

Tjekliste for sammentolkning i Den Nationale Grundvandskortlægning

Peter Erfurt, Thomas Nyholm, Susie Mielby, Birgitte Hansen,
Margrethe Kristensen og Verner Søndergaard



Tjekliste for sammentolkning i Den Nationale Grundvandskortlægning

Af Peter Erfurt, og Thomas Nyholm, NST; Susie Mielby, Birgitte Hansen, Margrethe Kristensen, og Verner Søndergaard, GEUS.

Tjekliste for sammentolkning i Den Nationale Grundvandskortlægning

Særudgivelse

Omslag: Henrik Klinge
Forsidefoto: Bente Fyrstenberg Nedergaard
Repro: GEUS
Oplag: 50

2012

Trykt: ISBN 978-87-7871-332-2

www: ISBN 978-87-7871-333-9

Rapporten kan hentes på nettet: www.geus.dk

© De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland, GEUS
Øster Voldgade 10
DK-1350 København K
Telefon: 3814 2000
E-post: geus@geus.dk

Udarbejdet i samarbejde med Naturstyrelsen, Miljøministeriet

Indholdsfortegnelse

FORMÅL OG BAGGRUND	7
HVAD ER SAMMENTOLKNING?	8
INDHOLD.....	8
LITTERATUR:	9
FLOWDIAGRAM	10
TJEKLISTE.....	11

Faneblade:

Trin 1 - Sammentolkning af eksisterende data

OVERBLIK OVER DET HYDROLOGISKE OPLAND.....	13
GEOLOGISK FORSTÅELESSEMODEL.....	15
KEMISK MODEL PÅ EKSISTERENDE DATA	16
KORTLÆGNINGSSTRATEGI.....	17

Trin 2b - Sammentolkning

GEOFYSISK TOLKNING	19
UNDERSØGELSESBORINGER	21
RUMLIG GEOLOGISK MODEL	22
HYDROSTRATIGRAFISK MODEL	23
HYDROGEOKEMISK MODEL	25
HYDROGEOLOGISKE TEMAER - POTENTIALEKORT	27
GRUNDEVANDSMODEL	28
VALIDERING.....	29

Forord

Den nationale grundvandskortlægning startede i 1998 med det formål at beskytte den fremtidige ressource ved vedtagelse af Folketingets tillæg til Vandforsyningsloven. Kortlægningen blev i 2003 indbygget i Miljømålsloven, og blev til og med 2006 udført af de nu nedlagte amter.

Administrationen af den nationale grundvandskortlægning videreføres nu af Naturstyrelsen under Miljøministeriet. De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS) bistår Naturstyrelsen med kortlægningsopgaven med blandt andet udviklingsprojekter, faglig koordinering, udarbejdelse af vejledninger og sikring af data.

Denne rapport er udarbejdet af følgende projektgruppe:

Peter Erfurt,	Naturstyrelsen, projektleder
Thomas Nyholm,	Naturstyrelsen
Birgitte Hansen,	GEUS
Margrethe Kristensen,	GEUS
Susie Mielby,	GEUS
Verner Søndergaard,	GEUS

GEUS har i samarbejde med Naturstyrelsen udarbejdet egentlige Geo-vejledninger der tjener som fagligt grundlag for udarbejdelse af enkelte elementer i grundvandskortlægningen (se litteraturliste). Denne rapport har til formål at integrere de tidligere udarbejdede Geo-vejledninger og giver anvisninger til hvordan data og viden kan sammentolkes.

Projektet er igangsat på foranledning af Arbejdsgruppen for kemi som en opfølgning på et temamøde om sammentolkning i oktober 2010. På grund af Styregruppen for grundvandskortlægnings ønske om hurtig fremdrift, har rapporten ikke været i høring hos en tilknyttet følgegruppe. Rapporten skal derfor opfattes som en 1. version af en **Tjekliste for sammentolkning**. Projektgruppen anbefaler at rapporten senere revideres ved inddragelse af en større gruppe af fagpersoner, som arbejder med grundvandskortlægningen fra både Naturstyrelsen, GEUS og især fra de private rådgivningsfirmaer.

Formål og baggrund

Inden for grundvandskortlægningen arbejdes med geologisk undersøgelse og modellering, et bredt spektrum af geofysiske målemetoder, hydrologi, hydrogeologi, grundvandskemi, geokemi samt *sammentolkning* af data fra alle disse fagdiscipliner til et sammenhængende billede af de undersøgte områders grundvandsforhold.

Heri ligger at grundvandsmagasinernes udstrækning, deres sårbarhed over for forurening og grundvandets strømningsdynamik kortlægges. Den tekniske del af kortlægningen munder ud i opstillingen af IT-baserede modeller der kan sandsynliggøre, hvordan grundvandet, især i vandværkernes indvindingsoplande, reagerer på forskellige påvirkninger. For at en model skal simulere virkeligheden så nært som muligt, er det vigtigt at kunne bygge og kontrollere den ved hjælp af *sammentolkning* af flere forskellige, indbyrdes uafhængige datatyper.

I oktober 2010 blev der i regi af det daværende Kompetencenetværk for kemi – nu Arbejdsgruppen for kemi – under Naturstyrelsen, afholdt et fagmøde om *sammentolkning* i Grundvandskortlægningen med tværfaglig deltagelse fra Naturstyrelsen og GEUS. Der var bred enighed om at *sammentolkning* af data i Den nationale Grundvandskortlægning er en central disciplin, der ikke har været så meget i fokus på grund af udvikling af de enkelte fagdiscipliner. Der er ikke udviklet et egentligt koncept for *sammentolkning*, selvom der er gjort en del ud af at beskrive *sammentolkning* i mere specialiserede sammenhænge, i f.eks. Geovejledning 3 (Jørgensen m.fl., 2008), Geo-vejledning 5 (Hansen m.fl., 2009) og SSV-kogebogen. Fagmødet mandede bl.a. ud i tilkendegivelser af et behov for en kogebog eller tjekliste om *sammentolkning* af data. Altså at der, i tilknytning til Geovejledningerne mv., godt kan være brug for en mere oversigtlig fremstilling af *sammentolkningen*, som inddrager alle væsentlige discipliner.

Den Nationale Grundvandskortlægning er tidsmæssigt afgrænset til udgangen af 2015. For at undgå en u hensigtsmæssigt langvarig udvikling af en egentlig vejledning i *sammentolkning*, er det derfor besluttet at fremme ensartet *sammentolkning* i grundvandskortlægningen ved i løbet af 2011 at opstille en enkel tjekliste, der kortfattet behandler de vigtigste emner i *sammentolknings*-processen. Tjeklisten er beregnet til brug for både kortlæggere og rådgivere.

Tjeklisten erstatter eller ændrer på ingen måde de eksisterende Geovejledninger og kogebøger som bør følges under kortlægningsprocessen (se litteraturlisten). Den er tænkt som et supplement der forhåbentlig kan skærpe opmærksomheden om *sammentolkning*, og give et væsentligt bidrag til sikring af grundvandskortlægningens kvalitet.

Tjeklisten er et første bud på et koncept for *sammentolkning*. Den er beregnet til at kunne opdateres, da dette sikkert kan findes nødvendigt. Den foregiver ikke at nævne samtlige mulige eller vigtige *sammentolkninger*, men dem som projektgruppen erfaringsmæssigt har fundet relevante i forskellige kortlægningssammenhænge. Kortlægningsområder er geologisk forskellige, og derfor er det heller ikke nødvendigvis alle de nævnte *sammentolkninger* der er relevante i alle kortlægninger. Tjeklisten er bygget op over kortlægningsprocessens trin og de aktiviteter der ligger herunder, jf. Administrationsgrundlaget (BLST, 2009). *Sammentolkningen* foregår delvist på kortlægningens Trin 1 og for hovedpartens vedkommende på Trin 2.

Hvad er sammentolkning?

Sammentolkning foregår hele tiden og på flere niveauer under kortlægningsprocessen, og udgør en væsentlig del af denne.

Det vigtigste ved sammentolkninger er at man kan tage to eller flere slags data og "tænke dem sammen" og få mere viden ud af dem.

Sammentolkningen kan bidrage til en bedre forståelse af de geologiske, hydrologiske og geokemiske processer der er foregået. Sammentolkningen af flere typer data (geofysiske, geologiske, hydrauliske, geokemiske) giver det bedst mulige billede af forholdene i kortlægningsområdet. Den kan støtte ens hypotese om forholdene i et område.

Det modsatte kan også være tilfældet: Sammentolkning eller sammenstilling viser at forskellige datatyper er i modstrid med hinanden, i den forstand at den ene datatype peger på, at der er foregået processer her, som den anden datatype viser er mindre sandsynlige. Årsagerne hertil kan være mange, og udfordringen for en troværdig kortlægning består nu i at forklare og forene de tilsyneladende modsætninger.

Et simpelt eksempel kunne være at der er målt nitrat i et dybtliggende grundvandsmagasin i et område, hvor de eksisterende borer og den geologiske forståelsesmodel tyder på, at der findes betydelige dæklag af ler over magasinet. Hvis årsagen ikke er fejl i data, er det sandsynligt at forståelsesmodellen bør tænkes igennem igen, og at der mangler noget viden her. Yderligere kortlægning vil måske afsløre "huller" i dæklagene, eller at det nitratholdige grundvand strømmer fra naboområder med ringe lerdæklag ind under områder med større mægtigheder af lerdæklag.

Sammentolkning undervejs i kortlægningen kan altså støtte udpegningen af områder hvor der er brug for mere kortlægning. Dette er en nyttig information under udarbejdelsen af en strategi for den videre kortlægning (fig.1). Sammentolkning bør ideelt set under hele kortlægningsforløbet køre som en gentagen (iterativ) proces med passende ændringer hver gang der ses væsentlige forskelle mellem konkrete observationer og opstillede modeller.

Indhold

Tjekliste for sammentolkning består af 3 elementer:

1. Et flowdiagram (figur 1)
2. En tabel (tabel 1, selve Tjeklisten)
3. Faneblade (de efterfølgende sider i rapporten)

Flowdiagrammet for sammentolkning gennem kortlægningsprocessen (figur 1) knytter an til tabel 1, der er udformet som en egentlig Tjekliste for sammentolkning. Her kan brugerne se hvilke sammentolkninger der kan udføres, og afkrydse dem der er anvendt efterhånden som deres projekt skrider fremad. Som baggrund herfor findes faneblade, der begrundes, uddyber og illustrerer tjeklistens punkter. Fanebladene kan tilgås digitalt via hyperlinks i selve **Tjeklisten for sammentolkning**.

