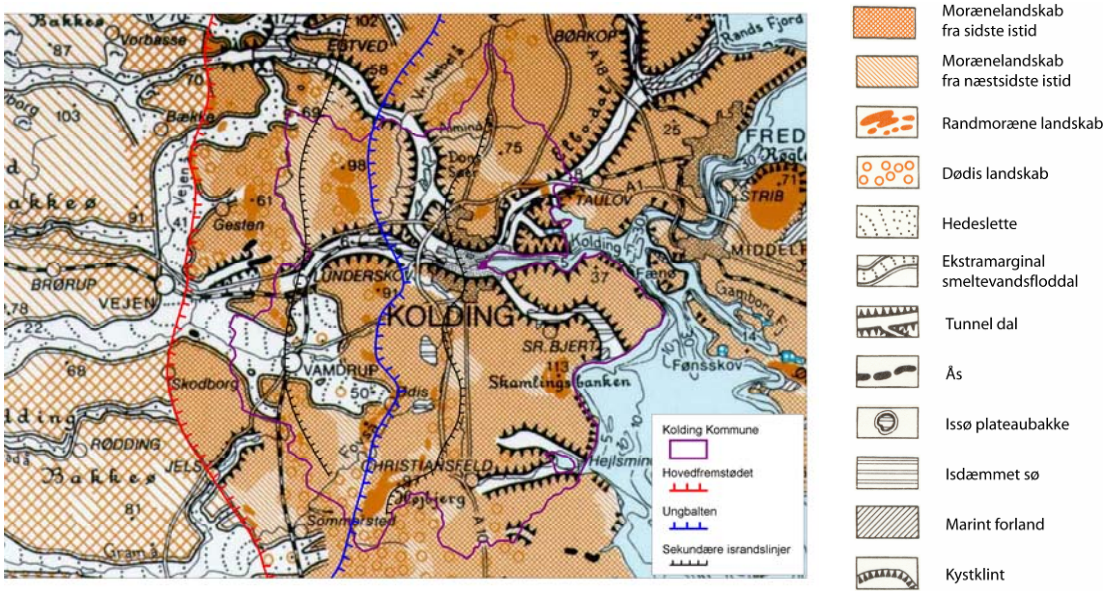
Tilstedeværelsen af flere israndslinjer i området har foruden deformation af lagserien også givet anledning til dannelsen af landskabselementer som randmoræner og tunneldale. Et eksempel på en markant randmoræne er Skamlingsbanken, der med sine 113 m over havets overflade hæver sig højt over det omgivende landskab. Skamlingsbanken er mellem 2-3 km lang og vurderes af Jessen (1935) /9/ at kunne være

dannet af den lokale gletschertunge, der har udgravet Mosvig. De tunneldale, der gennemskærer Kolding Kommune udgør et væsentlig landskabselement, der især fra Kolding by og mod nord i kommunen skaber et stærkt kuperet terræn med dybe ådale mellem højtliggende moræneplateauer. Dalene er dannet i forbindelse med isens afsmeltning og har ledt smeltevandet ud på smeltevandssletterne vest for hovedopholdslinjen. Fra Ødis mod Vamdrup til Vejen ses en mindre smeltevandsslette, der formodentlig er opbygget i forbindelse med afsmeltningen fra det ungbaltiske isfremstød.

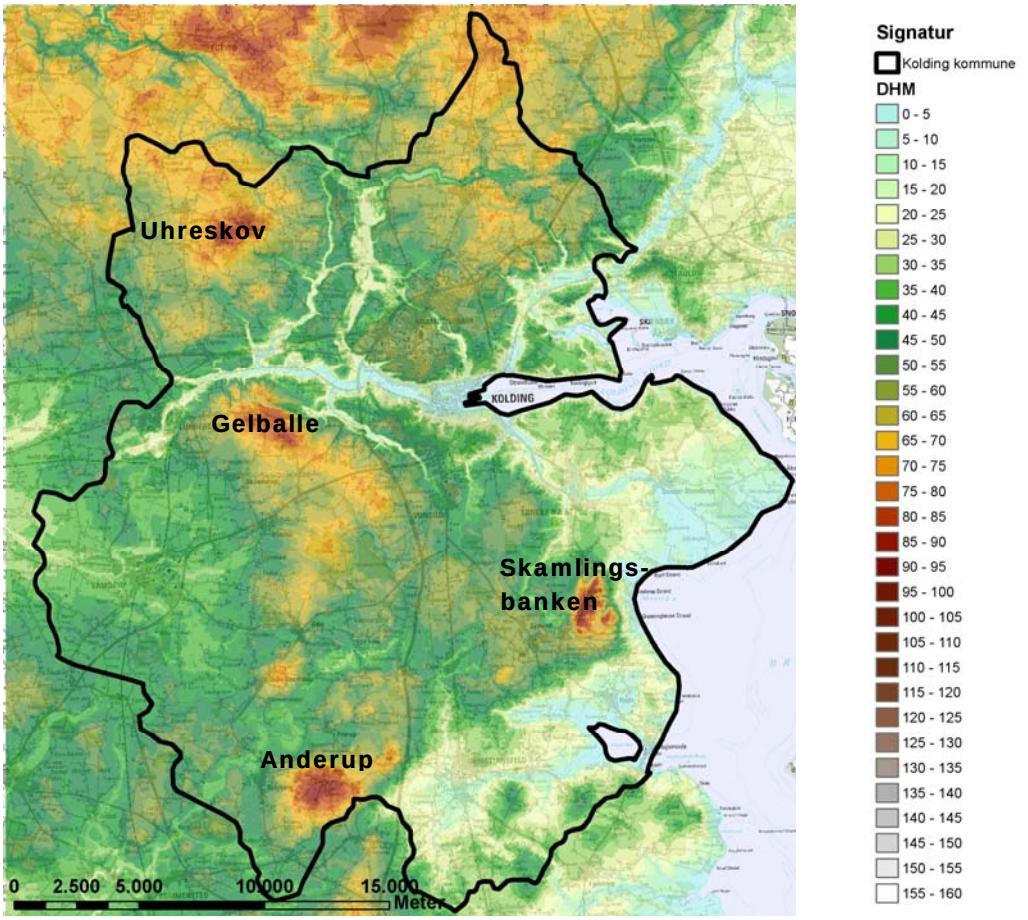
På kortet over terrænoverfladens højdeforhold i figur 4.11 kan det ses, hvordan tunneldalene skærer sig dybt ind i morænefladerne vest for Kolding og nord herfor.

Ved Christiansfeld og Hejls i den sydligste del af Kolding Kommune ses et lavtliggende område med koter mellem 0 og 20 m over havniveau. Et tilsvarende område ses på den sydøstlige del af Stenderup halvøen. Disse lavtliggende områder udgør dele af de tunneldale, som er eroderet af smeltevandet i forbindelse med isens afsmeltning.

Randmorænen ved Skamlingsbanken træder tydeligt frem tillige med bakkepartier ved Anderup (97 m o.h.), Gelballe (90 m o.h.) og Uhreskov (98 m o.h.).



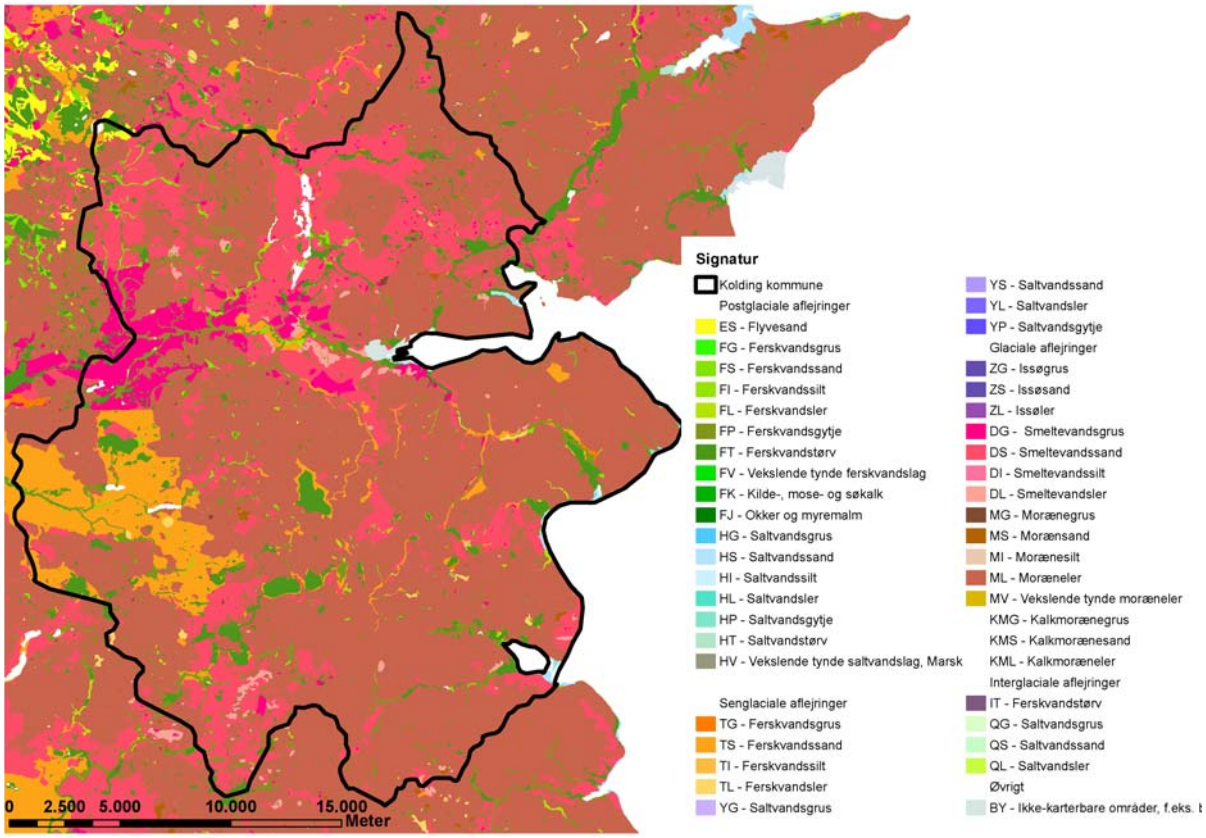
Figur 4.10: Udsnit af Per Smeds Landskabskort /17/ og israndslinjer for Hovedfremstødet og det ungbaltiske fremstød.



Figur 4.11: Kort over terrænoverfladen i modelområdet.

På jordartskortet i figur 4.12 kan det ses at jordoverfladen i den centrale og sydlige del af Kolding kommune overvejende udgøres af moræneler, der dog stedvist brydes af sandede smeltevandsaflejringer og blødbundsaflejringer. I området vest for Kolding Fjord og nord herfor ses større sammenhængende områder med smeltevandssand og –grus. Specielt træder smeltevandsdalen mellem Ødis og Vejen tydeligt frem med orange farver, der betyder at der her er et stykke fra isranden er afsat ferskvandssand i forbindelse med afsmeltningen af isen fra det ungbaltiske isfremstød.

Større sammenhængende områder med blødbundsaflejringer ses specielt i den sydlige del af Kolding Kommune.



Figur 4.12: Jordartskort.

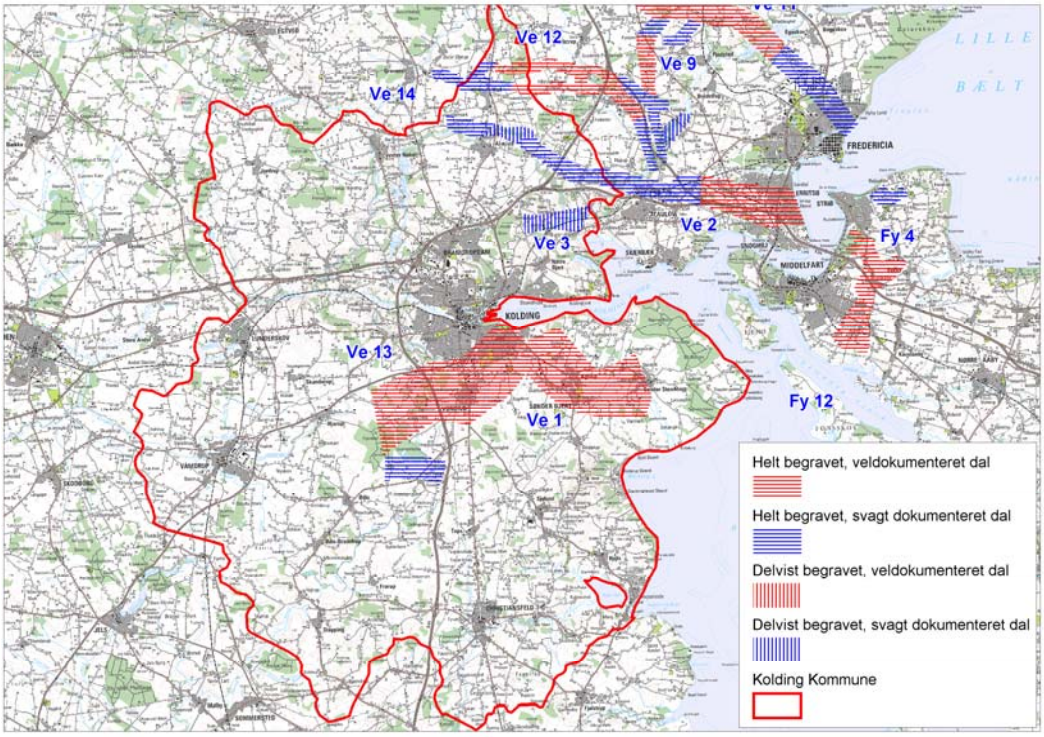
4.2.2 Begravede dale

I forbindelse med amternes grundvandskortlægning er der, primært på baggrund af de geofysiske data, blevet identificeret en lang række begravede dale (se figur 4.13).

