

Potentialekortlægning

Vejledning i udarbejdelse af potentialekort

Susie Mielby, Claus Ditlefsen og Henrik Olesen

G E O - V E J L E D N I N G 4



GEO-VEJLEDNING 4

Potentialekortlægning

Vejledning i udarbejdelse af potentialekort

Susie Mielby, Claus Ditlefsen og Henrik Olesen

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



GEUS

Potentialekortlægning
Vejledning ved udarbejdelse af potentialekort
Geo-Vejledning 4

Særudgivelse

Omslag: Henrik Klinge
Fotos: Amdi Nedergaard, Anders Bækgaard, Claus Ditlefsen og Susie Mielby
Repro: GEUS
Oplag: 150

2009
Trykt: ISBN 978-87-7871-239-4
www: ISBN 978-87-7871-240-0

Vejledningen kan hentes på nettet: www.geus.dk
Pris (indbundet): 200 kr.

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

Udarbejdet i samarbejde med By- og Landskabsstyrelsen, Miljøministeriet.

Forord

Med Folketingets vedtagelse af tillæg til Vandforsyningsloven i 1998 blev det besluttet, at der over en årrække skulle foretages en kortlægning af grundvandsforekomsterne i Danmark med henblik på fremtidig beskyttelse. Kortlægningen blev i 2003 indbygget i Miljømålsloven, og blev indtil 2006 udført af de nu nedlagte amter.

Administrationen af kortlægningsopgaven videreføres nu af statens miljøcentre.

GEUS's Afdeling for Grundvands- og Kvartærgeologisk Kortlægning fik til opgave at bistå med udviklingsprojekter, faglig koordinering og udarbejdelse af vejledninger, således at kortlægningen så vidt muligt kunne udføres mere ensartet, hvor der er tale om sammenlignelige problemstillinger. Vejledningerne udgives i en serie kaldet Geo-Vejledninger, og skal blandt andet kunne tjene som fagligt grundlag for de udbud af kortlægningsopgaver, som miljøcentrene foretager. Vejledningerne udarbejdes i samarbejde med de statslige miljøcentre.

I foråret 2008 har Styregruppen for den nationale grundvandskortlægning vedtaget at nedsætte en projektgruppe med det formål at udarbejde en vejledning om potentialekortlægning. Geo-Vejledningen skal sammenfatte arbejdsprocessen ved etablering af potentialekort. Det er hensigten, at vejledningen kan benyttes til at opnå et ensartet og robust beslutningsgrundlag i forbindelse med vurdering af grundvandets strømningsretning, forureningsrusler og behovet for grundvandsbeskyttelse m.m.

Arbejdet, der er udført ved GEUS med deltagelse af ekstern konsulent, er udført af:

Susie Mielby,	GEUS, projektleder
Claus Ditlefsen,	GEUS
Henrik Olesen,	Orbicon

I forbindelse med projektet blev der nedsat en faglig følgegruppe med erfaring inden for pejlinger og potentialekortlægning.

Følgegruppen har bestået af:

Søren Tygesen	Miljøcenter Ringkøbing
Anne Esbjørn	Miljøcenter Ribe
Mette Klemen Moser	Miljøcenter Roskilde
Lisbeth Lauritsen	Miljøcenter Odense
Thomas Nyholm	Miljøcenter Århus
Jeppe Bender Jørgensen	Miljøcenter Aalborg
Carsten Reiter	Miljøcenter Odense
Dirk-Ingmar Müller-Wohlfeil	Miljøcenter Odense
Joachim Mahrt	Miljøcenter Roskilde
Holger Lyngklip Strøm	Region Midtjylland
Christian Andersen	Videncenter for Jordforurening
Gyrite Brandt	Kommunernes Landsforening
Martin Hansen	GEUS, Geologisk datacenter



DGU 116.1096

Indholdsfortegnelse

Indledning	1
1. Hvad er potentialekort?	3
1.1 Begreber	3
1.2 Potentialet i forskellige hydrogeologiske situationer	5
1.3 Potentialet i forskellige tidsperioder	7
1.4 Typer af potentialekort	8
1.4.1 Regionalt potentialekort for primære grundvandsmagasiner	8
1.4.2 Regionalt potentialekort for overfladenære grundvandsmagasiner	10
1.4.3 Magasinspecifikke potentialekort	11
1.4.4 Lagspecifikke potentialekort	13
1.5 Fremstilling af potentialekort	13
1.5.1 Hånd tegnede potentialekort	13
1.5.2 Potentialekort fra grundvandsmodeller	15
1.6 Anvendelse af en fælles hydrogeologisk reference	17
2. De grundlæggende pejledata	18
2.1 Datakilder	18
2.2 Datakvalitet	19
2.2.1 Kvaliteten af boringsoplysninger	19
2.2.2 Kvalitet af den enkelte pejling	20
2.2.3 Kvalitet af pejlenserier	21
2.3 Korrektion af fejlagtige boringsoplysninger og pejlinger	22
3. Fremstilling af potentialekort	24
3.1 Indledende overvejelser	24
3.2 Databehandling	26
3.2.1 Step 1: Valg af boringer/ pejleindtag til potentialekortet	27
3.2.2 Step 2: Optegning af pejetidsserier	29
3.2.3 Step 3: Valg af pejlinger til potentialekortet	34
3.2.4 Step 4: Valg af støttepunkter til potentialekortet	35
3.2.5 Step 5: Samlet punkttema til konturering/gridning	36
3.2.6 Step 6: Gridning og optegning af potentialelinier	37
3.3 Optegning af potentialekort	37
3.3.1 Interpolationsrutiner	37
3.3.2 Konturering og optegning af potentialelinier	39
3.4 Beskrivelse og fortolkning af potentialekortet	41
4. Forslag til pejleprogram	43
4.1 Forbedring af potentialekortet	43
4.2 Fremtidigt pejleprogram (overvågning)	44
4.3 Procedure for opstilling af fremtidigt pejleprogram	45
4.4 Opfølgning	49
5. Digitalt slutprodukt	51
5.1 Navngivning af filer og felter	51
5.2 Metadata	53
5.3 GIS-tabeller med data	54
6. Opdatering af eksisterende potentialekort	58
6.1 Kriterier for opdatering af potentialekort	58
6.2 Procedure for opdatering	59
7. Samling af eksisterende potentialekort	61
7.1 Forudsætninger for at samle potentialekort	61
7.2 Samling af pejlinger og støttepunkter	62
7.3 Sammenstilling af potentialelinier	62
7.4 Sammenstilling af potentialegrid	63
8. Sammenfatning	65
9. Referencer	68



GEUS

Indledning

Kort over vandspejlets højdeforhold har længe været anvendt til at illustrere grundvandsstrømningen, beliggenhed af grundvandsskel og om muligt hydrauliske barrierer. Stadsingeniørens Kontor ved Århus Kommune udarbejdede f.eks. allerede i 1934 et potentialekort for området mellem kysten og den vestlige del af Brabrand Sø. Blandt de første større regionale potentialekort kan nævnes G.O. Andrups potentialekort for hele Fyn, udarbejdet af den tidligere direktør for Odense Vandforsyning (Andrup, 1960).

I halvfjerdsere blev der iværksat en række større kortlægninger og udredningsprojekter, som også omfattede analyse af pejledata som grundlag for modeller. De største af disse var Suså-undersøgelsen (Dyhr-Nielsen (eds.), 1981) og den tilsvarende hydrologiske undersøgelse i Karup Ås opland (Det danske Hedeselskab og Danmarks Geologiske Undersøgelse, 1983). Der blev endvidere udført større lokale undersøgelser og udarbejdet potentialekort for mange kildepladser ved de større købstæder, f.eks. ved Horsens (Danmarks Geologiske Undersøgelser, 1975).

I forbindelse med vedtagelsen af vandforsyningsloven i 1978 udgav Miljøstyrelsen en vejledning om vandforsyningsplanlægning, herunder udarbejdelsen af kort over grundvandets trykniveau (Miljøstyrelsen, 1979) til brug for amterne, som med lovens vedtagelse overtog planlægning og administration af vandressourcen. Danmarks Geologiske Undersøgelse udarbejdede regionale potentialekort for en række amter, f. eks. Danmarks Geologiske Undersøgelse 1979 og 1980.

I halvfemserne medførte de store anlægsprojekter i København med tilhørende grundvandssænkninger behov for opdateret viden om potentialeforholdene i Hovedstadsområdet. Der blev derfor i løbet af halvfemserne udført en række store synkrone pejlerunder kaldet "store pejledag", og på baggrund heraf blev der fremstillet flere regionale potentialekort for kalkmagasinerne i København, f.eks. (Rambøll 1996).

Da amterne i 1998 fik opgaven med detaljeret grundvandskortlægning, opstod der behov for at etablere nye opdaterede potentialekort på en ensartet dokumenteret måde. Dertil blev der i et samarbejde mellem en række amter og et rådgivende firma udviklet en GIS applikation kaldet "Det aktive Potentialekort", (Dansk Geofysik, 2003). Den grundlæggende filosofi bag denne applikation var, at al dataudvælgelse foregik fra amternes centrale pejledatabaser, og arbejdet med pejlinger og støttetemaer blev foretaget ved hjælp af GIS software, der på det tidspunkt var blevet standardværktøj på amterne. I de fleste amter blev der i første omgang etableret regionale potentialekort, der som reglen illustrerede potentialeforholdene i de magasiner, hvor hovedparten af grundvandsindvindingen foregik, f.eks. potentialekort for Århus Amt (Dansk Geofysik, 2001). Senere blev der de fleste steder udarbejdet mere detaljerede lokale potentialekort for de enkelte magasiner i områder med særlige drikkevandsinteresser (OSD), se f.eks. (Dansk Geofysik, 2000).

Blandt de mest omfattende arbejder med magasinspecifikke potentialekort var et arbejde på Fyn, hvor blandt andet indgår etablering af et atlas over potentialet i de 39 største grundvandsmagasiner samt 5 potentialekort over hele Fyn, hvor de 4 var lagspecifikke kort svarende til lagene i DK-modellen (den landsdækkende vandbalance- og grundvandsres-

sourcemodel), og det sidste bestod af et regionalt kort over potentialeforholdene i det overfladenære vandførende lag (Fyns Amt, 2005 og 2006 a, b).

I forbindelse med kommunalreformen i 2007 opstod der et behov for at samle de regionale kort fra amterne, så de sømløst kunne benyttes af de nye regioner i deres arbejde med jordforurening. Forsøg med dette er gjort for de regionale potentialekort fra Århus, Viborg, Vejle og Ringkøbing amter til Region Midt, (Orbicon, 2007).

I dag udarbejdes potentialekort af miljøcentrene i forbindelse med den nationale grundvandskortlægning til beskyttelse af grundvandet og af kommuner i forbindelse med administration af vandforsynings- og miljøbeskyttelsesloven generelt. Potentialekort indgår således i forbindelse med sårbarhedszoner, vurdering af indvindingsoplande, vurdering af hydraulisk kontakt med overfladerecipienter, hydraulisk kontakt mellem grundvandsmagasiner, kvalitativ vurdering af grundvandsmodeller, tykkelse af umættet zone mv. Opmåling af grundvandsmagasineres trykforhold og udarbejdelse af potentialekort er således en vigtig del af grundvandskortlægningen og administration af grundvandsressourcen.

Potentialekort benyttes også ved regionerne i forbindelse med forureningsundersøgelser og risikovurdering overfor grundvand ved de enkelte forureninger. Potentialekortet kan fortælle noget om, hvilke forureninger, der potentielt kan true vandindvindinger. I forbindelse med risikovurderinger er det vigtigt at vide, i hvilken retning grundvandet strømmer, og om forureningen ligger i nærheden af et grundvandsskel, hvilket kan forårsage forureningens spredning i flere retninger.

Formålet med denne Geo-Vejledning i potentialekortlægning er at give en række forslag og anbefalinger til de valg, der skal træffes, og de forudsætninger der skal opstilles, førend der kan udarbejdes et troværdigt potentialekort. Formålet er dog også, at dataudvælgelsen, optegningen af potentialekort, kvalitetssikring og afrapportering, fremover kan ske efter samme overordnede procedure. Dette uanset om der er tale om et regionalt potentialekort eller et magasin-specifikt potentialekort.

Når pejledataene udvælges, kommenteres og navngives efter samme procedure og fremgangsmåde, sikres at potentialekortene og de bagvedliggende data kan læses, forstås og ikke mindst anvendes i flere forskellige sammenhænge. Ligeledes bliver det enklere at opdatere og sammenstille pejledata og potentialekort.

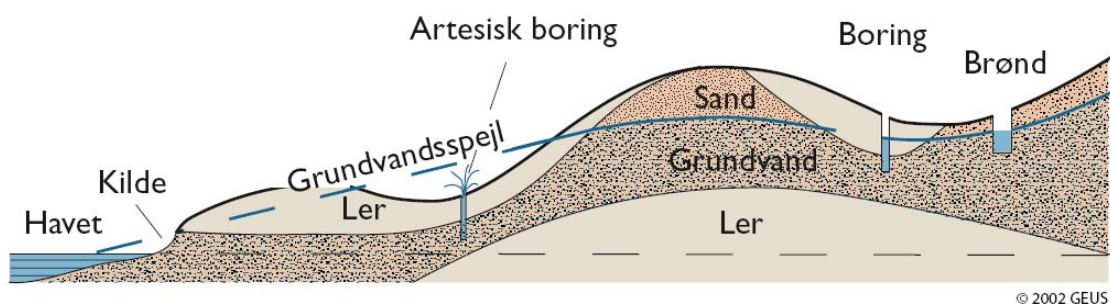
Vejledningen henvender sig til de myndigheder og rådgivere, der anvender og udarbejder potentialekort.

1. Hvad er potentialekort?

I dette kapitel gives en introduktion til de grundlæggende begreber, der anvendes i forbindelse med pejlinger og potentialekort. Endvidere præsenteres de forskellige typer af potentialekort, som er relevante for kortlægning og administration.

1.1 Begreber

Et potentialekort er et billede af grundvandets trykniveau i jorden – det kaldes også grundvandsspejlet og grundvandspotentialet. Grundvandspotentialet følger overordnet landskabets former, se figur 1.1. Hvor terrænet ligger højt, er potentialet normalt også højt, mens det er lavt, hvor terrænet ligger lavt f.eks. ved vandløb og ådale. Grundvandet vil bevæge sig fra det høje potentiale mod det lave potentiale. Er trykniveauet højere end terrænkoten ved vandløb, søer eller vådområder, vil grundvandet strømme ud i disse recipienter, med mindre tætte lerlag under recipienterne hindrer vandgennemtrængning. Det grundvand, der ikke strømmer ud i recipienterne som overfladevand, vil til sidst nå kysten og strømme ud i havet.



Figur 1.1. Skitsetegning af potentialforhold i jorden.

Vi kan måle grundvandspotentialet i brønde og borer. Grundvandspotentialet måles (pejles) i en boring, ved at fastlægge dybden til vandspejlet i boringen ud fra et givet pejlepunkt, f.eks. brøndkanten. Ofte bruges udtrykket "nedstik" og "pejling" for dybden til vandspejlet.

Dybden til grundvandsspejlet (nedstikket) omregnes til en kote (DVR90), således at denne kan sammenholdes med vandspejlet i andre borer (GEUS, 2005).

Eftersom potentialets beliggenhed ændres over tid på grund af ændret nedbør, ændret indvinding, årstidsvariationer mv., er det en fordel såfremt de pejlinger, som sammenholdes og sammenstilles til et potentialekort i et givet område, er udført i stort set samme tidsperiode. Når der gennemføres pejlinger af potentialet inden for en kort tidsperiode (1-få dage) betegnes disse som "synkronpejlinger".

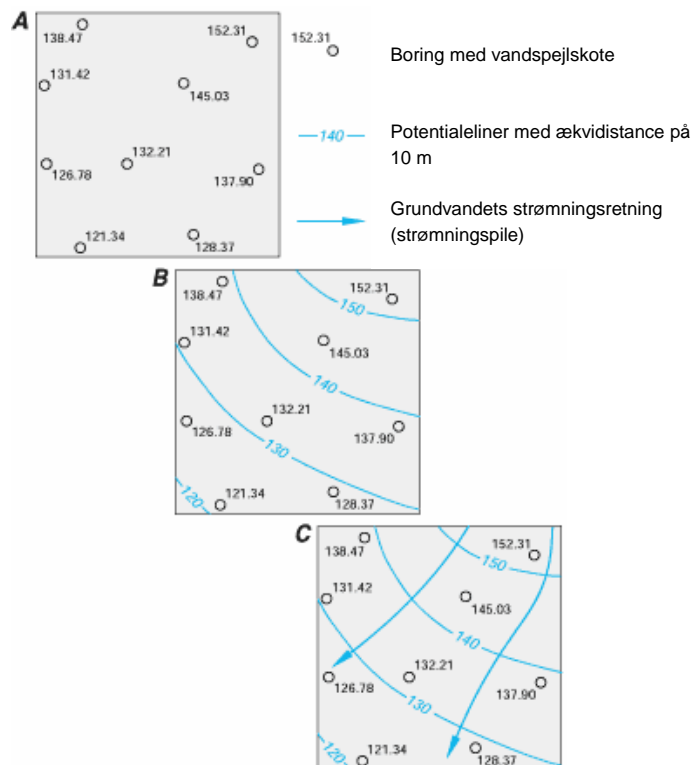
Nogle steder vil grundvandet strømme ud i f.eks. et vandløb, og herved kendes grundvandets trykniveau de pågældende steder. Således kan der langs vandløbet fastsættes støtte-

punkter med vandspejlskoter, men det forudsætter, at der er direkte hydraulisk kontakt mellem grundvandet og vandløbet, før man kan tilskrive grundvandet et trykniveau, der svarer til vandløbets kote. Anvendelsen af støttepunkter er derfor forbundet med en vis usikkerhed. På samme vis kan der optegnes støttepunkter for andre vådområder som søer, moser og kildevæld. Ligeledes kan der optegnes støttepunkter langs med kysten, da der her kan antages, at potentialet er nær kote 0. Afhængig af kystens udformning kan kote 0 for grundvandspotentialer dog ligge et stykke ude i havet.

For at få et billede af potentialet i et givet kortlægningsområde, er det nødvendigt at anslå / beregne potentialet mellem de anvendte pejlinger. Dette kan gøres manuelt ved at tegne potentialelinier mellem pejlingerne, men gøres dog som regel med GIS relaterede gridningsrutiner. Omfordelingen af pejlepunkter til gridceller, som dækker kortlægningsområdet, kaldes interpolation. Ved geologiske og hydrologiske data benyttes ofte interpolationsrutinerne Kriging, Invers Distance eller Nearest Neighbour.

Når der foretages en interpolation af pejlepunktemaet, genereres et grid, som viser grundvandspotentialets beliggenhed. Det er dog visuelt lettere at se og forstå grundvandspotentialets beliggenhed og strømningsmønsteret, såfremt der kontureres potentialelinier ud fra gridet.

Ved kontureringen dannes potentialelinier med en valgt fast ækvidistance (trykforskel) mellem linierne. Ved valg af ækvidistance skal der tages hensyn til datatæthed og variationerne af dataværdierne. I forhold til potentialekort anvendes ofte ækvidistancer på 1, 2.5 eller 5 meter. Figur 1.2 viser sammenhængen mellem pejlepunkter og potentialelinier.



Figur 1.2. Pejlepunkter, potentialelinier og strømningsretning (modificeret efter Winther et al., 1998).

Når potentialelinierne ligger tæt, falder/stiger vandspejlet markant, det vil sige, at vandspejlsgradienten er stor. Ved store afstande mellem potentialelinierne er der tale om et "fladt vandspejl", hvor vandspejlsgradienten er lille.

Et grundvandsskel repræsenterer områder/strækninger på potentialekortet, hvor potentialet udgør et toppunkt eller en skillelinje, hvorfra vandet strømmer væk.

Da grundvandsstanden og dermed potentialet ofte varierer hen over året som følge af varierende nedbør og fordampning, kan det være relevant at optegne pejletidsserier for den enkelte boring, såfremt data er til stede. Kontinuerte pejlinger fra en datalogger giver det bedste grundlag for dette. Alternativt skal der som minimum foreligge 4 målinger jævnt fordelt over året for at eventuelle årstidsvariationer i potentialet kan udledes.

Det kan være relevant at se på pejletidsserier over flere år, for at vurdere den overordnede udvikling i vandspejlet, da vandspejlet kan ændre sig som følge af ændrede klimaforhold, ændret indvinding m.m.

De nævnte fagbegreber er resumeret i nedenstående tabel 1.1.

Begreb	Forklaring
Grundvandets trykniveau	Grundvandsspejlets trykniveau er det niveau, som grundvandet vil stige til i en boring, og er derved et udtryk for trykforholdene i grundvandsmagasinet
Grundvandsspejl	Andet ord for grundvandets trykniveau
Grundvandspotentiale	Andet ord for grundvandets trykniveau
Pejling	Måling af dybden til vandspejlet fra et givet pejlepunkt
Nedstik	Dybden til vandspejlet fra et givet pejlepunkt
Pejlestuds	Åbning i boringens topflange beregnet til pejling
Pejlepunkt	Målepunkt / referencepunkt, hvorfra der er pejlet, f.eks. en pejlestuds
Synkronpejling	Pejlinger foretaget i et givet område indenfor et kort tidsinterval
Støttepunkt	Et punkt, hvor man kender grundvandsspejlets kote, f.eks. langs visse vandløb
Interpolation	Omregningsrutine fra spredte datapunkter til en sammenhængende gridflade
Konturering	Optegning af linier med dataværdier ud fra en gridflade
Gridning	Andet ord for interpolation
Ækvidistance	Forskellen i vandspejlskoten mellem 2 potentialelinier
Grundvandsskel	Potentialets toppunkt eller skillelinje, hvor fra grundvandet strømmer væk
Gradient	Det hydrauliske "fald/stigning" i vandspejlet over en given afstand. Regnes ofte i promiller
Pejletidsserie	Optegning af pejlinger fra samme boring over tid. Viser udviklingen i vandspejlet

Tabel 1.1. Hyppigt anvendte begreber i forbindelse med potentialekortlægning.

1.2 Potentialet i forskellige hydrogeologiske situationer

Ved vurderingen potentialebilledet i forskellige grundvandsmagasiner skal opmærksomheden være rettet på, at grundvandets trykniveau er dannet gennem mange tusinde år. Det

betyder, at trykniveauet afspejler den ligevægtssituation, der er opstået i den forløbne tid, og gradienterne afspejler derfor ikke nødvendigvis den foretrukne strømningsvej. Der kan være stor forskel på magasinernes hydrauliske sammenhæng, og der kan være hydrauliske barrierer mellem dem.

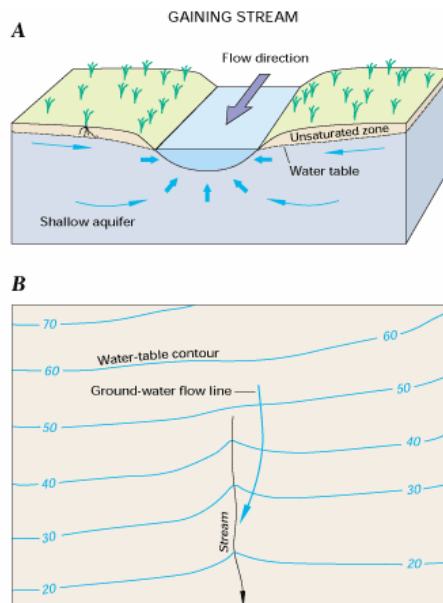
Ved udarbejdelse af potentialet i datasvage områder, ved kvalitetssikring af det endelige potentialekort og den efterfølgende brug af kortet, for eksempel ved vurdering af strømningsretningen ved en forurening eller effekten af en indvinding, er det relevant at supplere kendskabet til potentialet med viden om de geologiske og hydrogeologiske forhold for at se, om der er direkte hydraulisk kontakt (samme magasin), og om der er eventuelle hydrauliske barrierer.

Viden om den lokale geologi kan således give informationer om, hvad der kan forventes med hensyn til grundvandets strømningsmønstre. Til eksempel kan anføres, at:

- Kalkmagasiner ofte vil være opkust af istidens gletschervandringer og permeable i de øverste 10 til 50 meter, og hertil kommer at de er gennemsat af sprækker, hvorfor det kan forventes, at grundvandets strømning især forekommer i disse opknusningszoner og forløber i bestemte retninger
- Forkastningszoner og begravede dale vil ligeledes kunne give anledning til en foretrukket strømningsretning og dermed andre strømningsmønstre end i det omgivende terræn
- Dødislandskab vil ofte give anledning til små og usammenhængende magasiner
- Under moræneflader findes ofte områder med større uforstyrrede magasiner af smeltevandssand, mens der ved for eksempel randmoræner ofte vil kunne forekomme stærk dislokerede og skråtstillede lag, som giver anledning til vertikal vandudveksling, og at grundvandets strømning især forekommer i bestemte retninger.

Den geologiske viden bør suppleres med hydrogeologisk information, som kan fås ved at inddrage information fra pejletidsserier, grundvandsmagasinernes udbredelse, prøvepumpninger, hydrauliske parametre mv.

I det hydrologiske opland til vandløbene vil der kunne forventes størst udsving i grundvandspotentialet i de grundvandsdannende områder længst væk fra vandløbet, og mindst udsving ved oplandets udløb, hvor der typisk forekommer udstrømning. Ligeledes kan vandløbenes vandføring bidrage til en forståelse af forløbet af grundvandspotentialet, idet det overfladenære magasinets potentialebillede ofte vil være stærkt præget af og følge den samlede afstrømning fra vandløbet og tilknyttede vådområder, mens de dybereliggende frie magasinets potentialebillede kan være præget af og følge den del af vandløbets afstrømning, der er grundvandsfødt hele året. Se figur 1.3.