Litteratur:

BLST, 2009. Administrationsgrundlag for Miljøministeriets afgiftsfinansierede grundvandskortlægning, MIM. <http://www.naturstyrelsen.dk/NR/rdonlyres/5ECB26CC-9720-4EA2-B82E-B4BD5F07F913/90910/AdministrationsgrundlagEndelig010709.pdf>

Ditlefsen, C., Sørensen, J., Pallesen, T.M., Pedersen, D., Nielsen, O.B., Christiansen, C., Hansen, B. & Gravesen, P., 2008. Jordprøver fra grundvandsboringer. Vejledning i udtagning, beskrivelse og geologisk tolkning i feltet. Geo-vejledning 1, GEUS, 108 pp. http://gk.geus.info/xpdf/geo-vejledning_1_final.pdf

Hansen, B., Mossin, L., Ramsay, L., Thorling, L., Ernstsen, V., Jørgensen, J. & Kristensen, M., 2009. Kemisk grundvandskortlægning, Geo-vejledning 6, GEUS 2009, opdateret version 2011. <http://gk.geus.info/xpdf/kemisk-grundvandskortlaegning20110325.pdf>

Iversen, C.H., Lauritsen, L.U., Nyholm, T. & Kürstein, J., 2008. Udpegning af indvindings- og grundvandsdannende oplande (Del 1). Geo-vejledning 2, GEUS, 107 pp. http://gk.geus.info/xpdf/udpegning-af-indvindingsoplande_hjemmeside.pdf

Jørgensen, F., Kristensen, M, Højberg, A.L., Klint, K.E.S., Hansen, C., Jordt, B.E., Richardt, N. & Sandersen, P., 2008. Opstilling af geologiske modeller til grundvandsmodellering. Geo-vejledning 3, GEUS, 2008, 175 pp. http://gk.geus.info/xpdf/geovejledning-270808_low.pdf

Mielby, S., Ditlefsen, C. & Olesen, H., 2009. Potentialekortlægning. Vejledning i udarbejdelse af potentialekort. Geo-Vejledning 4. GEUS. http://gk.geus.info/xpdf/geo-vejledning_4_potentialekortlaegning.pdf

Refsgaard, J.C., Trolborg, L., Henriksen, H.J., Højberg, A.L., Møller, R.R. & Nielsen, A.M., 2010. God praksis i hydrologisk modellering. Geo-vejledning 7, GEUS, 56 pp. http://gk.geus.info/xpdf/geovejl7_god_praksis_i_hydrologisk_modellering_m_app_20100531_net.pdf

SSV-kogebogen: http://www.hgg.geo.au.dk/rapporter/SSV_rapport.pdf

Vangkilde-Pedersen, T., Mielby, S., Jakobsen, P.R., Hansen, B., Iversen, C.H. & Nielsen, A.M., 2011. Kortlægning af kalkmagasiner. Geo-vejledning 8, 108 pp. http://gk.geus.info/xpdf/geovejledning_8_kalk_final_net.pdf

Herudover henvises til andet publiceret materiale herunder geo-vejledninger, som findes på <http://gk.geus.info/grundvandskortlaegning/udgivelser/index.html>, og øvrigt materiale på Geofysiksamarbejds hjemmeside på <http://geofysiksamarbejdet.au.dk>



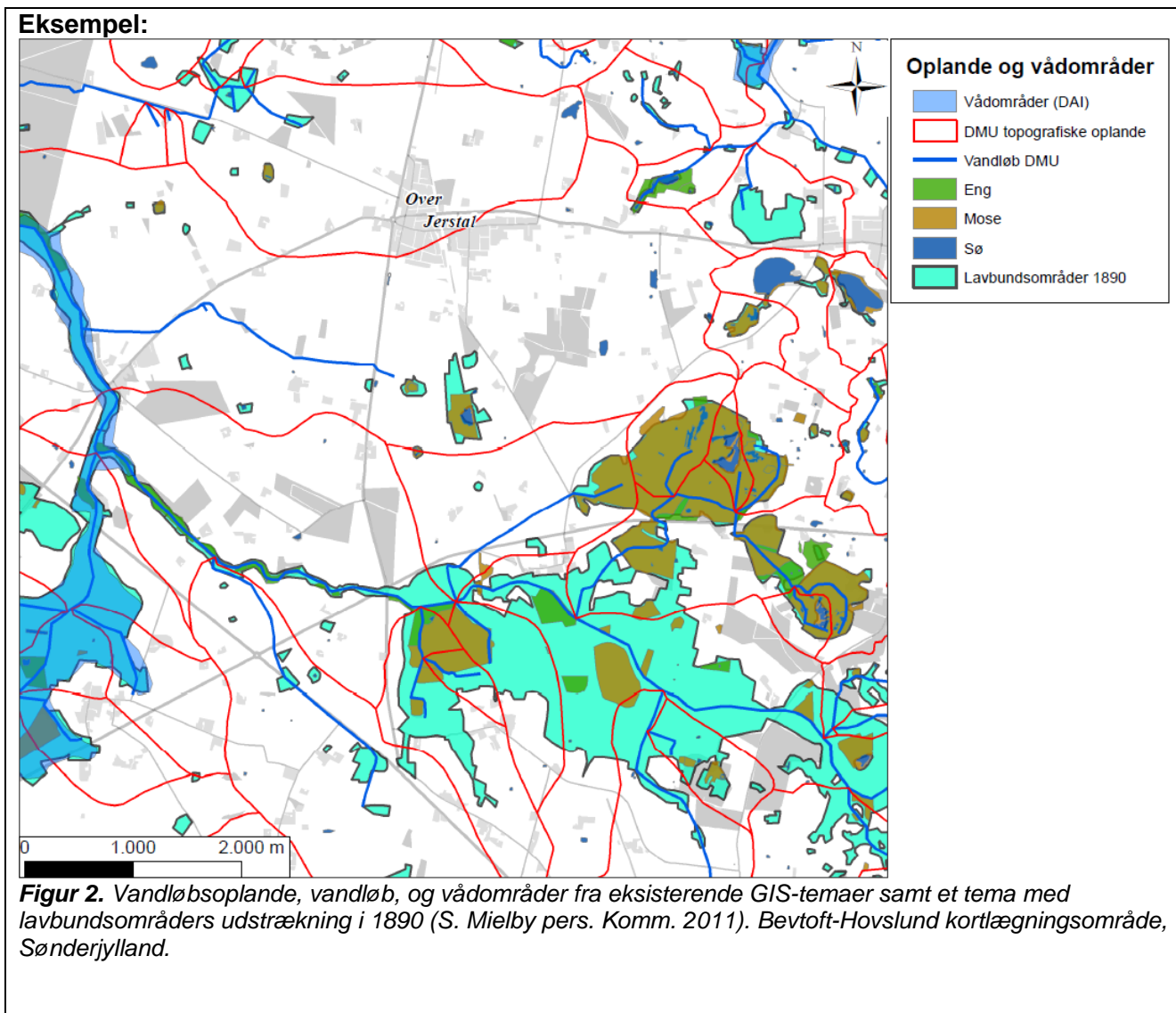
Figur 1. Flowdiagram som viser de overordnede sammentolkninger.

TJEKLISTEN	SAMMENTOLKNINGSTJEK	TJEK
Trin 1 - Sammentolkning af eksisterende data		
<i>Overblik over det hydrologiske opland</i>	Afgrænsning af oplandet	
	Kendskab til strømningsdynamik	
<i>Geologisk forståelsesmodel</i>	Sammentolkninger mellem eksisterende kortværk og landskabselementer	
	Sammenstilling og vurdering af eksisterende tolkninger, opfattelser og viden	
<i>Kemisk model på eksisterende data</i>	Sammentolkninger mellem eksisterende kemiske data og arealdata	
	Tidsserie tolket i forhold til forståelsesmodellen	
	Identifikation af problemstoffer	
<i>Kortlægningsstrategi</i>	Sammentolkning mellem overblikket over det hydrologiske opland, den kemiske model på eksisterende data og den geologiske forståelsesmodel. Udarbejdelse af kortlægningsstrategi med vurdering af behovet for nye data.	
Trin 2a - Indhentning af nye data		
Trin 2b - Sammentolkning		
<i>Geofysisk tolkning</i>	Overveje fremstilling af lertykkelseskort med SSV-metoden (geoStatistical estimation of Structural Vulnerability)	
	Udarbejdelse af 3D-resistivitetsgrids til brug for den rumlige geologiske model	
<i>Undersøgelsesboringer</i>	Sammentolkning af lithologi, geofysiske logs, pejlinger, vandkemiske og sedimentkemiske analyser, beregninger af nitratreduktionskapacitet og farvebeskrivelser på boringsniveau.	
<i>Rumlig geologisk model</i>	Sammentolkning af geologiske informationer ved brug af stratigrafiske oplysninger der giver oplysninger om dannelsesmiljøet og dannelseshistorien i modelområdet.	
	Sammentolkning af elektriske/elektromagnetiske målinger og de tilgængelige geologiske, kemiske og strukturelle informationer.	
	Sammentolkning af forskellige geofysiske metoder ved brug af forskellig visualisering f.eks. logs, enkeltsonderinger, 3D-resistivitetsgrids og seismiske profiler.	

TJEKLISTEN	SAMMENTOLKNINGSTJEK	TJEK
<i>Hydrostratigrafisk model</i>	Sammentolkning af boredata og geofysiske data med hydrauliske og grundvandskemiske data med henblik på modellering af de hydrostratigrafiske enheders rumlige udbredelse.	
	Afgrænsning af magasinerne både vertikalt og horisontalt, med relation til eksisterende grundvandsforekomster.	
	Kortlægning af dæklagenes udbredelse og beskaffenhed til udarbejdelse af magasinspecifikke lertykkelseskort.	
<i>Hydrogeokemisk model</i>	Udarbejdelse af 2D-temakort	
	Udarbejdelse af 2D-profilnit	
	3D-tolkninger for en rumlig vurdering af data	
<i>Hydrogeologiske temaer</i>	Udarbejdelse af magasin- og lagspecifikke potentialekort.	
<i>Grundvandsmodellen</i>	Tjek med forskellige kombinationer af realistiske hydrauliske parametre for at få grundvandsmodellen til at simulere målingerne (grundvandspotentialer, vandføring, grundvandet alder, oplande)	
	Undersøgelse af grundvandsdannelse, vandudveksling, grundvandetets strømningsretning og vandindvindingen.	
	Sammenstilling af de "målte" magasinspecifikke potentialekort med de simulerede magasinspecifikke potentialekort fra grundvandsmodellen.	
<i>Validering</i>	Sammentolkning af forskellige magasiners potentialekort med hinanden	
	Sammentolkning af partikelbænelde med aldre fra kemiske analyser.	