På Stenderup halvøen ses en helt begravet dal, Agtrup dalen (VE1), der vurderes stedvist at være over 300 m dyb og ca. 2,5 km bred. Dalen kan følges på en strækning af ca. 6 km. Hvor dalen krydses af Vonsild dalen ses aflejringer af smeltevandsler og ellers består indfyldningen af mere sandede aflejringer /16/.

Vonsild dalen (VE13) er ca. 3 km bred og kan følges over en strækning på ca. 8 km. Den er udfyldt med vekslende aflejringer af moræneler, smeltevandsler, smeltevandssand og –grus samt omlejret tertiært materiale. Dalen er ca. 300 m dyb og har muligvis eroderet sig lidt ned i kalken under det plastiske ler /16/.

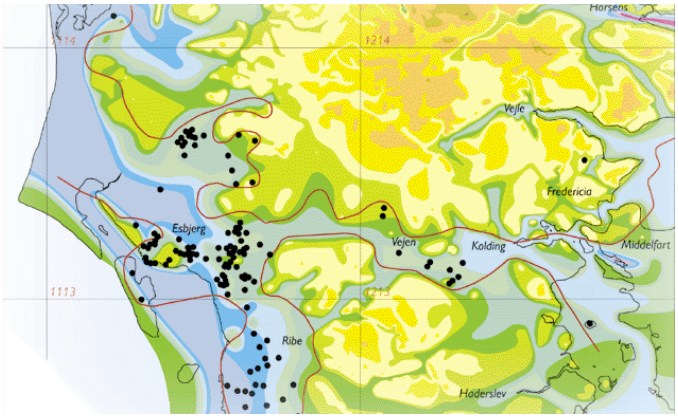
I den nordlige del af Kolding Kommune er der identificeret flere mindre begravede dale (VE2, VE3, VE14 og VE12). Dybden af disse dale varierer mellem 60 og 150 m /16/.



Figur 4.13: Kort over begravede i Kolding Kommune. Fra Sandersen og Jørgensen (2006) /16/.

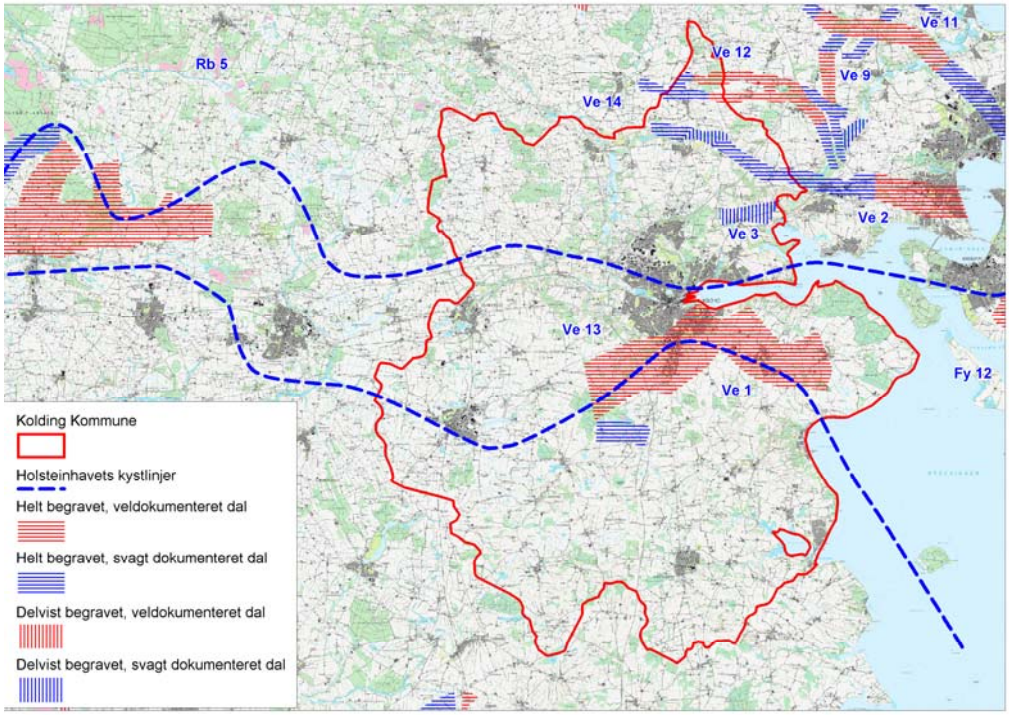
Peter Konradi fra Geus publicerede i 2001 en kort beskrivelse af en fjord fra Holstein Mellemistiden (Vejen Sund), som menes at have strukket sig tværs over Jylland fra Esbjerg til Kolding – se figur 4.14. Kortlægningen af denne fjord er sket med baggrund i boredatabasen, idet der i mange boringer i dette område er fundet marine aflejringer, der kan henføres til Holstein Mellemistiden for ca. 225.000 år siden /12/.

Konradi beskriver hvorledes den nedre del af den marine lagserie er aflejret under kolde forhold i den sene del af Elster istiden og at den øvre del er afsat i Holstein under forhold, som svarer til de nutidige forhold i Nordsøen i dag. Landskabet i Holstein har på mange måder lignet det nutidige, men har dog overvejende været skovbevokset /12/.



Figur 4.14: Kort over "Vejen Sund". Fra Konradi (2001) /12/.

På kortet i figur 4.15 kan placeringen af Vejen Sund i Kolding Kommune ses. På figuren er endvidere plottet de begravede dale og der ses en forholdsvis god overensstemmelse mellem Agtrup og Vonsild dalene og den tidligere Holstein Fjord.



Figur 4.15: Kort over placeringen af "Vejen Sund". Efter Konradi (2001) /12/.

4.2.3 Kvartære aflejringer

De kvartære aflejringer, der dels overlejrer de prækvartære plateauer og indfyldningen i de begravede dale, udgøres overvejende af moræneaflejringer og i mindre grad af smeltevandsaflejringer og postglaciale sedimenter. Dalenes indfyldning veksler mellem sandede og grusede smeltevandsaflejringer og lerede smeltevands- og moræneaflejringer. Der synes at være en tendens til, at den største heterogenitet ses i de bredeste af dalene, der sandsynligvis har været udsat for gentagen erosion og aflejring, således at der er dannet såkaldte "cut and fill" strukturer. Disse strukturer består af kanaler og trug, der er skåret ned i de tidligere afsatte sedimenter, og igen udfyldt for atter at blive eroderet og udfyldt osv. Lagserien i sådanne genbrugte dale kan derfor veksle meget selv indenfor en lille afstand.

De marine Holstein aflejringer, der er truffet i "Vejen Sundet" vest for Kolding, beskrives som leret, olivengråt silt med skalfragmenter samt som sand i boring dgu nr. 133.142A og som ret fedt og skalførende ler i dgu nr. 133.880. I sidstnævnte boring overlejres leret af 13 m diatomit, der tolkes afsat i et ferskvandsmiljø.

5. Overordnet hydrogeologisk model

I dette afsnit gives en teknisk beskrivelse af, hvordan behandlingen af de digitale data er foregået. Der redegøres herunder for modelparametre, dataindlæsning, profiloptegning og tolkning af data.

Profilskitserne og oversigten over magasiner og dæklag i Kolding Kommune er opstillet i programmet Mike GeoModel. Håndteringen og præsentationen i Mike GeoModel er dels baseret på en horisontal visning med fladedækkende kort og temaer og dels på en vertikal visning med en række geologiske tværsnit gennem modelområdet.

5.1.1 Modelparametre

Koordinatsystem
Projektet er opstillet i UTM32 ETRF 1989 og i kotesystem DVR 90.

Modelområde
Mike GeoModel projektområdet er rektangulært og afgrænset af hjørnekoordinaterne; (x1 = 506 760, y1 = 6 165 569) og (x2 = 550 740, y2 = 6 127 825). Det omslutter modelområdet og benyttes til afskæring af data, således at data udenfor projektområdet ikke vises, og derfor ikke belaster modellens visningshastighed i Mike GeoModel.

5.1.2 Databaser

Boredatabase
Boredatabasen (JUPITER) er downloadet fra GEUS' hjemmeside i april 2009 som ACCES database og er indlæst i Mike GeoModel. I tabel 5.1 ses en oversigt over de parametre, der benyttes til visning af boredata i Mike GeoModel.

Feltet "**Data**" indeholder oplysninger om datatypen, "**Id**" feltet angiver nummeret på datasættet i forhold til indlæsningen i Mike GeoModel mens "**ProgDataNa**" feltet indeholder det navn, som det enkelte datasæt tildeles ved indlæsning. Feltet "**Profilebuffe**r" angiver den afstand fra profilet som data kan indlæses fra, mens feltet "**DrawWidth**" angiver den tykkelse som de enkelte boringer eller geofysiske sonderinger optegnes med. Feltet "**Thickness_w**" angiver den tykkelse, som det nederste lag optegnes med, hvis ikke der er angivet nogen nedre grænse.

Data	Id	ProgDataNa	Profilebuffer	DrawWidth	Thickness_w
Boringer	5	Boring_1	250	50	2

Tabel 5.1: Parametre for visning af boredata på profiler i Mike GeoModel.

Geofysikdatabase
Geofysikdatabasen (GERDA) er downloadet som SQL fil (BAK-fil) i april 2009.
I tabel 5.2 ses en oversigt over, de parametre, der er brugt til visning af geofysik data fra de to databaser på profilerne i Mike GeoModel. For forklaring på de enkelte felter se afsnittet om boredatabase.

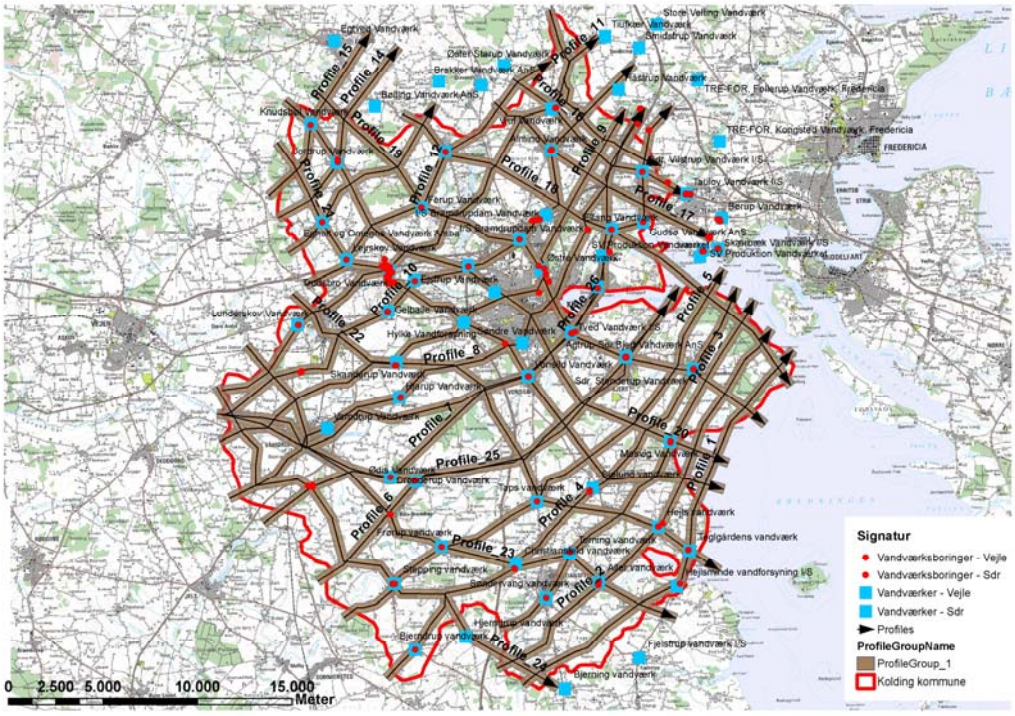
Data	Id	ProgDataNa	Profilebuffer	DrawWidth	Thickness_w
PACES	2	PACES_1	100	50	2
TEM	1	TDEM_1	250	50	10
MEP	3	MEP_1D_1	150	50	5
MEP	4	MEP_2D_1	150	50	5

Tabel 5.2: Parametre for visning af geofysik data på profiler i Mike GeoModel.

5.1.3 Geologiske profiler

For at kunne opstille en overordnet model for lagserien i området er der optegnet i alt 24 vertikale geologiske profilsnit, der omfatter såvel den digitale højdemodel, lagfølgeoplysninger og potentialeforhold fra boringer i PC Jupiter databasen som geofysiske data. En oversigt over profilerne kan ses i figur 5.1.

For at kunne placere profilerne optimalt blev der udarbejdet et kort med en syntese af oplysninger om de enkelte boringers dybde, placeringen af vandværksboringer, TEM og PACES samt koten til den dybe gode leder. På baggrund af dette kort blev profilerne optegnet, således at vandværksboringer samt boringer på mere end 75 m dybde blev prioriteret højt, mens korte boringer ikke blev prioriteret. Det blev tilstræbt at vandværksboringerne skulle optræde på mindst ét profil og gerne indgå i krydsningspunkter mellem flere profiler.