Figur 1.3. Indstrømning og udstrømning ved vandløb sammenholdt med potentialeliniernes udformning (modificeret efter Winther et al., 1998). Tilstrømningen af grundvand til vandløbet vil ideelt kunne præge potentialelinierne, idet disse vil "knække ind" mod vandløbet.

Selv om der sker en tilstrømning af grundvand til vandløbene eller andre overfladerecipienter, og der således er en hydraulisk kontakt mellem grundvand og overfladevand, kan der ved "spændte magasinforhold" ikke tages udgangspunkt i vandspejlskoten i recipienten ved vurdering af potentialet, da potentialet i grundvandsmagasinet ofte vil være højere end recipientens vandspejl.

1.3 Potentialet i forskellige tidsperioder

Hvis der er store årlige udsving i grundvandsspejlet, bliver der stor variation mellem de enkelte pejlinger, og dermed er det nødvendigt at udsortere pejlinger fra en bestemt tid på året.

Overordnet skelner man mellem potentialekort, der viser et midlet potentialebillede, som afspejler en længere tidsperiode, og potentialekort, som repræsenterer pejlinger for en kort periode, f.eks. grundvandsspejlet om sommeren.

Det kan i nogle tilfælde, hvor datagrundlaget tillader det, være en fordel at udarbejde potentialekortet for forskellige årstider for at vurdere, om strømningsmønstret ændres over året. Der findes således eksempler på, at grundvandet strømmer i én retning ved en årstid, og i en anden retning ved en anden årstid.

Ud over de årlige udsving i potentialebilledet ses ofte overordnede ændringer i potentialet over en længere årrække. Der kan således være stor forskel på pejlingerne i en boring fra start til slut af perioden, og det kan derfor være nødvendigt at udvælge pejlinger fra en kortere tidsperiode til potentialekortet. Herved udgør potentialebilledet kun et øjebliksbillede,

og der bør som supplement ud fra tidsserier undersøges, om der i den omkringliggende periode ses stigende, faldende eller konstant vandstand.

1.4 Typer af potentialekort

Der er flere typer potentialkort. Overordnet skelner man mellem regionale potentialekort og lokale potentialekort. De regionale potentialekort vil ofte repræsentere større magasiner eller lag, som kun er delvist sammenhængende, mens lokale potentialekort ofte vil udarbejdes for specifikke magasiner eller velafgrænsede hydrologiske enheder i forbindelse med konkrete sager (forureninger mv.).

For at få tilstrækkelig med data til et regionalt potentialekort, vil det ofte være nødvendigt at inddrage pejlinger fra forskellige perioder. For lokale potentialekort foreligger ofte data fra synkronpejlerunder, hvilket muliggør tilnærmelsesvis synkrone potentialekort.

Nedenfor er den mest anvendte typer af potentialekort gennemgået.

1.4.1 Regionalt potentialekort for primære grundvandsmagasiner

Potentialekort for de primære grundvandsmagasiner har i de senere år ofte været anvendt i forbindelse med administration af vandforsyningsloven og miljøbeskyttelsesloven, hvor der er brug for at kende dybden til vandspejl og strømningsretning.

Ved vurderingen af strømningsretningen, er det nødvendigt at inddrage viden om den lokale geologi, herunder viden om sammenhæng mellem de grundvandsmagasiner og de hydrauliske barrierer, som forekommer i området.

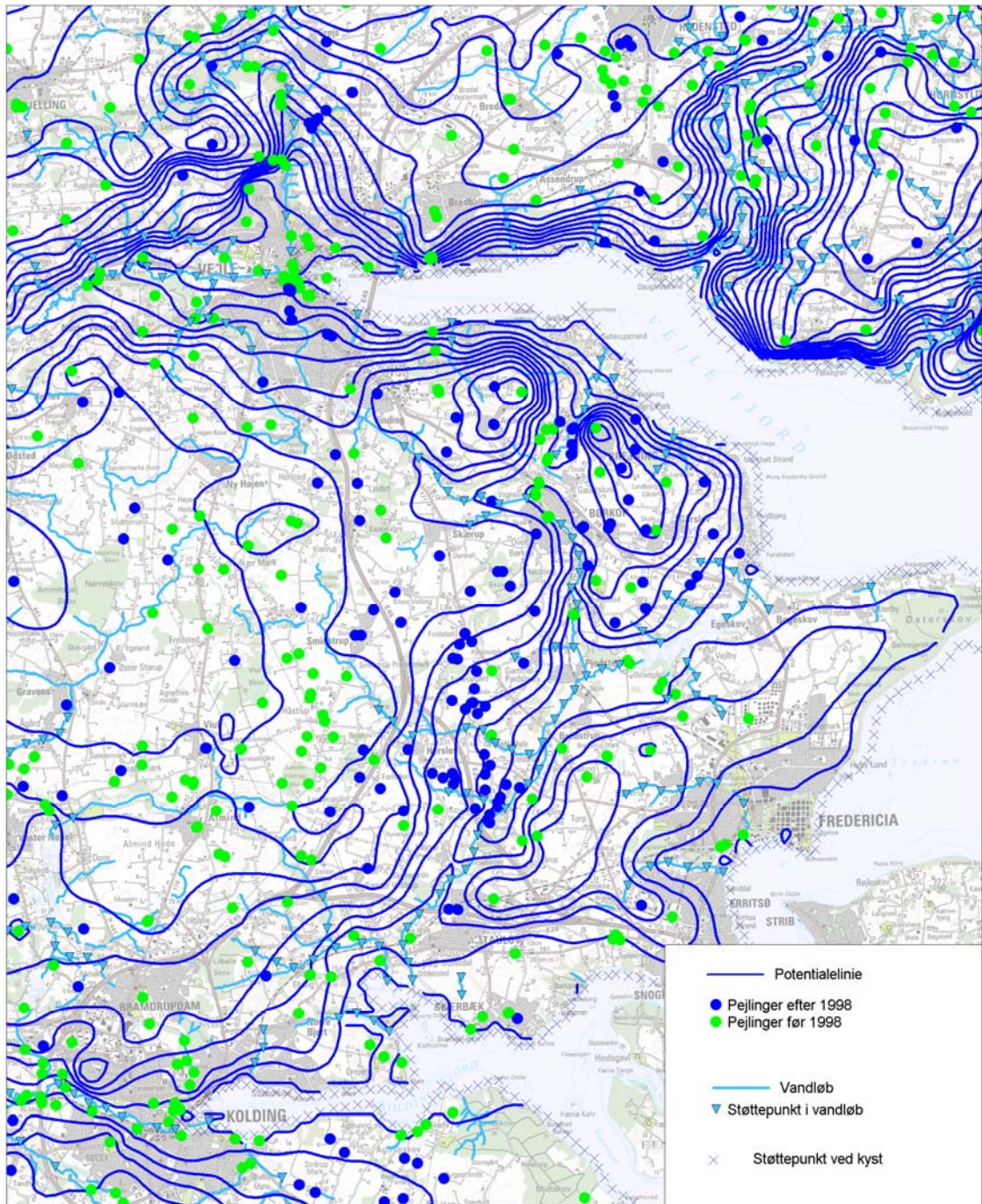
Beskrivelse

Der tages normalt udgangspunkt i "det primære" grundvandsmagasin, det vil sige det grundvandsmagasin, hvor hovedparten af vandindvindingen foregår. Findes de primære grundvandsmagasiner i kvartære aflejringer, vil "potentialekortet for det primære grundvandsmagasin" i realiteten ofte udgøres af potentialet fra separate eller delvist sammenhængende grundvandsmagasiner, mens det i prækvartære aflejringer som kalk og mio-cænt sand, ofte tilnærmelsesvis vil være potentialet fra et sammenhængende grundvandsmagasin.

De regionale potentialekort for de primære grundvandsmagasiner udarbejdes for et større område, der ikke tager udgangspunkt i et specifikt grundvandsmagasin, men i en type af grundvandsmagasiner inden for en given - ofte administrativ - afgrænsning, som f.eks. en kommune.

Eksempel

Et eksempel på et typisk regionalt potentialekort for de primære grundvandsmagasiner, ses på nedenstående kort (figur 1.4) fra det tidligere Vejle Amt (Vejle Amt, 2005). Kortet havde til formål at danne grundlag for amtets sagsbehandling i forhold til vandforsynings- og miljøbeskyttelsesloven.



Figur 1.4. Udsnit af et regionalt potentialekort for de primære grundvandsmagasiner (Vejle Amt, 2005).

Med udgangspunkt i boringer filtersat i "det primære indvindingsmagasin", som er defineret inden for en række geologisk afgrænsede delområder, er der udarbejdet et potentialekort ud fra seneste pejling i de udvalgte boringer. Der er anvendt støttestpunkter langs kysten og langs vandløb i kontakt med grundvandet.

Kortlægningsområdet (amtet) blev indledningsvist opdelt i en række geologiske delområder, da der er store geologiske variationer inden for området. I hvert delområde er "det primære grundvandsmagasin" defineret som værende det magasin, hvorfra hovedparten af indvindingen til drikkevandsforsyning foregår. Kortet repræsenterer således ikke et sammenhængende grundvandsmagasin, men flere adskilte magasiner, der dog med deres dybde og rimelig store udbredelse sandsynligvis er i en vis hydraulisk kontakt. Afvigende potentiale fra lokale sandlegemer er sorteret fra.

De valgte pejlinger dækker tidsmæssigt over en stor periode, og vandspejlet må derfor betragtes som et midlet billede af potentialet.

1.4.2 Regionalt potentialekort for overfladenære grundvandsmagasiner

Et regionalt potentialekort for overfladenære magasiner kan blandt andet anvendes til vurdering af en forurenings strømning til recipienter eller dens påvirkning af disse, men også i forhold til miljømålslovens vand- og handleplaner, herunder vurdering af den kvantitative påvirkning af recipienter.

Ved vurderingen af strømningsretningen er det nødvendigt at inddrage viden om den lokale geologi, vandløb og topografi, da det terrænnære potentiale ofte er styret af disse faktorer.

Beskrivelse

Der tages udgangspunkt i de øverste grundvandsmagasiner, det vil sige de vandførende lag, som forekommer nærmest jordoverfladen

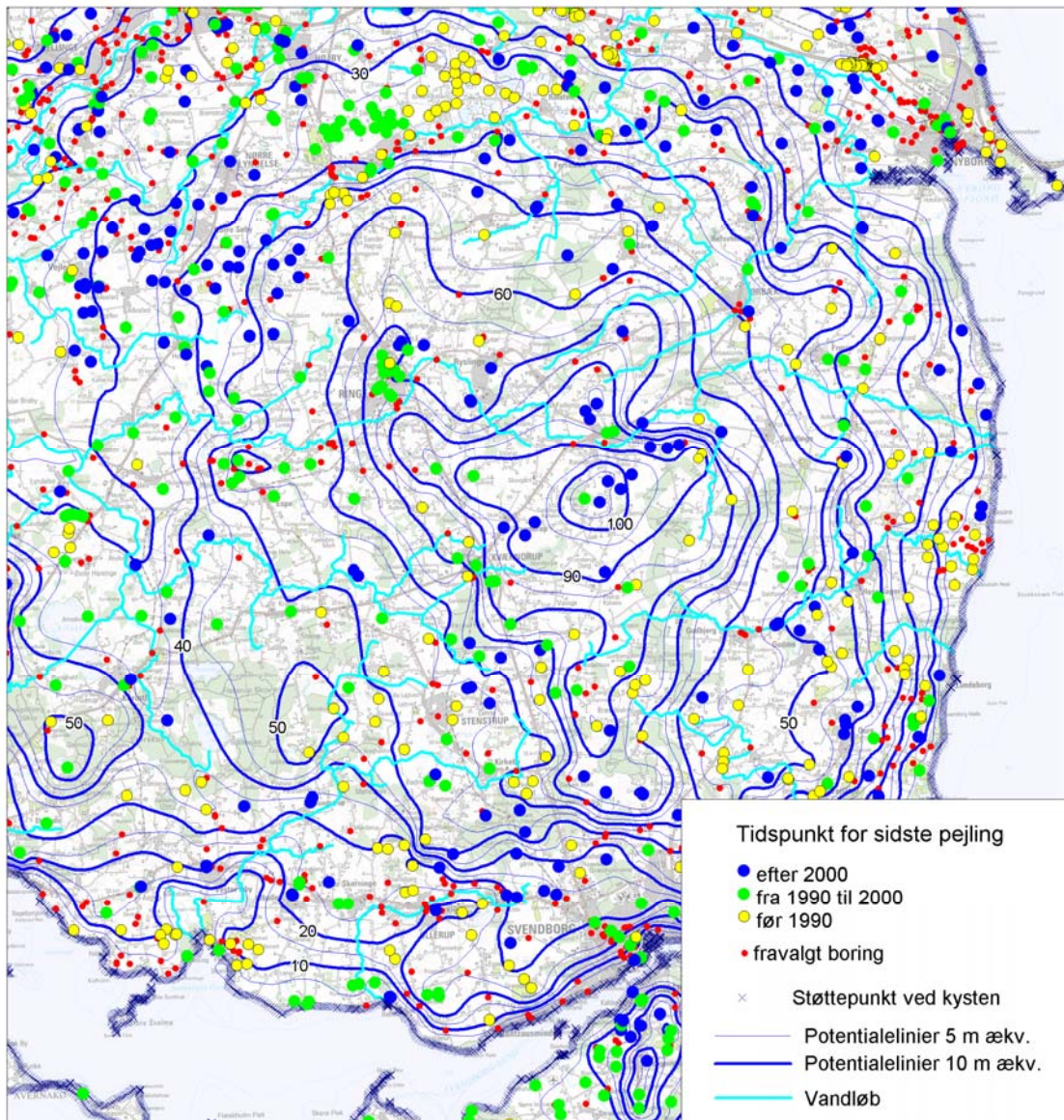
De regionale potentialekort for de overfladenære grundvandsmagasiner dækker et større område, der tager udgangspunkt i forekommende overfladenære vandførende lag inden for en given – ofte administrativ - afgrænsning, som f.eks. et hovedopland i en vandplan.

Eksempel

Et eksempel på et regionalt potentialekort er nedenstående kort (figur 1.5) for de overfladenære grundvandsmagasiner på Fyn (Fyns Amt, 2006b). Det overfladenære magasin er i dette eksempel defineret som det mest terrænnære grundvandsmagasin med udgangspunkt i DK-modellens 9 lag. Det vil sige, at der i dele af området indgår pejlinger fra lag 1, i andre områder pejlinger fra lag 3 hvor lag 1 er fraværende, og pejlinger fra lag 5 hvor lag 1 og 3 er fraværende osv. Potentialekortet blev udarbejdet til vurdering af spredningen af eventuel forurening fra jordoverfladen og den efterfølgende tilstrømning til recipienter.

Kortet over det overfladenære potentiale vil være meget afhængigt af terrænet, og der kan således lokalt være afvigelser i potentialebilledet.

Udbredelsen af de overfladenære vandførende lag er ofte usikkert bestemt, hvilket medfører en tilsvarende usikkerhed i potentialebilledet på et sådan kort.



Figur 1.5. Udsnit af et regionalt potentiellekort for de overfladenære grundvandsmagasiner på Fyn (Fyns Amt, 2006b).

Det overfladenære grundvandsmagasin er defineret som det højest liggende vandførende lag i DK-modellen, og der er anvendt støttepunkter langs vandløb og kystlinier.

1.4.3 Magasinspecifikke potentiellekort

Magasinspecifikke potentiellekort anvendes til at vurdere potentialets beliggenhed og ikke mindst strømningsretningen i det specifikke grundvandsmagasin. Hvis der er kendskab til potentialet i flere grundvandsmagasiner i forskellige niveauer inden for samme område, kan vandudvekslingen mellem magasinerne også vurderes.

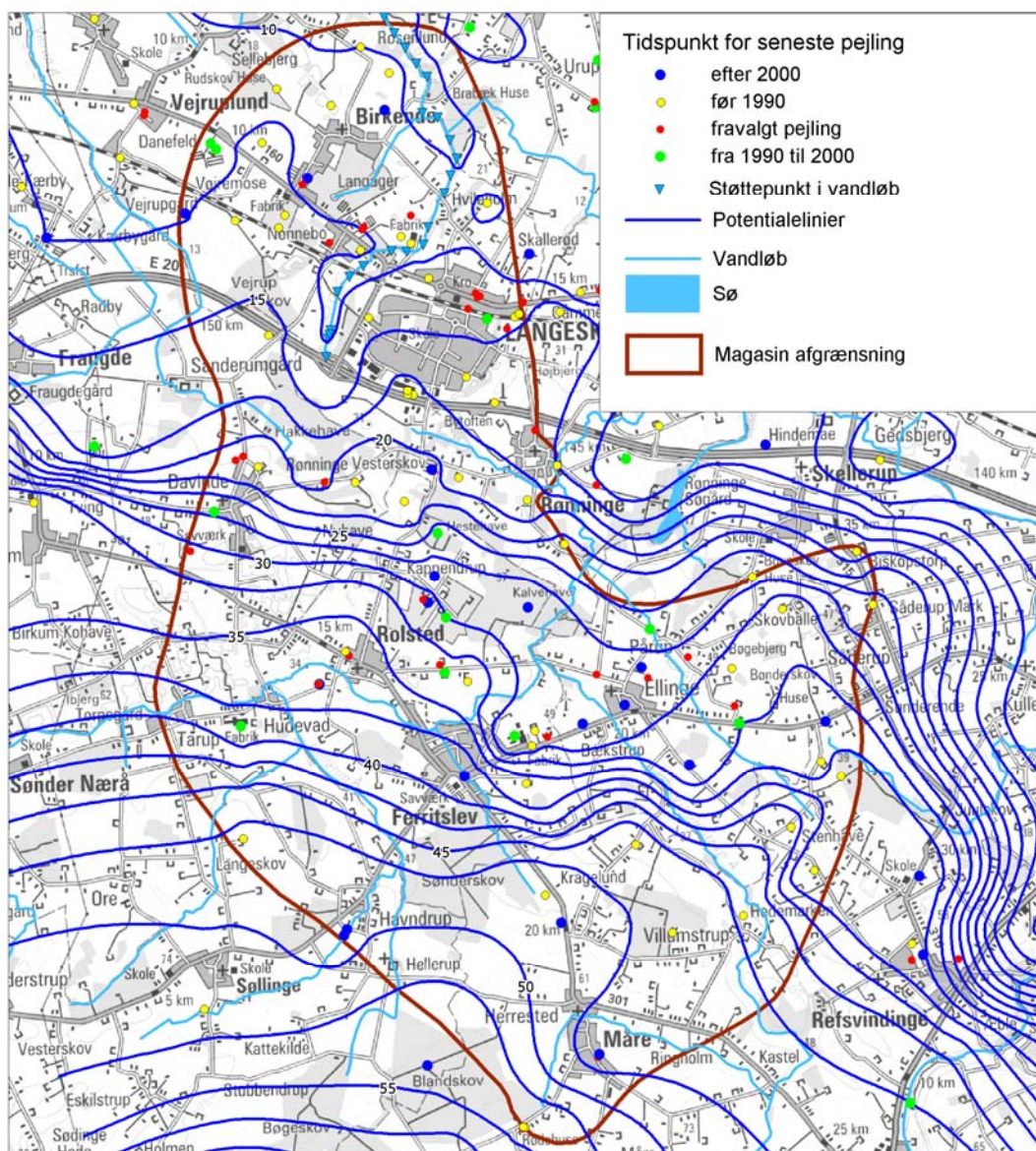
Kortet kan anvendes i administration efter vandforsynings-, miljømåls- og jordforureningsloven. I forbindelse med den nationale grundvandskortlægning udarbejdes ofte magasin-specifikke potentiellekort.

Beskrivelse

Det magasinspecifikke potentialekort dækker potentialet i et specifikt grundvandsmagasin. Det betyder, at grundvandsmagasinet skal være præcist defineret og afgrænset således, at der kan foregå en udvælgelse af pejlinger fra netop dette magasin.

Eksempel

Som eksempel kan nævnes en række potentialekort for specifikke grundvandsmagasiner på Fyn (Fyns Amt, 2006a). I dette projekt blev der taget udgangspunkt i en magasininddeling, som er kortlagt ud fra de geologiske (lithologiske og geofysiske) forhold. Der er således tale om et potentialekort, der alene indeholder pejlinger, der er målt i samme grundvandsmagasin (se figur 1.6). For at opnå en passende repræsentation af potentialet langs randen af magasinet er der dog suppleret med boringer fra en bufferzone uden for magasinet, og som er filtersat i samme regionale modellag (hydrostratigrafiske lag).



Figur 1.6. Potentialekort for et specifikt grundvandsmagasin på Fyn (Fyns Amt, 2006a).

Magasinet er frit og i hydraulisk kontakt med åen mod nord, hvorfor der her er indlagt støttepunkter.

1.4.4 Lagspecifikke potentialekort

De lagspecifikke potentialekort repræsenterer potentialet i gennemgående regionale modellag. Kortet kan anvendes til kvalitetssikring af grundvandsmodel-beregnete potentialekort for samme lag.

Da der ofte vil være områder inden for lagets udstrækning, hvor der reelt ikke er et grundvandsmagasin, kan det ved vurderingen af strømningsretningen i disse områder "uden for" magasinet være nødvendigt at inddrage viden om lokale forhold, og pejlinger fra andre mindre og lokalt usammenhængende magasiner, som samtidig er vurderet beliggende i samme modellag.

Beskrivelse

Et lagspecifikt potentialekort tager udgangspunkt i et givet vandførende lag i en hydrostratigrafisk model. Optegning af potentialekort for vandførende lag defineret i en grundvandsmodel er et eksempel på et lagspecifikt potentialekort.

Eksempel

På figur 1.7 næste side ses et sådan potentialekort, som bygger på pejlinger udtrukket fra "lag 5" i DK-modellen for Fyn (Fyns Amt, 2006a).

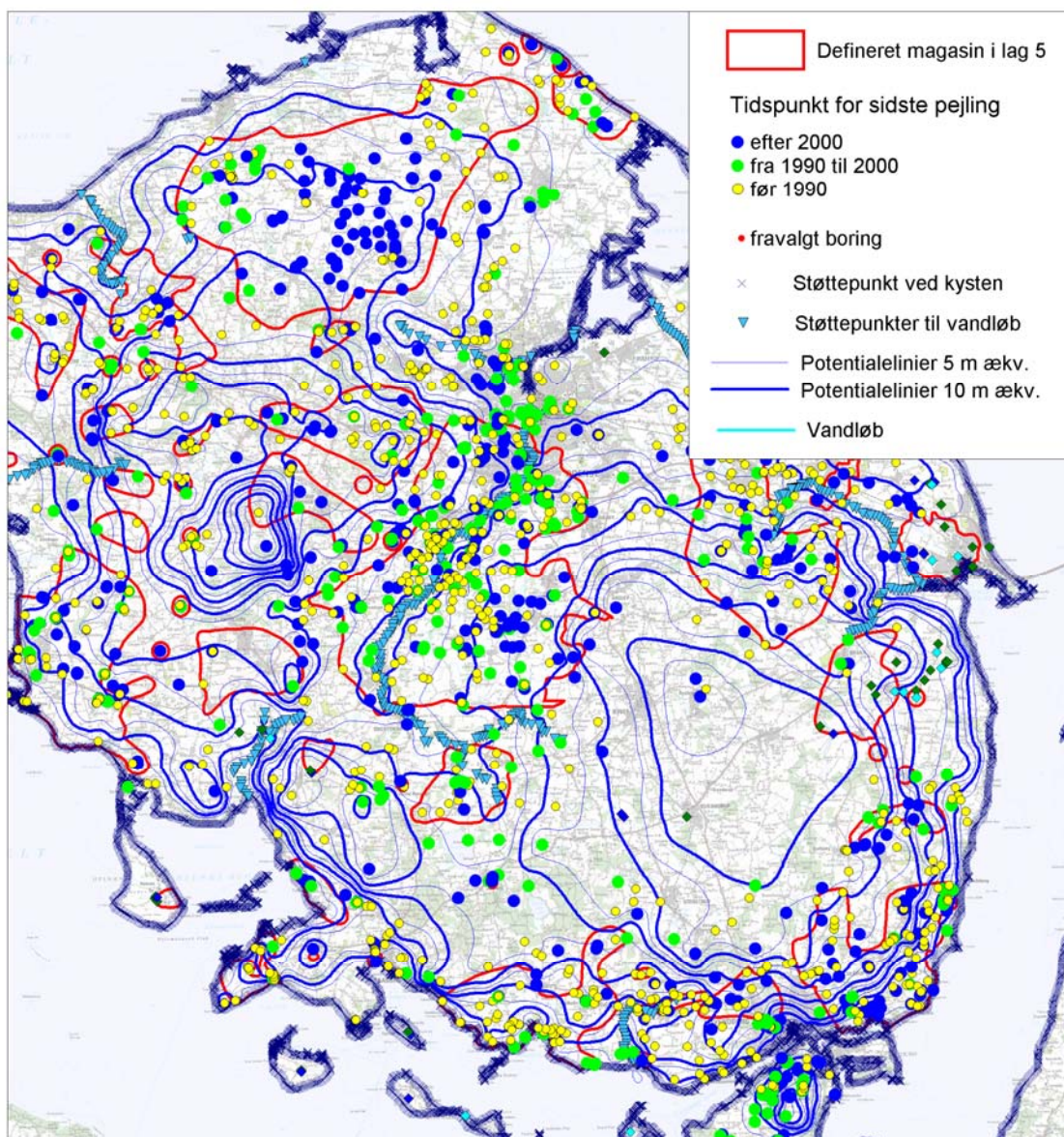
1.5 Fremstilling af potentialekort

Langt hovedparten af de potentialekort, der er udarbejdet de seneste år, er etableret ved hjælp af GIS. Dette arbejde involverer GIS-relaterede interpolationsrutiner, der ud fra pejlepunkterne genererer et grid – det vil sige en flade med en given vandspejlsværdi i hver celle i fladen. Der findes forskellige interpolationsrutiner, som kan anvendes i forbindelse med optegning af potentialekort. Disse interpolationsmetoder og procedurerne for gridning og optegning af potentialelinier er nærmere gennemgået i kapitel 3, afsnit 3.3.