Tabel 1. Tjeklisten

Trin 1 – Sammentolkning af eksisterende data	
Overblik over det hydrologiske opland	
Formål: At skabe overblik over vandets kredsløb og de overordnede strømningsmekanismer der er styrende for grundvandsdannelsen, og den mulige transport af forurening til undergrunden i kortlægningsområdet.	Data: GIS-kort med områdets topografi, jordoverflade, kystlinjer vandløb, søer og vådområder. Ældre topografiske kort og vådområdekort. Jordbundskort m.v. suppleres med eksisterende potentialekort.
Metode: Der findes ikke en entydig måleparameter for vandets kredsløb, og viden skal opbygges ved sammentolkning. Overblik over vandets kredsløb skabes derfor successivt ved at sammentolke alle operationelt tilgængelige oplysninger i kortlægningsområdet i opstartfasen og supplere med data, efterhånden som de indsamles i forbindelse med detailkortlægningen. De topografiske kort henviser i større eller mindre grad til en størrelse vi ikke kender på nuværende tidspunkt i kortlægningen, nemlig <i>grundvandsdannelsen</i> til magasinerne, som har stor betydning for nedsivning af nitratholdigt vand til de pågældende magasiner. Områder hvor der sandsynligvis er ringe eller ingen grundvandsdannelse (og dermed en sandsynlig lav nitratnedsivning) findes, hvor der er lavbundsområder som søer, ådale og lavmoser. Af vådområdekortet fra 1890 kan man se hvordan vådområderne dengang havde en væsentlig større udbredelse end i dag (se fig. 2). Dræning har siden sænket grundvandsspejlet i de nu forhenværende dele af vådområderne. Men den forhenværende mosebund kan stadig have et betydeligt indhold af organisk materiale og dermed fortsat besidde en relativt høj nitratreduktionskapacitet. Ved opstarten af kortlægningen er der specielt behov for at afgrænse vandløbs- og grundvandsoplande for at få et billede af den overordnede dynamik. Her kan man benytte sig af parametre som er let tilgængelige, og som kan aflæses direkte ud fra GIS-temaer. <u>Afgrænsning af oplandet</u> bestemmes som regel ud fra beliggenheden af kystlinjen og vandskel, og den afgrænses i praksis ud fra områdets topografiske kort, eksisterende potentialekort (oftest primære potentialekort) og definerede vandskel. <u>Kendskab til strømningsdynamikken</u> inden for oplandet opnås ved at afgrænse områder med udstrømning, f.eks. ud fra kort med oplysning om vandløb, søer samt eksisterende og tidligere vådområder, fig. 2. Ligeledes afgrænses områder med mulighed for nedsivning. Disse er i princippet residual-mængden af udstrømningsområderne i oplandet. Der kan være forskel på nedsivningsmuligheden som reduceres, hvor der er stor terrænhældning, dræning, højmoser med tæt bund og fed jordbund. Hertil kommer viden der umiddelbart kan indhentes fra boringernes geologi og vandstand. Desuden kan studier af grundvandstilstrømningen (f.eks. ud fra medianminimum) give viden om vådområders kontakt med grundvand samt forventet op- og udstrømning af grundvand. Senere hen, når der er udført detailkortlægning, kan resultaterne herfra holdes op mod de første antagelser om den overordnede strømningsdynamik. Da der er tale om uafhængige data, er denne sammenligning vigtig som kvalitetssikring af kortlægningen. Det er vigtigt ved senere detailkortlægning, sammentolkninger og modelleringer at bibeholde det samlede overblik over vandets kredsløbsdynamik i kortlægningsområdet. Manglende sammenhæng indikerer at tolkningen enten er mangelfuld, eller at den ikke er korrekt. Divergens mellem det overordnede indtryk og detailmålinger, f.eks. i form af spring i områdernes potentiale og forskelligartede mønstre for potentialetidsserierne, kan være indikationer på manglende sammenhæng. Sammenhæng med resultaterne fra detailkortlægninger indikerer omvendt korrekt fortolkning.	



Trin 1 – Sammentolkning af eksisterende data	
Geologisk forståelsesmodel	
<p>Formål: Under kortlægningens trin 1 vil der normalt skulle opstilles en geologisk forståelsesmodel for det pågældende område. Denne har til formål at give et overblik over geologien, og hvor langt det eksisterende materiale rækker i forbindelse med opstillingen af den rumlige geologiske model senere i forløbet. Den tidligste forståelsesmodel for området er vigtig. Man skal dog passe på at den ikke "overudvikles", og forudfattede meninger slæbes med fremefter. Se geo-vejledning 3 (Jørgensen m.fl., 2008)</p>	<p>Data: Eksisterende data. Litteratur, borer i Jupiter, eksisterende kort, eksisterende kemiske analyser. Data fra tidligere geofysiske undersøgelser.</p>
<p>Metode: Der skal skabes overblik over strukturer i området ud fra kort over f.eks. landskabsudformning, forkastninger, begravede dale, osv. (fig. 3).</p> <p>Man vil som regel have et bud på den forventede lagserie i området, f.eks. fra eksisterende litteratur. Dette kan kontrolleres ved at sammenligne den forventede stratigrafi med de beskrevne borer i området. Selvom forståelsesmodellen ikke opstilles digitalt, men typisk består af beskrivelser og principskitser, kan det være nyttigt allerede på dette stadium at oprette en GeoScene3D-visualisering indeholdende terrænmodellen og borerne fra et Jupiter-udtræk for området. Hvis større dele af området samtidig er dækket af geofysiske målinger, vil det ligeledes være formålstjenligt at indlæse tolkningen af de geofysiske data i visualiseringen.</p> <p>I tilgift til det litologiske overblik kan sådan visualisering af eksisterende borer og geofysik anvendes til at få et første indtryk af magasin- og dæklagsforhold, finde indikationer på begravede dale og mulig glacialtektonik og sammenligne med landskabskort. Samtidig kan visualiseringen ofte også tydeliggøre hvor langt informationen fra eksisterende data rækker i den videre kortlægning. Med andre ord: hvad er der dækning for, og hvad antager vi?</p> <p>På baggrund af ovenstående kan der opstilles og beskrives en arbejdshypotese for områdets geologiske opbygning – den geologiske forståelsesmodel. Grafiske fremstillinger af modellen er meget velegnede til at vise den forståelse af områdets geologi man har fundet frem til.</p> <p>Der bør så vidt muligt fremstilles et eller flere principielle profiler der illustrerer områdets geologiske opbygning. Profilerne kan bygge direkte på borer: de kan f.eks. være tegnet langs eksisterende borer i GeoScene3D hvis man kan lægge et snit, der egner sig til at illustrere de overordnede geologiske forhold i området. De kan være mere skitsebaserede og være optegnet på baggrund af en sammentolkning af de informationer der er til rådighed, men uden at være direkte relateret til et "virkeligt" profil.</p> <p>Sådanne geologiske skitseprofiler har også den fordel at de kan anvendes til sammentolkning med andre typer data, f.eks. kemiske (se efterfølgende faneblade).</p>	
<p>Eksempel:</p>	
	<p>Figur 3. Sammenstilling af kort: Per Smeds landskabskort, jordtypekort, jordartskortet og et kort over prækvartæroverfladen.</p>

Trin 1 – Sammentolkning af eksisterende data

Kemisk model på eksisterende data

Formål:

Sammentolkningen skal resultere i en indledende forståelse for grundvandsmagasinerne kemiske tilstand, identifikation af behovet for nye kemiske data og identifikation af problemstoffer i undersøgelsesområdet.
Se geo-vejledning 6 (Hansen m.fl., 2009).

Data:

Den opstillede geologiske forståelsesmodel
De eksisterende grundvandskemiske og sedimentkemiske data.
GIS-temaer for arealdata (landsskabskort, kendte forureningskilder, N-belastning, pesticidforbrug etc.)

Metode:

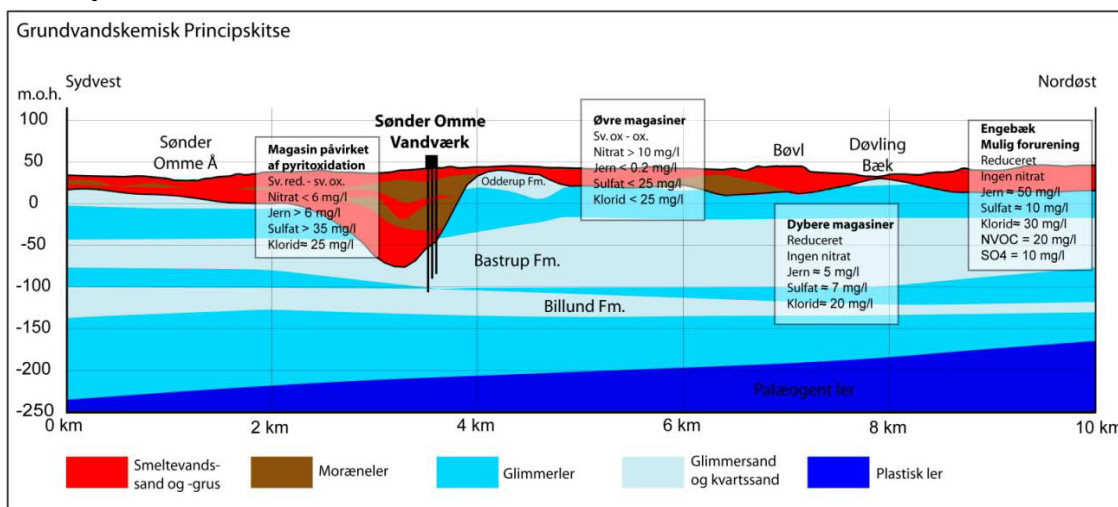
Den geologiske forståelsesmodel beskriver den overordnede hydrogeologiske opbygning af et område. Modellen kan have større eller mindre detaljeringsgrad. Opgaven består i at relatere de eksisterende grundvandskemiske data til den geologiske ramme som modellen udlægger. Det er nyttigt at foretage følgende sammentolkninger:

1. Sammentolkning af eksisterende kemiske data og areal-data f.eks. mht. nitrat
2. Vandværkernes råvandskemi og hydrogeologien: tidsserier tolket i forhold til forståelsesmodellens beskrivelse af indvindingsmagasiner og dæklag
3. Den kemiske datatæthed set i forhold til kompleksiteten af forståelsesmodellen: vurdering af, hvad der er brug for af nye kemiske data
4. Identifikation af problemstoffer: temakort med relevante kemiske data. Beskrivelse af hvad der er af problemstoffer i hvilke dybder, og hvordan det ses i lyset af forståelsesmodellens billede af mulig eksistens og adgangsveje for disse stoffer.