Figur 5.1: Oversigt over profiler i modelområdet. Profilerne er vist med den anvendte bufferzone på 250 m.

5.2 Tolkning

Opstillingen af den overordnede hydrogeologiske model er baseret på litologiske og stratigrafiske overvejelser ved tolkningen af de vertikale geologiske tværsnit. Foruden oplysninger om lagfølgen i boringerne og de geoelektriske modstandsniveauer

fra TEM og PACES data, er også oplysninger om potentialeforhold og vandkemi i de enkelte magasiner blevet benyttet ved opstilling og korrelation af lagserier. Endvidere er tolkninger fra temakort blevet benyttet.

Tolkningen af de geologiske profiler er foregået ved håndtolkning, dvs. at alle profiler er udprintet, og at der herpå er foretaget tolkning af laggrænser. Indledningsvist er der foretaget tolkning af et centralt profil, hvor hele lagserien og eventuelle vigtige geologiske problemstillinger menes repræsenteret. Herfra er de øvrige profiler blevet tolket fortløbende ved at videreføre tolkningerne fra de forrige profiler og krydstjekke tilbage, for at sikre en optimal sammenhæng i tolkningerne. Det er undervejs sikret, at tolkningen i alle krydspunkter stemmer overens.

Der forelå allerede en hydrostratigrafisk model for Vonsild området fra 2006 /22/. Modellen der er opstillet i Mike GeoModel indeholder 13 geologiske lag og 9 hydrostratigrafiske lag. En så detaljeret modellering kan kun foretages i områder med mange geofysiske data og dybe boringer og kan ikke udstrækkes til resten af kommunen, hvor der kun er sparsomme geofysiske data og dybe boringer. Det blev derfor valgt at tage udgangspunkt i Vonsild modellens lag ved opstilling af en overordnet model, som kunne tilpasse lagserien i hele kommunen. Herefter blev Vonsild modellens lag trukket ind på profilerne og sammenholdt med den overordnede model. Der viste sig at være en god overenstemmelse specielt for de tre øverste lag. For enkelte lag var der dog forskelle, idet hele indfyldningen i de begravede dale i Vonsild modellen er henført til selvstændige lag og det samme gør sig ikke gældende for den hydrogeologiske model for Kolding Kommune. Det mellemste sandlag er i modellen for Kolding Kommune sammensat af sandlag der ligger både udenfor og indenfor den øverste del af de begravede dale, idet det ikke var muligt at skelne mellem dem. De tolkes da også at stå i hydraulisk kontakt og at kunne tilhøre de samme stratigrafiske enheder. I Vonsild modellen udgøres det mellemste sand alene af sand, der ligger udenfor de begravede dale. Der findes dog også i Kolding Kommune modellen lag, som kun ses i de begravede dale, men disse ligger typisk under den kote hvor det prækvartære plateau befinder sig. Disse lag støder altså langs flankerne op mod ungtertiære eller ældre tertiære lag.

Der er i 2001 opstillet en grundvandsmodel for overvågningsområdet Trudsbro /21/. Modellen, der omfatter i alt 7 lag, er opstillet i GeoEditor, og rapporten er ikke vedlagt profiler som dokumentation for tolkningen. Det blev derfor besluttet ikke at søge at fremskaffe modellen samt konvertere den til Mike GeoModel.

Det skal understreges at den hydrogeologiske model alene er opstillet som en overordnet model for geologien i kommunen. Der er derfor kun trukket et fåtal af profiler og tolkningen er derfor tilsvarende usikker. Modellen er baseret på hydrogeologiske lag mere end på geologiske lag, og tolkningen er ført videre end data egentlig tillader. Dette er sket for at kunne opstille hypoteser for lagseriens udbredelse. Modellen skal derfor behandles med stor forsigtighed og alene betragtes som en overordnet model. For Vonsild området anbefales det derfor, at den geologiske model fra 2006 /22/ anvendes frem for nærværende overordnede hydrogeologiske model.

5.2.1 Vandværksboringer

Da den hydrogeologiske model er udarbejdet som del af en vandforsyningsplan for Kolding Kommune, optræder alle vandværksboringer på mindst ét af profilerne. Endvidere er vandværksboringerne markeret på profilerne, så det er sikret, at de har fået en høj prioritering ved tolkningen.

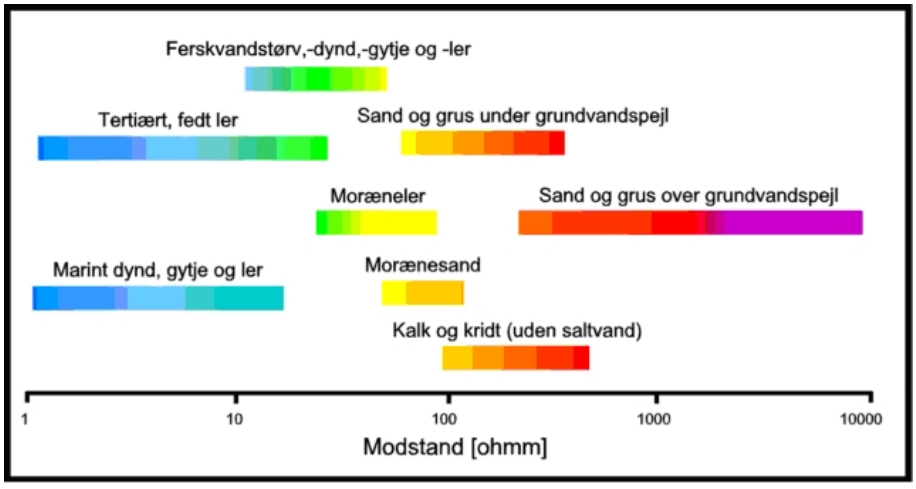
5.2.2 Geofysiske data

De geofysiske tolkninger er plottet som modeller langs profilerne. PACES data er plottet langs profilerne som tolkninger, og er som oftest tolket med en 3-lags model uden faste laggrænser. Laggrænserne tolket i PACES vil således ofte kunne tolkes som lithologiske laggrænser.

Der er udarbejdet geofysiske temagrid for koten for den gode leder for 5, 10, 15 og 20 ohmm.

I nogle områder er der en forholdsvis lav boringstæthed, og her har de geofysiske data været afgørende for, at kunne opstille modellag. Dette har medført en række overvejelser ved tolkning af modellen, idet de geofysiske lag ikke altid har kunnet sammenholdes med litologi fra boringerne. Lag med høje modstande kan lige såvel bestå af permeabelt sand som af forholdsvis impermeabelt silt. Lavmodstandslag kan både bestå af impermeable lerede sedimenter og permeabelt sand og silt med salt porevæske og endeligt må det formodes, at de mellemliggende modstandsniveauer både kan repræsentere heterogene aflejringer med vekslende silt-, sand- og lerlag samt mere usorterede aflejringer sammensat af flere kornstørrelser. En oversigt over resistiviteterne i de danske aflejringer kan ses i figur 5.2.

Ved tolkning af laggrænser i de geofysiske data er det på grund af ovenfor nævnte overvejelser i et vist omfang blevet valgt at anvende de geofysiske laggrænser. Denne tolkningsmodel er problematisk, idet laggrænserne ikke vil komme til at repræsentere egentlige litologiske grænser. De geofysiske lag vil således oftest være en midling af flere litologier, f.eks. en finsandet og siltet lagserie med lerlag. Det er dog ikke muligt at opløse lagserien i større detalje, og derfor er de geofysiske laggrænser valgt som bedst mulige løsning.



Figur 5.2: Oversigt over resistiviteter i danske aflejringer

5.3 Digitalisering

Den rumlige digitale model for de 4 øverste lag er udarbejdet i Mike GeoModel ved digitalisering af laggrænserne for de enkelte hydrogeologiske enheder. De digitaliserede punkter langs laggrænserne er efterfølgende interpoleret, for at kunne opstille konturerede fladekort over deres forløb samt over tykkelsen af de enkelte lag.

Digitaliseringen er dels baseret på boringerne og på geofysiske målinger, men også på støttepunkter langs de laggrænser, der er opstillet i modellen. Støttepunkter er indlagt i modellen, hvor der er stor afstand mellem datapunkter, eller hvor der er en konkret geologisk viden om f.eks. en begravet dalstruktur eller andre specielle forhold. Der er her tale om et kvalificeret skøn med baggrund i modelopstillerens viden om de kvartære aflejringers udbredelse i området. På grund af de sparsomme data i store dele af kommunen er der indlagt en betydelig mængde støttepunkter, hvilket medvirker til at øge modellens usikkerhed.

5.4 Interpolation

Interpolationen og den efterfølgende validering af de digitaliserede laggrænser er foretaget i SURFER 8.0. Dette software er valgt frem for Mike GeoModel for bedre at kunne styre disse vigtige processer. De digitaliserede punkter er eksporteret fra Mike GeoModel som ASCII XYZ filer og herefter indlæst i Surfer.

Interpolationen er foretaget med Natural Neighbour grid metoden med en cellestørrelse på 100 m. Gridgeometrien afgrænses af koordinaterne (512 500, 6 128 900) og (544 500, 6 165 200).

Efterfølgende er laggrænserne valideret for at undgå krydsende laggrænser. Valideringen er foretaget i Surfer ved for hvert lag, at returnere lagets kote for værdier mindre end det overliggende lag, og ellers koten for det overliggende lag. Den nedre laggrænse for det øverste lag er valideret i forhold til terræn, mens den nedre laggrænse for det næste lag er valideret i forhold til den nedre validerede laggrænse for det øvre lag, etc.

Lagfladerne er efterfølgende indlæst i Mike GeoModel og kontrolleret på alle profilerne. Hvor der var dannet uhensigtsmæssige forløb af dele af laggrænserne, er der efterfølgende indlagt frie digitaliseringspunkter, for at tvinge interpolationsrutinen til at generere laggrænser, der vurderes at være i større overensstemmelse med den geologiske opfattelse og forståelse af området. Data er herefter interpoleret og laggrænserne kontrolleret igen, hvorefter der er foretaget småjusteringer, atter interpoleret, valideret og kontrolleret.

5.5 Resultater

Den overordnede hydrogeologiske model er sammensat af i alt 12 lag, hvoraf kun de øverste 4 er modelleret – se stratigrafisk oversigt i figur 5.3.

De øverste 4 kvartære lag ses udbredt i hele Kolding Kommune, mens det nedre ler- og sandlag kun ses stedvist.

I de begravede dale ses ler- og sandlag som er begrænset til disse strukturer.

De ungtertiære aflejringer udgøres af et øvre og tyndt lag af glimmerler, der kun ses stedvist samt et lag af glimmersand og kvartssand og et nedre lag af glimmerler, der ses mere udbredt.

Bunden af modellen udgøres af plastisk ler.

Figur 5.3: Stratigrafisk oversigt. Kvartære lag er vist med rødt og brunt og tertiære med blå farver.

For at kunne opnå et enkelt visuelt overblik over geologien er der udarbejdet 4 geologiske principskitser – se planche på næste side. Et kort over profilernes placering kan ses i figur 5.4.

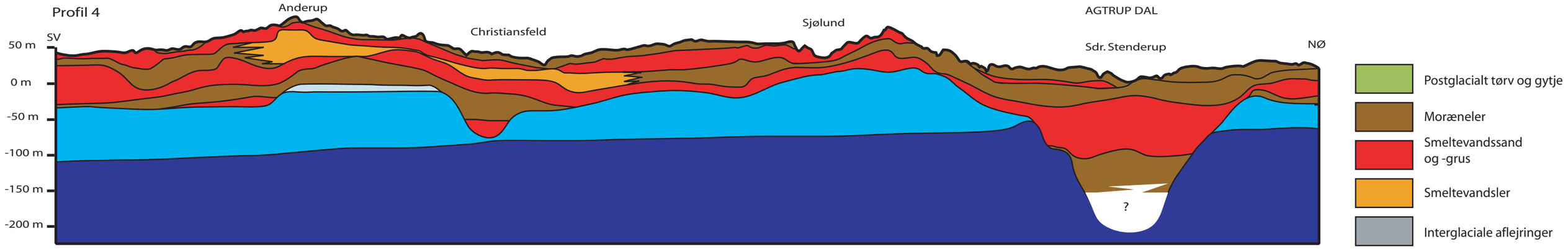
Alle 4 principskitser er optegnet med kraftig overhøjning og således at de dækker hele lagserien fra det plastiske ler til de holocæne aflejringer. Derimod er kalken ikke medtaget, da den ikke optræder i boringer på de udvalgte profiler.

På profilerne kan det ses, at overfladen af det plastiske ler hælder svagt mod sydvest og vest og at tykkelsen af den ungtertiære lagserie af glimmerler, kvartssand og glimmersand varierer, således at den er tykkest, hvor det plastiske ler ligger dybest. Det kan endvidere ses, at den ungtertiære lagserie stedvist næsten kun udgøres af glimmerler uden indvindingsinteresser, men at der også ses udbredte kvartssands- og glimmersandsmagasiner i nogle områder.