Der findes dog også andre måder, hvorpå et potentialekort kan fremstilles. Disse metoder er kort omtalt i dette afsnit.

1.5.1 Håndtegnede potentialekort

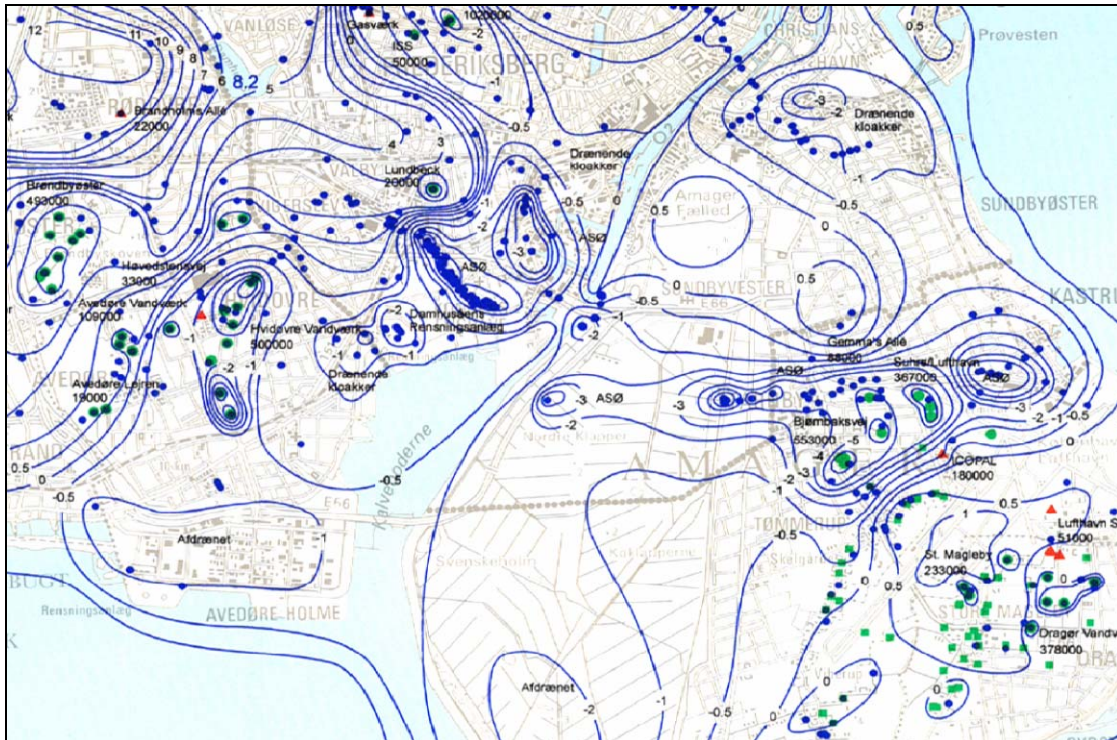
Tidligere blev potentialekort udarbejdet ved håndkonturering. Det blev gjort ved, at der mellem de respektive pejlinger og eventuelle støttepunkter trækkes de potentialelinier, som bedst beskriver potentialet. Metoden er tidskrævende og vanskelig at reproducere, men giver mulighed for at anvende anden viden, som har indflydelse på potentialet. Anden viden kan f.eks. være en lerbarriere i grundvandsmagasinet, en begravet dal, der "kortslutter" grundvandsmagasinerne, eller stejlt terræn.



Figur 1.7. Potentialekort for et specifikt lag i DK-modellen for Fyn (Fyns Amt, 2006a).

Potentialekort for lag 5 i DK-modellen. Pejlingerne repræsenterer et vandførende lag i kvartært smeltvandssand. Med rød polygonafgrænsning er angivet veldefinerede grundvandsmagasiner, der kan henføres til lag 5. Der er langs hele kystlinien og langs en del større vandløb indlagt støttestpunkter.

Viden om disse forhold kan indlægges på det håndkonturerede kort, og kan kun vanskeligt indgå i et interpoleret potentialekort, med mindre der inddrages en lang række støttestpunkter i pejlepunkterne. Et eksempel på et håndkontureret kort fremgår af figur 1.8. Kortet er et udsnit fra et potentialekort for kalkmagasinet under København (Rambøll, 1996).



Figur 1.8. Håndkontureret potentialekort ved København.

Blå prik angiver et pejlepunkt. Grøn prik angiver vandindvinding og rød prik angiver afværgepumpning, (Rambøll, 1996).

1.5.2 Potentialekort fra grundvandsmodeller

Numeriske grundvandsmodeller har til formål at simulere forskellige scenarier for hele det hydrauliske kredsløb omfattende nedbør, fordampning, oppumpning, vandløbsafstrømning, aquitarder og grundvandsmagasiner. Hertil kommer beregning af indvindingsoplande og grundvandsdannende oplande (GEUS 2008) til revision af Områder med Særlige Drikkevandsinteresser (OSD) mv. Blandt resultaterne af modelberegningerne er et kort over det hydrauliske tryk i de enkelte beregningslag i grundvandsmodellen. Potentialekort fra grundvandsmodeller kan derved sammenlignes med lagspecifikke potentialekort, jf. afsnit 1.4.4.

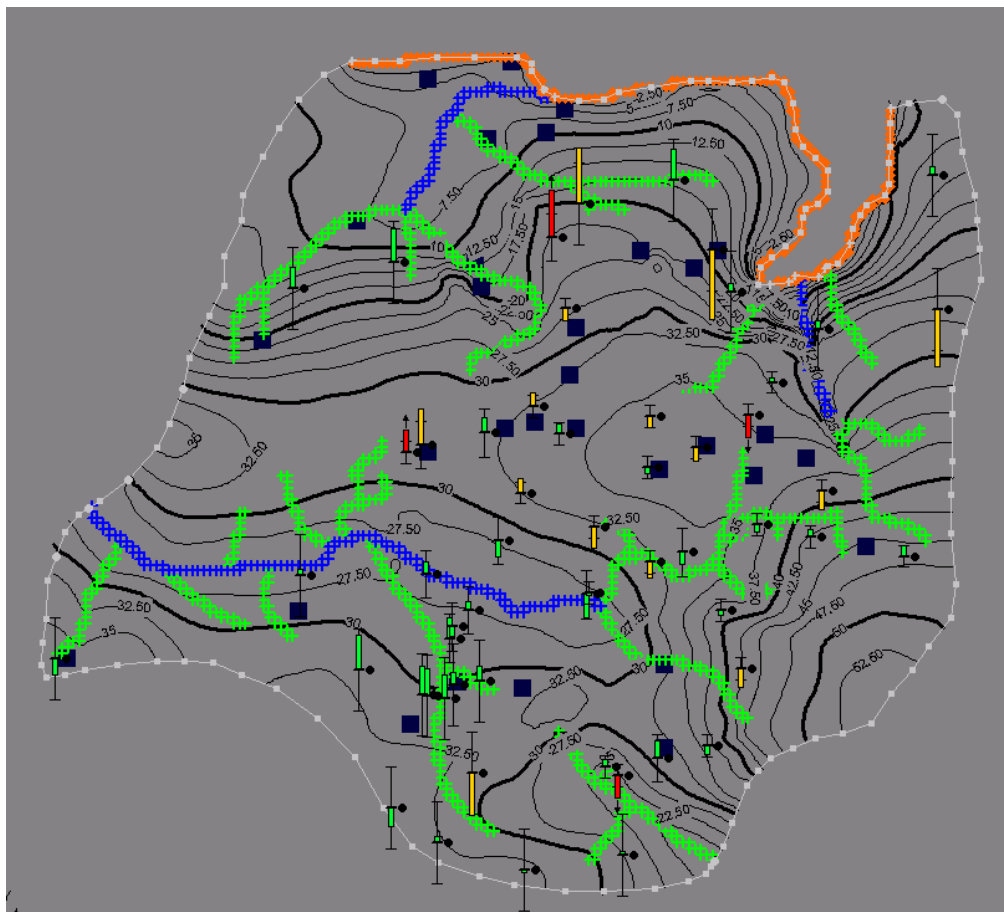
Den grundlæggende forskel mellem konturerede potentialekort og det modellerede potentialekort er, at de enkelte pejlinger indgår i det konturerede kort som faste punkter, hvor imellem potentialet er beregnet ved en matematisk interpolation, der ikke tager hensyn til variationer i hydraulisk ledningsevne m.m. Derimod er potentialer i grundvandsmodeller bestemt ud fra samlede hydrauliske beregninger af variationerne i trykniveauerne over hele lagserien. I grundvandsmodellerne benyttes pejlingerne dels til kalibrering og senere hen til validering af modellen.

Såfremt grundvandsmodellen er velkalibreret, vil det beregnede potentiale stemme overens med de observerede pejlinger. Men i modellen indgår parametre fra geologiske og ikke mindst de strømningsmæssige forhold, som ofte er så komplicerede og vanskelige at estimere, at modellen altid kun vil være en tilnærmelse til virkeligheden. Der vil være delområder i modellen, hvor det beregnede potentiale stemmer godt overens med det målte (inden

for måske 0,5 meter), men der vil ofte også være delområder, hvor det beregnede potentiale ligger måske ± 2 -5 meter højere eller lavere end det målte (GEUS, 2005/80).

I forbindelse med den nationale grundvandskortlægning vil man typisk udarbejde mere eller mindre simplificerede konturerede potentialekort i den indledende del af kortlægningen. Det gøres for dels at få et billede af grundvandsstrømningen og fastlægge eventuelle grundvandsskel i de vandførende lag, samt dels for indledende at orientere sig om de tidlige variationer i potentialet i området. Typisk sker det ved starten af den detaljerede kortlægning (trin 2), efter der er foretaget boringsregistrering og en synkron pejlerunde. Grundvandsmodellen vil som hovedregel blive opstillet senere i forløbet, efter at der er udført en detaljeret kortlægning og opstillet en geologisk model for området.

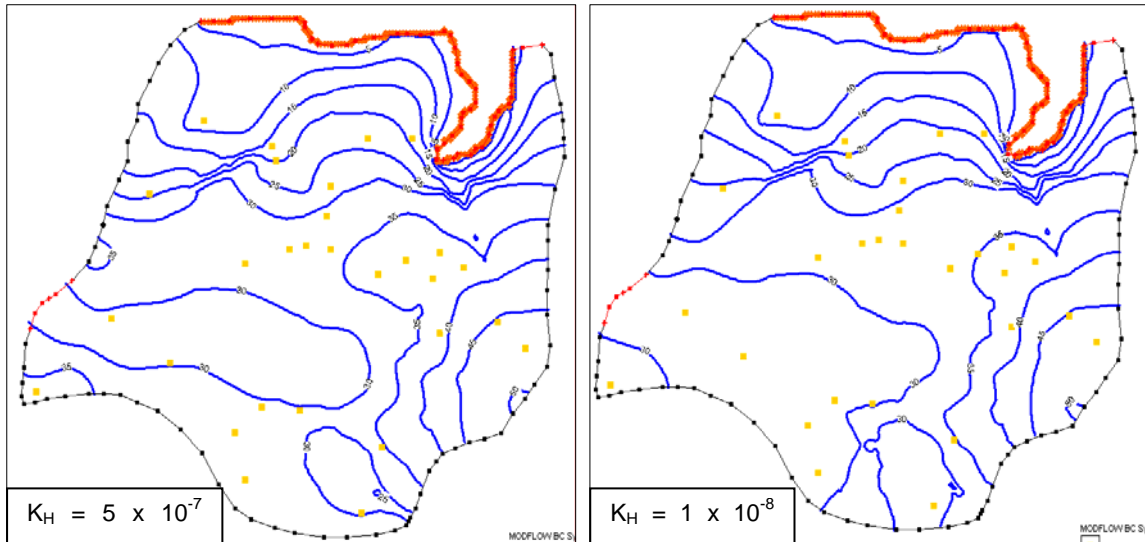
Figur 1.9 viser et eksempel på et potentialekort fra en grundvandsmodel. Modellen er opstillet for Tølløse-området på Sjælland (Vestsjællands Amt, 2004), og det beregnede potentiale er vist for et lag, der repræsenterer et øvre primært grundvandsmagasin af smeltevandssand.



Figur 1.9. Potentiale fra grundvandsmodel ved Tølløse (Vestsjællands Amt, 2004).

Potentialet for Øvre Tølløse Magasin. De grønne og blå "krydser" viser vandløb, som er indlagt i modellen. Farverne repræsenterer forskellige vandløbskonduktanser, som udtryk for den hydrauliske kontakt til den øvrige del af modellen. De grønne, røde og gule "stolper" viser forskellen mellem det beregnede potentiale og det pejlede potentiale i borerne. Jo større stolpe, jo større forskel. Centralt i modellen er der rimelig overensstemmelse, mens der i den nordlige del er stor forskel på det målte og beregnede potentiale.

Den hydrauliske ledningsevne er blandt andet en af de parametre, der er styrende for potentialet i grundvandsmodeller. Realistiske vurderinger af disse er derfor afgørende for, hvor godt grundvandsmodellen er kalibreret. Fra grundvandsmodellen ved Tølløse er vist forskellen på potentialelinierne ved ændring af den hydrauliske ledningsevne i et lag i modellen (figur 1.10).



Figur 1.10. Potentiale fra grundvandsmodel ved Tølløse ved ændrede hydrauliske ledningsevner.

Potentialet i Øvre Tølløse Magasin for to situationer med forskellige hydrauliske ledningsevner i lerlaget over grundvandsmagasinet. Det ses, i den sydlige del af modelområdet at potentialet ændrer sig, hvorved strømningsretningen skifter.

1.6 Anvendelse af en fælles hydrogeologisk reference

I forbindelse med den nationale grundvandskortlægning arbejdes der med at etablere en fælles reference til DK-modellen, således at boringernes indtag, og dermed oplysninger om potentialet, kan knyttes sammen til modellag, grundvandsforekomster og magasiner. Vedrørende den praktiske brug skal henvises til kapitel 5 om det digitale slutprodukt og kapitel 7 om samling af potentialekort.

Anvendelsen af pejlingernes reference, via boringernes indtag, til modellag og magasiner, vil for potentialekortlægningens vedkommende kunne bruges til at forenkle valget af pejlinger til kortlægningen. På lang sigt vil brugen af referencen kunne sikre, at forskellige brugere senere vil have nemmere ved at identificere, hvad det er for en type potentialekort, samt sikre at de forskellige potentialekortlægninger er sammenlignelige og vil kunne bruges i flere sammenhænge.

2. De grundlæggende pejledata

Kvaliteten af et potentialekort er helt afhængig af den foreliggende kvalitet af bore- og pejledata. Dette gælder både antallet og den geografiske fordeling af boringer og pejlinger, samt ikke mindst kvaliteten og alderen af pejledata.

Vurderingen af data sker som et led i udvælgelsen af data til potentialekortet. Proceduren for udvælgelse af data er nærmere beskrevet i kapitel 3, mens datagrundlaget mere generelt gennemgås i nærværende kapitel, og der angives en række anbefalinger til vurdering af datakvaliteten. Da der som oftest er tale om mange data, er det en fordel – både af hensyn til ensartethed, dokumentation og arbejdsindsats - så vidt muligt at anvende maskinelle rutiner, for eksempel faste beregningsrutiner, tidsserieanalyser og GIS, til vurdering af de grundlæggende data.

2.1 Datakilder

Data til et potentialekort kan stamme fra en række forskellige kilder. Data kan være udtrukket fra Jupiter databasen, data kan være fra et regneark, eller fra en "lokal" boringsdatabase som eksempelvis GeoGIS, GeoEnviron osv.

Det er imidlertid en fordel, hvis data primært trækkes fra den fælles offentlige Jupiter database, se efterfølgende afsnit. Dette kræver selvfølgelig, at denne er opdateret med nye indsamlede data. Når data alene hentes ved Jupiter databasen, bliver den efterfølgende kvalitetsvurdering af boringer og pejlinger betydeligt enklere, ligesom data vil være tilgængelige for de efterfølgende brugere.

Anbefaling

Det anbefales, at der ved opstart af arbejdet med et potentialekort afsættes tid og ressourcer til at få alle pejlinger indlæst i Jupiter databasen, således at der alene skal udvælges og benyttes data fra Jupiter databasen til udarbejdelse af potentialekortet.

Jupiter databasen

Jupiter databasen er GEUS' nationale database for grundvands-, drikkevands-, råstof og miljø-tekniske data. Databasen er offentlig tilgængelig og indgår i Danmarks Miljøportal. Databasen indeholder en lang række informationer om boringer og vandindvindinger.

Følgende oplysninger fra Jupiter databasen er særligt relevante som datagrundlag:

Oplysninger om:	Fremgår af Jupiter-tabel:
Boringens placering, dybde og terrænkote m.m.	BOREHOLE
Geologi	LITHSTRAT og LITHSAMP
Filter og indtag	INTAKE og SCREEN
Pejlinger og målepunkt	WATLEVEL og WATLEVMP
Pejling fra synkronpejlerunde	WATLEVROND

Tabel 2.1. Relevante Jupiter data til potentialekortet.

Oplysninger om boringernes/pejlerørens placering i bestemte vandførende lag, f.eks. lag fra DK-modellen, ligger ikke pt. i Jupiter databasen (se afsnit 1.6).

Jupiter databasen kan downloades fra GEUS's hjemmeside (<http://www.geus.dk/jupiter/data-dk.htm>). Typisk hentes en delmængde af databasen, det enten kan for eksempel være dataudtræk inden for en kommune eller et helt miljøcenter.

2.2 Datakvalitet

Før man vælger data til et potentialekort vurderes kvaliteten af boringsoplysningerne og kvaliteten af pejlingerne. Vurderingen af disse bagvedliggende data er vigtige, når man efterfølgende skal vurdere potentialekortets pålidelighed og anvendelsesmuligheder.

Kvaliteten af pejlingerne er i nogle tilfælde allerede vurderet ved indberetning af pejledata til Jupiter databasen, jf. GEUS' vejledning i indberetning af pejledata (GEUS, 2007).

2.2.1 Kvaliteten af boringsoplysninger

Grundlæggende for en pejlings pålidelighed er kendskab til indretning og lokalisering af den boring, hvor pejligen er foretaget. Blandt andet er det vigtigt at have viden om de geologiske jordlag og hvor pejlefiltret er placeret.

Anbefaling

Det anbefales, at der som led i optegning af et potentialekort foretages en vurdering og kvalitetssætning af boringsoplysningerne.

Boringsoplysninger kan kvalitetssættes ud fra forskellige kriterier. Med udgangspunkt i oplysninger om filterinterval, om jordprøvebeskrivelse og om indmåling anbefales nedenstående kvalitetssætning i 5 klasser - fra A til E (tabel 2.2):

Kendt filterinterval	Geologisk beskrevne jordprøver	Jordprøver beskrevet af brøndborer	Boring indmålt med præcision*)	Samlet Datakvalitet
Ja	Ja		Ja	A
Ja	Nej	Ja	Ja	B
Ja	Ja		Nej	B
Ja	Nej	Ja	Nej	C
Ja	Nej	Nej	Ja	C
Nej	Muligvis	Ja	Ja	C
Ja	Nej	Nej	Nej	D
Nej	Muligvis	Ja	Nej	D
Nej	Nej	Nej	Muligvis	E

Tabel 2.2: Kvalitet af borings- og filteroplysninger.

*) Boringer, hvor indmålingen af z-kordinaten er udført med "DGPS, nivellement" eller af "Landinspektør" antages at være præcisionsindmålt.

Bedste kvalitet (A) har således en boring, som er indmålt præcist, hvor jordprøverne er beskrevet af GEUS, og hvor filterintervallet er kendt. Dårligste kvalitet (E) har en boring som muligvis er indmålt præcist, men hvor der ikke er beskrivelse af jordprøver og filterintervallet ligeledes er ukendt.

Da datadækningen kan være meget varierende indenfor det område, der skal udarbejdes et potentialekort for, bør pejlinger ikke frasorteres alene på grund af dårlige boringsoplysninger. Boringsoplysningernes kvalitet anvendes primært i forbindelse med vurdering af potentialekortets usikkerhed og vil indgå som grundlag for forslag til forbedringer af potentialekortet, se afsnit 4.1.

Pejlinger fra boringer med dårlige boringsoplysninger kan dog i visse tilfælde frasorteres, såfremt der er i umiddelbar nærhed findes pejlinger fra boringer med gode boringsoplysninger. Der redegøres nærmere for dette i afsnit 3.2.3.

2.2.2 Kvalitet af den enkelte pejling

De meste præcise pejlinger er pejlet fra boringer med et indmålt boringsfikspunkt, der kan være brøndkant mv. Forskellige pejlinger kan være angivet i forhold til forskellige boringsfikspunkter eller pejlepunkter (f.eks. pejlestuds og brøndkarm), og herved introduceres en fare for reference-fejl, hvorved tilsyneladende variationer i vandstandskoterne reelt er beregningsfejl frem for ændringer i vandstand. Kontrol af datafejl kan normalt kun udføres, såfremt der foreligger flere pejlinger fra samme boring inden for en kortere tidsperiode, eller hvis pejlingen er meget omhyggeligt dokumenteret (for eksempel ved brug af et lokaliseringskema).

En pejling kan være foretaget under én af følgende situationer:

- Målt ved rovandsspejl (ved en løbende monitorering eller synkronpejlerunde)
- Målt ved drift, hvor pejlingen er påvirket af indvinding
- Målt ved prøvepumpning
- Ukendt (ofte fra boringens etablering)

I Jupiter databasen er pejlingerne opdelt i 2 kategorier:

1. Pejlinger målt "I ro-situation"
2. Pejlinger målt "I drift-situation"

Derudover vil det pågældende datafelt være tomt, når pejlensituationen er ukendt.

Det skal bemærkes, at der i Jupiter databasen er forholdsvis mange pejlinger med ukendt situation, navnlig ældre peyledata.

Anbefaling

Det anbefales, at der som udgangspunkt anvendes pejlinger målt i ro samt evt. under ukendte forhold til potentialekortet. Det kan dog i særlige situationer, som ved vurderingen af effekten af en indvinding, være relevant at anvende pejlinger målt "I drift-situation" til optegningen et potentialekort, der skal afspejle det aktuelle strømningsbillede ved indvinding.

I Jupiter databasen kan pejlingerne være kategoriseret i 3 kvalitetsniveauer:

1. God kvalitet (G)
2. Middel kvalitet (M)
3. Dårlig kvalitet (D)

Kvalitetsniveauet angives samtidig med indtastning af pejligen i Jupiter databasen og er i høj grad en subjektiv vurdering. Udover de tre kvaliteter findes der i Jupiter databasen mange pejlinger med "ukendt kvalitet" (blankt felt).

Anbefaling

Det anbefales at anvende data med pejlekvalitet "god" eller "middel". Ofte vil det i datasvage områder dog være nødvendigt at anvende pejledata med "ukendt" kvalitet.

2.2.3 Kvalitet af pejleserier

Ved udvælgelse af pejledata til et potentialekort kan der, ud over pejligenes kvalitet, være andre forhold, der giver nogle pejlinger en højere prioritet end andre.

Således vil pejlinger målt som del af en synkronpejlerunde sikre, at potentialekortet ikke er påvirket af sæsonvariationer eller langtidsvariationer i grundvandsspejlet, idet pejlingerne repræsenterer samme indvindings- og nedbørsmæssige situation.

Ligeledes vil lange pejletidsserier være afgørende for at beskrive den tidlige udvikling af vandspejlet i det pågældende grundvandsmagasin. Det anbefales, at pejletidsseriernes kvalitet klassificeres efter 2 forhold:

1. Den samlede længde af tidsserien
2. Pejlefrekvensen inden for de seneste 2 år

Pejletidsserierne kan tildeles point efter nedenstående kriterier (tabel 2.3):

Samlet længde af serie (1)	Seneste pejlefrekvens (2)	Samlet score (1+2)
> 20 år -> 4 point	>= 4 pejlinger pr. år + 2 point	6 point
10-20 år -> 3 point	>= 4 pejlinger pr. år + 2 point	5 point
3-10 år -> 2 point	>= 4 pejlinger pr. år + 2 point	4 point
< 3 år -> 1 point	>= 4 pejlinger pr. år + 2 point	3 point
> 20 år -> 4 point	< 4 pejlinger pr. år + 0 point	4 point
10-20 år -> 3 point	< 4 pejlinger pr. år + 0 point	3 point
3-10 år -> 2 point	< 4 pejlinger pr. år + 0 point	2 point
< 3 år -> 1 point	< 4 pejlinger pr. år + 0 point	1 point

Tabel 2.3: Klassificering af pejletidsserier.

Ved "Seneste pejlefrekvens" forstås pejlefrekvensen i perioden ½ til 2½ år før dags dato, som er valgt, da der ofte vil være op til ½ år mellem opdateringer af pejledata i databasen. Driftspejlinger bør ikke indgå i vurderingen af pejletidsserierne.

Anbefaling

Det anbefales, at pejlinger udført som del af en synkronpejlerunde prioriteres højere end den seneste pejling i samme borer. Det anbefales endvidere, at pejlinger fra borer med lange tidsserier så vidt muligt indgår i potentialekortet.