Hvordan sammentolkning på dette niveau i kortlægningen udføres, afhænger meget af hvordan den geologiske forståelsesmodel er beskrevet og illustreret. Hvis den geologiske forståelsesmodel er meget enkel, må man illustrere de kemiske data med tidsserier og temakort, og så vurdere dem i forhold til forståelsesmodellen i en skriftlig tolkningsredegørelse. Som regel vil forståelsesmodellen dog indeholde et eller flere principielle skitseprofiler som man kan relatere de kemiske data til. Figur 4 viser et eksempel herpå.

Sammentolkningerne under punkt 2. og 3. i afsnittet ovenfor er nødvendige for at få et indtryk af den kemiske udvikling/tilstand af grundvandet i vandværkernes indvindingsoplande og finde ud af hvordan man kommer videre i kortlægningen. Punkt 4. er dels mere selvindlysende (hvad er der af problemstoffer i området?) og kan dels være vanskelig at udføre med et godt resultat, da forståelsesmodellen kan være meget enkel og de eksisterende vandanalyser utilstrækkelige til at belyse problemet ordentligt – et eksempel på sidstnævnte er de ofte sparsomt forekommende analyser for miljøfremmede stoffer.

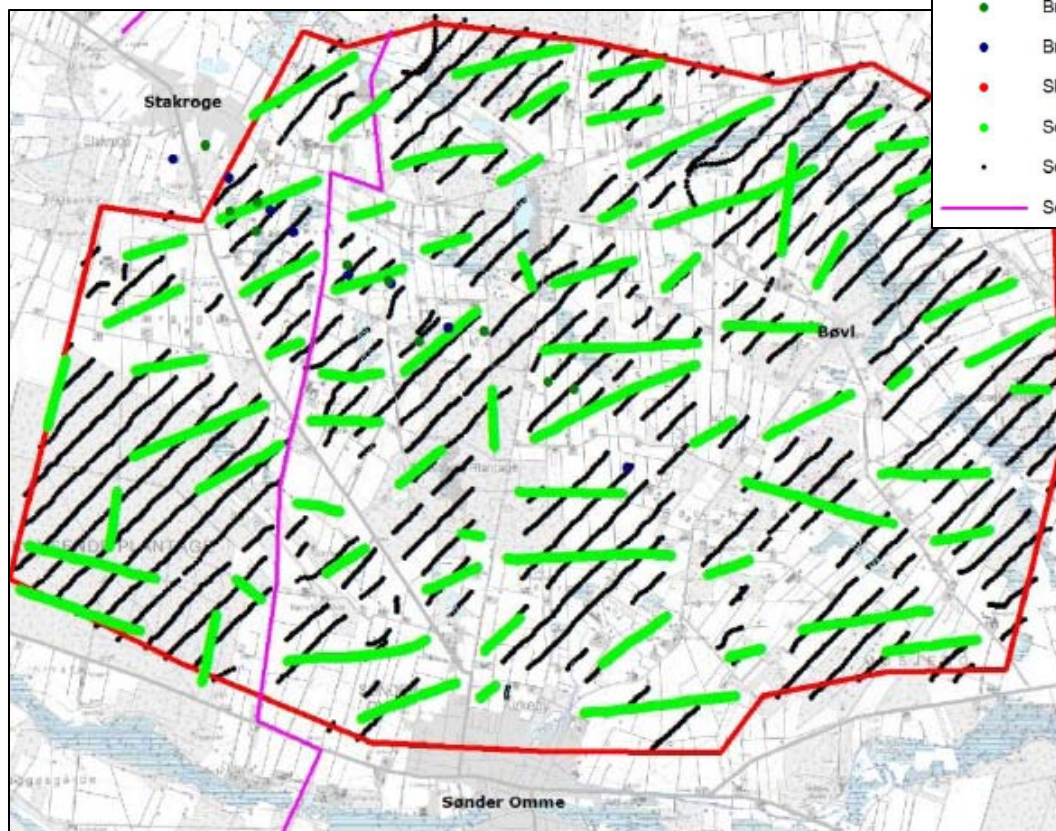
Eksempel:



Figur 4. Sammentolkning af geologisk principskitse fra forståelsesmodellen med eksisterende grundvandskemiske data. Fra Trin 1-rapport, Kortlægningsområde Sdr. Omme, Rambøll 2011.

Trin 1 – Sammentolkning af eksisterende data	
Kortlægningsstrategi	
<p>Formål: Gennemgangen af eksisterende data under trin 1 skal afsluttes med en vurdering af behovet for indsamling af supplerende data under grundvandskortlægningen i forhold til de identificerede problemstillinger i området og den eksisterende datatæthed. Vurderingen af behovet for nye data beskrives ved udarbejdelse af en kortlægningsstrategi. Se Geo-vejledningerne for nærmere beskrivelse.</p>	<p>Data: Alle tilgængelige og relevante data, der er brugt under trin 1 kortlægningen.</p>
<p>Metode: De supplerende data som kan indsamles inkluderer:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Geofysiske målinger • Etablering af nye undersøgelsesboringer med generering af geofysiske, geologiske og vand- og sedimentkemiske data • Vandkemiske og geokemiske målinger i eksisterende boringer • Pejlinger • Prøvepumpning <p>Ved starten af kortlægningsforløbet skal der på baggrund af analyserne under trin 1 udvælges geofysiske metoder som er egnede til at give oplysninger om geologien. Samtidig er det vigtigt at overveje hvilken skala eller detaljeringsgrad, der er optimal for kortlægningsområdet.</p> <p>Ved udvælgelsen af relevante geofysiske metoder er det vigtigt at lægge vægt på aspekter såsom formål, metodemuligheder, arealdækning, detaljeringsgrad og øvrig information i området.</p> <p>Der kan være god grund til at gøre brug af flere forskellige geofysiske metoder som hver især kan bidrage med forskelligartede, men lige relevante informationer. Fig. 5 eksemplificerer anvendelsen af flere metoder i et område over flere "generationer".</p> <p>Elektriske metoder (PACES, MEP) og elektromagnetiske metoder (TEM, SkyTEM) er hvad man kunne kalde fladedækkende metoder. De benyttes til at opnå en tilstrækkelig og nogenlunde ensartet data- og informationstæthed i et kortlægningsområde, hvilket undersøgelsesboringer alene sjældent kan gøre inden for overkommelige tidsrammer og budgetter.</p> <p>Fladedækkende geofysik giver først og fremmest strukturelt overblik og binder informationer fra spredtliggende boringer sammen. Fladedækkende geofysik er en væsentlig forudsætning for at der kan gennemføres beregninger af intervalbaserede lerdæklagstykkelser i et område ved hjælp af SSV-modulet i Aarhus Workbench.</p> <p>Linjebaseret geofysik (Seismik) og punktbaseret geofysik (MRS, geofysiske logs) bidrager med andre meget væsentlige informationer, såsom yderligere identifikation af lag, aflejringsmæssige strukturer, lerindhold og vandindhold etc.</p> <p>Det er vigtigt at understrege at fordi de geofysiske informationer er baseret på tolkning af måledata, som involverer større eller mindre jordvolumener, og som medfører en vis midling, må der i sammentolkningen mellem geofysik- og boringsinformationer tages højde for forskellene i detaljeringsgrad og datatæthed mellem de to typer data.</p> <p>De geofysiske parametre for en bjergart er bl.a. afhængige af vandindhold, porøsitet og lerindhold.</p> <p>For de elektriske og elektromagnetiske metoders vedkommende spiller grundvandets kemi (ledningsevnen i porevæsken) også en væsentlig rolle for formationens modstand, og her er det specielt vigtigt at sammenholde boringernes geologi med de målte ledningsevner på vandet for at få en fornuftig vurdering af, hvilke resistivitetskontraster og – niveauer man kan forvente i forbindelse med den geologiske tolkning af de geofysiske data.</p>	

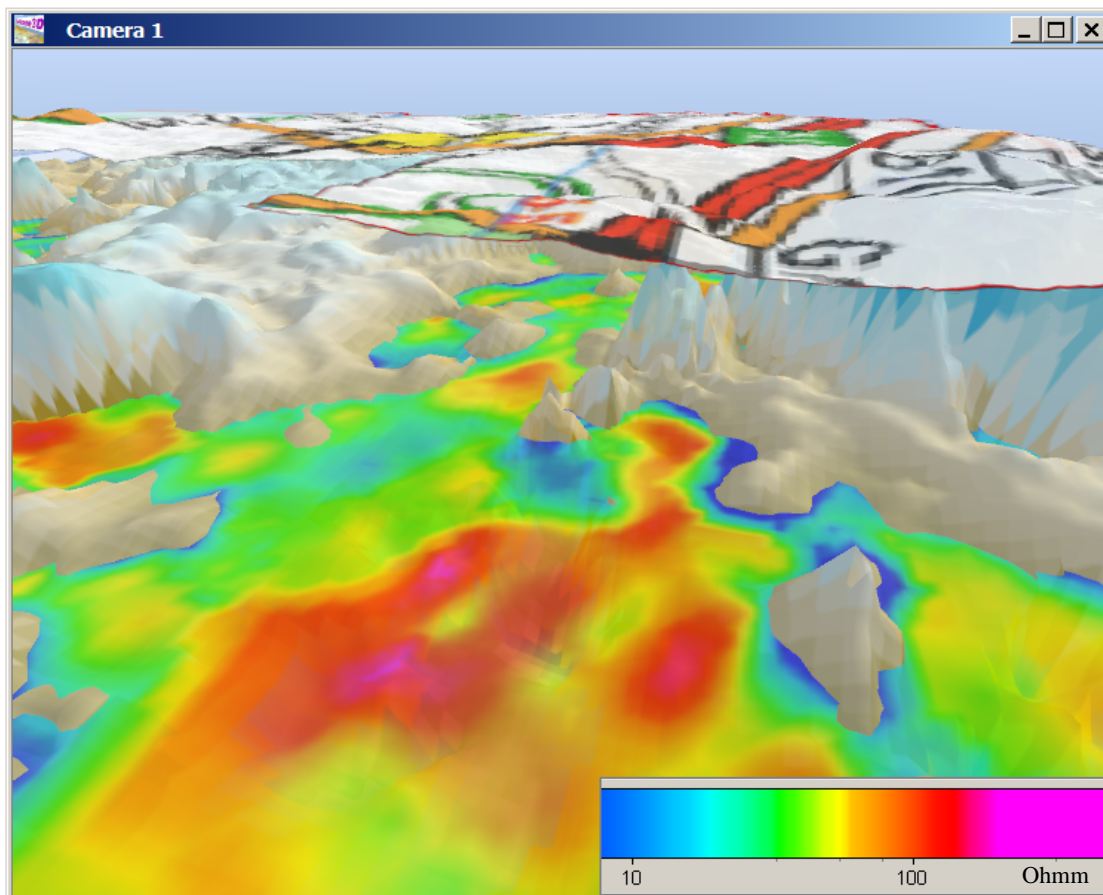
Eksempel:



Figur 5. Geofysiske kortlægninger i Sdr. Omme kortlægningsområde, Midtjylland.