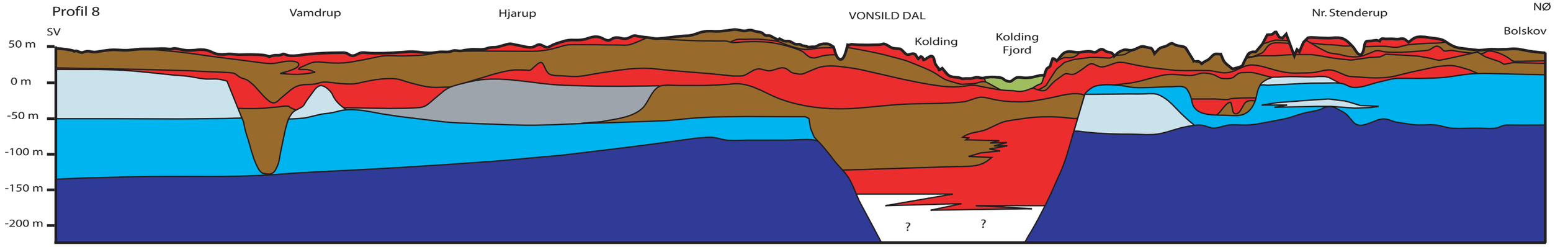
En række begravede dale er skåret dybt ned gennem de ungtertiære og ældre tertiære aflejringer. På profil 4 ses et tværsnit af Agtrup dalen, der er skåret så dybt ned, at der ikke findes data fra den nederste del af dalen. På profil 8 ses en formodet begravet dal under selve Kolding Fjord, der også står i kontakt med Vonsild dalen. Det kan ses, at de kvartære aflejringer er beliggende på relativ stor dybde vest for Kolding Fjord dalen, og at nogle af aflejringerne udgøres af interglaciale sedimenter. Disse kvartære sedimenter tolkes afsat i "Vejen Bælt", der er beskrevet af Konradi (2001) /12/ - se figur 4.14 og 4.15. Konradi tolker, at de interglaciale aflejringer er afsat i Holstein Mellemistid, og at det begravede dalsystem strækker sig helt over til Esbjerg.

Geologiske principskitser

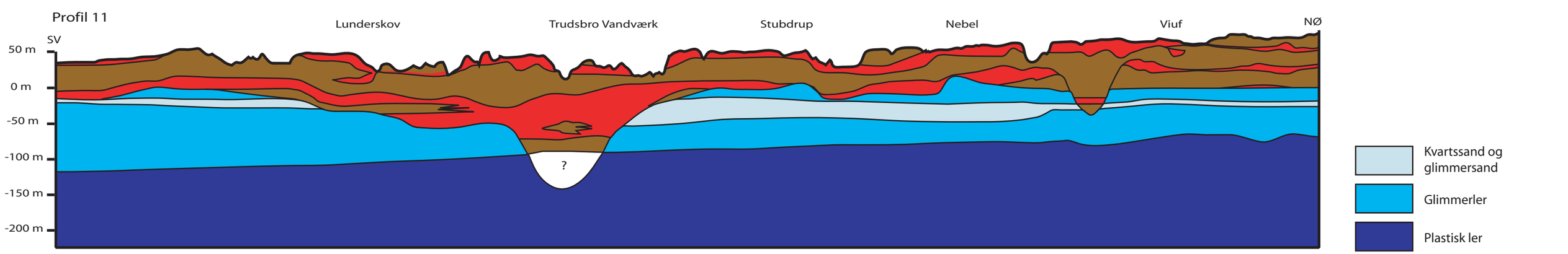
Profil 4



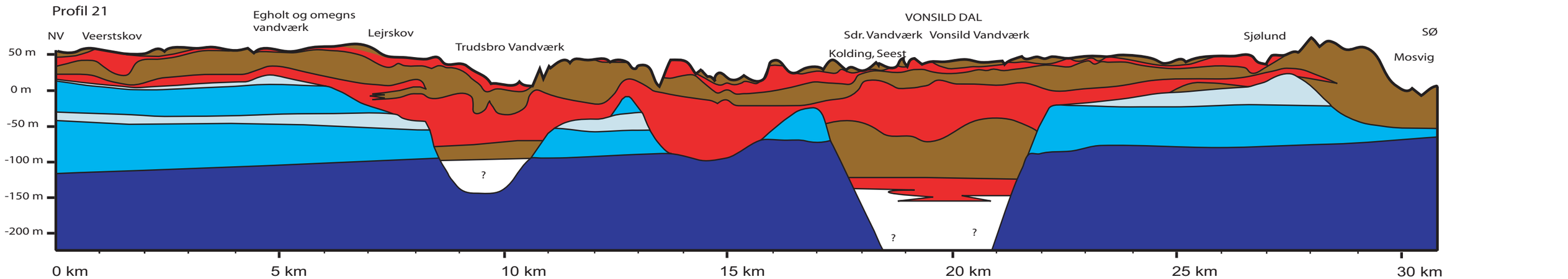
Profil 8



Profil 11

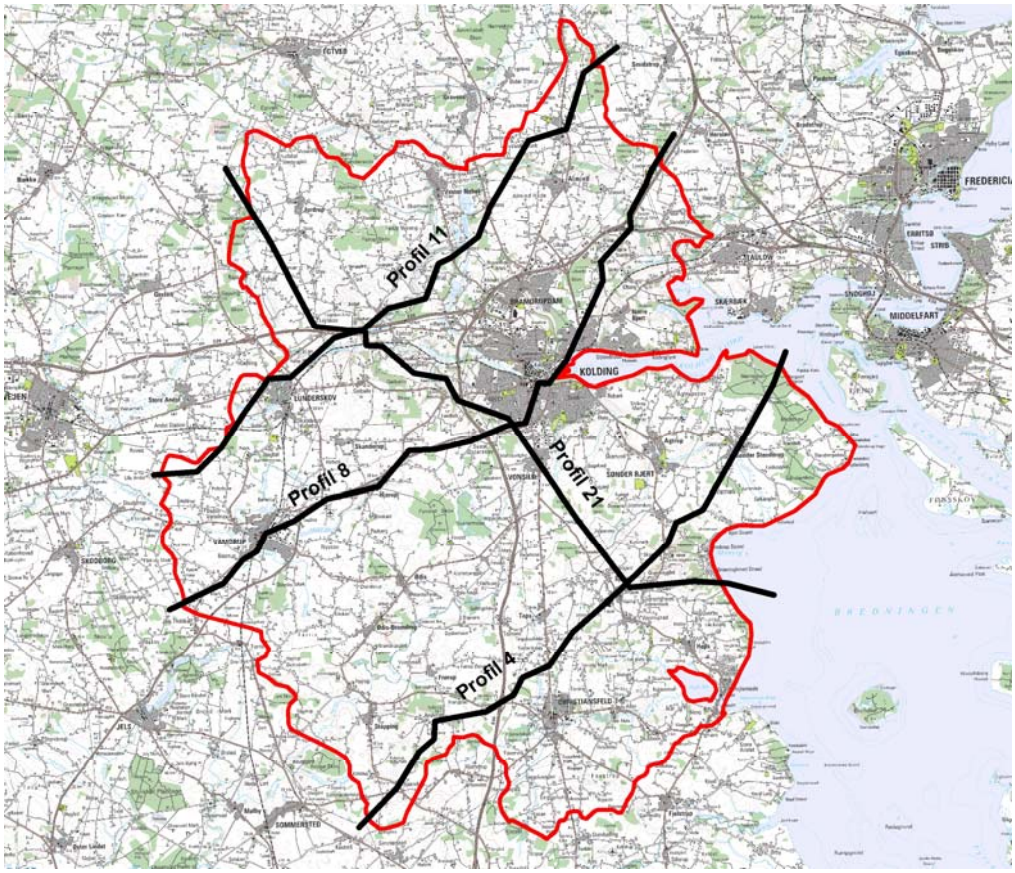


Profil 21



På profil 11 ses et par mindre begravede dale, hvoraf dalen ved Trudsbro Vandværk ikke er identificeret i kortlægningen af begravede dale /16/, men alene er påvist i nærværende undersøgelse på baggrund af boringer. Tilsvarende gør sig i øvrigt gældende med begravede dale ved Vamdrup (profil 8) og Christiansfeld (profil 4). det skal dog bemærkes at dalenes tilstedeværelse er usikker, idet de kun er baseret på enkelte dybe boringer.

Et tværsnit af Vonsild dalen kan ses på profil 21 tillige med dalen ved Trudsbro. Vonsild dalen tolkes at være eroderet ganske dybt – en tolkning der understøttes af Sandersen og Jørgensen (2006) /16/, der angiver dalens dybde til ca. 300 m svarende til ca. kote -250 m.



Figur 5.4: Oversigt over placeringen af geologiske principskitser

Den kvartære lagserie varierer meget og bærer tydeligt præg af glacialtektonisk deformation. De mere eller mindre gennemgående lag på profilskitserne skal derfor heller ikke opfattes som egentlige sammenhængende lag. Formodentlig vil dele af lagserien stå skråtstillet eller være foldet og skudt op i flager, så det må påregnes, at der stedvist vil være hydraulisk kontakt mellem ellers adskilte magasiner. Med undtagelse af lagserien i de begravede dale, så domineres de kvartære sedimenter af moræneler. Stedvist ses dog også sammenhængende lag af smeltevandsler, sådan som det er illustreret på profil 4. De lerede aflejringer vil yde en vis beskyttelse af især de primære magasiner, men som førnævnt, skal den glacialtektoniske deformation tages med i betragtning. I størstedelen af området udgøres det øverste lag af

moræneler. En undtagelse herfra kan dog ses ved Vamdrup på profil 8, hvor en mindre ungbaltisk smeltevandsslette breder sig ud, samt ved Trudsbro, hvor de øvre dele af bakkerne synes opbygget af sandede aflejringer. Dette stemmer godt overens med jordartskortet i figur 4.12 samt med den geologiske model for Trudsbro /21/, hvor der netop er defineret et øvre sandet lag.

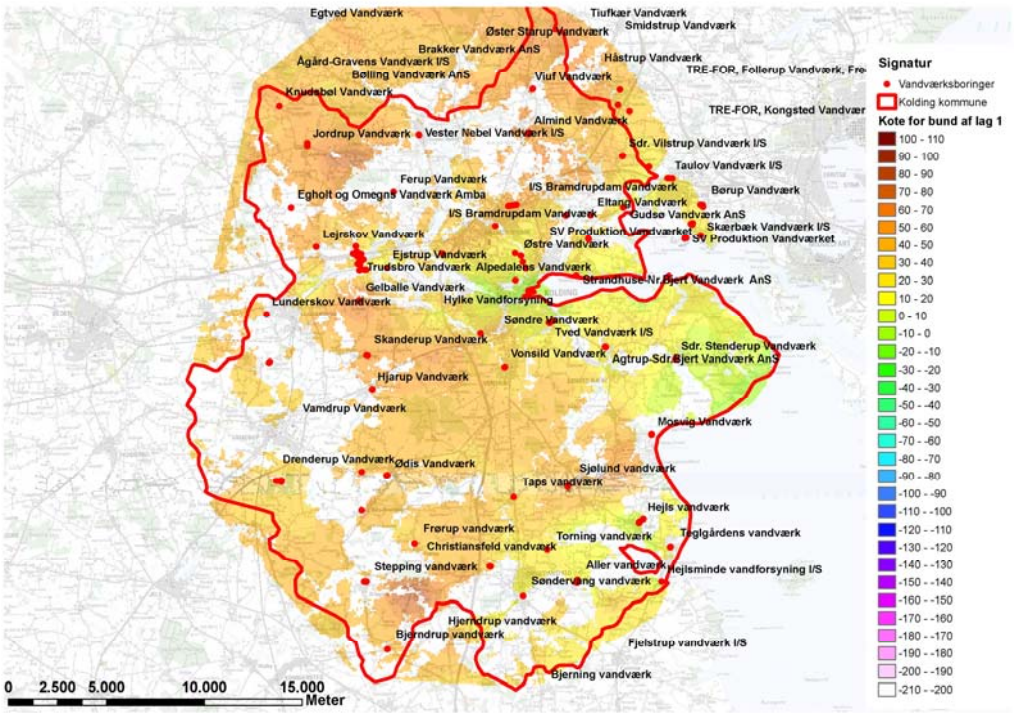
I flere af ådalene er der påvist postglaciale ferskvandsaflejringer. De er dog kun medtaget på de geologiske profilskitser, hvis deres tykkelse er så stor, at de vil kunne erkendes. Et eksempel på dette kan ses fra Kolding Fjord på profil 8.

5.5.1 Hydrogeologisk lagserie

Som tidligere nævnt er kun laggrænserne for de 4 øverste lag blevet digitaliseret, således at der har kunnet udarbejdes kort over laggrænsernes beliggenhed og tykkelsen af de enkelte lag. Dette skyldes at datagrundlaget kun var tilstrækkeligt til at opløse disse lag med nogen tilfredsstillelse. For mere detaljerede oplysninger om de resterende laggrænser henvises til profilerne (1-24).