Ved optegninger af pejletidsserier er der i øvrigt nogle forhold, som man skal være opmærksom på ved gennemgangen. Med henvisning til GEUS's "Vejledning i indberetning af pejledata" (GEUS, 2007) bør en pejletidsserie principielt altid vurderes ekstra kritisk, hvis:

- Vandspejlet svinger mere end ½ meter inden for samme år (kan være påvirket af årstid)
- Der er en max afvigelse på hele serien > 2 meter (er ofte påvirket af indvinding)
- Pejlingen ligger under kote -2 (påvirket af indvinding)
- Hvis der er (få) afvigende pejlinger og disse ikke efterfølgende er fundet at bero på tastefejl eller lign.
- Hvis der er flere pejlinger med uroligt forløb (er ofte påvirket af indvinding).

2.3 Korrektion af fejlagtige boringsoplysninger og pejlinger

Ved den grundige gennemgang af data, som optegningen af et potentialekort fordrer, vil der konstateres fejl og unøjagtigheder af såvel boringsoplysninger som pejledata. Oplysninger om disse fejl bør tilgå de rette dataansvarlige myndigheder og institutioner, således at kvaliteten af Jupiter databasen til stadighed forbedres.

Fejl vedrørende "faste installationer", det vil sige boringsoplysninger, som f.eks. boringens placering og pejlepunkt, kan umiddelbart indberettes til GEUS's borearkiv. Der er udarbejdet en vejledning i indberetning og kvalitetssikring af lokaliseringsdata, der nærmere redegør for dette (se GEUS, 2005). Der kan endvidere henvises til Borearkivets hjemmeside, som findes på www.geus.dk Spørgsmål om disse forhold kan også rettes til geusborearkiv@geus.dk.

Fejl vedrørende selve pejlingen eller kvaliteten af pejlingen kan kun rettes af instanser med retteadgang til Jupiter databasen, og skal som udgangspunkt foretages af den instans der har indberettet pejlingen. For pejlinger udført før den 1. januar 2007 har GEUS dog også retteadgang til peyledata. Der er ligeledes udarbejdet vejledninger i indberetning af peyledata, som findes på Borearkivets hjemmeside (se GEUS, 2007).



3. Fremstilling af potentialekort

Dette kapitel gennemgår proceduren for, hvordan der udarbejdes et nyt potentialekort for et givet undersøgelsesområde. Kapitlet omtaler alle de almindeligste valg, der skal træffes ved udarbejdelse af et potentialekort.

3.1 Indledende overvejelser

Det skal fra start gøres klart, til hvilket formål potentialekortet skal anvendes (se kapitel 1). Formålet er afgørende for hvordan og hvilke pejledata, der udvælges, og dermed hvilken potentialekort-type der udarbejdes.

Normalt vil der skulle udarbejdes et af følgende typer af kort:

- Magasinspecifikke potentialekort
- Regionale kort over potentialet i de overfladenære grundvandsmagasiner
- Regionale kort over potentialet i de primære grundvandsmagasiner
- Lagspecifikke potentialekort

Når formålet med potentialekortet er fastlagt, bør områdets geologi, grundvandsmagasiner, vandløb og vådområder samt det overordnede datagrundlag indledningsvis vurderes.

Det skal fastlægges, hvilken/hvilke hydrogeologiske enheder potentialekortet skal repræsentere. Herved sikres en korrekt udvælgelse af borer, pejlinger og støttepunkter.

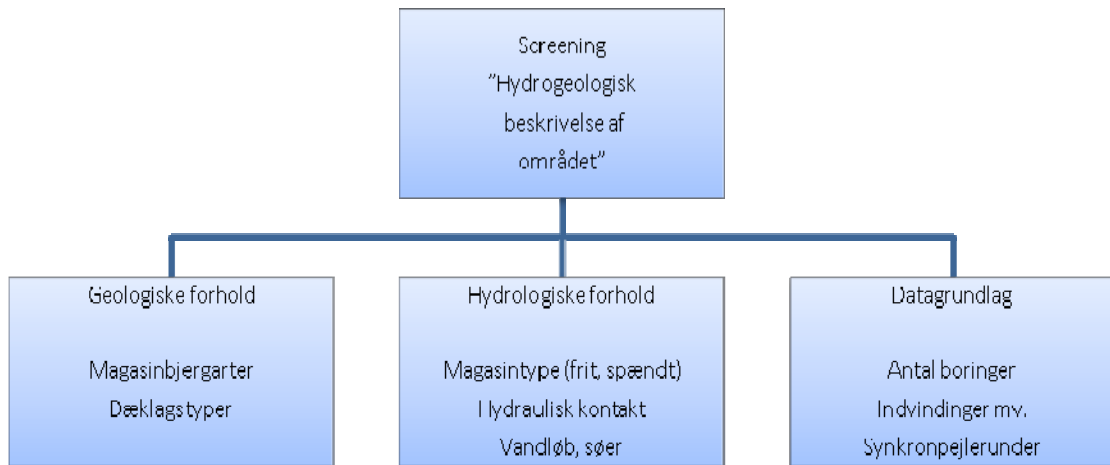
Endvidere bør man indledningsvis altid vurdere, om der overhovedet kan udarbejdes et potentialekort til det givne formål med de eksisterende datagrundlag, og om der skal indsamles yderligere pejledata, herunder eventuelt iværksættes en synkronpejlerunde (se afsnit 4.1).

Anbefaling

Det anbefales, at der med udgangspunkt i formålet med potentialekortet laves en indledende gennemgang / screening af de geologiske og hydrologiske forhold samt det overordnede datagrundlag. Typen af potentialekort samt evt. reference til landsdækkende modellag angives.

Screeningen vil ofte kunne bygge på eksisterende sammenfatninger fra tidligere potentialekort eller andre kortlægninger, se figur 3.1.

Screeningen kan med fordel sammenfattes i en kort hydrogeologisk beskrivelse af området, som kan indgå i den senere afrapportering.



Figur 3.1. Indledende screening af de geologiske og hydrologiske forhold.

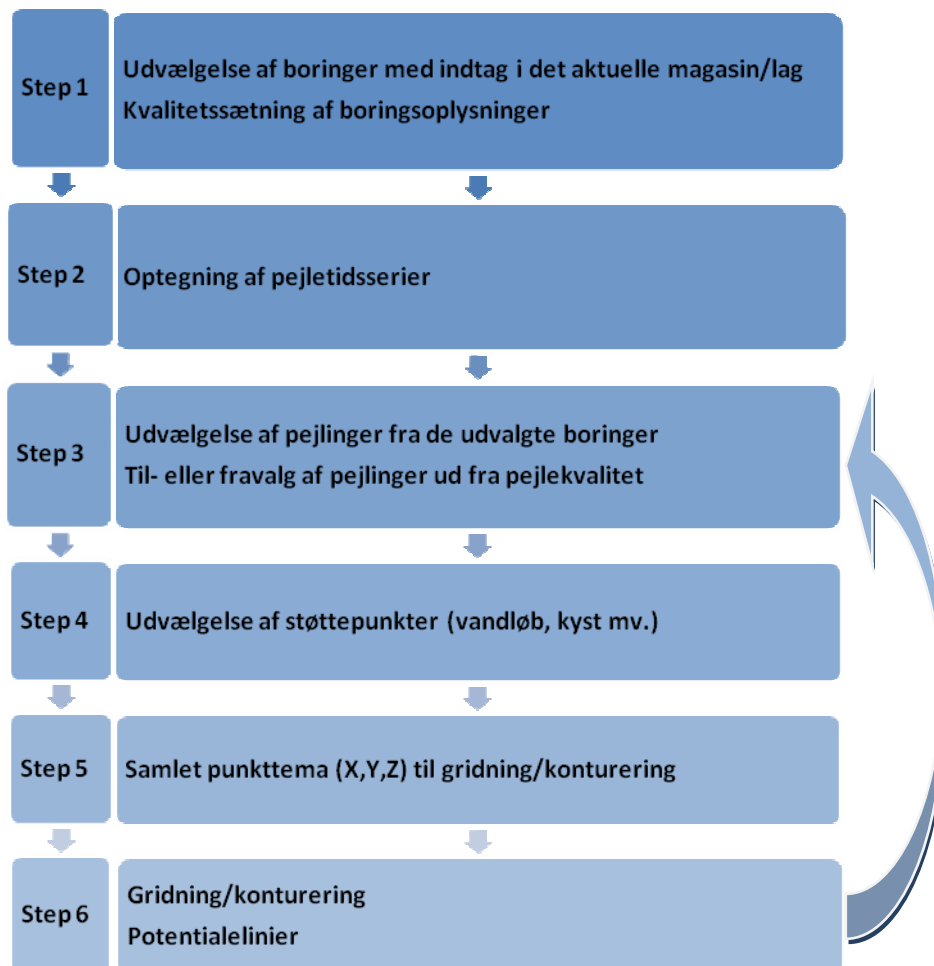
Screeningen omfatter blandt andet en vurdering af, hvilke magasinbjergarter der er i området (kalk, smeltevandssand mv.) samt hvilke dæklag, der er tale om (smeltevandsler, moræner, tørv mv.). Det kan her anbefales at udarbejde nogle geologiske profilsnit gennem området. Det skal vurderes, hvilke grundvandsmagasiner der er i området, og hvilken magasintyper det er (frit, spændt, artesisk). Det vurderes endvidere, om der er hydraulisk kontakt mellem grundvandsmagasinerne i området.

Vandløb, søer og vådområder beskrives med hensyn til strømningsretning, afstrømningsmængder osv. Eventuel kontakt mellem grundvand og vandløb vurderes. Dette kan gøres med udgangspunkt i topografi, medianminimumsdata, hydrografseparation eller ved vurdering af potentialet i forhold til kote af vandløbsbund. Omfanget af dette arbejde vil afhænge af datagrundlaget og formålet med potentialekortet.

Med hensyn til datagrundlag bør antallet af boringer, f.eks. relateret til forskellige dybder, vurderes. Vandindvindingerne i området og eventuelle beregnede indvindingsoplade beskrives, og indvindingerens betydning vurderes i forhold til potentialekortet. Det undersøges, om der er gennemført synkronpejlerunder, og hvordan den geografiske fordeling af pejlinger er.

3.2 Databehandling

Databehandlingen til et potentialekort kan opdeles i 6 step, som angivet i figur 3.2.



Figur 3.2. Procedure for udvælgelse af data og udarbejdelse af potentialekort.

Hvert enkelt step i udvælgelsen bliver gennemgået i det efterfølgende. Bemærk, at der er tale om en iterativ proces, hvor det efter optegning af potentialelinier kan være nødvendigt at til- eller fravælge flere pejlinger, såfremt potentialekortet udviser urealistiske kurveforløb.

Afhængig af magasin type og formålet med potentialekortet, vil der være forskellige tilgange til dataudvælgelsen. Det er vigtigt at notere og redegøre for den databehandling og de valg der træffes undervejs. Kun herved kan dataudvælgelsen dokumenteres og genskabes.

Anbefaling

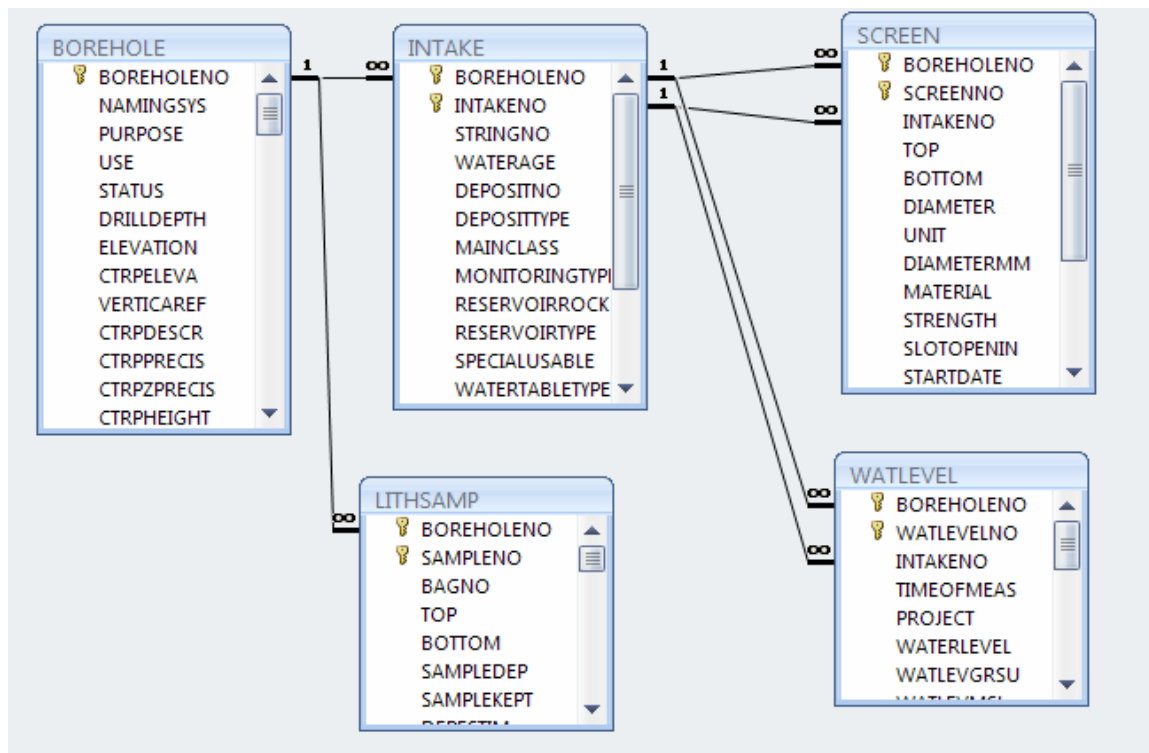
Det anbefales, at det gennem hele databehandlingen, for både boringer og pejlinger, dokumenteres i de primære datatabeller, hvilke til- og fravalg der foretages.

3.2.1 Step 1: Valg af boringer/ pejleindtag til potentialekortet

Først skal der udvælges boringer til en boringstabel. Udvælgelsen af boringer vil normalt foregå i et geografisk informationssystem (GIS) ved hjælp af eksisterende GIS applikationer som "Aktivt Potentialkort" (Dansk Geofysik, 2003) eller lignende, men kan også gøres ved hjælp af forespørgsler direkte i selve GIS-programmet eller Microsoft-Access.

Alle oplysninger, der er behov for om boringerne, er tilgængelige i Jupiter databasen. Det anbefales derfor at benytte et dataudtræk fra Jupiter databasen ved valg af boringer, uanset om pejlingerne eventuelt er placeret i anden database. Som nævnte i afsnit 2.1, kan en delmængde af Jupiter databasen hentes fra GEUS's hjemmeside.

I Jupiter databasen er boringsinformationerne lagret i forskellige tabeller. Relationerne mellem de væsentligste tabeller med boringsoplysninger er vist på figur 3.3.



Figur 3.3. Tabeller fra Jupiter databasen med boringsinformation.

BOREHOLE: indeholder DGU nr., terrænkote, UTM-koordinater, boreddybde og administrative oplysninger

LITHSAMP: indeholder geologisk information om de enkelte jordprøver i boringen

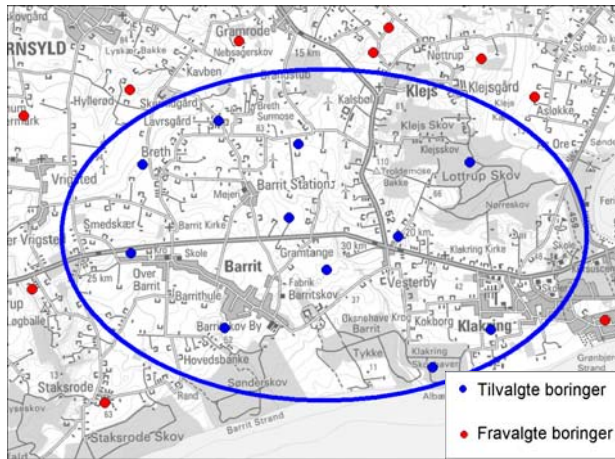
INTAKE: indeholder "INTAKENO" (indtagsnr.) og reservoirbjergart

SCREEN: indeholder filtertop og filterbund

WATLEVEL: indeholder pejledato, nedstik (vandspejl) og vandspejlskote.

Første udvælgelse af boringer vil som regel være inden for et horisontalt afgrænset område. Det kan f.eks. være et område med særlige drikkevandsinteresser, et vandløbsopland eller et grundvandsmagasin.

Som regel vil man endvidere medtage boringer i en bufferzone på 500 til 1.000 meter langs randen, for at undgå "randeffekter" langs randen af det primære område.

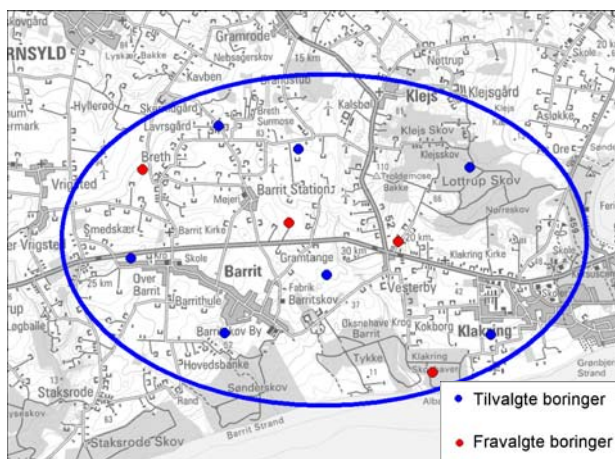


Udvælgelsen af boringer til potentialekortet kan med fordel ske ved hjælp af GIS. Tabellen BOREHOLE fra Jupiter databasen kan indlæses i GIS, og ud fra en geografisk afgrænsning af det pågældende grundvandsmagasin udvælges samtlige boringer inden for området uanset dybde eller i hvilket magasin, de er filtersat (figur 3.4).

Figur 3.4. Tilvalg af boringer indenfor kortlægningsområdet.

Ved indledningsvist at tilvælge samtlige boringer indenfor kortlægningsområdet opnås senere mulighed for at anvende pejlinger fra boringer, der vurderes at være i hydraulisk kontakt med det aktuelle grundvandsmagasin, men ikke nødvendigvis er filtersat i magasinet.

De udvalgte boringer, som udgør en delmængde af Jupiter databasen, kan tilknyttes ovennævnte Jupiter-tabeller med oplysninger om lithologi (bjergart) og filterdybder. Dette kan gøres med SQL-forespørgsler i GIS eller MS-Access. Applikationen Det Aktive Potentialekort gør dette automatisk.



Herefter foretages en udvælgelse af de boringer, der er filtersat i det eller de grundvandsmagasin, der skal udarbejdes et potentialekort for (figur 3.5).

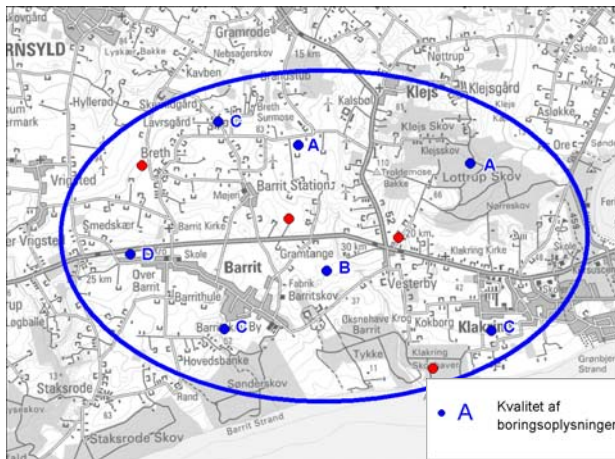
Figur 3.5. Tilvalg af boringer filtersat i magasinet.

Udvælgelse af boringer kan foretages efter forskellige kriterier ud fra beslutninger om, hvilke lag / magasiner potentialekortet skal repræsentere. Ofte benyttes et af følgende kriterier:

- Kote eller dybde på boringens indtag
- Aflejring/bjergart indtaget er sat i
- Et indtag placeret mellem to gridflader (laggrænser fra en model)
- Direkte reference mellem boringer og lag.
-

Eksempler på sådanne forespørgsler findes blandt andet i (Dansk Geofysik, 2003b).

I den boringstabel, man arbejder på, dokumenteres de udførte valg i et bemærkningsfelt. Det skal nævnes, at udvælgelsen af eksempelvis boringer filtersat i et DK-modellag eller en grundvandsforekomst, inden for overskuelig fremtid sandsynligvis kan udvælges direkte ved et "nøglefelt" i Jupiter databasen, se afsnit 1.6.



Herefter anbefales det at kvalitetssætte boringsoplysningerne, figur 3.6. Det gøres ud fra kriterier om jordprøvebeskrivelser, indmålingsmetode mv. se tabel 2.2 i kapitel 2.

Figur 3.6. Kvalitetssætning af boringer.

Kvaliteten af boringsoplysningerne skal angives i et dertil oprettet kommentarfelt i den benyttede boringstabel. Det frarådes på dette tidspunkt af udvælgelsen at frasortere boringer ud fra kvaliteten af boringsoplysningerne, fordi boringerne med ringe oplysninger kan være nyttige, hvis de er placeret strategisk, eller hvis de indeholder relevante pejledata. Kendskab til kvaliteten af boringsoplysningerne kan med fordel anvendes ved vurdering af et givet pejlepunkt senere i processen.

3.2.2 Step 2: Optegning af pejletidsserier

Ved databehandlingen anbefales det at undersøge eventuelle årlig fluktuation og længerevarende trends i vandspejlet. Kendskab til vandspejlsvariationerne er vigtige i forhold til at vurdere potentialekortets robusthed og egnethed til diverse formål.

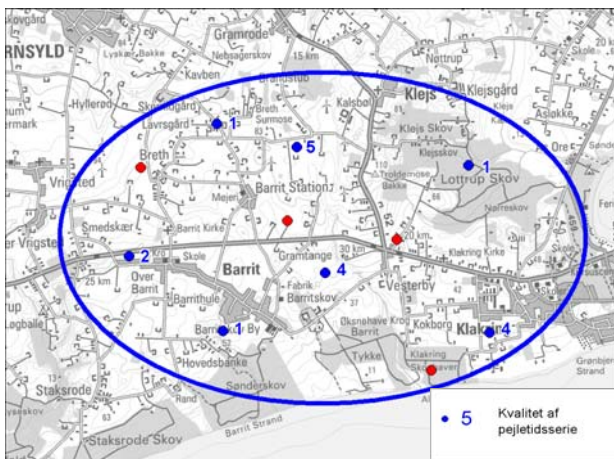
Når man vælger pejlinger til potentialekortet, skal man være opmærksom på, at man her ved får et øjebliksbillede, der svarer til den kortere periode, som man har trukket pejlinger ud af databasen fra. Det bør som supplement hertil undersøges ved hjælp af tidsserier, om

der i den omkringliggende periode ses stigende, faldende eller forholdsvis konstant vandstand.

Kendskab til eventuelle variationer er desuden vigtigt ved vurdering af grundvandsmagasinet's sårbarhed (se afsnit 3.4) og ved opstilling af et monitoringsprogram (se kapitel 4).

Årstidsvariationer og længerevarende trends undersøges ved at optegne pejletidsserier for de udvalgte boringer, der er filtersat i det vandførende lag / magasin i kortlægningsområdet. Optegningen af pejletidsserier skal ligeledes sikre, at den pejling der skal indgå i potentialekortet (eksempelvis den "seneste" pejling), er repræsentativ for vandspejlsniveauet. Ved optegning af pejletidsserier kan eventuelle driftspåvirkede pejlinger endvidere opdages og derved undgås.

Endvidere kan man med fordel tildele pejletidsserierne en kvalitet, således at de bedste pejletidsserier fremhæves og præsenteres ved den efterfølgende afrapportering. Herved vil det endvidere være muligt at videreføre de bedste pejletidsserier i et fremtidigt overvågningsprogram (kapitel 4).



Kvaliteten af pejletidsserierne kan, som vist i figur 3.7, klassificeres med udgangspunkt i længden og frekvensen af pejletidsserierne, se tabel 2.3, afsnit 2.2.

Figur 3.7. Kvalitetssætning af pejletidsserier.

Som udgangspunkt bør der optegnes tidsserier for alle boringer med 3 eller flere pejlinger. I nogle tilfælde (ved store kortlægningsområder med mange boringer) kan det dog være nødvendigt kun at optegne tidsserier for udvalgte boringer. Her kan der tages udgangspunkt i ovennævnte klassificering, således at de længste pejletidsserier optegnes. Der kan ved udvælgelsen også tages udgangspunkt i den hydrogeologiske beskrivelse af området (se afsnit 3.1), og således optegnes pejletidsserier fra de forskellige karakteristiske hydrogeologiske dele af området. Det kunne være pejletidsserier fra boringer i "højtliggende terræn" og andre fra boringer i "ådale", nogle fra boringer med "frit vandspejl" andre fra boringer med "spændt vandspejl" osv.

Tidsserierne kan efterfølgende bruges til at vurdere de hydrauliske forhold over og omkring grundvandsmagasinet, jf. afsnit 3.4.

I forbindelse med optegningen af pejletidsserier kan der med fordel udvælges en eller flere "masterkurver", som afspejler en karakteristisk udvikling i grundvandsmagasinet. Det vil for nogle - ofte større - grundvandsmagasiner være nødvendigt med flere masterkurver for at beskrive den tidslige udvikling i hele magasinet.