Trin 2b – Sammentolkning	
Geofysisk tolkning	
<p>Formål: Efter den detaljerede fladekortlægning er der behov for at tolke geofysikken. Normalt udføres først en metodespecifik geofysik tolkning (f.eks. i form af 1-dimensionale lagdelte modeller ved elektriske-/elektromagnetiske målinger). På dette stadi foregår der endnu ikke nogen sammentolkning, fordi den enkelte metode skal have mulighed for at vise egen optimale tolkning uden sammenblanding med andre data som ville kunne skævvride det samlede resultat, hvis data ikke opløser de samme strukturer.</p> <p>Efter det første trin, når man kender resultatet af de indledende tolkninger, vil det normalt være relevant også at sammentolke de geofysiske flademålinger med de geologiske informationer med henblik på at nå frem til en geologisk sandsynlig model.</p> <p>Se publiceret materiale på http://gk.geus.info/grundvandskortlaegning/udgivelser/index.html, http://geofysiksamarbejdet.au.dk og SSV-kogebogen: http://www.hgg.geo.au.dk/rapporter/SSV_rapport.pdf</p>	<p>Data: Geofysiske data Data fra boringer</p>
<p>Metode: De forskellige geofysiske metoder supplerer oftest hinanden og kan da i vidt omfang også indgå i integrerede tolkninger. Geofysikken sammentolkes desuden med geologi fra boringer og logs i en efterfølgende proces.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Man kan tolke de målte geofysiske værdier i form af flerlagsmodeller (1D eller 2D) der indeholder viden om bedst tilpassede formationsegenskaber og –dybde for de enkelte lag i modellen, og herefter kan sammentolkning med geologien i områdets boringer udføres. • Man kan integrere information fra områdets boringer (constraints) i forbindelse med inversionen af de geofysiske målinger til flerlagsmodeller som beskriver bedst tilpassede egenskaber og –dybder for modellens lag. • Sammentolkningen af geofysiske og geologiske data i forbindelse med fremstilling af lertykkelseskort ved brugen af SSV-metoden er et eksempel på yderligere udbygning af sammentolkningen mellem boringsoplysninger og elektriske-/elektromagnetiske målinger. SSV står for geoStatistical estimation of Structural Vulnerability. Dette Aarhus Workbench-modul kan også bruges til beregning af f.eks. den samlede tykkelse af sandlag i et vist dybdeinterval, koteinterval eller mellem definerede gridflader. • Den slutgyldige sammentolkning mellem de forskellige kortlægningsdata foregår sædvanligvis i forbindelse med opstillingen af kortlægningsområdets rumlige geologiske model, hvilket efterhånden sker ved brug af 3D digitale modelleringsværktøjer. I denne sammenhæng bidrager geofysiske data ofte signifikant til informationstætheden i det 3-dimensionale modelrum (se Geovejledning 3 (Jørgensen m.fl., 2008) og senere faneblade). <p>Nogle typer geofysiske data/tolkninger kan med fordel visualiseres i form af 3D-resistivitetsgrids for at få alle de geofysiske data, som f.eks. SkyTEM-sonderinger, i spil i den geologiske tolkning, uden at det er for tidskrævende, fordi man skal studere hver enkelt sonderingstolkning. Grids kan så eventuelt vises sammen med enkeltsonderingerne, når tolkninger i specifikke målepunkter skal nærstudies (fig. 6).</p>	

Eksempel:



Figur 6. Denne 3-dimensionale illustration stammer fra GeoScene3D. Baggrundstemaerne i illustrationen er koten for den gode leder (den grå-blå og bakkede flade). Et udsnit af et topografisk kort er draperet ud over terrænoverfladen (ses øverst). Endelig er figurens hovedtema middelresistiviteten for koteintervallet -100 til -90 baseret på SkyTEM-målinger i området, jf. farveskala. Tilsvarende middelresistiviteter beregnes normalt for koteintervaller helt fra terræn ned til den dybde, som er relevant i forhold til den aktuelle kortlægningsdybde, ligesom der tilsvarende kan laves et 3-dimensionalt resistivetsgrid. På den aktuelle figur kigger man fra nordøst ind under terræn, hvor der ses en langstrakt fordybning i leroverfladen (koten for den gode leder). Det er tydeligt, at der nærmest betragteren er nogle høje resistiviteter i det viste koteinterval mellem -100 og -90, her en indikation på forekomsten af sandede aflejringer i denne dybde. Sammentolkning med boringsoplysninger og øvrige oplysninger indgår i det videre arbejde i GeoScene3D.

Trin 2b – Sammentolkning

Undersøgelingsboringer

Formål:

Formålet med udførelse af nye undersøgelingsboringer er at øge den generelle datatæthed i kortlægningsområdet samt opnå lokal detaljeret forståelse for de hydrogeologiske og hydrogeokemiske forhold. Data fra nye undersøgelingsboringer er også vigtige i forhold til tolkning af geofysiske målinger. Se Geo-vejledning 1 (Ditlefsen m.fl., 2008) og 6 (Hansen m.fl., 2009).

Data:

- Lithologiske bestemmelser
- Geofysiske logs
- Pejlinger
- Vandkemiske analyser
- Sedimentkemiske analyser
- Nitratreduktionskapacitet
- Farvebeskrivelser#

Metode:

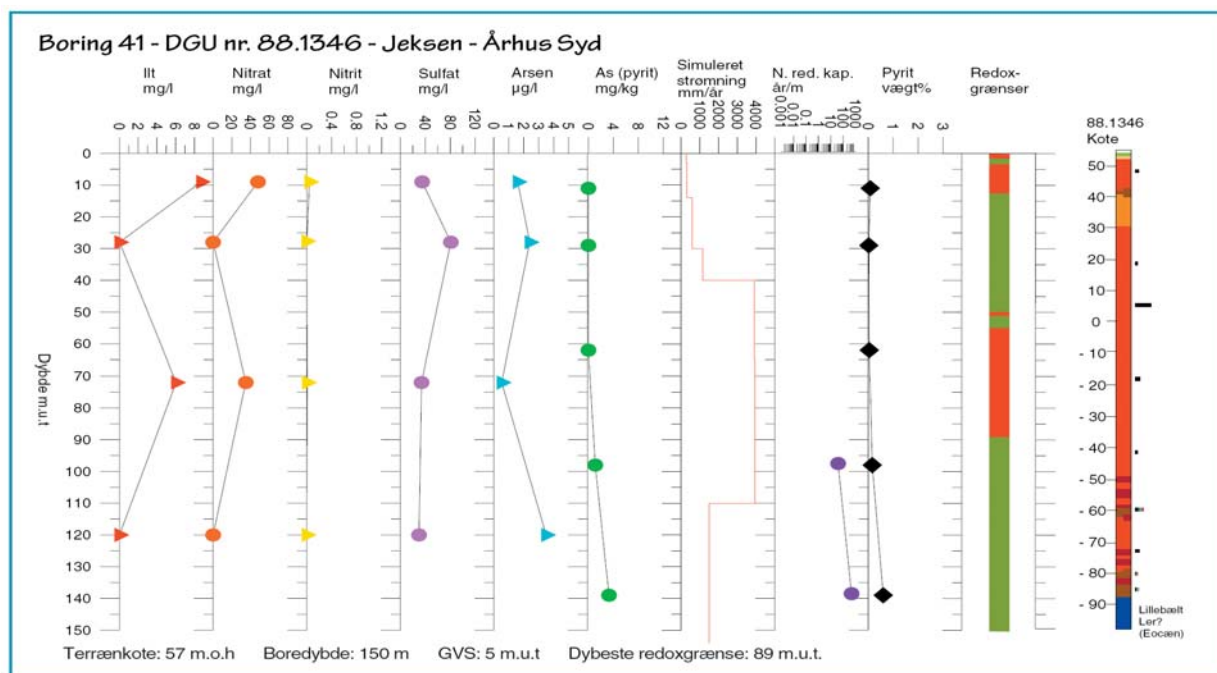
Udførelse af undersøgelingsboringer kan foretages med en række forskellige boremetoder som på forskellig vis honorerer de kvalitetskrav som stilles i forhold til de datatyper, der ønskes indsamlet.

Geo-vejledning 1 (Ditlefsen m.fl., 2008) beskriver hvorledes jordprøver skal udtages, beskrives og tolkes i felten. I Geo-vejledning 6 beskrives hvilket boretyper der kan anvendes i forhold til indsamling af vand- og sedimentkemiske data.

De indsamlede data fra de nye undersøgelingsboringer indeholder ofte den mest detaljerede viden på lokal skala i kortlægningsområdet. Det er vigtigt at udnytte informationerne i de indsamlede data fuldt ud ved sammentolkning af data.

Sammentolkning af data fra nye undersøgelingsboringer kan foregå ved optegning af 1D-profil, f.eks. ved hjælp af software-programmet Grapher, hvor dybden (m.u.t.) tegnes på y-aksen, og de forskellige data tegnes successivt på x-aksen (fig. 7).

Eksempel:



Figur 7. Data og tolkede redoxgrænser fra undersøgelsesboring på 1D-profil.