Lag 1 – Øvre Lerlag

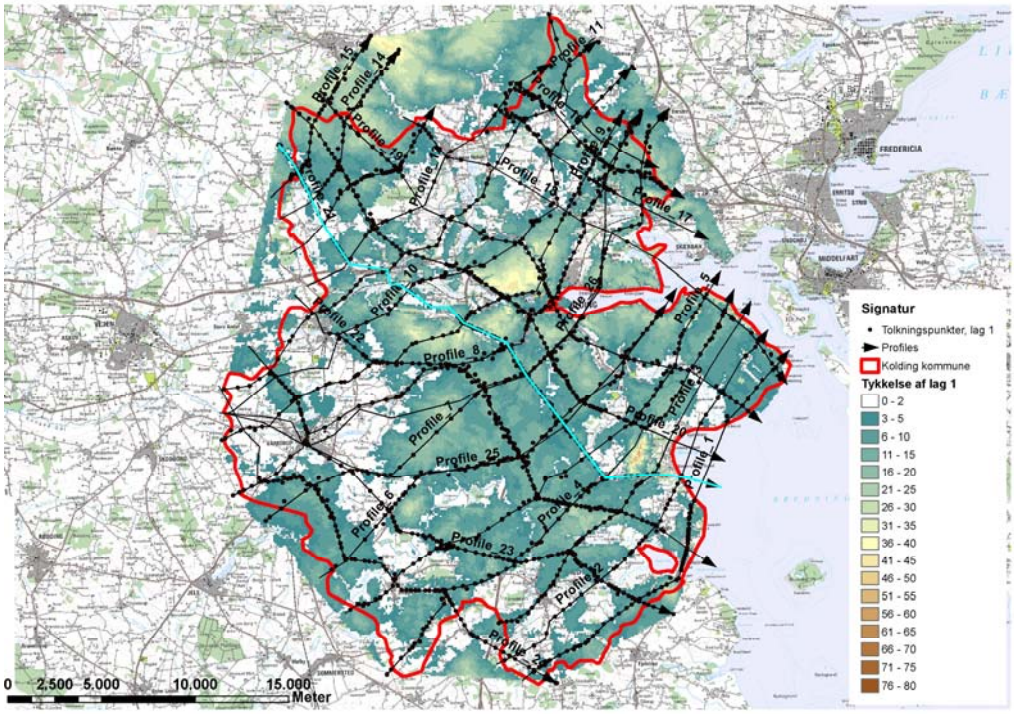
Lag 1 består overvejende af moræneler, der tolkes afsat i den sidste del af Weichsel Istiden. Det ses udbredt i store dele af kommunen, men mangler dog på den ungbaltiske smeltevandsslette ved Vamdrup samt i større sammenhængende områder i såvel den nordlige som den sydlige del af kommunen. På kortet i figur 5.5 ses koten for bunden af laget.



Figur 5.5: Kort over koten for bund af lag 1. Hvor laget er under 2 m tykt vises det ikke.

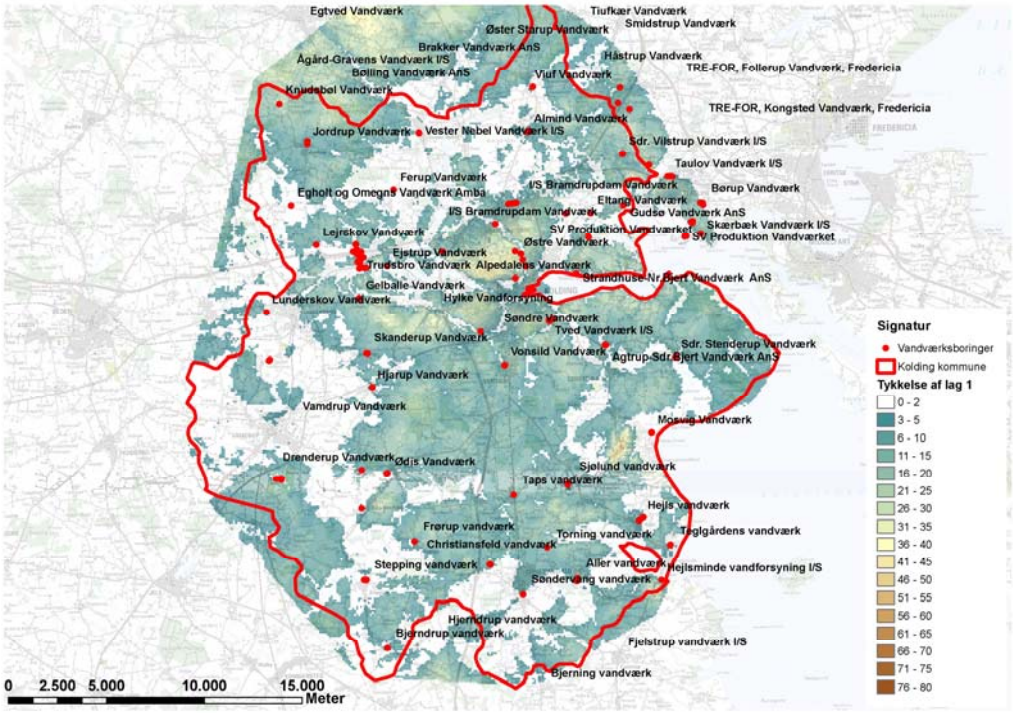
Laget ligger dybest i de lavtliggende områder i tunneldalen ved Kolding samt på Stenderup halvøen og i den sydligste del af Kolding Kommune. I store områder er lerlaget meget tyndt eller ikke tilstede. Dette gælder især områder i den nordlige del af kommunen samt på smeltevandsletten ved Vamdrup.

På kortet i figur 5.6 ses tykkelsen af lag 1 samt de datapunkter, der ligger til grund for beregningen af laget. Tykkelser på under 2 m er ikke vist. Tykkelsen varierer primært mellem ca. 5 og 20 m, men enkelte steder præget af randmoræner, når laget tykkelser på op mod 40 m.



Figur 5.6: Tykkelse af lag 1 vist med de datapunkter, der ligger til grund for beregningen.

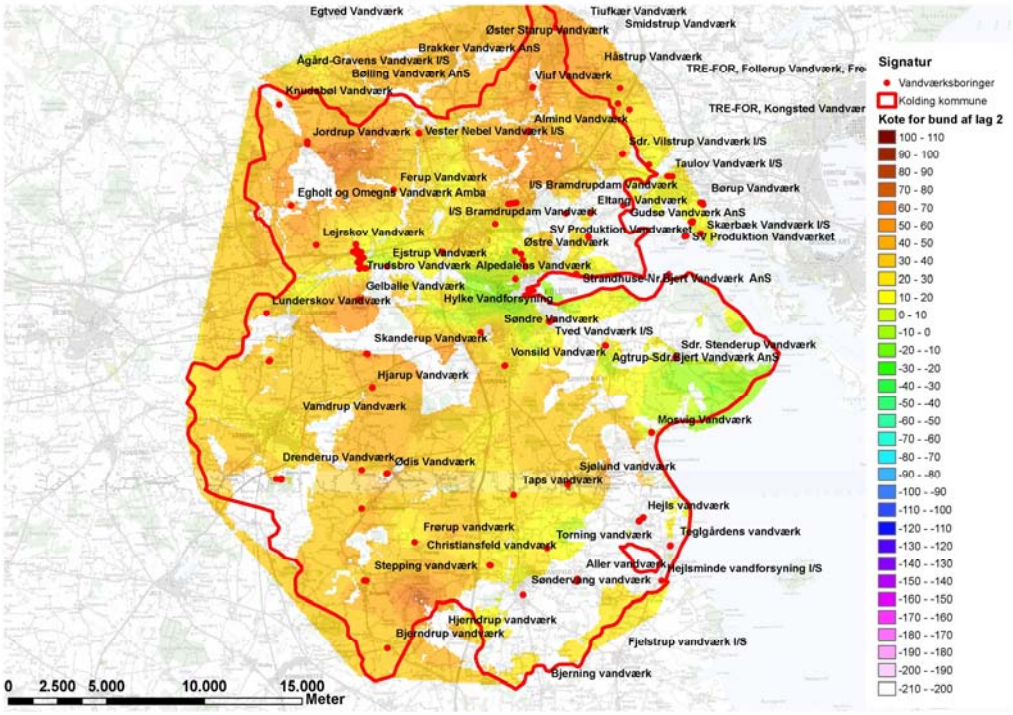
På kortet i figur 5.7 er tykkelsen af lag 1 vist sammen med vandværksboringerne i Kolding Kommune. Flere vandværker indvinder vand fra områder, hvor der ikke findes noget øvre lerdæklag f.eks. Ferup vandværk, Vester Nebel Vandværk, Vamdrup Vandværk, Stepping Vandværk og Mosvig Vandværk. Stepping Vandværk indvinder bl.a. vand fra lag 2, der er et øvre sekundært magasin, der altså i dette område mangler et beskyttende lerdæklag.



Figur 5.7: Tykkelse af lag 1 vist med vandværksboringer.

Lag 2 – Øvre Sandlag

Lag 2 udgøres af terrænnære forekomster af smeltevandssand og –grus fra Weichsel Istiden

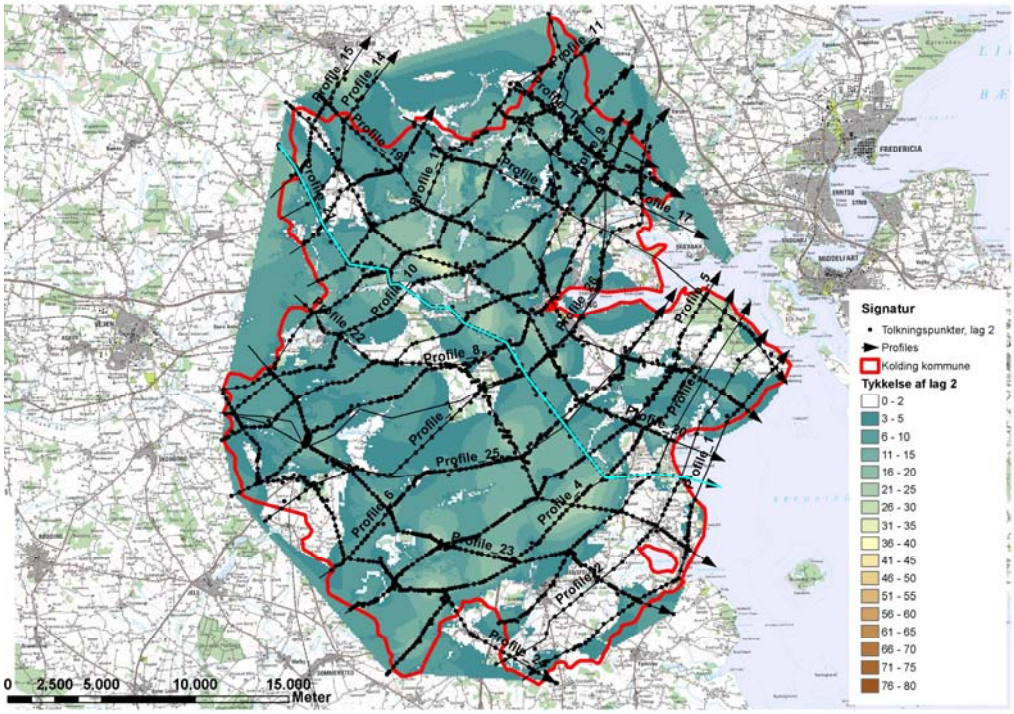


Figur 5.8: Kort over koten for bund af lag 2. Hvor laget er under 2 m tykt vises det ikke.

Laget ses i store dele af Kolding Kommune. I figur 5.8 ses kort over koten for bunden af laget.

Lag 2 mangler helt eller delvist på den nordlige del af Stenderup halvøen samt i et NØ-SV strøg i den sydlige del af Kolding Kommune. Bunden af laget ligger mellem kote 0 og -20 m, hvor den ligger lavest og ellers varierer den fra kote +10 m i den centrale og sydlige del af kommunen og op til +60 m i bakkelandskaberne i den nordlige del af kommunen.

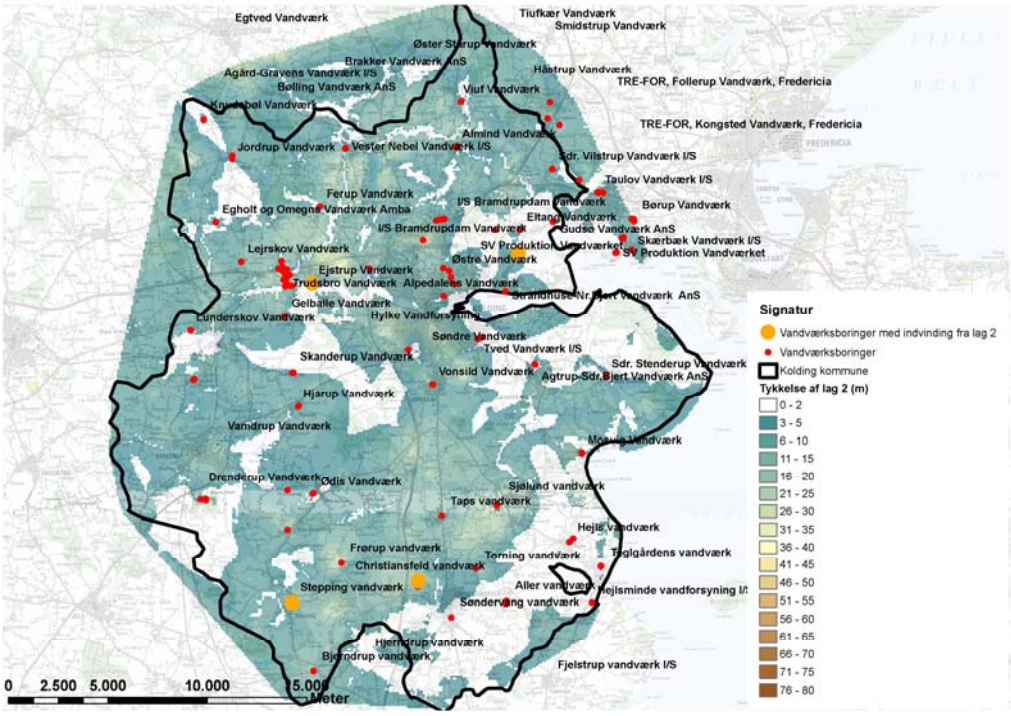
I figur 5.9 ses et kort over tykkelsen af lag 2 samt de datapunkter, der ligger til grund for beregningerne. Tykkelsen er overvejende mellem få meter og op mod ca. 25 m.