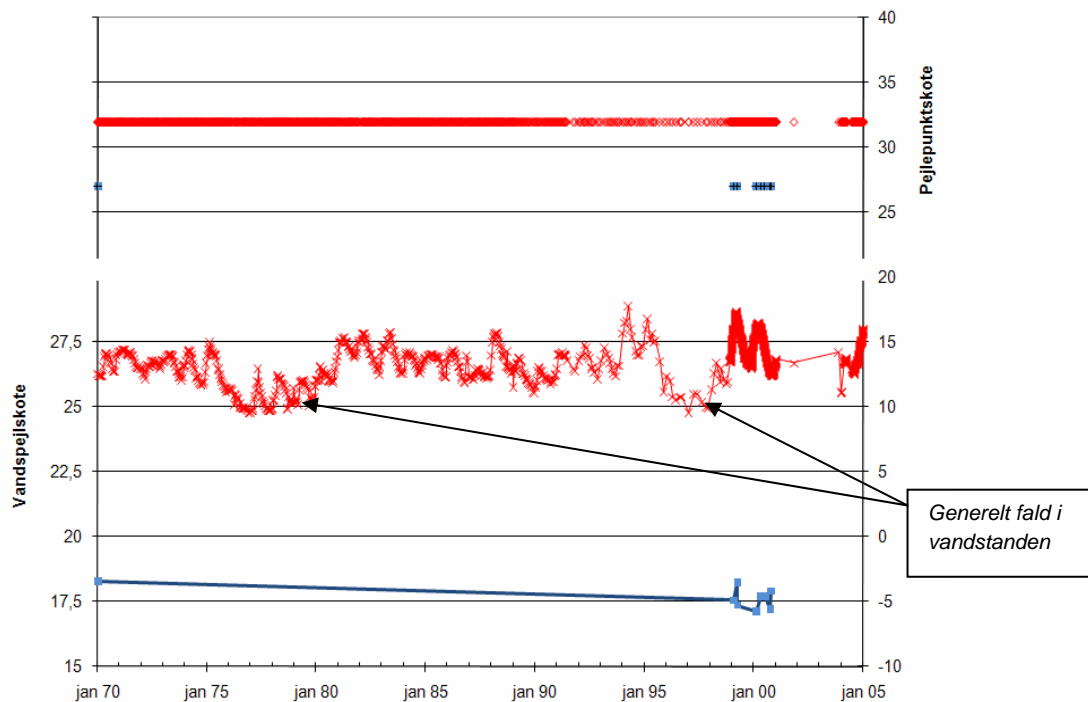
Pejletidsserierne udarbejdes generelt for pejlinger målt ved "rovandstand" eller pejlinger foretaget under "ukendte forhold" (se step 3 - Valg af pejlinger til potentialekortet). I forbindelse med optegningen vil der ofte være enkelte pejlinger, der synes driftspåvirkede eller på anden måde fejlagtige. Disse bør ikke indgå i vurderingen af udviklingen i vandspejlet, og er der tale om den seneste pejling, bør denne ikke indgå i potentialekortet.

Det skal angives i et kommentarfelt i boringstabellen, at den seneste pejling ikke er repræsentativ. Endvidere skal pejlens kvalitet ændres til "dårlig" i den downloadede Jupiter database (i tabellen "WATLEVEL", se næste afsnit 3.2.3). Dette sikrer, at pejlungen ikke medtages senere i processen. Med hensyn til ændringer i GEUS's Jupiter database henvises til afsnit 2.3.

I nedenstående eksempel, figur 3.8, er i den nedre del af figuren optegnet en pejletidsserie for 2 boringer filtersat i samme magasin. Bemærk, at der sammen med pejletidsserierne i den øvre del er optegnet den tilhørende serie med koten for det angivne pejlepunkt. Pejlepunktskoten er koten for det punkt, hvorfra pejlungen er foretaget (pejlestuds, brøndkant, m.v.). Hvis forløbet af de målte pejlepunkter ligger "skævt" i forhold til resten af pejlserien, kan det henføres til et ændret pejlepunkt. Dette er dog ikke tilfældet i det viste eksempel, hvor forløbet er regelmæssigt.

Årstidsvariationer kan med fordel vurderes ved at "zoome" ind på en kortere periode af den samlede tidsserie. I det efterfølgende eksempel (figur 3.9) er vist et udsnit af figur 3.8.

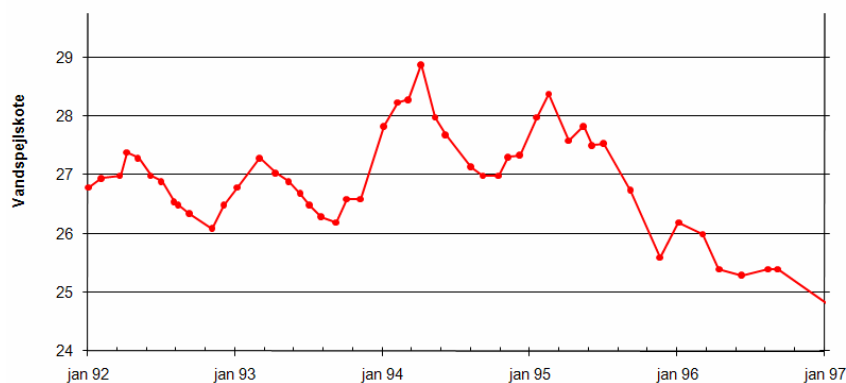
Pejlinger kan ofte være påvirket af nærliggende indvinding, hvilket giver sig udslag i vandspejlsvariationer. I eksemplet vist på figur 3.10 ses 3 pejletidsserier fra boringer beliggende nær en større kildeplads.



Figur 3.8. Lange pejletidsserier for 2 borer (røde og blå pejlinger).

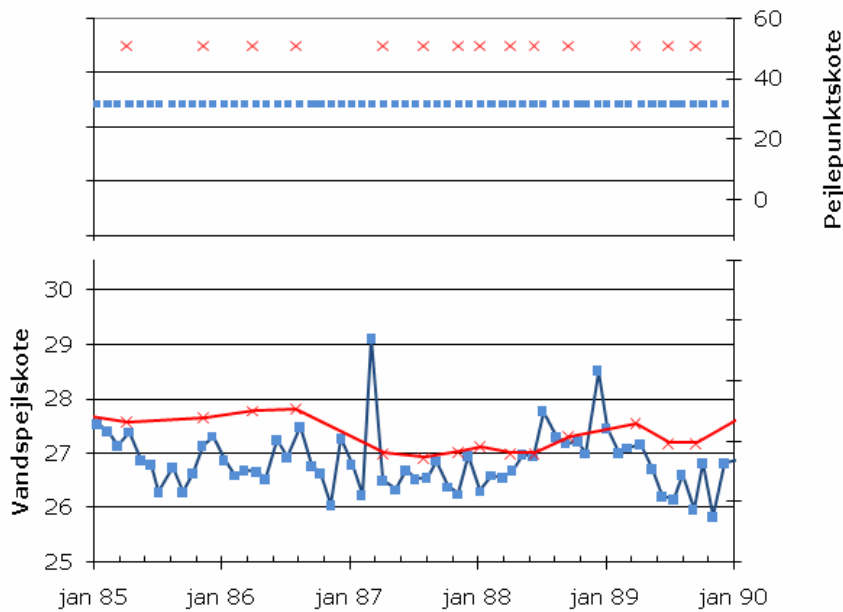
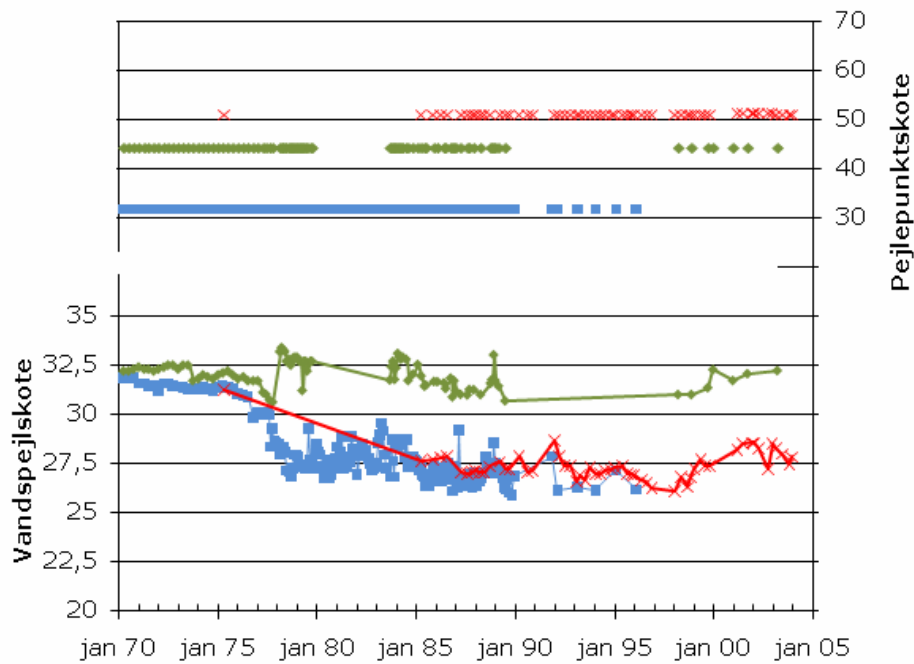
Boringerne er beliggende forholdsvis langt fra hinanden, hvilket ses af de viste pejleserier, hvor kote-forskellen for vandspejlet på ca. 10 meter (kote 18 og 27,5). For begge tidsserier synes grundvandsstanden har været rimelig konstant i perioden fra 1970 til 2005. Dog er den nederste tidsserie datasvag.

Pejletidsserien for den røde kurve er næsten fuldstændig sammenhængende i hele perioden. Det generelle vandspejlsniveau ligger mellem kote 25 og 28, med en middelværdi på ca. kote 26. Der observeres et generelt fald i grundvandsstanden på omkring en 1 meter i perioderne 1975 - 1981 og 1995 - 1998. Disse sænkninger skyldes formentlig klimaet, da der i begge perioder forekom tørre år.



Figur 3.9. Vurdering af årstidsvariation.

I eksemplet ses udsving på op til 3 meter i tørre år, men det generelle udsving ligger på ca. 1½ meter.



Figur 3.10. Tre borer med påvirkede pejletidsserier.

På den øverste figur ses, at vandspejlet falder i de 3 borer i perioden 1975-1990. Omkring 1977 stiger vandspejlet dog abrupt i den "grønne" boring, samtidig med at vandspejlet falder i den "blå" boring. Dette skyldes ændret indvinding i nærliggende borer, hvor indvindingen flyttes fra en boring til en anden. Endvidere ses, at den "blå" boring, der har de tætteste data, viser mange udsving på vandpejlet.

På den nederste figur er der zoomet ind på en 5 års periode af samme tidsserie. Vandspejlet i den blå boring svinger uregelmæssigt med $\frac{1}{2}$ til 1 meter, og er sandsynligvis påvirket af nærliggende indvinding. Til sammenligning er vandspejlet i boringen repræsenteret ved den røde kurve mere stabilt (der skal tages højde for at der er færre målepunkter, men alligevel synes kurven mere stabil).

3.2.3 Step 3: Valg af pejlinger til potentialekortet

Der skal nu dannes en pejetabel. Som udgangspunkt anbefales det, at man udtrækker seneste pejling for samtlige valgte boringer, med mindre der inden for de seneste år (eksempelvis 10 år) er foretaget en synkronpejlerunde, der dækker hovedparten af de valgte boringer. I sidstnævnte tilfælde anbefales at udtrække pejlingerne, som indgår i den synkronpejlerunde først. Herefter udtrækkes seneste pejling fra de øvrige valgte boringer.

Kvaliteten af den enkelte pejling er angivet i Jupiter tabellen WATLEVEL i kolonnen QUALITY (figur 3.11). Kvaliteten er vurderet ved inddateringen af data til Jupiter databasen, men er langt fra angivet ved alle pejlinger, hvorfor feltet ofte er tomt. Der er 3 kvaliteter (og ukendt):

- D** = dårlig kvalitet
- M** = middel kvalitet
- G** = god kvalitet
- Null** (tomt felt) = ukendt

WATLEVEL	
*	
🔦	BOREHOLENO
🔦	WATLEVELNO
	INTAKENO
	TIMEOFMEAS
	PROJECT
	WATERLEVEL
	WATLEVGRSU
	WATLEVMSL
	WATLEVMP
	HOURSNOPIUM
	CATEGORY
	METHOD
	QUALITY
	REFPOINT
	REMARK
	VERTICAREF
	ATMOSPRESSHPA
	EXTREMES
	SITUATION
	WATLEVELROUNDNO
	INSERTDATE
	UPDATEDATE
	INSERTUSER
	UPDATEUSER
	DATAOWNER

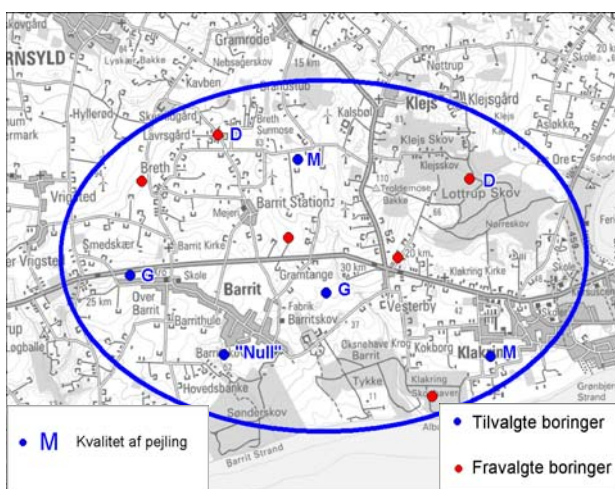
Figur 3.11. Kolonner i WATLEVEL tabellen.

I WATLEVEL tabellen er endvidere angivet, om pejlingen er foretaget i drift eller ro i kolonnen SITUATION (figur 3.11):

- 1** = drift
- 0** = rovandsspejl
- Null** (tomt felt) = ukendt

Dette felt er langt fra udfyldt ved alle pejlinger, og driftsforholdene ved pejlingen er da ukendt(e).

Pejlinger af en dårlig kvalitet og pejlinger målt ved drift fravælges som udgangspunkt, se figur 3.12.



Som udgangspunkt fravælges pejlinger af boringer i drift (pejlesituation "1" (Drift)), dvs. pejlinger, hvor der er pumpet i den pågældende boring under pejlingen. I visse situationer vil det dog være relevant, at lade driftspåvirkede pejlinger indgå i potentialekortet, især ved større vandindvindinger, dvs. pejlinger, hvor der samtidig er pumpet fra naboboringer. Man bør dog undgå en egentlig driftspejling, hvor der er pumpet i den pågældende boring under pejlingen

Figur 3.12. Fravalg af pejlinger ud fra kvalitet og pejlesituation.

De udvalgte pejlinger kan opdeles i bestemte grupper, efter hvilke pejlingerne prioriteres. Nye pejlinger kan for eksempel prioriteres før ældre. Pejlinger fra en bestemt årstid kan prioriteres højest, hvis man ved, at der forekommer markante årstidsvariationer. Endvidere kan pejlinger fra en periode med markant anden vandstand, end den der skal vises på kortet, nedprioriteres (f.eks. pejlinger fra "tørre år").

Et eksempel på prioritering af pejlinger, der ofte kan bruges, når der alene prioriteres efter alder, er:

1. **Nye pejlinger** foretaget inden for de seneste 5 år.
2. **Ældre pejlinger** foretaget i perioden 15 til 5 år, og som kun benyttes, hvis de ligger mere end 300 m fra nye pejlinger.
3. **Støttepejlinger** ældre end 15 år, som kun benyttes, hvis pejlepunktet ligger mere end 300 m fra de øvrige pejlinger.

I områder, hvor der findes tætliggende boringer, vælges de højest prioriterede pejlinger. Som hovedregel fravælges lavere prioriterede pejlinger, der ligger mindre end 300 meter fra en højt prioriteret pejling. Dette foregår ved geografiske forespørgsler i GIS, se f.eks. Dansk Geofysik, 2003a.

I tætliggende dataklynger, hvor alle pejlingerne er højt prioriterede, vælges pejlinger fra boringer med den bedste boringskvalitet.

Fravalg af pejlinger markeres og bemærkes i et bemærkningsfelt i pejletabellen, og det sikres at de fravalgte pejlinger ikke overføres til den endelige xyz-fil (se step 5).

3.2.4 Step 4: Valg af støttepunkter til potentialekortet

Afhængigt af potentialekortets formål og udstrækning kan det være relevant at tilføje støttepunkter. Støttepunkterne bruges til at styre potentialet i en bestemt retning og/eller fastholder en bestemt kote, når anden hydrogeologisk viden om vandspejlet end pejlinger godtgør dette. Støttepunkterne angives digitalt på samme måde som en egentlig pejling, det vil sige et punkt med angivelse af koordinater og en vandspejlskote, (X,Y,Z).

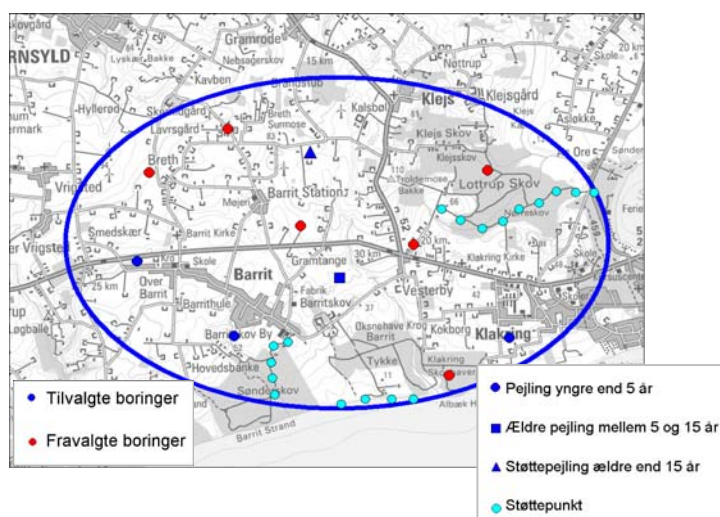
Som beskrevet i afsnit 1.2, kan støttepunkterne blandt andet uddrages langs vandløbsstrækninger, der ved den hydrogeologiske beskrivelse er vurderet til at være i kontakt med det vandførende lag, som potentialet repræsenterer. Ved etablering af støttepunkter langs vandløb, vil man normalt kunne benytte vandløbets bundkoter som et bud på grundvands-potentialet langs vandløbet. Sådanne opmålte bundkoter vil normalt forekomme, hvis der er foretaget regulativmæssige eller hydrometriske opmålinger. Hvis dette ikke er tilfældet, kan koter fra en digital terrænmodel benyttes som et omtrentligt bud på vandløbets bundkote. Da selve vandløbet ofte er skåret dybere end det fremgår af terrænmodellen, anbefales det, at vandløbskoter, der benyttes som støttepunkter, sættes 1 meter under modellens terrænkoter.

Andre overfladerecipienter som søer, kildevæld, moser og andre vådområder kan ligeledes være i kontakt med de vandførende lag, hvorfor det også her kan være aktuelt at benytte støttepunkter.

Langs kysten vil det ofte være nødvendigt at bruge støttepunkter for at styre potentialelinierne. Her kan det være relevant indledningsvist at vurdere, om det vandførende lag har en fortsat udbredelse til havs. Hvis det er tilfældet, og potentialet falder kraftigt mod kysten, kan det være relevant at placere støttepunktet ude i havet, således at kote 0 først optræder f.eks. 50 meter fra kysten. Dette kan være aktuelt ved dybereliggende vandførende lag, og ved stejle kystskrænter, idet potentialet her vil være større end 0 langs kysten.

3.2.5 Step 5: Samlet punkttema til konturering/gridning

Der foreligger nu en eller flere pejletabeller, i hvilke det er angivet om pejlingen skal medtages eller ej. De udvalgte pejlinger samles sammen med de genererede støttepunkter i en ny GIS-tabel.



Det samlede punkttema kan med fordel præsenteres ved hjælp af GIS, hvor punkterne er inddelt i pejlegrupper samt i støttepunkter, se figur 3.13.

Figur 3.13. Samlet tabel med pejlinger og støttepunkter.

Fordelingen af data vurderes, og i de datasvage områder undersøges det, om der eventuelt kan tilvælges nogle supplerende pejlinger, som ved første gennemgang er fravalgt.

Det er generelt vanskeligt præcist at angive en peyledatætthed, da dette er afhængigt af formålet med potentialekortet og af magasinets størrelse. Ved større regionale potentialekort bør der som hovedregel være minimum 1 pejling pr. 4 km². Ved mindre magasin-specifikke kort bør der være minimum 1 pejling pr. 1 km². I nogle tilfælde dog endnu flere pejlinger.

Det skal bemærkes, at det i mange tilfælde er bedre at vurdere resultatet af en første gridning og optegning af et potentialekort, før der til- eller fravælges yderligere data.

3.2.6 Step 6: Gridning og optegning af potentialelinier

På baggrund af det samlede punkttema med pejlinger og støttepunkter dannes et grid for grundvandsspejlets beliggenhed, og der kontureres en første udgave af potentialekortet. Optegnings- og interpolationsrutiner er nærmere gennemgået i afsnit 3.3.

Potentialekortet vurderes kvalitativt ud fra potentialeliniernes forløb. Det vurderes, om den geografiske fordeling af de udvalgte pejledata dækker området i tilstrækkelig grad til at beskrive potentialebilledet. Hvis dette ikke er tilfældet, inddrages om muligt supplerende pejlinger.

Det er især vigtigt at tjekke, om der er "afløbsløse huller", hvor der ikke er kildepladser, om der er stejle gradienter, som kræver yderligere datapunkter for at beskrives korrekt, og om der er underlige knæk på kurverne. Det vil ofte her være nødvendigt at gå tilbage i udvælgelsesprocessen (til step 3) og tilvælge (eventuelt fravælge) flere pejlinger.

Denne proces kan forløbe flere gange, til det mest "bedst mulige" potentialekort er udarbejdet. Med et bedst muligt potentialekort forstås, at:

- Vandets strømningsretning overordnet er rettet mod kysten og mod de større vandløb med grundvandskontakt
- Afløbsløse huller kun forekommer omkring områdets kildepladser
- Potentialelinierne har et sandsynligt forløb
- Potentialet ikke er afvigende i forhold til terræn og omgivne potentiale

Den grundige vurdering af potentialekortet og den iterative proces med til- og fravalg af pejlinger og eventuelle støttepunkter er samtidig en god kvalitetssikring af potentialekortet.

3.3 Optegning af potentialekort

Ved de efterfølgende led i fremstillingen af et potentialekort er der, uafhængigt af den hidtidige dataudvælgelse, mulighed/risiko for, at det afsluttende potentialekort kan få et varieret udseende, afhængigt af de interpolationsrutiner og kontureringsprogrammer der benyttes.

Der er således vigtigt, at der redegøres for valg af interpolationsrutine og konturering i afreporteringen af potentialekortet.

3.3.1 Interpolationsrutiner

Til interpolation mellem punktdata findes en række forskellige interpolations- eller gridningsrutiner. Disse rutiner er til rådighed i forskellige GIS applikationer, som f.eks. "Vertical mapper" til MapInfo og Spatial Analyst til ArcGIS, men også i GIS-uafhængige programmer, som f.eks. "Surfer".

Interpolationsrutinerne beregner, ud fra pejledataene, en værdi for vandspejlet i et netværk af kasser (gridceller), der dækker hele det vandførende lag. Punkttemaet med pejlinger omregnes således til et fladedækkende tema. Den valgte interpolationsrutine foreslår normalt selv en celle-størrelse afhængig af datapunkternes beliggenhed. Det anbefales, at denne rundes af til nærmeste 50 m. Ved regionale potentialekort vil interpolationsrutinen ofte foreslå en cellestørrelse i størrelsesordenen 250 m, mens cellestørrelsen for de magasin-specifikke kort ofte foreslås til en størrelsesorden på 150 m.

Ved geologiske og hydrologiske data benyttes der ofte interpolationsrutinerne Kriging, Invers Distance, TIN eller Natural Neighbourhood (Burrough, P. A. et al, 1997). Som udgangspunkt går disse metoder ud fra, at der ikke er fejl i data og at beregningsrutinen derfor skal medtage alle data punkterne.

Ideen bag interpolationsrutinen Natural Neighbourhood er, at den celle der ligger tættest på det enkelte målepunkt har samme værdi som punktet. Derudover forudsættes ingen sammenhænge mellem data. Metoden kan med fordel bruges, hvis der er store arealer med få datapunkter. Den er datatro i punktet og giver mulighed for at tilvælge "over- og undershooting" (større /mindre værdier i celler end max./min.-værdi i punkterne). Opsætningen kræver kun få simple valg. Metoden giver erfaringsmæssigt et troværdigt grid og jævne kurveforløb ved langt de fleste sæt af pejledata, men metoden leverer ingen geostatistisk analyse af data.

TIN (Triangular Irregular Network) er velegnet, hvis man ønsker at vise brudlinjer i fladen (og der er datapunkter i brudlinjerne samt i top og bund af data). Rutinen giver en kantet model, der dog kan udglattes med et filter. Der kan være problemer med at anvende TIN, hvis der udglattes og der er spring i data (f.eks. at data skifter fra noget stejlt til noget fladt). Metoden kan give problemer, hvis der er store arealer med få data. Samlet vurderes det, at metoden er mindre velegnet til potentialedata.

Hvis der er markant sammenhæng mellem nærliggende data, kan man med fordel anvende Inverse Distance Weighting (IDW), der er et specialtilfælde af Kriging, se nedenstående. Invers distance giver erfaringsmæssigt nogle jævne kurveforløb. Generelt er IDW ikke nødvendigvis datatro og er desuden afhængig af de parametre (bl.a. vægtningen), der sættes. Metoden kan give problemer, hvis der er store arealer med få data. IDW giver også problemer, hvis søge-afstanden sættes forkert, og der kan opstå "bull's eyes". Metoden har en tendens til at udglatte brudlinjer.