Trin 2b – Sammentolkning

Rumlig geologisk model

Formål:

Den rumlige geologiske model repræsenterer undergrundens fysiske opbygning og beskriver geologien ud fra dannelseshistorie og -processer. Modellen er baseret på den geologiske forståelsesmodel samt en detaljeret geologisk sammentolkning af alle tilgængelige data. Den rumlige geologiske model skal udarbejdes som basis for videreudbygning af den hydrostratigrafiske model.

Se Geo-vejledning 3 (Jørgensen m.fl., 2008).

Data:

- Eksisterende data
- Nye kortlægningsdata:
- Geologi
- Geofysik
- Kemi
- Andet#

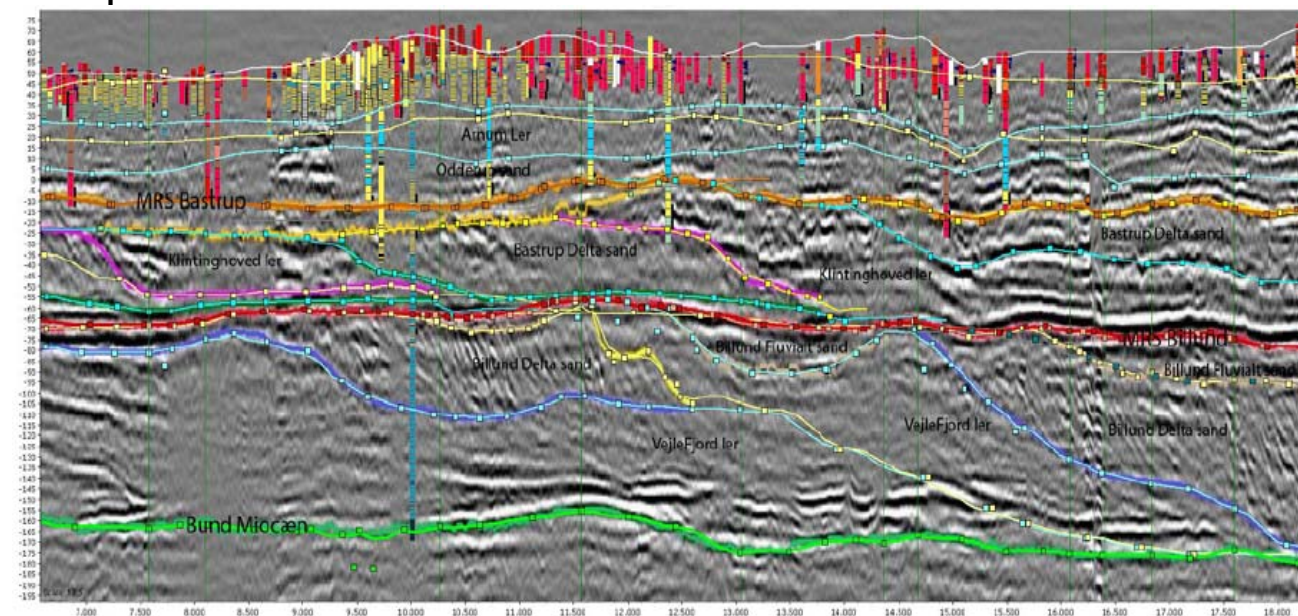
Metode:

Data skal sorteres, prioriteres og struktureres, så der først anvendes de datatyper der er særlig gode til at opløse geologien i det konkrete kortlægningsområde. Modellskelettet opbygges især ved sammentolkning af geologiske og (tolkede) geofysiske data (herunder SSV). Derefter bygges der videre med de øvrige data f.eks. ved sammentolkning af sedimenters modstandsniveau og grundvandets kemiske ledningsevne. Den rumlige geologiske model opstilles som en digital model hvor de forskellige datatyper lægges ind i modelrummet og (sammen)tolkes, se eksempel fig. 8.

Ved en rumlig geologisk model er det vigtigt at bruge stratigrafiske oplysninger. Som supplement til boringsbeskrivelser giver de oplysninger om dannelsesmiljøer, så modellen ikke bare bliver en opdeling i sandede og lerede aflejringer. Viden om et områdes dannelse giver indsigt i hvilke geologiske processer der sandsynligvis er foregået, hvilke sedimentære miljøer der er mulige, og hvilke aflejringstyper man kan forvente at finde. Dette bidrager til at undgå fejltolkninger i modellen, og udgør derfor en kvalitetssikring af denne.

Sammentolkning og vurdering af den geologiske lagfølges beskaffenhed (jordarter og kornstørrelser) samt oplysninger om sprækker i leret, landskabsformer og tektonisk aktivitet er vigtige, og bør være oplysninger der kan findes i den rumlige geologiske model. Modellen skal senere bidrage til at man i den hydrostratigrafiske model kan klassificere det enkelte grundvandsmagasin med hensyn til magasinbjergart, og f.eks. vurdere dæklagenes kapacitet med hensyn til at omsætte nitrat.

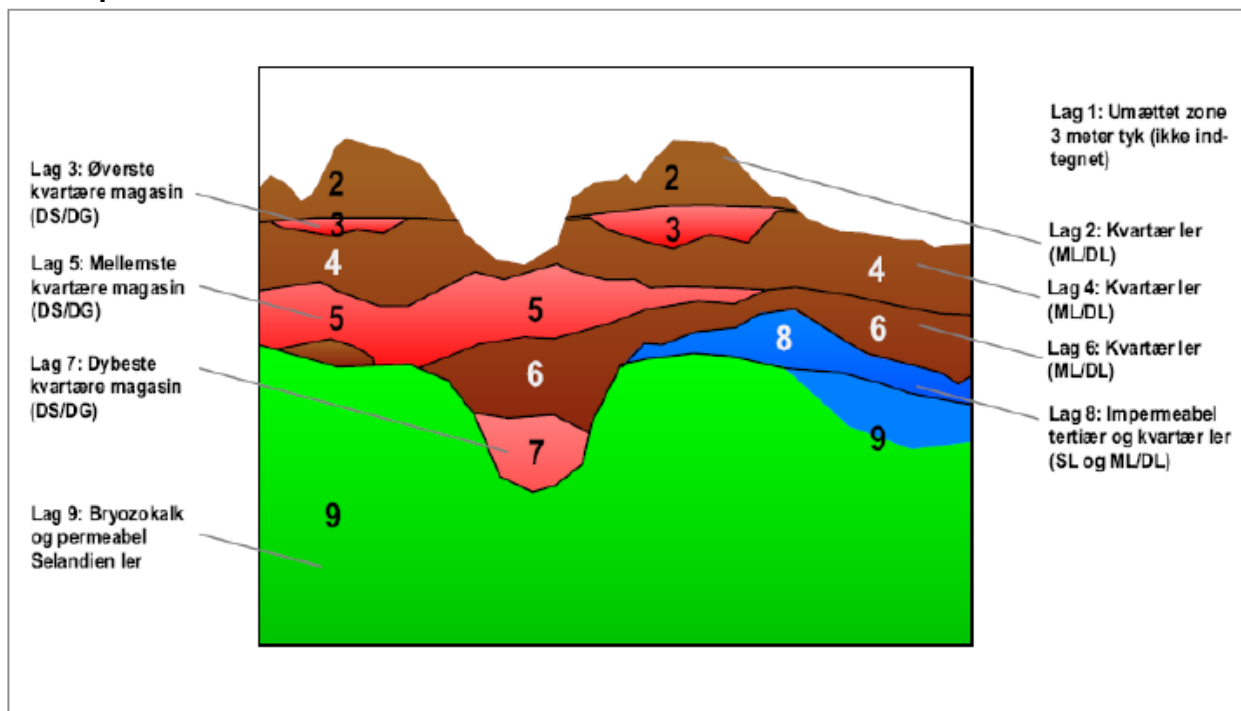
Eksempel:



Figur 8. Sammentolkning af seismik og boringer i den rumlige geologiske model (Miocæn 3D)

Trin 2b – Sammentolkning	
Hydrostratigrafisk model	
<p>Formål: Modellen repræsenterer og beskriver de hydrostratigrafiske enheder ud fra hydrauliske egenskaber og består af grundvandsmagasiner (aquiferer) og mellemliggende mindre hydraulisk ledende lag (aquitarder).</p> <p>Magasinafgrænsningerne bruges til beregning af dæklagstykkelser og ved potentialekortlægning. Magasinerne anvendes ved opbygning og fortolkning af potentialekort.</p> <p>Dæklagene over grundvandsmagasinerne bruges til at vurdere nitratsårbarheden af grundvandsmagasinerne og udpege nitratfølsomme indvindingsområder, og skal derfor have en detaljeringsgrad således at information om både tykkelse, udbredelse og beskaffenhed kan udtrages.</p> <p>Se Geo-vejledning 3 (Jørgensen m.fl., 2008).</p>	<p>Data: Den rumlige geologiske model De data (der f.eks. kan være kemiske og hydrologiske data), som ikke har været anvendt i opstillingen af den rumlige geologiske model.</p>
<p>Metode: De hydrostratigrafiske enheder skal bl.a. opbygges ud fra hydrologiske data som fortæller noget om, hvordan grundvandet strømmer i jordlagene. Dvs. at resultater fra pejlinger og prøvepumpninger skal være med til at styre tolkningen. Det skal sikres at indtag med væsentlig grundvandsindvinding relateres til hydrostratigrafiske magasinenheder.</p> <p>Forskellige kemiske parametre eller beregnede værdier såsom vandtype, forvitningsgrad og ionbytningsgrad samt nitratreduktionskapacitet af sedimentet i borerne anvendes for at se sammenhænge mellem magasinlag. Nitratfølsomt vand i dybtliggende lag kan f.eks. skyldes nedsivning gennem overliggende lag ved hydrogeologiske vinduer i dæklagene (sandvinduer).</p> <p>Alle nye data fra kortlægningen skal sammentolkes med eksisterende kort og data i den hydrostratigrafiske model, medmindre der er foretaget dele af sammentolkningen i en rumlig geologisk model. Sammenstillingen kræver stor indsigt i de forskellige datatyper. Det er derfor en fordel hvis data gennemtolkes i et samarbejde mellem geologen, geofysikeren, kemikeren og hydrogeologen, før de leveres i en tolket version til modelløren.</p> <p>Magasinafgrænsning (se figur 9) og udarbejdelse af dæklagskort bør foretages i forbindelse med opstilling af den hydrostratigrafiske model, da alle data og den nødvendige information er i spil på det tidspunkt.</p> <p>Et grundvandsmagasin kan typisk udgøres af en lokal linse, et større afgrænset magasin, en del af et stort magasin, eller et kompleks af mindre magasiner med hydraulisk sammenhæng. Afgrænsninger af grundvandsmagasiner kan forekomme inden for en geologisk formation, hvis denne er opdelt pga. eksempelvis tektonik (hydraulisk barriere) og større betydende vandskel. <u>Afgrænsningen af grundvandsmagasiner</u> foretages efter vurdering af permeabilitet, og om der er en intern hydraulisk sammenhæng, der f.eks. kan vises af de enkelte boreres potentiale eller kemi. Resultatet af magasinafgrænsningen og magasinernes indbyrdes sammenhæng skal være i overensstemmelse med beliggenheden af lagene i den hydrostratigrafiske model.</p> <p>Dæklagenes beskyttende effekt over for nitrat afhænger ikke kun af deres tykkelse og udbredelse, men også af deres iboende kemiske og fysiske egenskaber. Oxidationsgraden af dæklagene bør vurderes ved at inddrage oplysninger om f.eks. sprækker, nitratindholdet i grundvandet, redoxfrontens dybde og dæklagenes nitratreduktionskapacitet, hvis sådanne data forefindes.</p>	