Figur 5.9: Tykkelse af lag 2.

I figur 5.10 er tykkelsen af lag 2 vist tillige med vandværksboringer og herunder de boringer hvorfra der med sikkerhed indvindes fra lag 2. Derudover vil mange enkeltindvindere formodentlig indvinde fra dette sekundære og overfladenære magasin.

Christiansfeld, Ejstrup, Stepping og Strandhuse Nr. Bjert vandværker har alle boringer, der er filtersat i lag 2.



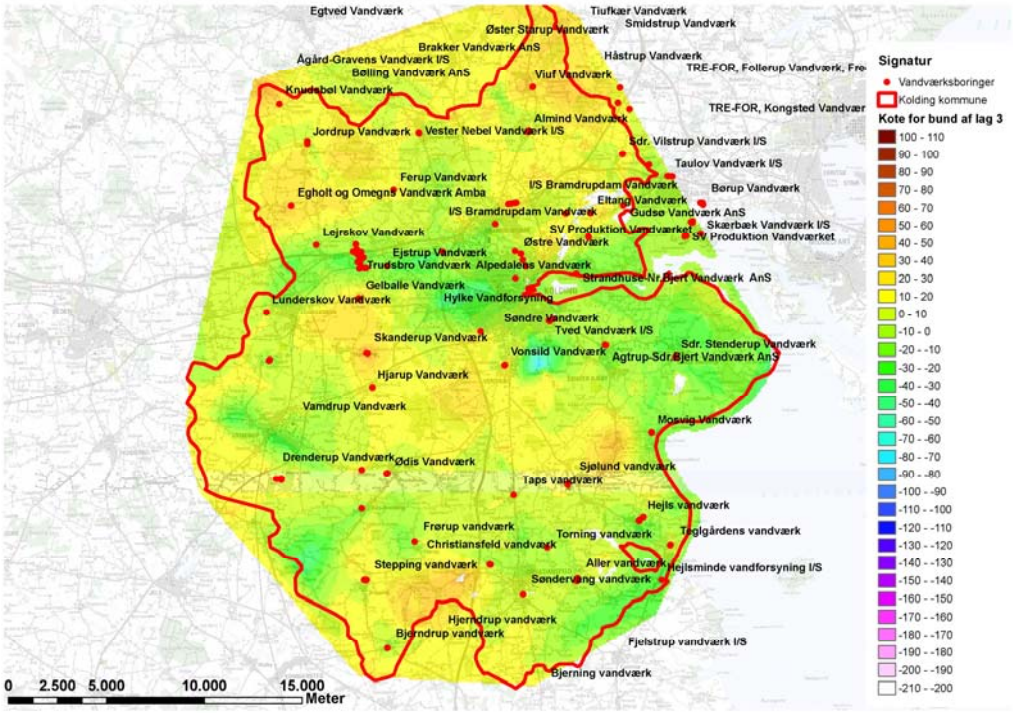
Figur 5.10: Tykkelse af lag 2 vist med vandværksboringer og herunder boringer som er filtersat i lag 2.

Lag 3 – Mellem Lerlag

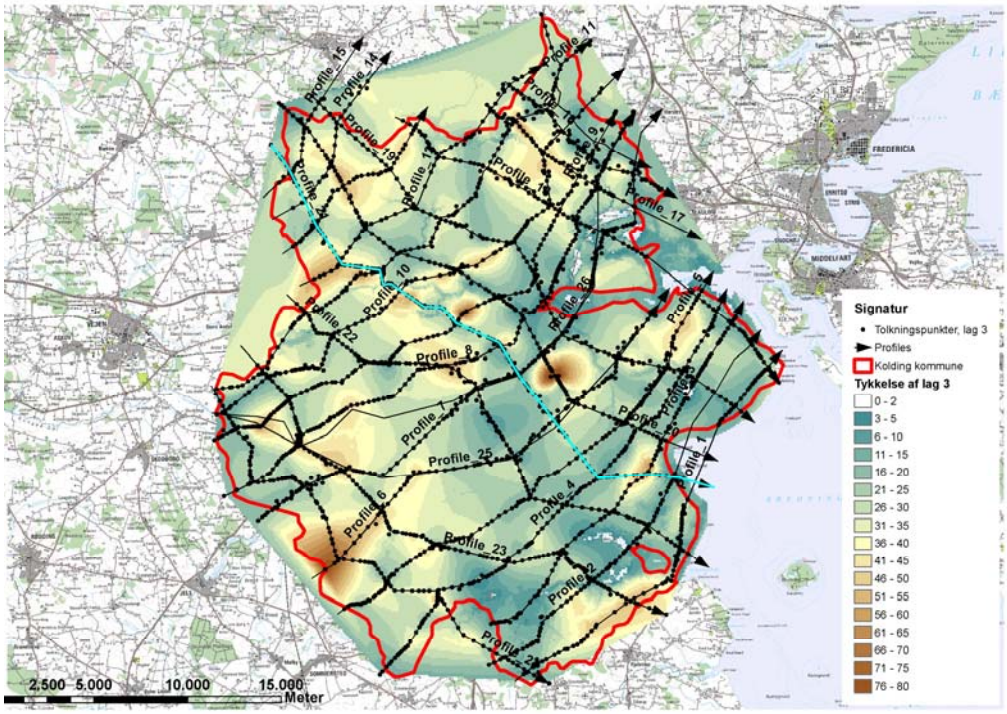
Dette lerlag består overvejende af moræneler, men udgøres dog også i enkelte områder af smeltevandsler. Bunden af laget er i store dele af kommunen beliggende mellem kote 0 til +30 m, men i områder med begravede dale i den centrale og sydlige del af kommunen er bunden af laget beliggende ned til kote – 50 m (se figur 5.11). Laget ser således flere steder ud til at udgøre en del af indfyldningen i de begravede dale, både de dale, der er dokumenterede og dale, der endnu ikke er sikkert eftervist.

Tykkelsen af laget, der fremgår af kortet i figur 5.12, varierer en del, idet den i nogen områder er begrænset til 5-10 m og i andre når op mod 60 m. Størst tykkelse opnås i områder, der præges af randmorænesystemer. Laget er tyndt i den sydlige del af kommunen og mangler stedvist.

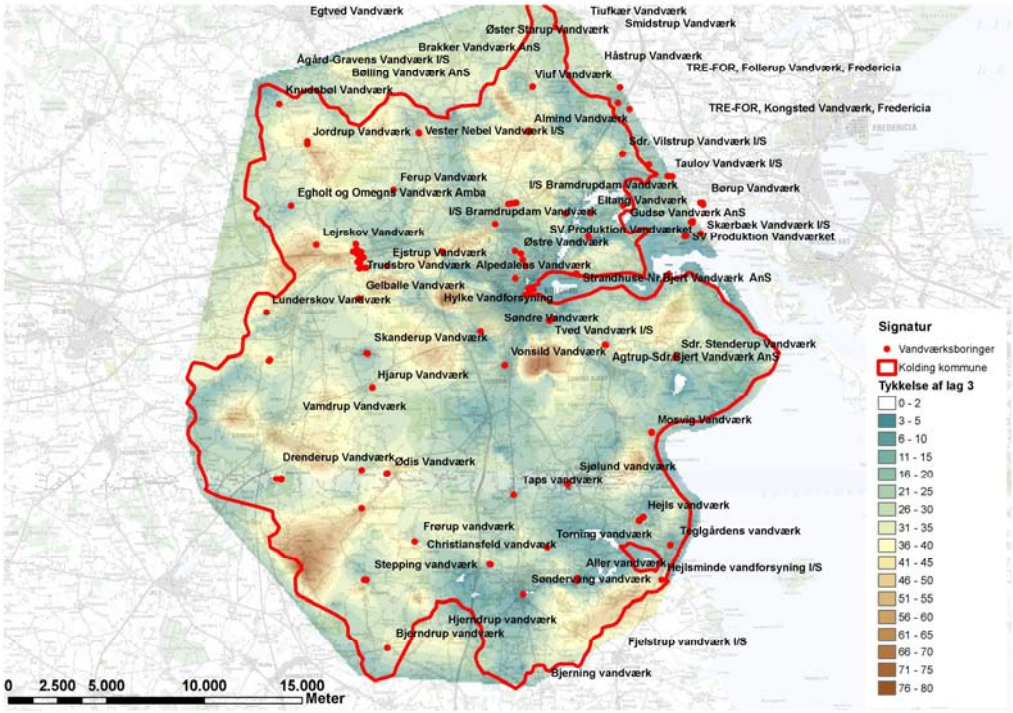
Betragtes sammenstillingen af lagtykkelsen og vandværker i figur 5.13 kan det ses, at enkelte vandværker er beliggende i områder, hvor lag 3 når store mægtigheder. Det drejer sig f.eks. om Jordrup og Almind vandværker, der indvinder fra magasiner med lerdæklag på mere end 40 m tykkelse. Til gengæld er den overvejende del af indvindingsboringerne placeret i områder med en mere begrænset tykkelse af lag 3 på mellem 10 og 40 m.



Figur 5.11: Kort over koten for bund af lag 3. Hvor laget er under 2 m tykt vises det ikke.



Figur 5.12: Tykkelse af lag 3.

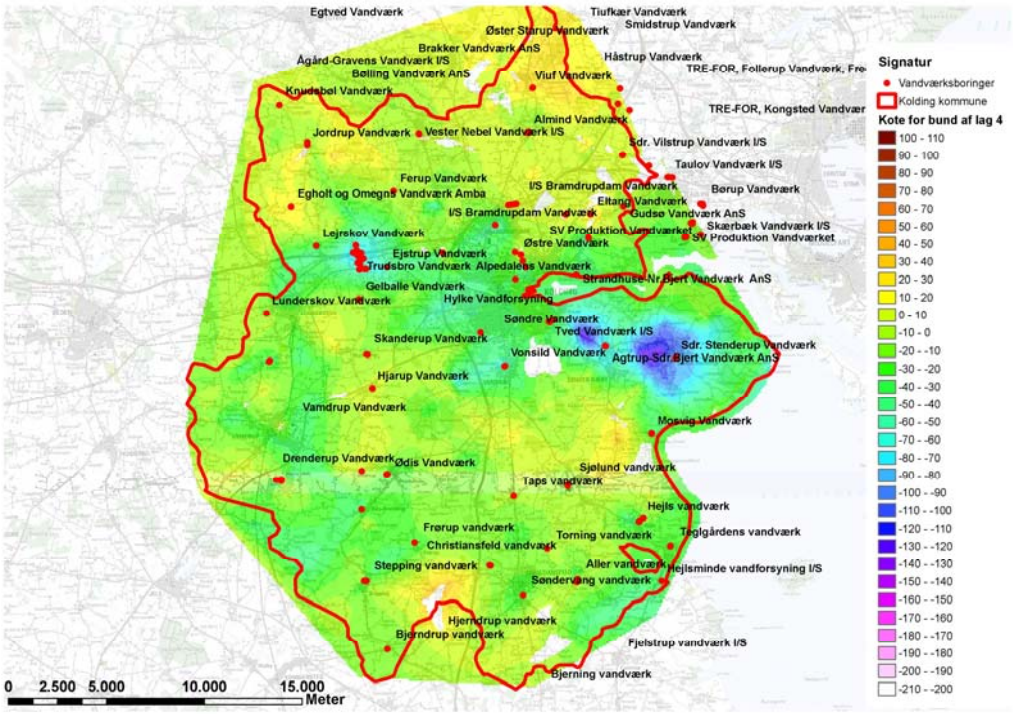


Figur 5.13: Tykkelse af lag 3 vist med vandværksboringer.