Kriging er en samlet gruppe af geostatistiske metoder til interpolation og analyse af trends i data. Ved kriging kan man ændre den funktion, der bruges til at sammenstille data, og man kan søge med forskellige funktioner i forskellige retninger. Ved de datasæt, som normalt benyttes til potentialekort, kan de geostatistiske muligheder, der er til rådighed ved kriging ofte ikke udnyttes fuldt ud. Men er der data nok og kendskab til trends i data, kan kriging med de tilhørende variogramanalyser med fordel anvendes. Metoden giver endvidere mulighed for at beregne usikkerhederne på de dannede grids.

Anbefaling

Det anbefales at anvende Kriging, hvis der er en god datadækning og tegn på trends i data. Ved ringe datadækning og/eller fladt-liggende potentialeforhold anbefales at anvende Natural Neighbourhood.

3.3.2 Konturering og optegning af potentialelinier

Når der foretages en interpolation af pejlepunkter genereres et grid, som viser vandspejlets beliggenhed. Det er dog visuelt lettere at se og forstå vandspejlets beliggenhed og strømningsmønsteret, når der kontureres potentialelinier ud fra gridet. I den forbindelse skal der vælges ækvidistance, det vil sige forskel i potentiale mellem de enkelte isolinier. Ved valg af ækvidistance skal der tages hensyn til datatætheden og variationerne af dataværdierne.

Anbefaling

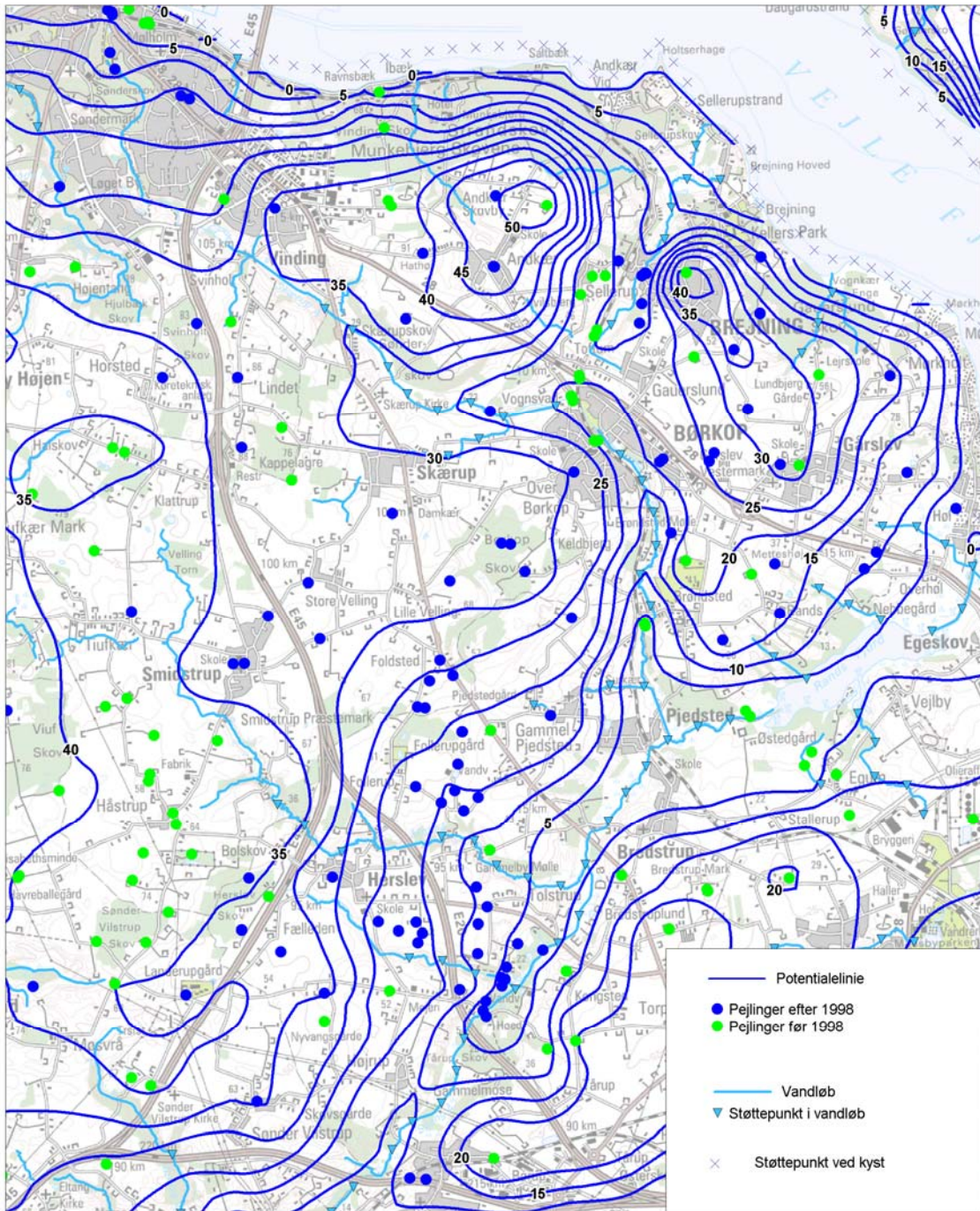
Det anbefales, at potentialebilledet fremstilles som konturerede potentialelinier med ækvidancer på 1, 2,5 eller 5 meter (afhængigt af data)

Ved en lille ækvidistance på f.eks. en 1 meter opnås et meget detaljeret kurveforløb, men også et forløb, som kan være vanskeligt at overskue ved geografisk store potentialekort, og ikke mindst når der er store forskelle mellem højeste og laveste potentiale inden for magasinet.

Ved en stor ækvidistance på f.eks. 5 meter opnås ofte et roligt kurveforløb, der overordnet både kan vise potentialebilledet i områder med små gradienter og i områder med store gradienter. Hvor vandspejlet er meget fladt, kan det dog være vanskeligt at fastlægge strømningsretningen og ikke mindst toppunktet præcist. Et eksempel på et potentialekort med en ækvidistance på 5 meter ses på figur 3.14 (dele af kortet er tidligere vist i figur 1.4).

En kombination af ovenstående, hvor 5 meter-kurverne optræder som fede linier, mens de mellemliggende 1 meter-kurver optræder som tynde eller stiplede linier, giver ligeledes et overskueligt kort.

Det kan i nogle tilfælde være en fordel at kurverne inddeles efter en farveskala, således vil toppunkter og lavninger træde tydeligt frem på kortet, se for eksempel figur 7.1.



Figur 3.14. Potentialekort med ækvivalens på 5 meter.

Som interpolationsmetode er valgt Natural Neighbour (simple). Der er benyttet en celledørrelse på 200 m.

3.4 Beskrivelse og fortolkning af potentialekortet

Når potentialekortet er færdigbearbejdet laves en samlet beskrivelse med udgangspunkt i den indledende beskrivelse af de hydrogeologiske forhold..

Anbefaling

Det anbefales, at der som minimum foretages en beskrivelse af forløbet af grundvandspotentialiet, hvori der lægges vægt på beskrivelsen af årstidsvariationer, lange fluktuationer, strømningsretning samt tilstedeværelsen af eventuelle grundvandsskel,

Som inspiration til en samlet beskrivelse af et potentialekort anbefales, at der tages udgangspunkt i nedenstående overordnede indholdsfortegnelse:

Formål

Hvem, der har ønsket potentialekortet, hvad skal kortet bruges til, og hvem er slutbruger

Tidligere potentialekort

Nævn og vurder eventuelle tidligere potentialekort. Alder, datagrundlag mv.
Hvad viser kortet om strømningsretninger m.v.

Geologiske forhold

Beskriv den overordnede ramme for de geologiske forhold
Hvilke jordlag der er i området (sand, ler, kalk)
Prækvartære eller kvartære grundvandsmagasiner

Afgrænsning af vandførende lag

Beskriv magasinbjergarterne
Redegør for den horisontale og vertikale afgrænsning af grundvandsmagasiner

Hydrogeologiske forhold

Beskriv vandløb, søer, vådområder
Beskriv afstrømningsdata fra vandløb, vurder eventuel hydraulisk kontakt mellem grundvand og overfladevand

Indvindinger

Beskriv eksisterende indvinding, og hvilke borer, der kan tænkes påvirket af indvinding

Datagrundlag

Beskriv antallet af borer og kvaliteten af boringsoplysningerne
Beskriv antallet af pejlinger og kvaliteten af pejlingerne
Beskriv antallet af pejetidsserier og kvaliteten af tidsserierne
Beskriv frembringelsen og antallet af støttepunkter

Tidslig variation

Beskriv de tidslige variationer i grundvandspotentialiet. Der kan tages udgangspunkt i de optegnede tidsserier, som er foretaget under dataudvælgelsen. Langtidsvariationer og årstidsvariationer i potentialiet beskrives. Der kan tages udgangspunkt i eventuelle masterkurver (se afsnit 3.2.2)

Hvor data er tilstrækkelige, kan grundvandsmagasinets sårbarhed vurderes på basis af beskrivelsen af fluktuationerne i trykniveauet, idet tidsserierne fortæller om indvindings påvirkning af grundvandsmagasinerne og sårbarheden i de forskellige områder. Store årlige udsving indikerer hydraulisk kontakt med overflade. Hvis der er ændring i de årlige udsving efter en påvirkning fra en indvinding, kan det betyde, at der sker en ændring i magasinforholdene og dermed sårbarheden (Brandt et al, 2000)

Potentialekort

Beskriv indledningsvis valg af interpolations- og kontureringsrutine

Selve potentialekortet kan ofte lettest beskrives, hvis det indeles i en række delområder efter potentialeliniernes forløb, f.eks. i områder med stejl gradient og områder med "fladt" vandspejl. Strømningsretningen beskrives inden for hvert delområde, herunder også strømningsmønstret omkring vandløbene. Her er det vigtigt at skelne mellem vandløb, hvor der er indlagt støttepunkter, og vandløb uden.

Toppunkter i potentialebilledet beskrives og det vurderes, om der findes grundvandsskel. Såfremt dette er tilfældet, kan det anbefales, at grundvandsskellet tegnes op i et GIS lag og præsenteres sammen med potentialekortet.

Usikre og datasvage områder beskrives under beskrivelsen af datagrundlaget.

Forslag til pejleprogram:

(se kapitel 4)

Redegør for udvælgelsen af boringer til supplerende pejlinger og indmåling.

Redegør for, hvor potentialekortet kan forbedres.

Beskriv forslag til løbende overvågning. Redegør for hvilke boringer, der indgår, og hvor tit der skal pejles.

Beskriv boringer med eksisterende pejleprogrammer (vandværker og nationale og kommunale pejlenet).

Ovennævnte indholdsfortegnelse kan samtidig bruges som tjekliste for kvalitetssikringen af potentialekortet.

4. Forslag til pejleprogram

Formålet med et pejleprogram kan dels være at få forbedret det nuværende potentialekort med flere supplerende pejlinger af god kvalitet, dels med passende mellemrum at foretage en løbende monitorering af grundvandsstanden i området. På baggrund af den opnåede erfaring fra den grundige datagennemgang, der er foretaget ved udarbejdelse af et nyt potentialekort, kan der forholdsvis let opstilles et forslag til et pejleprogram.

4.1 Forbedring af potentialekortet

Et potentialekort vil ofte kunne forbedres med flere pejledata. I forbindelse med udarbejdelsen af et potentialekort vurderes fordelingen og kvaliteten af pejledata, og der lokaliseres områder med få data. Forslag til forbedringer af datagrundlaget kan således let udarbejdes i forbindelse med udarbejdelsen af potentialekortet.

Anbefaling

Det anbefales, at der i forbindelse med udarbejdelse af et potentialekort også opstilles forslag til indsamling af yderligere pejledata, som kan forbedre kortet.

I forhold til at forbedre potentialekortet, vil det ofte være et spørgsmål om at få flere data i datasvage områder. Områder af potentialekortet kan være datasvagt af flere årsager:

1. Der mangler borer
2. Der er borer, men ingen pejlinger
3. Boringerne er ikke indmålt og pejlingerne er utroværdige
4. Pejlingerne er gamle og/eller utroværdige

I forhold til punkt 1 kan der kun etableres nye borer.

Såvel punkt 2, 3 og 4 indebærer, at der kan foreslås en opsøgning og pejling af borerne. I nogle tilfælde ville denne opsøgning kræve en indmåling af boringen (pejlepunktet), og i nogle tilfælde endda, at boringen gøres pejlbare. I særlige tilfælde vil kunne betale sig at logge boringen, for at få kendskab til dens lithologi.

Hvad der forstås ved datasvage områder afhænger også af potentialebilledet. Et jævnt kurveforløb og en lille gradient kan beskrives med færre pejlinger end et uroligt kurveforløb med stejle gradienter. Navnlig i forbindelse med større indvindinger/kildepladser kan der være behov for at have en større pejetæthed, for at beskrive indvindingens påvirkning af potentialebilledet.

Ud over kurveforløbet er definitionen af et datasvagt område også et spørgsmål om formålet med potentiale kortet. Mens der til et større regionalt potentialekort som hovedregel bør være minimum 1 pejling pr. 4 km², bør der til et detaljeret potentialekort for et specifikt magasin normalt være minimum 1 pejling pr. 1 km².

4.2 Fremtidigt pejleprogram (overvågning)

For at kunne overvåge den tidlige udvikling i grundvandsmagasinet potentiale, og herunder vurdere eventuelle sæsonvariationer, skal der udarbejdes et pejleprogram. Programmet kan med fordel opstilles i forbindelse med udarbejdelse af potentialekortet, da alle relevante data er "på bordet", og der er overblik over hele området på én gang. På den måde vil man også kunne sikre, at kommende potentialekort bliver af god kvalitet.

Anbefaling

Det anbefales, at der udarbejdes et forslag til et fremtidigt pejleprogram i forbindelse med udarbejdelse af potentialekort.

Omfanget af dette pejleprogram vil være afhængigt af de forventede variationer i grundvandspotentialet.

For at opnå et bedre kendskab til årstidsvariationerne, vil det ofte være nødvendigt indledningsvist at pejle forholdsvist ofte. Herefter kan pejleintensiteten eventuelt mindskes, såfremt der kun er ringe variationer i vandspejlet.

Mulige elementer i en løbende overvågning:

- a. en pejling efter en lang periode (f.eks. 5 år) i *alle* boringer
- b. en årlig pejling i mange udvalgte boringer
- c. sæsonbetinget pejling (f.eks. 4 gange årligt) i *nogle* udvalgte boringer
- d. kontinuerte pejlinger i få boringer

a) en pejling i alle boringer efter en længere periode vil være en overvågning, der typisk opstilles for et grundvandsmagasin med et forholdsvis kontinuert vandspejl uden sæsonvariationer og uden nævneværdig indvinding. Den tilbagevendende pejling efter f.eks. 5 eller 10 år skal vise en overordnet trends i vandspejlet for eksempel på grund af ændrede nedbørsforhold.

b) en årlig pejling i udvalgte boringer benyttes som overvågning for et grundvandsmagasin med mindre sæsonvariationer, der ikke ændrer strømningsretningen, men hvorfra der foregår en væsentlig indvinding, som ved ændringer kan "rykke" på potentialebilledet. Ofte kan vandforsyningernes pejlinger, som udføres som en del af tilladelsesvilkårene, indgå.

c) sæsonbetingede pejlinger (minimum 4 stk. jævnt fordelt over året) benyttes som overvågning i et grundvandsmagasin med tydelige årstidsvariationer i dele af magasinet (typisk terrænnære magasiner), og hvor nedbørsændringerne over året giver et ændret strømningsmønstret for grundvandet.

d) de kontinuerte pejlinger benyttes som overvågning i de dele af grundvandsmagasinet, hvor det er essentielt at følge udviklingen i vandspejlet tæt, f.eks. i forbindelse med større indvindinger. Det foregår ofte rent praktisk ved opsætning af dataloggere i boringerne. Dataloggere kan også med fordel installeres i pejleboringer, hvor udviklingen i vandspejlet er typisk for udviklingen i hele grundvandsmagasinet (en masterkurve). Det nationale pejlernet (se afsnit 4.4) er opbygget af udvalgte boringer, hvor der er opsat en datalogger.

Ofte vil et pejleprogram til løbende overvågning være en kombination af ovennævnte elementer, hvor der f.eks. er opstillet dataloggere i udvalgte borer og samtidig foregår en årlig pejlerunde.

Det skal bemærkes, at mange vandforsyninger, som en del af tilladelsesvilkårene udfører jævnlige pejlinger i vandforsyningens indvindingsboringer, og at et eventuelt pejleprogram bør tage hensyn til dette.

I næste afsnit redegøres nærmere for hvordan et fremtidigt pejleprogram kan opstilles.

4.3 Procedure for opstilling af fremtidigt pejleprogram

I nærværende afsnit forudsættes, at de tiltag til forbedringer af potentialekortet, der omhandler indmåling af borer og eventuelt nye pejlinger jf. afsnit 4.1, er foretaget.

Opstilling af pejleprogrammet kan derefter foretages under hensyn til nedenstående fire elementer:

1. Udvalgelse af præcisionsindmålte pejleboringer, som er jævnt fordelt ud i grundvandsmagasinet
2. Udvalgelse af pejleboringer med lange tidsserier
3. Bestemmelse af pejlefrekvens efter de generelle fluktuationer i vandspejlet
4. Udførelse af kontinuerte pejlinger ved store årstidsvariationer

Ad 1. Jævn fordeling af pejleboringer

Pejling af alle borer fra potentialekortet vil være en simpel, men omfattende måde at sikre en jævn fordeling af pejleboringer. Det er dog i praksis ofte ikke muligt at inddrage alle anvendte borer i en synkronpejlerunde, især ikke ved de geografisk store potentialekort.

Skal der prioriteres mellem borerne, bør det sikres, at der er en jævn fordeling af pejleboringer i området. Det bør dog også ved udvælgelsen af borer til fremtidig overvågning sikres, at de fokusområder eller problemområder, som er særligt aktuelle for det pågældende potentialekort, er repræsenteret. Disse områder kan være:

- Områder med stejle gradienter, som kun lader sig "styre" med tilstrækkeligt mange pejlinger.
- Områder med stor indvinding, som har afgørende betydning for vandspejlet.
- Områder nær vandløb, som er af betydning ved vurdering af grundvands- og overfladevandsinteraktionen

- Områder ved større forureninger, hvor det er vigtigt at kende forureningsfanens retning.

I disse fokus- eller problemområder er det vigtigt at udvælge tilstrækkeligt med pejleboringer til den fremtidige overvågning. Skal der fravælges boringer bør dette ske i "udkanten" af potentialekortet, og / eller hvor der er mange boringer inden for kort afstand med ensartet vandspejl. Her kan der ofte fravælges boringer, uden at det overordnede potentialebillede ændrer sig.

Generelt bør de boringer, der indgår i pejleprogrammet, være præcisionsindmålt. Såfremt enkelte boringer ikke er præcisionsindmålt, bør dette ske i forbindelse med den først-kommende pejlerunde.

Ad 2. Boringer med lange tidsserier

Ved udvælgelsen af boringer, der skal indgå i et fremtidigt pejleprogram, bør det sikres, at boringer med lange pejletidsserier kommer til at indgå i programmet, således at disse pejletidsserier fortsættes. Der kan med fordel tages udgangspunkt i de optegnede pejletidsserier fra den indledende databehandling.

Det er særlig vigtigt, at den eller de pejleboringer, hvis pejletidsserie er udpeget som "masterkurve", indgår i det fremtidige pejleprogram.

Ad 3. Pejlefrekvensen

Frekvensen for det fremtidige pejleprogram afhænger af de forventede fluktuationer i vandspejlet. Vurderingen af dette, ud fra de optegnede pejletidsserier fra den indledende databehandling, er beskrevet i afsnit 3.4.

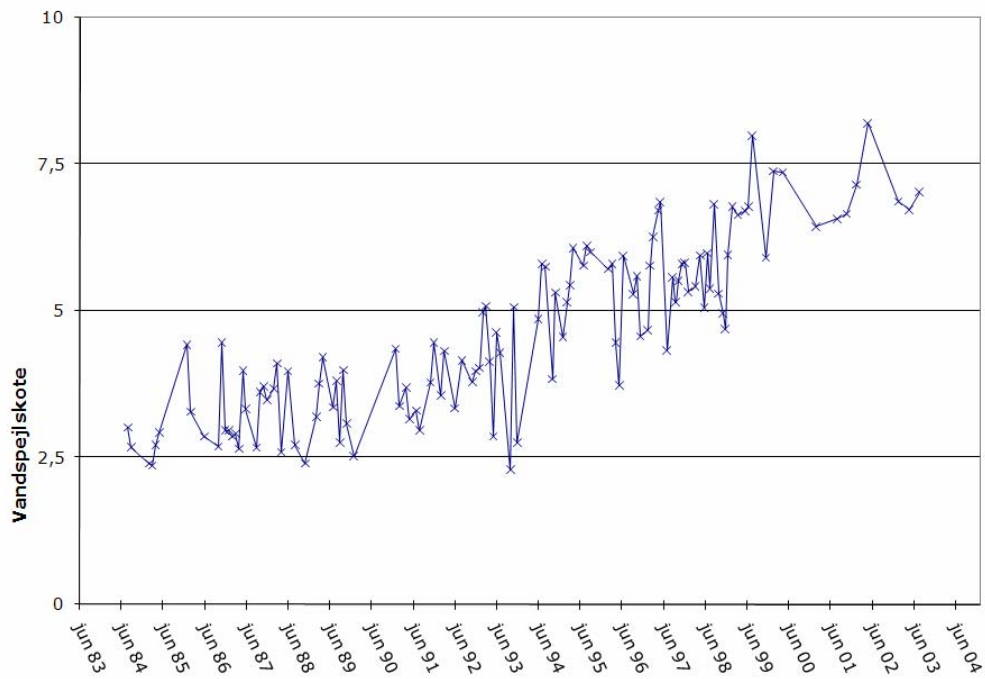
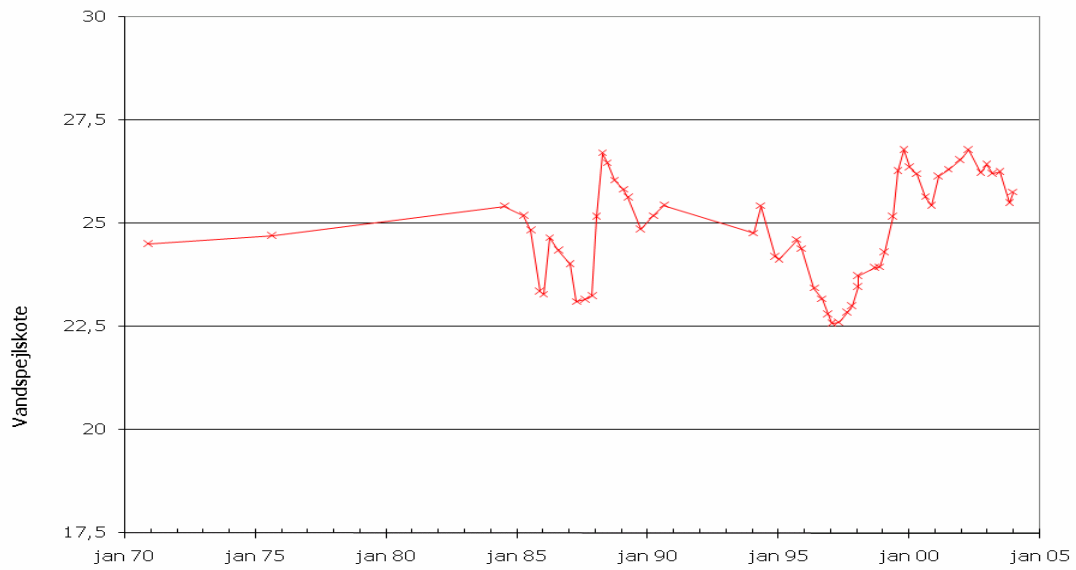
Det skal understreges, at der godt kan være årlige fluktuationer i vandspejlet, uden at der er behov for hyppige synkronpejlinger. Pejlefrekvensen bør i stedet tilpasses de ikke-årstidsbetingede fluktuationer i vandspejlet. I magasiner med store årlige fluktuationer anbefales at udvælge boringer til kontinuert pejling, se punkt 4 med kontinuerte pejlinger.

Ved grundvandsmagasiner, hvor vandspejlet kun viser langstrakte fluktuationer, som ikke kun er relateret til årstidsvariation og andre kortere nedbørsfluktuationer, kan synkronpejlerunden foretages i størrelsesorden hver 3-5. år.

På figur 4.1 på næste side er vist et eksempel på et fluktuerende, men stabilt vandspejl, og et eksempel på et stigende vandspejl.

Ad 4. Kontinuerte pejlinger

Kontinuerte pejlinger med dataloggere installeret i boringerne giver vigtige informationer både om de årstidsbetingede variationer og om den generelle trend i vandspejlet. Især når der er tale om lange tidsserier over flere årtier.



Figur 4.1. Eksempler på pejletidsserier.