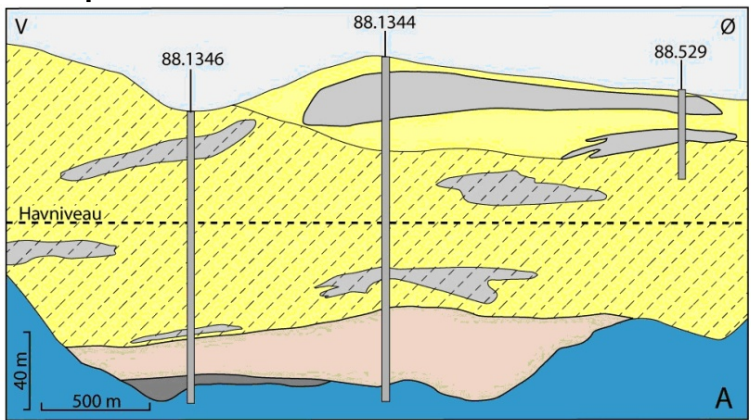
Eksempel:



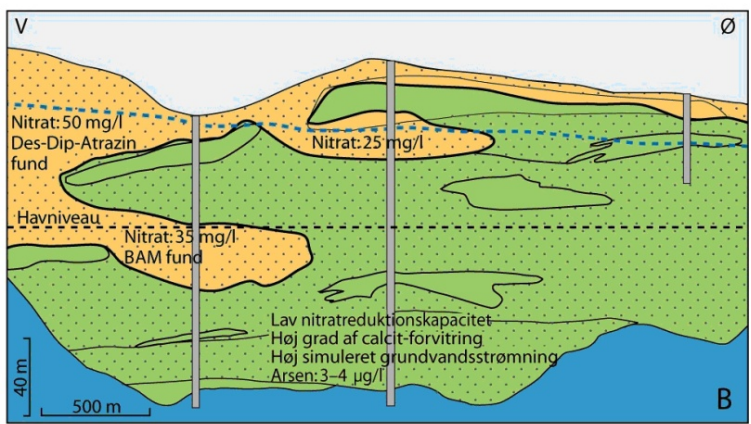
Figur 9. Profil fra Nyborg der viser magasiner og deres lagtilknytning i den lokale model.

Trin 2b – Sammentolkning	
Hydrogeokemisk model	
<p>Formål: Formålet med opstilling af den hydrogeokemiske model er, på baggrund af samtlige geokemiske data, at skabe en samlet forståelse for hydrogeokemien i kortlægningsområdet på et tilstrækkeligt fagligt detaljeringsniveau for grundvandskortlægningen. Modellen udgøres af en syntese af alle de geokemiske resultater tolket i forhold til områdets geologiske og hydrologiske forhold. Se geo-vejledning 6 (Hansen m.fl., 2009) og 8 (Vangkilde-Pedersen m.fl., 2011).</p>	<p>Data: Kemiske nøgleparametre udvælges i forhold til de identificerede problemstillinger i kortlægningsområdet (f.eks. vandtype, pesticidfund, As, Cl, sulfat, nitrat). Nitrat-reduktionskapacitet ved sedimentkemiske data. Nitratfronten ud fra farvebeskrivelser af jordlagene. Kalkfronten, kalkindhold hvis SESAM undersøgelser findes, Saltvandsgrænsen Laggrænser fra den hydrostratigrafiske model</p>
<p>Metode: Den hydrogeokemiske model bør ideelt set opstilles samtidig med den hydrostratigrafiske model, da de gensidig bruger hinandens tolkninger. Det bør foregå som en iterativ proces. Den hydrostratigrafiske model beskriver den overordnede hydrogeologiske opbygning af området. Ved opstilling af den hydrogeokemiske model relateres grundvandskemiske og sedimentkemiske data til den overordnede hydrogeologiske opbygning af kortlægningsområdet. Følgende sammentolkninger er nyttige at lave:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Udarbejdelse af 2D-temakort <ul style="list-style-type: none"> - Vurdering af nitratsårbarhed og geologisk heterogenitet (illustration af nitratfront, lerdæklagstykkelse, geologiske strukturer, vekslende redoxforhold etc.) - Vurdering af beliggenheden af kalkmagasiner (klorid, kalk i borerer etc.) - Vurdering af kilder til klorid (ionbytning, Na/Cl-forholdet, Cl/Br-forholdet, dybden til filteret, kloridkoncentrationer etc.) 2. Udarbejdelse af 2D-profilnsnit 2D-profilnsnit kan produceres i GeoScene3D. Ofte vil det være en fordel at begynde med at optegne profilnsnittene i hånden da tolkningen af placeringen af laggrænser og fronter og optegningen bedst foretages manuelt. I det viste eksempel (se fig. 10) er nitratfrontens beliggenhed f.eks. tolket til at være sammenfaldende med overkanten af dæklagene. Selve sammentolkningen, med tolkningen af laggrænser og fronter, foretages i en iterativ proces hvor informationer i alle relevante data inddrages. Ofte kan det være nødvendig at forkaste de indledende konceptuelle modeller. Samtidig skal der findes et passende niveau af generalisering og detaljering i forhold til heterogeniteten af de hydrogeokemiske forhold. 3. 3D-tolkning 3D-tolkning foretages i GeoScene3D. Selve sammentolkningen, med tolkningen af laggrænser og fronter, foretages i en iterativ proces hvor informationer i alle relevante data inddrages. Data med tilknyttede X-, Y- og Z-koordinater placeres visuelt både i X-, Y-planen og i Z-planen. Derved opnås reelle opfattelser af både proportioner og beliggenhed af de visualiserede elementer i modelrummet. 	

Eksempel:



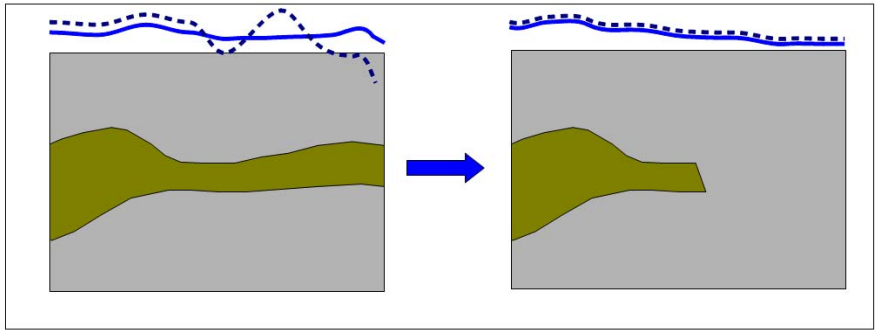
- | | | |
|---|--|------------------------------|
| Sandede aflejringer (Saale/Mellem-Weichsel) | Sandede aflejringer (Elster/Saale/Mellem-Weichsel) | Sandede aflejringer (Elster) |
| Lerede aflejringer (Saale/Mellem-Weichsel) | Lerede aflejringer (Elster/Saale/Mellem-Weichsel) | Lerede aflejringer (Elster) |
| | | Eocæn ler |



- | | | |
|----------------|------------------------------|-----------------|
| Iltede lag | Kvartære sandede aflejringer | Nitratfronten |
| Reducerede lag | Kvartære lerede aflejringer | Grundvandsspejl |
| Eocæn ler | | |

Figur 10. Sammentolkning af geologiske og kemiske oplysninger i 2D-profilsnit.

Trin 2b - sammentolkning	
Hydrogeologiske temaer - potentialekort	
<p>Formål: I den nationale grundvandskortlægning er det relevant at arbejde med magasinspecifikke potentialekort og lagspecifikke potentialekort fordi de giver et billede af det aktuelle potentiale. Disse er desuden fysisk sammenlignelige med den hydrostratigrafiske model og således at sammenligne med resultatet af potentialeberegningerne fra relevante scenarier i den hydrologiske model. Se geo-vejledning 4 (Mielby m.fl., 2009).</p>	<p>Data: Grundvandsmagasinerne afgrænsning sammentolkes med boringernes vandstand ved optegning af potentialekortet.</p>
<p>Metode: De hydrogeologiske temaer bør ideelt set udarbejdes samtidig med den hydrostratigrafiske model da de gensidig bruger hinandens tolkninger. Det bør foregå som en iterativ proces. Et potentialekort er en kortlægning af vandstanden inden for et nærmere valgt område. Et potentialekort opbygges ud fra udvalgte pejlinger suppleret med viden om grundvandsmagasiner og en række randbetingelser. Det er ikke lige meget hvordan man forbinder potentialet mellem boringerne i de forskellige magasiner.</p> <p>Hvis et grundvandspotentiale har rigtig lang tid til at opbygges og indstille sig, så vil potentialet efterhånden indstille sig på ligevægtstilstanden mellem nettonedbør, oplandsgeologi og afstrømning. Potentialekort for de primære indvindingsmagasiner afspejler vandstanden i de vigtigste større indvindingsmagasiner, og vil ofte afspejle ligevægtstilstanden over mange år.</p> <p>Da den direkte strømning foregår inden for samme grundvandsmagasin, er sammentolkning med magasinets udbredelse vigtig for vurderingen af en mulig strømningsretning i tilfælde af menneskeskabt forurening og indvinding af grundvand.</p> <p>Grundvandsmagasinerne afgrænsning sammentolkes med boringernes vandstand ved optegning af potentialekortet.</p> <p>Indledningsvis sammentolkes vandstanden og magasinerne således at pejledataene afspejler samme situation (årstid, tidsperiode, magasin, magasinlag mv.) og de bedste data. Herefter sammentolkes der for hvert potentialekort med oplysningerne (støttepunkter) om frit vandspejl ved søer, hav og vandløb.</p> <p>Ved den efterfølgende brug af potentialekortlægningen er det ligeledes vigtigt at sammentolke med magasinernes beliggenhed.</p> <p>Man bør sikre sig at der er dataoverensstemmelse mellem de indmålte pejlepunkter og boringer, for at der bliver dataoverensstemmelse mellem alle efterfølgende sammentolkninger af geologi og vandstand, og også den geologiske og hydrologiske modellering. Derfor er kvalitetssikring af indrapportering, lokalisering og beskrivelse af boringsindretningen og dermed sammenhængen mellem indmåling og pejledata overordentlig vigtig.</p> <p>Det er vigtigt at huske at vandstanden i en pejleserie kan have store udsving og være afhængig af årstid og oppumpning. Grundvandets strømningsretning er her afhængig af vandstanden og udstrømningsmulighederne ud over/langs grundvandsmagasinerne rand.</p> <p>Ændringer i pejletidsserier kan afspejle fejl i data, ændring i indvinding og ændring i magasin-specifikke forhold.</p>	