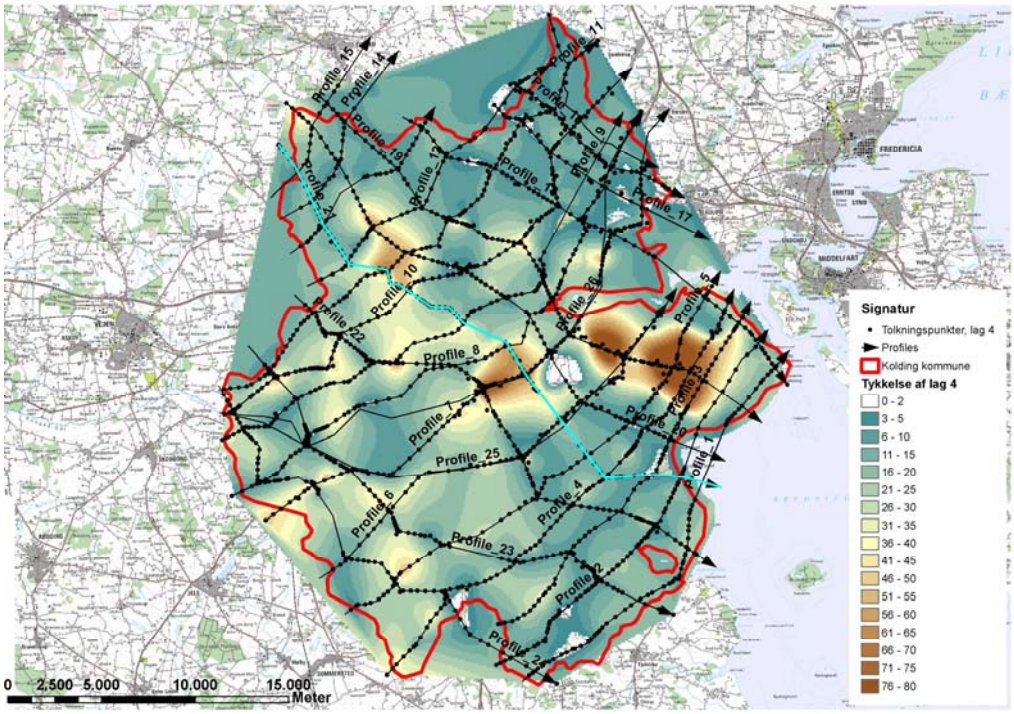
Lag 4 – Mellem Sandlag

Det mellemste sandlag udgør det primære, kvartære magasin i Kolding kommune. laget udgøres overvejende af mellem til grovkornet smeltevandssand samt -grus. Af kortet over koten for bunden af laget i figur 5.14 fremgår det, at den overvejende er beliggende mellem kote 0 til -30 m. I den nordlige del af kommunen ligger bunden dog i kote 0 til +20 m, mens den i områderne med begravede dale, specielt centralt i kommunen, er beliggende ned til kote -150 m.

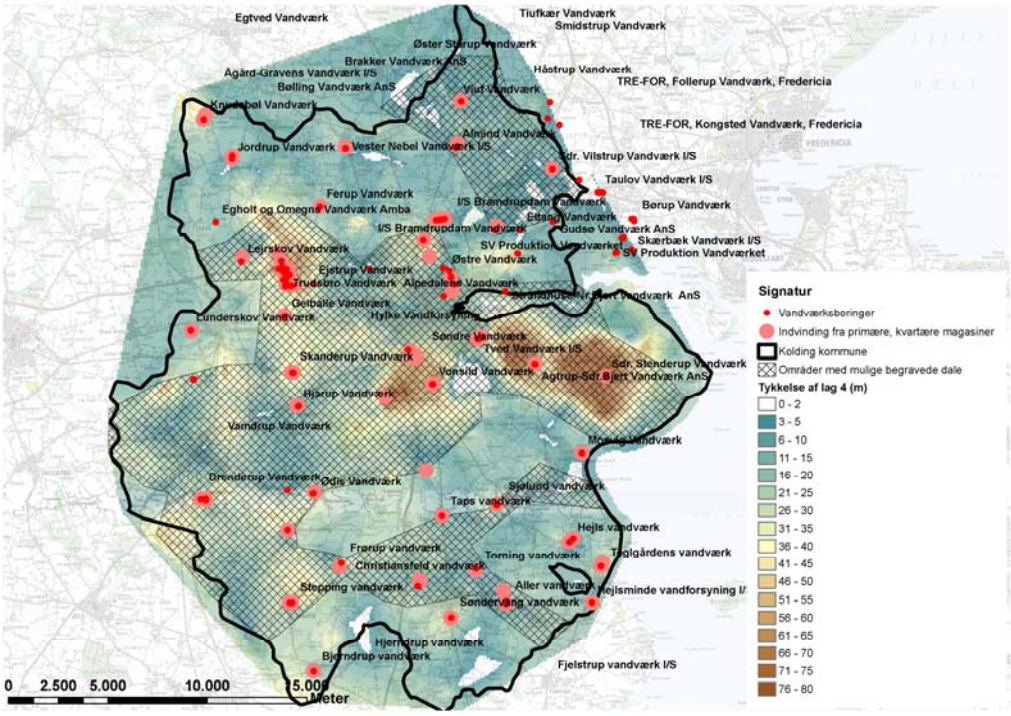
I de begravede dale ses forholdsvis store mægtigheder af laget og specielt centralt i Agtrup dalen når laget tykkelser på op mod 80 m. De mindste tykkelser ses i den nordlige del af kommunen samt i områder i den sydlige del af kommunen. På kortet i figur 5.15 er lagets tykkelse vist sammen med de datapunkter, der ligger til grund for beregningerne. På kortet over lagtykkelsen i figur 5.16 er vandværksboringerne desuden vist, og de boringer, der er filtersat i lag 4, er fremhævet. Desuden er temaet over de områder, hvor der muligvis er begravede dale, vist med skravering. Det fremgår af dette kort, at de største lagtykkelser af lag 4 ses i området med de mulige begravede dale. Dette er dog også naturligt, idet området med mulige begravede dale netop er udpeget, fordi prækvartæroverfladen her stedvist ligger forholdsvis lavt. Det kan desuden også ses, at langt den overvejende part af vandværksboringerne er filtersat i lag 4, der således udgør det vigtigste magasin i Kolding Kommune.



Figur 5.14: Kort over koten for bund af lag. Hvor laget er under 2 m tykt vises det ikke.



Figur 5.15: Tykkelse af lag 4.



Figur 5.16: Tykkelse af lag 4 vist med vandværksboringer og herunder boringer som er filtersat i lag 4.

Øvrige kvartære lag

De øvrige kvartære lag er sammensat af det nedre lerlag, nedre sandlag samt af ler- og sandlag i de begravede dale. Disse lag er på grund af den begrænsede data-mængde for denne del af lagserien, ikke modelleret.

Ungtertiære lag

De ungtertiære lag er sammensat af et forholdsvis tyndt lag af glimmerler over lag af glimmersand og kvartssand. Herunder følger et forholdsvis tykt lag af glimmerler, der dog også stedvist indeholder indslag af mere sandede sedimenter. Lagene af glimmersand og kvartssand ses ikke udbredt i hele kommunen, men er primært knyttet til den nordlige del af kommunen, hvor også flest vandværker udnytter dette dybe magasin – se figur 6.1.

De ungtertiære lag er på grund af den begrænsede datamængde for denne del af lagserien, ikke modelleret.

Plastisk Ler

Kun et fåtal af boringerne når ned i det plastiske ler i kommunen. Til gengæld ses det som meget lave modstande i de områder, hvor der er udført geofysik.

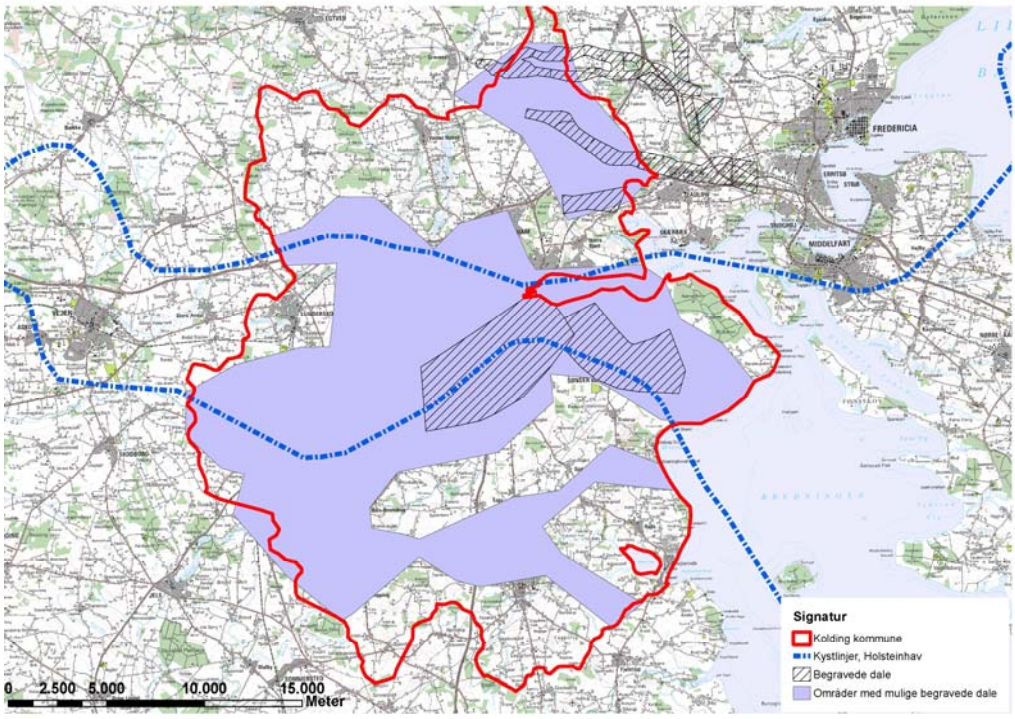
5.5.2 Områder med mulige begravede dale

En gennemgang af profilerne fra den overordnede hydrogeologiske model viser, at der i store dele af Kolding Kommune enten findes dybe begravede dale eller områder, hvor den tertiære overflade ligger forholdsvis lavt. Sådanne områder er markeret langs de enkelte profiler og efterfølgende tegnet op på fladen. På den baggrund er der udarbejdet polygoner over områderne – se figur 5.17.

Det fremgår af kortet i figur 5.17 at der i den centrale del af Kolding kommune findes et stort område, hvor der muligvis findes begravede dale. Dette område er stort set sammenfaldende med grænserne for Vejen Bælt, der har haft et forløb på tværs af Jylland i Elster i den sene del af Elster Istiden og i Holstein Mellemistiden (se afsnit 4.2.2). De påviste begravede dale ved Agtrup og Vonsild befinder sig ligeledes i dette område og formodes at udgøre dele af dette brede bælt.

I den sydlige del af Kolding Kommune er der tegn på tilstedeværelsen af et begravet dalstrøg. I den nordøstlige del af kommunen ses endvidere et mindre område, hvor i, der også med sikkerhed er påvist begravede dale.

Det er vigtigt at understrege, at den hydrogeologiske model kun er en overordnet model og at udpegningen af områder med begravede dale derfor også er behæftet med nogen usikkerhed.



Figur 5.17: Områder med mulige begravede dale.

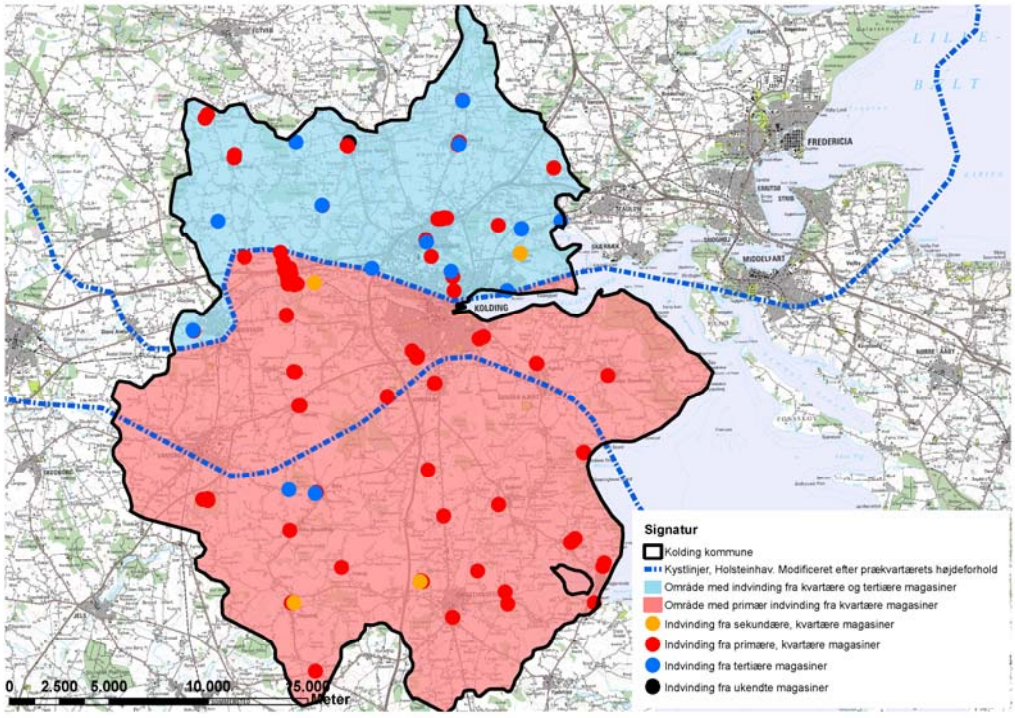
6. Magasintyper og geologisk sårbarhed

Til brug for vandforsyningsplanen for Kolding Kommune er der dels foretaget en zonering af kommunen i forhold til forskellige magasintyper og dels foretaget en vurdering af den geologiske sårbarhed af magasinerne.