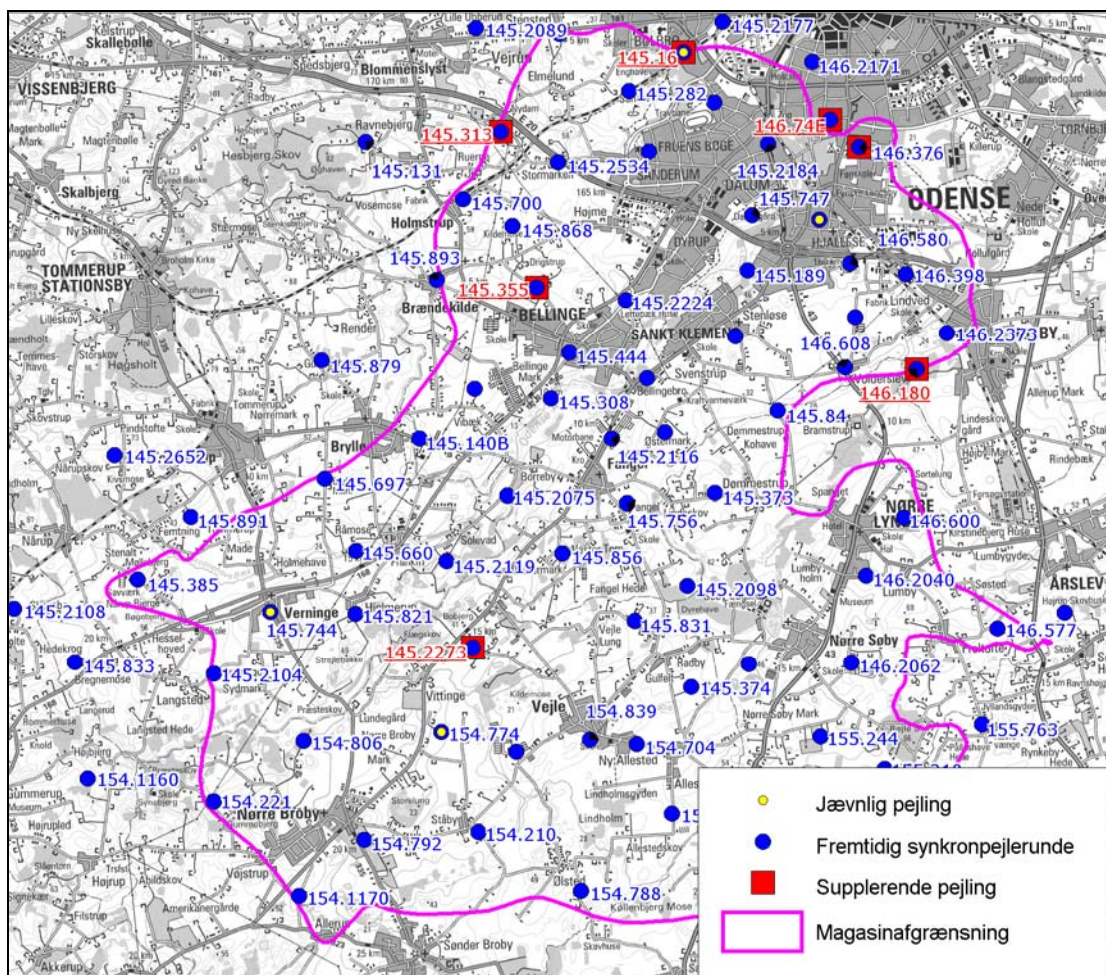
Den øverste kurve viser en 35 år lang pejletidsserie, hvor vandspejlet overordnet har været stabilt omkring kote 25. Dog har der været 2 perioder med lavere vandstand og 2 perioder med højere vandstand.

Nederste kurve viser en 20 årig pejletidsserie, hvor vandspejlet generelt er stigende gennem perioden fra kote 2,5 til kote 7,5. De forholdsvis store tætliggende svingninger skyldes påvirkning fra nærliggende indvinding og muligvis en påtrykt årstidsvariation.

Ved grundvandsmagasiner med store årstidsbetingede variationer i vandspejlet anbefales at få installeret dataloggere i en række boringer. Det er vigtigt at få dataloggerne placeret i de dele af magasinet, hvor fluktuationerne er størst, såfremt det er muligt at vurdere dette. Derudover må dataloggerne installeres med udgangspunkt i tidligere nævnte fokus- eller problemområder inden for området.

Det skal bemærkes, at der i forbindelse med det nationale pejlenet er installeret dataloggere i en række boringer i hele landet, dog koncentreret om de dybe grundvandsmagasiner. De dataloggere, der etableres i forbindelse med en fremtidig overvågning i forhold til et givet potentialekort, vil på sigt bidrage til at supplere og således forstærke det nationale pejlenet betragteligt.

Det anbefales, at pejleprogrammet illustreres med et kortbilag. Som eksempel vises på figur 4.2 et anbefalet pejleprogram for et magasin syd for Odense.



Figur 4.2. Anbefalet pejleprogram til forbedring af potentialekortet og fremtidig overvågning.

Der er angivet 7 boringer (rød firkant), hvor der ønskes en supplerende pejling for at præcisere potentialebilledet. Det fremtidige pejleprogram foreslås til at være 64 boringer (blå prik), der ønskes pejlet synkront hvert 5 år. Bemærk nogle af disse boringer ligger udenfor magasinafgrænsningen, men hvor boringerne forventes at stå i samme hydrostratigrafiske lag. Endvidere er der udpeget 4 boringer (gul prik) der skal pejlles regelmæssigt (minimum kvartalsvis) for at følge årstidsvariationerne. Pejleserier fra disse 4 boringer er "master"kurver for magasinet.

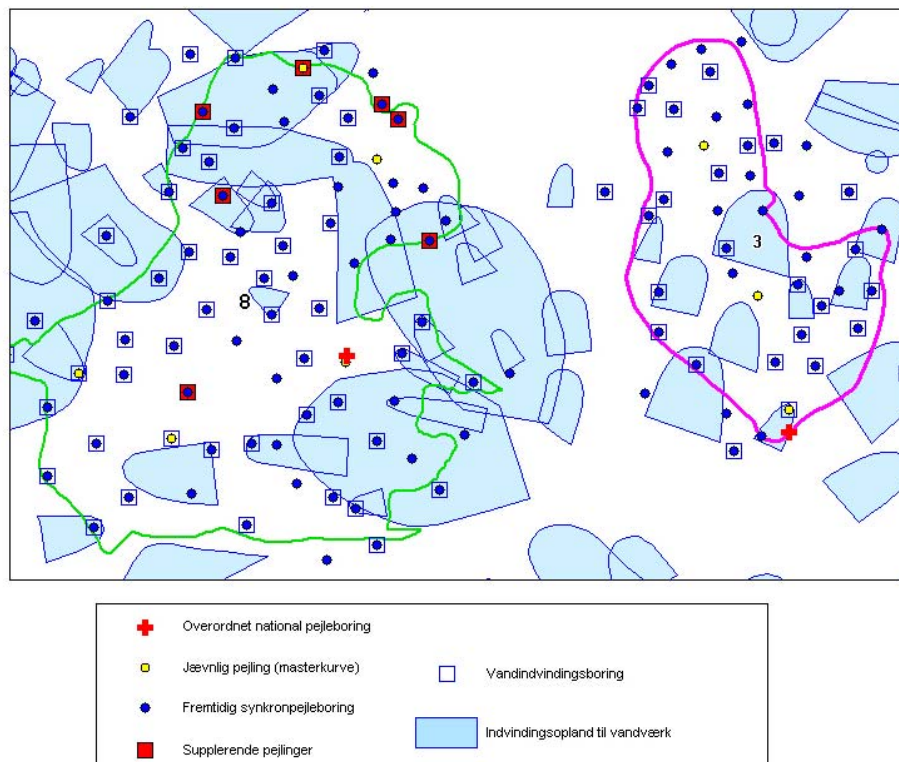
4.4 Opfølgning

Efter vandforsyningsloven skal de borer, der ikke er i brug, sløjfes. Det betyder, at det fremtidige grundlag for overvågning efter vandmiljøloven og udarbejdelse af potentialekort – med mindre der tages særskilt aktion – vil blive baseret på borer, der pejles i forbindelse med det nationale pejleprogram, vandværkernes tilladelser samt tilladelser til erhverv (markvanding, gartneri og andre vandforbrugende erhverv). Hertil kan suppleres med information fra de enkeltstående pejlinger, der indsamles i forbindelse med udførelsen af borer til hydrogeologiske undersøgelser og ved etablering af enkeltanlæg.

Det er vigtigt, at pejleboringerne i det foreslåede pejleprogram tager udgangspunkt i den allerede forekommende indsamling af peyledata, der indrapporteres til Jupiter databasen. Her skal især peges på

- Det nationale net af pejleboringer, som pejles regelmæssigt af miljøcentrene (NO-VANA-pejlestationsnet).
- De jævnlige pejlinger i vandforsyningens indvindingsboringer og i pejleboringer i tilknytning hertil, som de fleste vandforsyninger udfører, som en del af tilladelsesvilkårene.

På figur 4.3 ses fordelingen af pejleboringer på det nationale pejlernet samt de borer, der er tilknyttet vandindvindinger for Magasin 3 og Magasin 8, og hvor der i dag kan være pejleprogrammer.



Figur 4.3. Foreslåede pejleboringer sammenlignet med borer med forventede eksisterende pejleprogrammer (nationale pejleboringer og vandindvindinger).

Det skal bemærkes, at oversigten over boringer med mulige pejleprogrammer er behæftet med usikkerhed og kun er medtaget på figur 4.3 i mangel på en generel oversigt (database) over boringer med krav om pejling.

Der er kun et begrænset antal boringer (ca. 100) i det nationale pejleprogram. Det er således også kun én national pejleboring i hvert magasin i nedenstående eksempel på figur 4.3, og det nationale pejleprogram i potentialekortlægningen vil kun – inden for de eksisterende økonomiske rammer – kunne forventes udført som en del af det anbefalede pejleprogram og kunne bidrage til den overordnede forståelse af potentialebilledet (Mielby, 2008).

Det ses, at der – især i Magasin 3 - kommer til at mangle en del pejleboringer for at kunne opretholde en optimal potentialekortlægning fremover.

Det er derfor vigtigt, at man ved behov for supplerende boringer i pejleprogrammet er opmærksom på ovenstående, og at det ved opstillingen af et pejleprogram tydeliggøres, hvem (kommune, miljøcenter, region eller vandforsyning) der har ansvar for at pejleprogrammets enkelte dele.

Anbefaling

Det anbefales, at vurdering af undersøgelsesboringernes egnethed indgår i overvejelserne om det fremtidige pejleprogram, og at de, i fald de findes egnede, indgår som en del af indsatsplanen og opfølgingsarbejdet i forbindelse med denne.

Det bør som opfølgning sikres, at oplysningen om behovet for de jævnlige pejlinger tilgår tilladelsesmyndigheden, det vil sige kommunen, hvis den skal stå for indberetningen af peyledata til den landsdækkende Jupiter database.

Der opfordres samtidig til koordinering med det nationale overvågningsprogram, således at der kan opnås et samlet overblik.

Kun ved at peyledata samles i Jupiter databasen sikres de for eftertiden og gøres anvendelige i mange sammenhænge og til mange formål.

5. Digitalt slutprodukt

For at sikre, at et potentialekort anvendes rigtigt under hensyntagen til usikkerhederne i kortet, er det vigtigt, at kort og de bagved liggende dataudvælgelser dokumenteres. Dette afsnit indeholder en beskrivelse af de digitale slutprodukter, som udgøres af det færdige kort med tilhørende GIS-tabeller, og afrapportering.

Formålet med at stille krav til ensartethed af slutproduktet, er at gøre det færdige kortprodukt lettere tilgængeligt, nemmere at kvalitetssikre, og ikke mindst mere entydigt at bruge i andre senere sammenhænge. Endvidere vil et ensartet slutprodukt lette en senere opdatering af potentialekortet.

Afrapportering

Rapporterne bør foreligge som pdf-fil med en tekst og en række kort, der tilsammen hurtigt kan give et indtryk af det vandførende lags udbredelse og potentialet i dette, se afsnit 3.4 - Beskrivelse og fortolkning af potentialekortet.

Det samlede digitale slutprodukt

Det samlede digitale slutprodukt for kortlægningen bør, afhængig af opgaven, omfatte minimum følgende data:

Produkt	Type	Kommentar
Rapport	Pdf-fil	Obligatorisk
Metadata	Pdf-fil og GIS-tabel	Obligatorisk
Boringsdokumentation	GIS-tabel	Obligatorisk
Pejledokumentation	GIS-tabel	Obligatorisk
Anvendte støttepunkter	GIS-tabel	Obligatorisk
Vandspejlskoter samlet	GIS-tabel	Obligatorisk
Potentialelinier	GIS-tabel	Obligatorisk
Grids	GIS-tabel	Obligatorisk
Gridpunkter	GIS-tabel	Obligatorisk
Grundvandsskel	GIS-tabel	
Strømpile	GIS-tabel	
Forslag til indsamling af supplerende data	GIS-tabel	
Forslag til pejleprogram	GIS-tabel	

Tabel 5.1. Oversigt over de digitale produkter ved en potentialekortlægning.

Det fremgår af tabel 5.1, at nogle data er obligatoriske, mens andre udarbejdes efter behov og opgavens karakter.

5.1 Navngivning af filer og felter

For at gøre det nemt at identificere filerne for de digitale slutprodukter, og derved kunne arbejde videre med dem senere i en anden sammenhæng, anbefales det, at navngivning

for samtlige filer består af en tekststreng, der indeholder typen på potentialekortet, et id, der referer til rapportprodukt og endelig et navn for området.

Typen af potentialekort bør navngives med brug af forkortelserne i tabel 5.2:

Vandførende lag	Anvendt reference	Dækning
Overfladenære grundvandsmagasiner	OVF	
Primære grundvandsmagasiner	PRM	
Lokalt magasin	LOK	
Kvartært sand/grus, øvre	KS1	DK-modellen. Hele landet
Kvartært sand/grus, mellem	KS2	DK-modellen. Hele landet
Kvartært sand/grus, mellem/nedre	KS3	DK-modellen. Hele landet
Kvartært sand/grus, nedre	KS4	DK-modellen. Kun Sjælland
Prækvartært sand/grus, øvre (ofte Odderup formation)	PS1	DK-modellen. Kun Jylland
Prækvartært sand/grus, mellem (ofte Bastrup formation)	PS2	DK-modellen. Kun Jylland
Prækvartært sand/grus, nedre (ofte Ribe eller Billund formation)	PS3	DK-modellen. Kun Jylland
Kalk	KAL	DK-modellen. Hele landet

Tabel 5.2 Oversigt over standardiserede forkortelser for typen af potentialekort.

Det anbefales, at referencen til OVF, PRM og LOK kun bruges, hvis det ikke er muligt at referere til et lag i DK-modellen.

I tabel 5.3 er som eksempel givet en liste med navnene på de forskellige kortprodukter for potentialet i KS2 for et "Magasin 8":

Produkt-type	Anvendt forkortelse	Eksempel på navn	Data-type
Rapport	rap	KS2_rap_Magasin8	Pdf
Metadata	met	KS2_met_Magasin8	GIS-tabel
Boringsdokumentation	bor	KS2_bor_Magasin8	GIS-tabel
Pejledokumentation	pej	KS2_pej_Magasin8	GIS-tabel
Støttepunkter	stp	KS2_stp_Magasin8	GIS-tabel
Vandspejlskoter samlet	vsk	KS2_vsk_Magasin8	GIS-tabel
Tidsserier korte	aar	KS2_aar_Magasin8	Pdf
Tidsserier lange	ltu	KS2_ltu_Magasin8	Pdf
Potentialelinier	pot	KS2_pot_Magasin8	GIS-tabel
Grids	grd	KS2_grd_Magasin8	GIS-tabel
Gridpunkter	grp	KS2_grp_Magasin8	GIS-tabel
Grundvandsskel	gsk	KS2_gsk_Magasin8	GIS-tabel
Strømpile	pil	KS2_pil_Magasin8	GIS-tabel
Forslag til supplerende data	sup	KS2_sup_Magasin8	GIS-tabel
Forslag til pejleprogram	ppr	KS2_ppr_Magasin8	GIS-tabel

Tabel 5.3. Eksempel på brugen af standardiserede forkortelser for de forskellige kortprodukter. Det fremgår således at der kan være både pdf-filer, GIS-tabeller med metadatafiler, punkter og flader med information om potentialet.

5.2 Metadata

Formålet med metadata er at give en fagperson overblik over de data, som potentialekortet og den tilhørende afrapportering omfatter.

Det anbefales, at metadata indeholder beskrivelser af de produkter (filer og GIS-tabeller), der knytter sig til kortlægningsområdet (magasinet og potentialet), og som er listet i nedenstående. Det anbefales ligeledes, at metadatafilerne navngives med forkortelser af potentialkorttype, et id, der refererer til produktet og endelig et navn for området, i lighed med de primære datafiler.

Tabeller med metadata knyttes til et GIS objekt med kortlægningsområdets afgrænsning. For at kunne give et hurtigt overblik over kortlægningen, bør den indeholde en række informationsfelter og oplysninger om pdf-filer (eventuelt med hyperlinks), som vist nedenfor med et eksempel angivet til højre i figur 5.1.

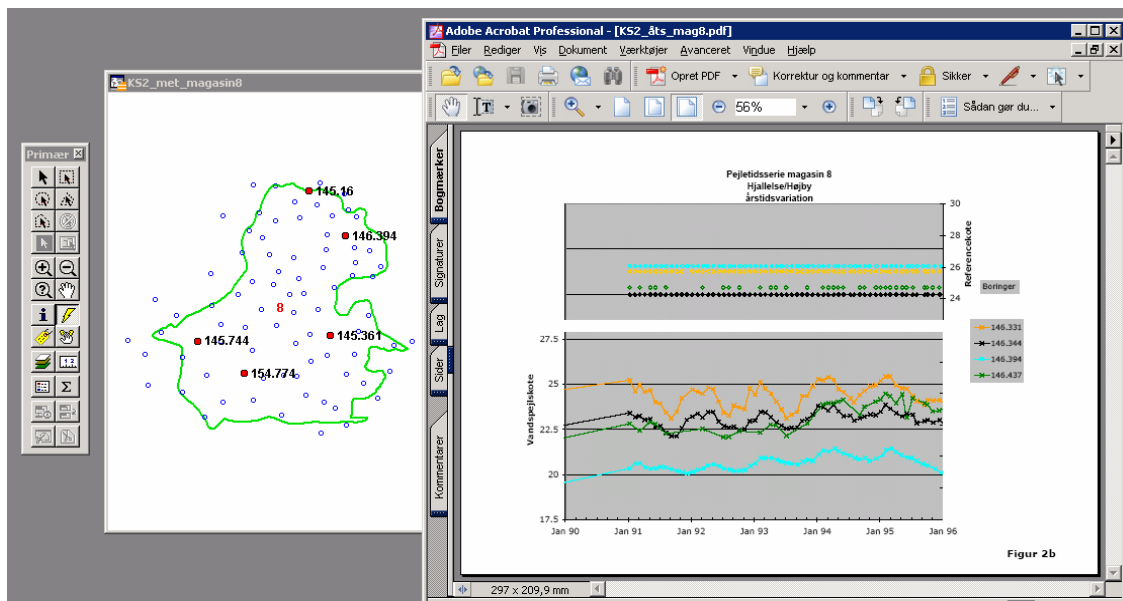
- Områdets ID-nr
- Områdets navn
- Eventuel reference til magasinbeskrivelse og afgrænsning
- Type af potentialekort
- Tidsperiode for potentialekortet
- Formål med kortet
- Hvornår kortet er udført,
- Hvem der har lavet kortet
- Hvem der er ordregiver
- Reference til rapport
- Illustration af årstidssvingninger
- Illustration af langtidssudvikling
- Illustration af datakvalitet
- Illustration af potentialekort
- Forslag til pejleprogram

Field	Value
ID:	KS2_magasin8
Navn:	Odense
Magasinbeskrivelse:	KS2_afg_magasin8.tab
Type_potentialekort:	KS2
Tidsperiode:	2000 og frem
Formål:	Vandressource
Udførelsesdato:	20070704
Udført_af:	Orbicon, CDI, NB
Ordregiver:	Fyns Amt
Rapport:	KS2_rap_magasin8.pdf
Årstidsvariation:	KS2_aar_magasin8.pdf
Langtidsvariation:	KS2_ltu_magasin8.pdf
Datakvalitet:	KS2_kva_magasin8.pdf
Potentialekort:	KS2_pot_magasin8.pdf
Pejleprogram:	KS2_ppr_magasin8.pdf
Bemærkninger:	Eksempel på metafil

<< >> Liste KS2_met_magasin8

Figur 5.1. Informationsfelter i metadatatabelen.

Nedenstående ses i figur 5.2 et eksempel på tilknytningen af metadata til et område og opslag herfra med "hyperlink" til en beskrivende pdf-fil.



Figur 5.2. Figuren illustrerer hvordan man fra et GIS tema kan få vist metadata og herfra ved hjælp af (hyper)links vælge de data, som der ønskes information om. I dette tilfælde er vist et kortområde med foreslåede pejleboringer i magasinet og et eksempel på et valg af den fil, der viser grundvandsmagasinet årstidssvingninger.

5.3 GIS-tabeller med data

Ved afrapporteringen af data anbefales det så vidt muligt at anvende de standard-konventioner og dataformater, som forefindes i de originale databaser, f.eks. i Jupiter databasen.

Nøglefelter i data

Da GIS-tabellerne kan genbruges i andre – senere – sammenhænge, anbefales det, at GIS-tabellerne, jf. tabel 5.3, indeholder en række gennemgående felter. Det drejer sig om følgende 5/7 felter:

- Værdi
- DGU-nr (format som i Jupiter databasen)
- Indtagsnummer (format som i Jupiter databasen)
- Navn på vandførende referencelag (se tabel 5.2)
- Navn på magasin
- Navn på kortlægning
- Tidsperiode (for produktion)

I afsnit 6 og 7 er der givet en række eksempler på, hvordan nøglefelterne kan udnyttes til at sammenstille eksisterende potentialekortlægninger.

Udover de gennemgående felter kan det anbefales, at de enkelte tabeller indeholder en række felter, der blandt andet dokumenterer de valg, der er gjort under dataudvælgelsen.

Nedenfor er listet forslag til de datafelter, som de enkelte tabeller som minimum skal indeholde:

Boringspunkter

Borings- og indtagstabellen indeholder alle boringer/indtag inden for potentialekortområdet. Endvidere indeholder filen en række overordnede informationer om pejlingerne tilknyttet den enkelte boring. Tabellen navngives XX_bor_YY, hvor XX refererer til typen af potentialekort eller modellag og YY angiver områdenavnet. Tabellen indeholder som minimum følgende felter:

- DGU nr
- Indtagsnr
- Koordinater
- Kommentar
- Kvalitet af boringsoplysninger
- Kvalitet pejleserie
- Terrænkote
- Boreddybde
- Indtag top
- Indtag bund
- Magasinbjergart
- Antal pejlinger
- Dato for boringen
- Data oprindelse (navn og sti til database)
- Medtag (Tilvalgt/fravalgt boring)

Pejlepunkter

Tabellen med pejlepunkter navngives XX_pej_YY, hvor XX og YY angives som ovenstående. Det skal bemærkes at der ofte vil være flere pejletabeller: f.eks. en for seneste pejling, en for synkronpejlinger o.s.v. Disse tabeller foreslås her repræsenteret ved en "brutto" tabel, som indeholder følgende felter:

- DGU nr
- Indtagsnr
- Koordinater
- Terrænkote
- Kommentar
- Dato for pejlingen
- Vandspejlskoten
- Data oprindelse (navn og sti til database)
- Medtag (Tilvalgt/fravalgt pejling)

Støttestrukturer

Tabellen med de oprettede støttestrukturer navngives XX_stp_YY, hvor XX og YY angives som ovenstående. Det skal bemærkes, at der ofte vil være flere støttestrukturtabeller: en for vandløbsstøttestruktur, en for kyststøttestruktur o.s.v.

Disse tabeller foreslås her repræsenteret ved en "brutto" tabel, som indeholder følgende felter:

- Koordinater
- Vandspejlskote
- Kommentar
- Data oprindelse (kystlinie, vandløb, osv.)

Vandspejlskoter samlet

Den samlede tabel som der skal interpoleres over. Filen navngives XX_vsk_YY, hvor XX og YY angives som ovenstående. Tabellen indeholder følgende felter:

- DGU nr.
- Indtagsnr.
- Koordinater
- Vandspejlskote
- Dato
- Data oprindelsen (pejling, dato, kystlinie, vandløb, osv.)

Potentialelinier

Tabellen indeholder de konturerede potentialelinier. Den navngives XX_pot_YY, hvor XX og YY angives som ovenstående. Tabellen indeholder følgende felter:

- Værdier for potentialelinier
- Områdenavn

Grids

Filen indeholder det interpolerede grids. Den navngives XX_grd_YY, hvor XX og YY angives som ovenstående. Da filen er et grid, kan den (på nogle formater) ikke tilskrives kolonner med specifikt indhold.

Gridpunkter

Tabellen dannes fra det primære grid og indeholder potentialekoten i hver gridcelle repræsenteret ved et punkt. Den navngives XX_grp_YY, hvor XX og YY angives som ovenstående. Tabellen indeholder følgende felter:

- X (UTM værdi for gridcelle)
- Y (UTM værdi for gridcelle)
- Z (vandspejlskote)

Grundvandsskel

Tabellen indeholder udarbejdede grundvandsskel, det vil sige optegnede liniestykker. Den navngives XX_gsk_YY, hvor XX og YY angives som ovenstående. Tabellen indeholder:

- Områdenavn

Strømpile

Tabellen indeholder optegnede strømpile, som skal viser strømningsretningen. Den navngives XX_pil_YY, hvor XX og YY angives som ovenstående. Tabellen indeholder følgende felter:

- Områdenavn

Forslag til supplerende data

Tabellen indeholder forslag til boringer, der bør pejles og/eller indmåles, således at potenti-alekortet kan forbedres i datasvage områder. Tabellen navngives XX_sup_YY, hvor XX og YY angives som ovenstående. Tabellen indeholder:

- DGU nr.
- Indtagsnr
- Databehov-pejling (ja / nej)
- Databehov-indmåling (ja / nej)
- Kommentar

Forslag til pejleprogram

Tabellen indeholder forslag til boringer, der bør indgå i et pejleprogram. Endvidere markeres eventuelt "masterboring". Tabellen navngives XX_ppr_YY, hvor XX og YY angives som ovenstående. Tabellen indeholder følgende felter:

- Magasinnavn
- DGU nr
- Indtagsnr
- Pejlefrekvens
- Masterboring (ja / nej)
- Oplysning om boringen indgår i eksisterende pejleprogram (vandværksboringer, nationalt program mv.)