Trin 2b - sammentolkning	
Grundvandsmodel	
<p>Formål:</p> <p>a) En grundvandsmodel skal opfylde forskellige kvalitative og kvantitative kalibreringsmål for at være anvendelig. Under kalibreringen tjekker man grundvandsmodellsimuleringerne op mod de kvantitative og kvalitative kalibreringsmål.</p> <p>b) Grundvandsmodellen skal kunne simulere grundvandsstrømningsmønstret (retning og gradient) indenfor en acceptabel usikkerhed.</p> <p>Se geo-vejledning 2 (Iversen m.fl., 2008) og 7 (Refsgaard m.fl., 2010),</p>	<p>Data:</p> <p>Hydrostratigrafiske model Magasinspecifikke potentialekort</p>
<p>Metode:</p> <p>a) Under kalibreringen af en grundvandsmodel bør man efterse og eventuelt korrigere de geologiske modeller (den rumlige og den hydrostratigrafiske model), når man efter mange forsøg med forskellige kombinationer af realistiske hydrauliske parametre stadig ikke kan få grundvandsmodellen til at simulere målingerne (grundvandspotentialer, vandføringer, grundvandets alder, oplande) inden for den usikkerhed, man kan acceptere.</p> <p>Sammentolkningen foregår ved at man laver realistiske strukturelle ændringer i den hydrostratigrafiske model. Med strukturelle ændringer menes drastiske hydrauliske ændringer, som f.eks. at man ændrer en oprindelig tolkning fra ler til sand eller omvendt i et begrænset volumen af modellen, fig. 11. Det er hurtigst at foretage disse ændringer ved at ændre de hydrauliske egenskaber direkte i grundvandsmodelleringsværktøjet og herefter lave nye kalibreringskørsler. Strukturelle ændringer i tolkningen <u>skal</u> kunne begrundes med at den nye alternative tolkning er ligeså troværdig som de oprindelige tolkninger. Ændres det hydrostratigrafiske input i grundvandsmodellen, skal ændringerne påføres den rumlige geologiske model og den hydrostratigrafiske model så det, der findes i modeldatabasen, svarer til det, der er anvendt i grundvandsmodellen.</p> <p>b) Sammentolkningen foregår som en del af kalibreringen af grundvandsmodellen ved at de "målte" magasinspecifikke potentialekort sammenholdes med de tilsvarende simulerede magasinspecifikke potentialekort. Uacceptable forskelle følges op med en analyse af, om den hydrostratigrafiske model skal korrigeres, som beskrevet ovenfor, eller om de "målte" potentialekort er utilstrækkelige, f.eks. som følge af dårlig datadækning.</p> <p>Arbejder man med magasinspecifikke potentialekort, er det vigtigt at efterse om grundvandspotentialerne er sorteret helt rigtigt ud på de forskellige magasiner og på den tidsperiode grundvandsmodellen omfatter, før man forkaster grundvandsmodellens resultater og begynder at korrigere modellens geologiske input. Grundvandsmodellen er mere kompleks end de 1-lagsmodeller de "målte" potentialekort repræsenterer, og kan derfor principielt set beregne de mest korrekte strømningsmønstre. Det simulerede magasinspecifikke potentialekort for et beregningslag repræsenterer simulerede grundvandspotentialer i alle aktive celler i beregningslaget, ikke kun celler med aquifer-egenskaber, men også celler med aquitard-egenskaber.</p>	
<p>Eksempel:</p> 	
<p>Figur 11. Ændring af det geologiske input i en grundvandsmodel kan f.eks. bringe modellen i stand til bedre at simulere (stiplet linje) et målt potentiale (fuldt optrukket linje).</p>	

Trin 2b - sammentolkning

Validering

Formål:

Validering af sammentolkningen i et kortlægningsområde kan foretages ved hjælp af partikelbanesimuleringer som sammentolkes med forskellige uafhængige data

Data:

Magasinspecifikke potentialekort
Dæklagskort
Kemiske data

Metode:

Det er relevant at sammentolke forskellige magasiners (-lags) potentialekort med hinanden for at se op- eller nedadgående strømning samt beliggenhed af det enkelte potentiale i forhold til magasin-top (magasin type) og i forhold til terræn.

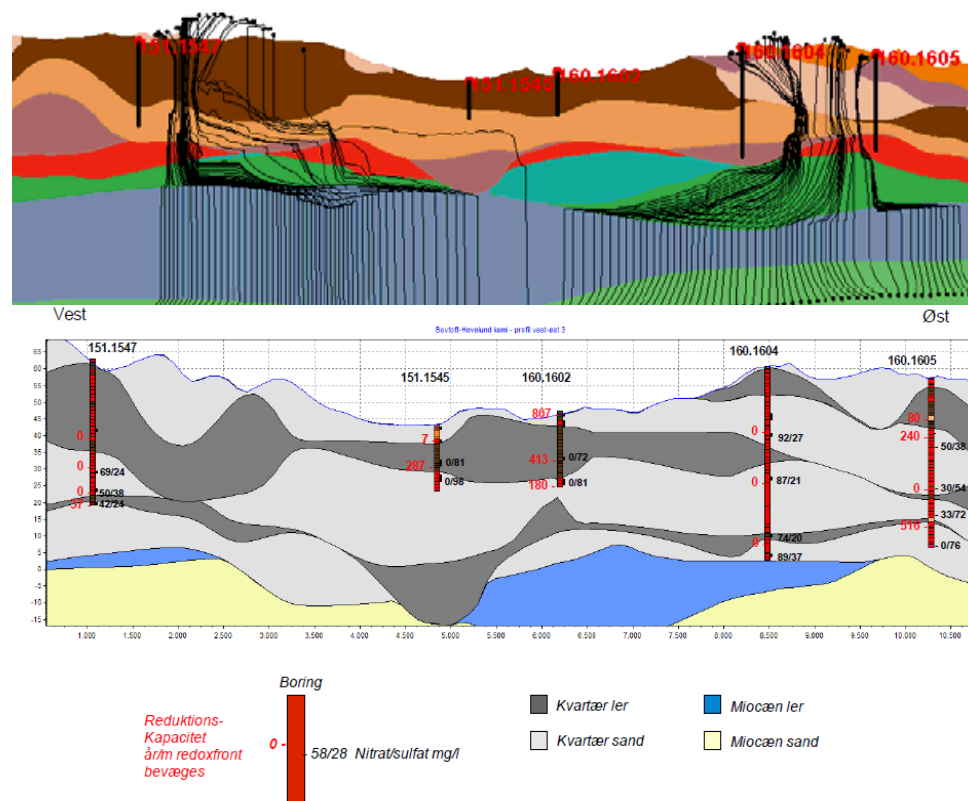
Profilsnit med kemi, f.eks. vandtype og redoxgrænse, er gode til at kvalitetssikre med. Tykkelse og udbredelse af (tolkede) dæklag sammenlignes med strømningsbillede og kemi (fig. 12).

Der er ikke altid data nok, derfor er det nyttigt og vigtigt at sammentolke resultaterne for strømningsmekanik, dæklag over magasiner og potentialeforløb med kemien – hvis kemien ikke har været anvendt i fremstillingen af disse resultater.

Det er vigtigt at huske den rumlige og tidslige dimension – at strømning fra overflade til grundvandsmagasin ikke bare foregår lodret, men kan være horisontal og ændre sig over tid. Dæklagskortet bør sammentolkes med indvindingsopland.

Sammentolkning af partikelbanealdrer med alderen af grundvandet bestemt ved kemiske analyser er en nyttig metode til validering af kortlægningsresultaterne. Se geo-vejledning 6 (Hansen m.fl., 2009).

Eksempel:



Figur 12.
Sammenligning mellem strømnings-billede og kemi langs profil. Bevtøft-Hovslund området, Sønderjylland.



9 788778 713339

TJEKLISTE FOR SAMMENTOLKNING I DEN NATIONALE GRUNDVANDSKORTLÆGNING

Denne rapport er en tjekliste for sammentolkning, som har til formål at give anvisninger til hvordan data og viden kan sammentolkes og udnyttes optimalt i den Nationale Grundvandskortlægning.

GEUS har i samarbejde med Naturstyrelsen udarbejdet Geo-vejledninger der tjener som fagligt grundlag for udarbejdelse af enkelte elementer i grundvandskortlægningen. Denne tjekliste har til formål at integrere de tidligere udarbejdede Geo-vejledninger.

Tjeklisten er et første bud på et koncept for sammentolkning, som er beregnet til at kunne opdateres. Den foregiver ikke at nævne samtlige mulige eller vigtige sammentolkninger, men dem som projektgruppen erfaringsmæssigt har fundet relevante i forskellige kortlægningssammenhænge.

Tjeklisten består af 3 elementer: et flowdiagram for arbejdsprocessen med sammentolkning, faneblade for udvalgte sammentolkninger og en afkrydsningstabel, der lister samtlige udvalgte sammentolkninger