6.1 Magasintyper

Kolding Kommune har for alle vandværksboringer foretaget en vurdering af, hvilket magasin der indvindes fra. Disse oplysninger er sammenstillet på kortet i figur 6.1, hvor boringerne er opdelt på magasintyper:

- Sekundære, kvartære magasiner (Lag 2)
- Primære, kvartære magasiner (Lag 4, 6 og 8)
- Tertiære magasiner (Lag 10)



Figur 6.1: Zonering af Kolding Kommune i forhold til hvilke grundvandsmagasiner, der indvindes fra.

På baggrund af opdelingen af boringerne har der kunnet foretages en zonering af Kolding Kommune i to områder; et område med ligelig indvinding fra tertiære og kvartære magasiner og et område, hvor der næsten udelukkende indvindes fra kvartære magasiner. De to områder er vist med henholdsvis rød og blå farve på kortet i figur 6.1.

I den nordlige del af Kolding kommune foregår indvindingen dels fra tertiære og dels fra kvartære magasiner. På i alt 12 kildepladser indvindes der fra tertiært kvarts- og glimmersand og fra 13 kildepladser indvindes der fra kvartære magasiner af smeltevandssand og –grus. På flere af kildepladserne foregår indvindingen fra begge typer magasiner.

I den sydlige del af Kolding Kommunen foregår langt den overvejende del af indvindingen fra kvartære magasiner. Kun Drenderup og Ødis vandværker har boringer, hvorfra der indvindes i tertiære aflejringer. Den af Ødis Vandværks boringer, der tilsyneladende er filtersat i tertiære aflejringer er dog formodentligt fejfortolket, idet boringer tæt på viser, at magasinet udgøres af smeltevandssand.

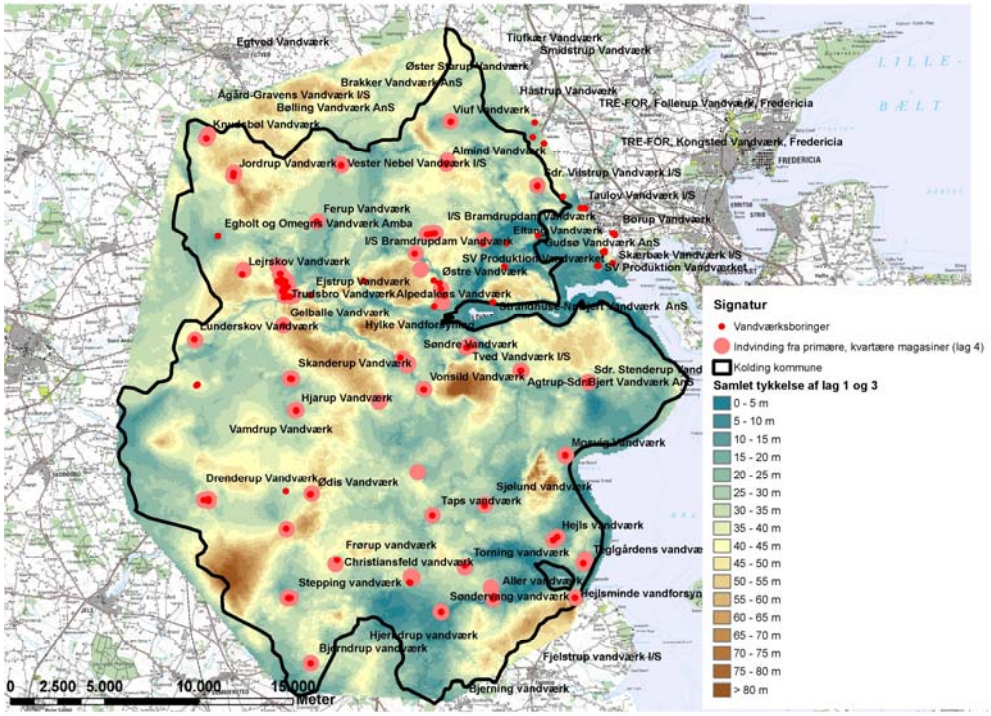
Zoneringen af Kolding Kommune følger i store træk den nordlige afgrænsning af det tidligere "Vejen Bælt". Denne grænse er dog modificeret lidt i forhold til kort over prækvartæroverfladens højdeforhold i Kommunens vestligste del. Det vurderes, at "Vejen Bælt" har haft sit forløb i en tidlig tunneldal, hvor der har været eroderet dybt ned i de prækvartære aflejringer, formodentligt i Elster Istiden. Også syd for "Vejen Bælt" ser der ud til at have været intensiv erosion, blandt andet med dannelse af en række dybe begravede dale, herunder Agtrup og Vonsild dalene. Det må forventes, at der i "Vejen Bælt stedvist findes interglaciale aflejringer i mere eller mindre sammenhængende lag. Dette kan ifølge nyere forskningsresultater give risiko for frigørelse af arsen til grundvandet, idet det organiske stof, medvirker til arsenfrigørelse.

6.2 Geologisk sårbarhed

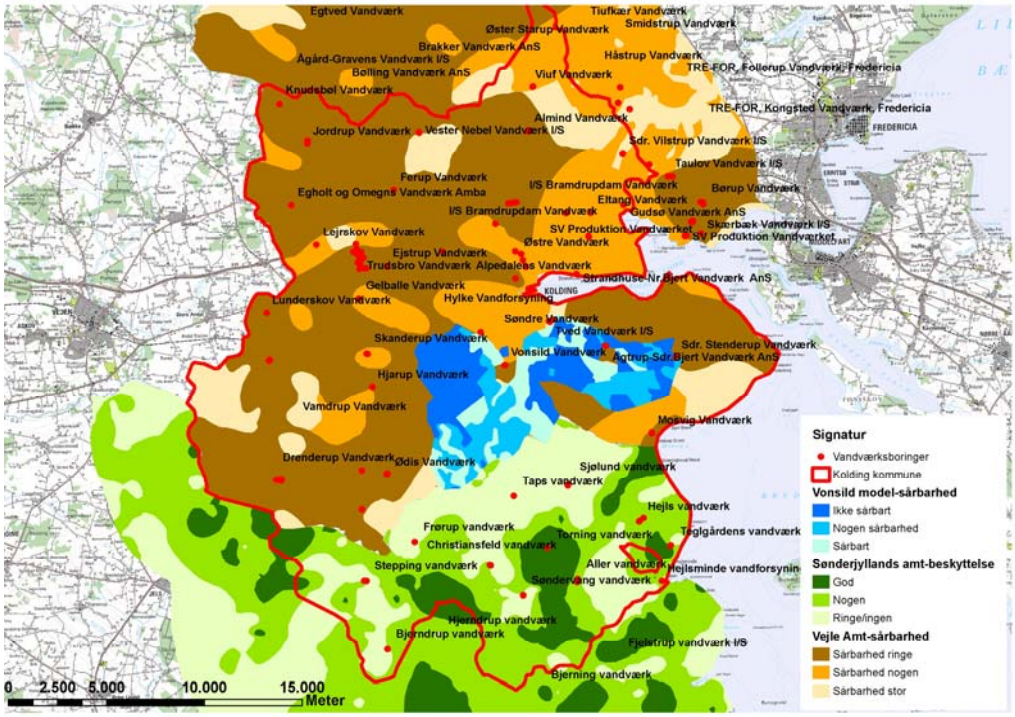
For at kunne vurdere den geologiske sårbarhed i Kolding Kommune er der udarbejdet et kort over den samlede tykkelse af det øvre lerlag (lag 1) og det mellemste lerlag (lag 3). Kortet, der ses i figur 6.2, viser at der er en meget varierende samlet beskyttelse af det primære kvartære magasin (lag 4) i kommunen. De fleste vandværker indvinder fra lag 4, hvor den samlede beskyttelse udgør mellem 30 og 50 m, mens enkelte vandværker er beliggende i områder med en samlet beskyttelse på over 50 m. Dette gælder specielt for områder i den centrale og nordlige del af kommunen. I den sydlige del af kommunen ses flere vandværker med indvinding fra lag 4 i områder, hvor det samlede lerlag er under 30 m tykt.

Der er i forbindelse med amternes sårbarhedskortlægning udarbejdet kort over sårbarheden for de øverste 30 m for Kolding Kommune. Dengang var kommunens nuværende område opdelt på henholdsvis Sønderjyllands Amt og Vejle Amt, og derfor eksisterer der i princippet to kort over sårbarheden. Der er desuden for kortlægningsområderne Vonsild og Agtrup udarbejdet et detaljeret kort over sårbarheden. Resultaterne af de tre sårbarhedskortlægninger kan ses i figur 6.3. I det tidligere Vejle Amt er store dele af området kortlagt som områder med ringe sårbarhed og altså dermed en god beskyttelse. I det tidlige Sønderjyllands Amt ser der ud til at have været en mere ligelig fordeling af områder, der vurderes som beskyttede og områder med nogen eller ringe beskyttelse. Den mest troværdige af sårbarhedsvurderingerne er fra kortlægningen af Vonsild og Agtrup indsatsområderne, idet disse også er baseret på geofysiske målinger.

Det skal bemærkes at der er stor forskel på de to kort i figur 6.2 og 6.3, idet det første kort er en samlet lertykkelse over det meste af den kvartære lagserie, mens det andet er en samlet tykkelse inden for de øverste 30 m af lagserien.



Figur 6.2: samlet tykkelse af Øvre ler og Mellem ler i Kolding Kommune modellen.



Figur 6.3: Eksisterende kort over sårbarheden for de øverste 30 m.

7. Referencer

1. Kolding Kommune, 2009: Udbud vedrørende Geologisk oversight over Kolding Kommune, 5. februar 2009.

2. Rambøll, 2009: Tilbud, Geologisk oversigt over Kolding Kommune, 27. februar 2009.

3. Friis, H., 1995: Neogene aflejringer. I Nielsen, O.B., (ed.), "Danmarks Geologi fra Kridt til i dag", Geologisk Institut, Aarhus Universitet. p. 115-127.

4. Heilmann-Clausen, C., 1995: Palæogene aflejringer over danskekalken. I Nielsen, O.B., (ed.), "Danmarks Geologi fra Kridt til i dag", Geologisk Institut, Aarhus Universitet. p. 69-114.

5. Heilmann-Clausen, C. og Surlyk, F., 2006: Koralhav og lerhav. I Larsen, G., (ed.), Naturen i Danmark, Geologien. Gyldendal. p.181-226.

6. Houmark Nielsen, M., 1987: Pleistocene stratigraphy and glacial history of the central part of Denmark. Bull. Geol. Soc., Denmark, V.36, 189 pp.

7. Houmark-Nielsen, M., 2004: The pleistocene of Denmark: a review of stratigraphy and glaciation history. In Ehlers, J., (ed.): Quaternary Glaciations – extent and chronology. Elsevier 2004.

8. Håkansson, E. og Pedersen, S.S., 1992: Geologisk kort over den danske undergrund. Varv, 1992. /18/

9. Jessen, A., 1935: Beskrivelse til Geologisk Kort over Danmark. Kortbladet Haderslev. Danmarks Geologiske Undersøgelse, I. Rk., nr. 17.

10. Jørgensen, F., 2006: Vonsild indsatsområde. Hydrogeologiske undersøgelser. Afrapportering. Vejle Amtl.

11. Jørgensen, F., Lykke-Andersen, H., Sandersen, P.B.E., Auken, E. og Nørmark, E., 2003: Geophysical investigations of buried Quaternary valleys in Denmark: an integrated application of transient electromagnetic soundings, reflection seismic surveys and exploratory drillings. Journal of applied geophysics 53. P. 215-228.

12. Konradi, P., 2001: "Vejen Bælt" – et ældgammelt sund tværs over Jylland. Geologi, Nyt fra GEUS, nr. 3.

13. Kronborg, C., Bender, H., Bjerre, R., Friborg, R., Jakobsen, H.O., Kristiansen, L., Rasmussen, P., Sørensen, P.R., and Larsen, G.,1990: Glacial Stratigraphy of East and Central Jutland. Boreas, 19, p. 273-287.

14. Larsen, G. og Kronborg, C., 1994: Det mellemste Jylland, En beskrivelse af områder af national geologisk interesse, Geografforlaget.

15. Miljøcenter Ribe og Kolding Kommune, 2009: Kortlægningsgrundlag for kommunal indsatsplan. Grundvandskortlægning Vonsild-Agtrup området.

16. Sandersen, P. og Jørgensen, F., 2006: Kortlægning af begravede dale i Jylland og på Fyn. Opdatering 2005-2006. De jysk-fynske amters grundvandssamarbejde.

17. Smed, P., 1981:. Landskabskort over Danmark, Blad 2, Midtjylland. Geografforlaget, Brenderup, Denmark.

18. Ter-Borch, N., 1987: Kalkoverfladens struktur. Skov- og Naturstyrelsen. Havbundsundersøgelsen og Dansk Olie- og Gasproduktion A/S. /19/.

19. Thomsen, E., 1995: Kalk og kridt i den danske undergrund. I Nielsen, O.B., (ed.), "Danmarks Geologi fra Kridt til i dag", Geologisk Institut, Aarhus Universitet. p. 31-67.

20. Vejle Amt. Beskrivelse af geologi og reservoirforhold for 12 områder.

21. Vejle Amt, 2001: Grundvandsmodel for overvågningsområdet Trudsbro. Carl Bro.

22. Vejle Amt, 2006: Geologisk model – Vonsild. Orbicon A/S.

23. Vejle Amt, 2006: Viuf og Bramdrupdam indsatsområder – statusrapport.