Anbefaling

Det anbefales, at navngivningen af data- og GIS tabeller følger denne vejledning, og at antallet af datafelter i hver GIS-tabel som minimum følger vejledningen.

6. Opdatering af eksisterende potentialekort

Det er vigtigt at forholde sig til potentialekortets alder og type, fordi anvendelse af gamle eller uegnede potentialekort kan medføre, at de hydrogeologiske vurderinger ikke baseres på et korrekt grundlag, og at grundvandet f.eks. vurderes at strømme i en anden retning end forventet.

Mange af de eksisterende potentialekort er udarbejdet af de tidligere amter i perioden 1998 til 2006. Efterhånden som nedbør, arealanvendelse, belægning og indvindingsmængder ændrer sig, vil potentialet også ændre sig, og der vil være behov for løbende at opdatere eller evt. udarbejde dem på ny.

Forskellen på en opdatering af et potentialekort og udarbejdelse af et helt nyt potentialekort ligger primært i arbejdet med dataudvælgelsen. Ved en opdatering tages der udgangspunkt i de allerede valgte boringer og støttepunkter. Til disse data tilføjes nye boringer, nye pejlinger eller eksisterende pejlinger ændres i forhold til en ny indmåling af boringen o.s.v.

6.1 Kriterier for opdatering af potentialekort

Når formålet med potentialekortet er uændret og når magasinets eller lagets udbredelse ikke er revideret, kan der foretages en opdatering. Hvis magasinets udbredelse derimod er ændret ved en detailkortlægning, kan det være nødvendigt også at foretage nye valg på boringsniveau.

Et eksisterende potentialekort, hvor dataudvælgelsen er dokumenteret, kan principielt opdateres i det "uendelige", da nye pejlinger, nye boringer, nye indmålinger osv. ikke ændrer de øvrige valg, der er truffet tidligere, men alene forbedrer potentialekortet.

Såfremt forrige opdatering ligger mere end 10 år tilbage, anbefales dog at starte forfra med processen med en helt ny dataudvælgelse og optegning af et nyt potentialekort. Det skyldes, at omfanget af nye data må forventes at være så stort, at det tidsmæssigt vil tage lige så meget tid at vurdere og supplere de eksisterende data, som at lave en helt ny dataudvælgelse og optegning.

Ved eksisterende potentialekort, hvor der ikke foreligger en tydelig dokumentation i data-tabellerne, anbefales det, at tilhørende rapport nærlæses for at klarlægge udvælgelsesproceduren. Såfremt det ikke er muligt at klarlægge de foretagne til- og fravalg, anbefales generelt, at der foretages en helt ny dataudvælgelse og udarbejdes et helt nyt potentialekort.

6.2 Procedure for opdatering

Der er i princippet 3 typer af opdatering:

1. Opdatering med nye pejlinger
2. Opdatering med nye indmålinger af eksisterende boringer samt med nye pejldata
3. Opdatering med nye boringer samt med nye indmålinger af eksisterende boringer og med nye pejlinger.

Opdatering med nye pejlinger

Når der alene foreligger nye pejlinger fra eksempelvis en synkronpejlerunde, tages der udgangspunkt i den eksisterende boringstabel (eksempelvis en fil navngivet "KS2_bor_Magasin8"). Under forudsætning af, at pejldata er indberettet og indlæst i Jupiter databasen, kan der i proceduren for optegning af potentialekort, kapitel 3, startes ved step 3. Her udtrækkes pejlingerne som tidligere, eksempelvis seneste pejling for samtlige valgte.

Det anbefales, at den nye og den gamle pejletabel forbindes / linkes sammen, og at bemærkningerne fra den gamle tabel overføres til de pejlinger, der også findes i den nye tabel.

Herefter udtrækkes seneste pejling, det vil sige, der oprettes en ny " - **pej** - " tabel. Som angivet under step 3 i kapitel 3 fravælges som udgangspunkt pejlinger af en dårlig kvalitet og pejlinger målt ved drift (jf. Jupiter databasen). *Valget bør markeres og bemærkes i et bemærkningsfelt i pejletabellen.*

Man springer herefter til step 5, som omfatter samling af et punkttema til gridning. Der tages udgangspunkt i eksisterende støttepunkter (eksempelvis en fil navngivet "KS2_stp_magasin8") samt den dannede pejletabel. Det nye samlede punkttema ("KS2_vsk_magasin8") danner grundlag for den efterfølgende gridning, det vil sige step 6.

Også ved opdatering af et potentialekort kan det være nødvendigt med en iterativ proces, hvor optegning og dataudvælgelse gentages nogle gange.

Opdatering med nye indmålinger af eksisterende boringer samt med nye pejldata

Når der foreligger nye indmålinger (og som regel også nye pejlinger) i eksisterende boringer, skal der udtrækkes en ny boringstabel, se step 1 i kapitel 3. Proceduren forudsætter, at de nye indmålinger og pejlinger er indlæst i Jupiter databasen. Den nye boringstabel omfatter alle boringer inden for kortlægningsområdet. Det anbefales at anvende de tidligere tilvalgte boringer i den eksisterende boringstabel (eksempelvis "KS2_bor_Magasin8") som kriterium for at tilvælge de boringer, der repræsenterer grundvandsmagasinet i den nye boringstabel.

Med udgangspunkt i den nye boringstabel ("KS2_bor_Magasin8") følger proceduren herefter fremgangsmåden, angivet under forrige punkt "Opdatering af nye pejlinger".

Opdatering med nye borer, samt af nye præcisionsindmålinger af eksisterende borer og nye pejlinger

Når der foreligger nye borer (og som regel også nye pejlinger) i et kortlægningsområde, skal der udtrækkes en ny boringstabel, se step 1 i kapitel 3. Proceduren forudsætter, at de nye borer og pejlinger er indlæst i Jupiter databasen. Den nye boringstabel omfatter alle borer indenfor kortlægningsområdet. Det anbefales at anvende de tidligere tilvalgte borer i den eksisterende boringstabel (Eksempelvis "KS2_bor_Magasin8") som kriterium for at tilvælge de borer, der repræsenterer grundvandsmagasinet i den nye boringstabel. De nye borer i kortlægningsområdet (etableret siden oprindeligt potentialekort blev udfærdiget) vurderes herefter, i forhold til om de skal tilskrives pågældende grundvandsmagasin (tilvælges) eller ej.

Med udgangspunkt i den nye boringstabel ("KS2_bor_Magasin8") følger proceduren herefter fremgangsmåden, som angivet under punkt "Opdatering af nye pejlinger".



7. Samling af eksisterende potentialekort

Da potentialekort udarbejdes indenfor forskellige administrative grænser af forskellige aktører med forskellige formål og ud fra forskellige problemstillinger, kan der være potentialekort, hvis afgrænsning støder mere eller mindre op mod hinanden. Det kan f.eks. være tilfældet ved regionale kortlægninger, hvor afgrænsningen ofte er af administrative karakter (f.eks. en kommunegrænse eller en gammel amtsgrænse). Her kan det i nogle tilfælde være muligt at samle eksisterende potentialekort.

Der skal i dette afsnit gives en række anvisninger på sammenstilling og samling af potentialekort.

7.1 Forudsætninger for at samle potentialekort

Der er en række forudsætninger, som skal være opfyldt, før det er relevant at samle og sammenstille potentialekortene.

Som udgangspunkt skal det undersøges, hvordan grunddataene passer overens. Er det samme produkt, er det samme vandførende lag, er det samme tidsperiode osv. Det vil si-genæsten de samme indledende overvejelser, som før udarbejdelsen af et helt nyt potentialekort. I nogle tilfælde vil der dog foreligge beskrivelser, som gør arbejdet lettere.

Samme vandførende lag

Det skal indledningsvis sikres, at der er tale om sammenlignelige grundvandsmagasiner, hvilket nemmest kan ske, hvis der i de udførte kortlægninger er refereret til de overordnede landsdækkende vandførende lag, jf. afsnit 5.1.

Det er ikke samme produkt, hvis der ikke er tale om samme grundvandsmagasin eller vandførende lag, jf. tabel 5.2 i afsnit 5.1. I de tilfælde giver det ikke mening at samle potentialekortene.

Samme tidsperiode

Det skal sikres, at der er tale om sammenlignelige tidsperioder, hvilket nemmest kan ske hvis der i de udførte kortlægninger er anført hvilken tidsperiode, der er fokuseret på ved udtrækket af pejledataene.

De skal endvidere undersøges, hvorvidt der i udtræk af pejledata er taget højde for årstidsvariationer.

Samme diskretisering

Det skal sikres, at der er tale om sammenligneligt kortgrundlag, hvilket nemmest kan ske ved at undersøge, om der anvendes samme ækvidistance og gridstørrelse i de udførte kortlægninger.

Samme layout

Det skal sikres, at der er tale om sammenligneligt layoutgrundlag, hvilket nemmest kan ske ved at undersøge, om der anvendes samme farvelægning for de forskellige potentialelinier og grid-værdier. Hvis ikke dette er tilfældet, skal der ske en ny farvelægning af én eller flere af de anvendte kortlægninger, således at de sammenstillede kort bliver sammenlignelige.

7.2 Samling af pejlinger og støttepunkter

Når der er tale om samme type potentialekort (herunder især ved de regionale kort), anbefales det generelt at samle pejlinger og støttepunkter fra de eksisterende potentialekortlægninger med det formål at foretage en ny gridning og konturering. Det betyder, at man gennemfører step 5 og 6, sådan som de er beskrevet i kapitel 3. Alternativt kan man nøjes med at samle de endelige XYZ-filer og derved gå direkte til step 6.

Ved at foretage en ny gridning og konturering undgås uheldige randeffekter i områderne mellem de eksisterende potentialekort, og der kan træffes et evt. nyt valg med hensyn til ækvidistancer.

Hvis pejldataene indeholder oplysninger om reference til DK-modellens vandførende lag, kan det være en fordel at bruge denne information til at illustrere hvilket lag potentialet afspejler, og til at afgøre om der er tale om samme vandførende lag i randområderne.

7.3 Sammenstilling af potentialelinier

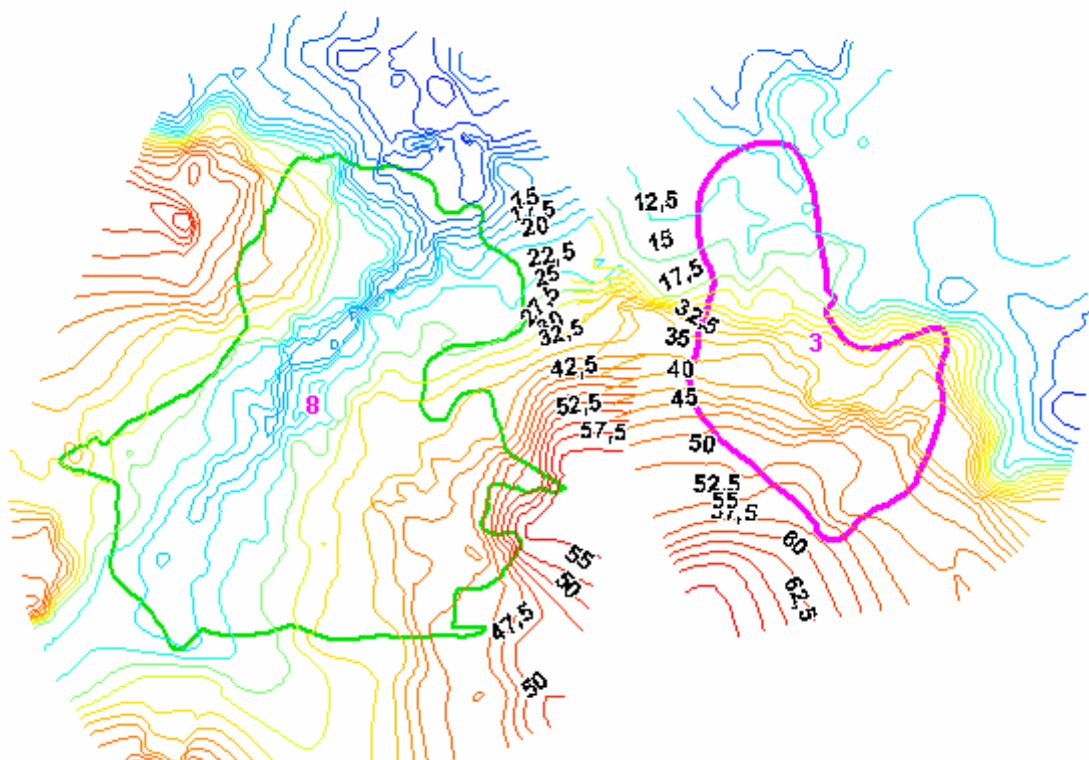
Hvis der ikke foreligger primære data (X, Y, Z) for pejlinger og støttepunkter, eller man ikke ønsker at konturere, så kan man ved hjælp af GIS sammenstille potentialelinierne fra to eller flere kort. Det skal i den forbindelse fokuseres på det område, de oprindeligt er udarbejdet for. Eventuelt skal de i GIS beskæres med et polygon, der repræsenterer deres gyldighedsområde.

Der skal indledningsvis foretages de samme overvejelser, som er anført i afsnit 7.1 om produkternes sammenlignelighed vedrørende grundvandsmagasinet (vandførende lag) og tidsperiode.

Udover disse skal det sikres, at kortprodukterne passer sammen grafisk (samme diskretisering og layout).

Det er en fordel, hvis der er overlappende potentialelinier, at hvert liniestykke indeholder nøgleord, som referer til liniens oprindelse (områdenavn) jf. afsnit 5.3.

I nedenstående eksempel, figur 7.1, er valgt to potentialekort for grundvandsmagasiner, der begge ligger i mellemste vandførende lag (KS2) på Fyn, jf. tabel 5.2 i afsnit 5.1. Som det ses, er potentialelinierne farvelagt efter samme skala.



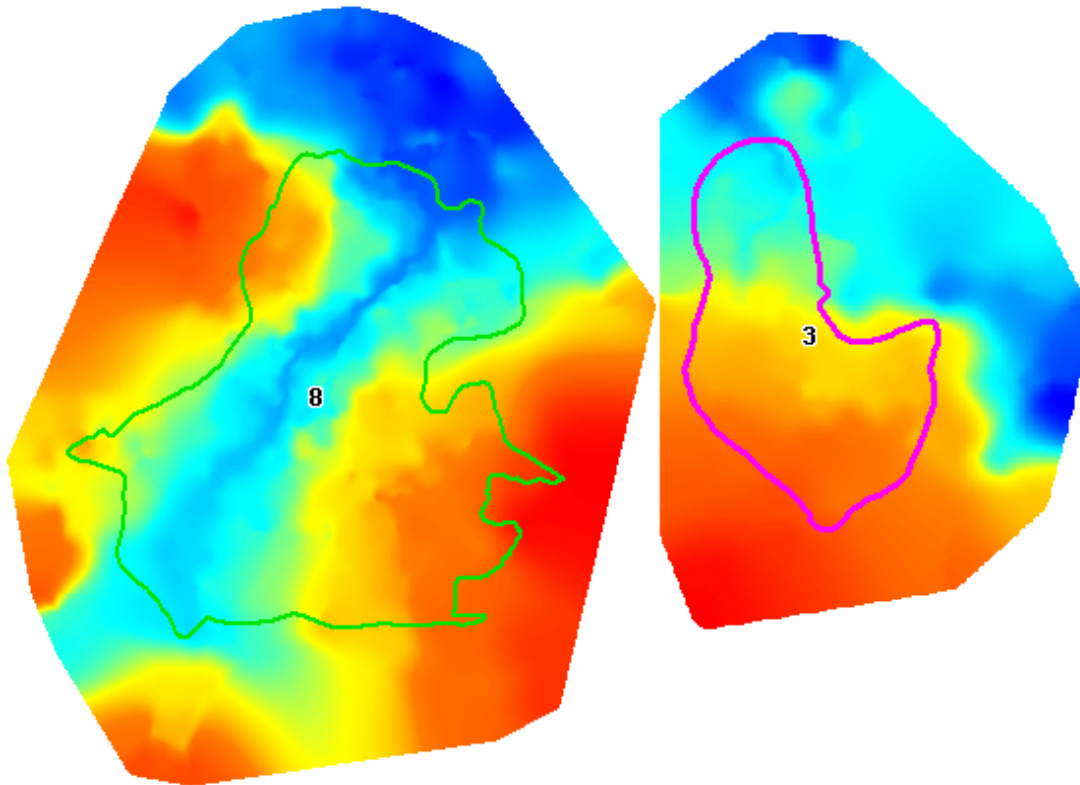
Figur 7.1 Eksempel på sammenstilling af potentialekurver for "Magasin 3" og "Magasin 8".

Potentialekortet bliver typisk mere usikkert, jo længere ud mod kanten af kortlægningsområdet, man kommer. Potentialelinierne vil derfor sjældent passe helt sammen, hvor de 2 kort støder op mod hinanden. Ved brugen af oplysningerne fra kortlægningerne i de områder, der støder op mod hinanden, kan det anbefales at sammenligne pejle- og støttepunkterne for de to kort.

7.4 Sammenstilling af potentialegrid

Hvis grid-cellerne fra potentialekortet skal sammenstilles for flere kort, så skal der på samme vis foretages de nævnte overvejelser, som er anført i afsnit 7.1. Der skal være sammenlignelighed med hensyn til samme vandførende lag, samme tidsperiode, samme diskretisering og samme layout. Det skal i den forbindelse sikres, at de to grids ikke har en større udbredelse end det område de oprindeligt er udarbejdet for. Eventuelt skal de ved hjælp af GIS beskæres med et polygon, der repræsenterer deres gyldighedsområde

I nedenstående eksempel, figur 7.2, er vist grid-celler fra samme to grundvandsmagasiner, som er illustreret i figur 7.1, og som begge ligger i samme vandførende lag. Griddene er farvelagt efter samme skala.



Figur 7.2 Eksempel på sammenstilling af potentialegrid for "Magasin 3" og "Magasin 8".

Havde der – modsat her - været tale om to kortlægninger, der overlappede hinanden, ville det være en god ide at fremhæve det kort, man vurderer, er bedst ved at placere det øverst i GIS'en.

Alternativt kan overvejes en midling af gridværdierne fra filerne med gridpunkter. Ulempen er dog, at man herved let ender op med et udokumenteret kortprodukt.

8. Sammenfatning

Denne Geo-Vejledning i potentialekortlægning giver en række anbefalinger til de valg, der skal træffes førend der kan udarbejdes et troværdigt potentialekort. Vejledningen sikrer også, at dataudvælgelse, optegning, kvalitetssikring og afrapportering af potentialekort, fremover kan ske efter samme overordnede procedure. Herved opnås, at potentialekortene og de bagvedliggende data kan læses, forstås, og ikke mindst anvendes i flere forskellige sammenhænge.

Dataarbejdet udføres normalt ved hjælp af GIS. I vejledningen er databehandlingen beskrevet så bredt at den vil kunne udføres fra et vilkårligt eksisterende GIS program. Dataarbejdet vil dog lettes betydeligt ved anvendelse af specifikke GIS applikationer til potentielle kort.

Der er flere typer potentialekort. Overordnet skelner man mellem regionale potentialekort og lokale potentialekort. De regionale potentialekort vil ofte repræsentere magasiner eller lag, som kun er delvist sammenhængende, mens lokale potentialekort ofte vil repræsentere velafgrænsede hydrologiske enheder og udarbejdes i forbindelse med konkrete sager.

Formålet med udarbejdelse af et potentialekort kan f.eks. være sårbarhedszonering, vurdering af indvindingsoplande, vurdering af hydraulisk kontakt med overfladerecipienter, hydraulisk kontakt mellem grundvandsmagasiner og kvalitativ vurdering af grundvandsmodeller mv.

Det skal fra start gøres klart, til hvilket formål potentialekortet skal anvendes. Formålet er afgørende for hvordan og hvilke pejledata, der udvælges, og dermed hvilken potentialekorttype der udarbejdes.

Når formålet er fastlagt, kan udarbejdelsen af et potentialekort følge den række af anbefalinger, som er opstillet i denne vejledning.

Efter formålet med potentialekortet er fastlagt, vurderes de geologiske og hydrologiske forhold i kortlægningsområdet:

Anbefaling

- Det anbefales, at der med udgangspunkt i formålet med potentialekortet, laves en indledende gennemgang / screening af de geologiske og hydrologiske forhold samt det overordnede datagrundlag. Typen af potentialekort samt evt. reference til landsdækkende modellag angives.

Herefter følger selve databehandlingen:

Anbefaling

- Det anbefales, at der ved opstart af arbejdet med et potentialekort afsættes tid og ressourcer til at få alle pejlinger indlæst i Jupiter databasen, således at der alene skal udvælges og benyttes data fra Jupiter databasen til udarbejdelse af potentialekortet
- Det anbefales, at der som led i optegning af et potentialekort foretages en vurdering og kvalitetssætning af boringsoplysningerne.
- Det anbefales, at der som udgangspunkt anvendes pejlinger målt i ro samt evt. under ukendte forhold, til potentialekortet. Det kan dog i særlige situationer, som ved vurderingen af effekten af en indvinding, være relevant at anvende pejlinger målt "I drift-situation" til optegningen et potentialekort, der skal afspejle det aktuelle strømningsbillede ved indvinding.
- Det anbefales at anvende data med pejlekvalitet "god" eller "middel". Ofte vil det i datasvage områder dog være nødvendigt at anvende peyledata med "ukendt" kvalitet.
- Det anbefales, at pejlinger udført som del af en synkronpejlerunde, prioriteres højere end den seneste pejling i samme boringer. Det anbefales endvidere, at pejlinger fra boringer med lange tidsserier så vidt muligt indgår i potentialekortet
- Det anbefales, at det gennem hele databehandlingen, for både boringer og pejlinger, dokumenteres i de primære datatabeller, hvilke til- og fravalg der foretages.

Efter databehandlingen forestår selve udarbejdelsen, beskrivelsen og afrapporteringen af potentialekortet:

Anbefaling

- Det anbefales at anvende Kriging, hvis der er en god datadækning og tegn på trends i data. Ved ringe datadækning og/eller fladt-liggende potentialeforhold anbefales at anvende Natural Neighbourhood.
- Det anbefales, at potentialebilledet fremstilles som konturerede potentialelinier med ækvidistanter på 1, 2,5 eller 5 meter (afhængigt af data)
- Det anbefales, at der som minimum er en beskrivelse af forløbet af grundvandspotentialet, hvori der lægges vægt på beskrivelsen af strømningsretning samt tilstedeværelsen af eventuelle grundvandsskel
- Det anbefales, at der i forbindelse med udarbejdelse af et potentialekort opstilles forslag til indsamling af yderligere peyledata, som kan forbedre kortet

- Det anbefales, at der udarbejdes et forslag til et fremtidigt pejleprogram i forbindelse med udarbejdelse af potentialekort
- Det anbefales, at vurdering af undersøgelsesboringernes egnethed indgår i overvejelserne om det fremtidige pejleprogram, og at de, i fald de findes egnede, indgår som en del af indsatsplanen og opfølgingsarbejdet i forbindelse med denne.
- Det anbefales, at navngivningen af data- og GIS tabeller følger denne vejledning, og at antallet af datafelter i hver GIS-tabel som minimum følger denne vejledning.



9. Referencer

- Aarhus Kommune, Stadsingeniørens kontor, 1934: Oversigtsplan over boringer i Århus og omegn.
- Andrup, G. O., 1960: Odenseegnens vandforsyning i relation til de geo-hydrologiske forhold, 132pp.
- Brandt, G., Bendix, I. og Ambo Nielsen, K., 2000: Årstidsfluktuationer i grundvandsstanden set i relation til grundvandsmagasiners sårbarhed. VANDteknik 5, p. 180-184, juni 2000.
- Burrough, P. A.; McDonnell, R. A., 1997: Principles of Geographic Information Systems, 2nd Ed, 333 pp.
- Danmarks Geologiske Undersøgelse, 1975: Rapport over hydrogeologiske undersøgelser i Bygholm-Rugballe området.
- Danmarks Geologiske Undersøgelse, 1979: Hydrogeologisk kortlægning af Vestsjællands Amtskommune. Vandforsyningsplanlægning, fase 3.
- Danmarks Geologiske Undersøgelse, 1980: Vejle Amtskommune. Grundvandspotentiale og transmissivitet.
- Dansk Geofysik, 2000, Regionale potentialekort og potentialekort for Torkilstrup formationen, Roskilde Amt
- Dansk Geofysik, 2001: Regionalt potentialekort for Århus Amt.
- Dansk Geofysik, 2003a: GIS applikationen Det aktive Potentialekort, manual.
- Dansk Geofysik, 2003b: GIS applikationen Det aktive Potentialekort, brugervejledning/kogebog.
- Det Danske Hedeselskab og Danmarks Geologiske Undersøgelse (1983). Karup Å Undersøgelsen. En undersøgelse af landbrugsindvindingens hydrologiske følgevirkninger i oplandet til Karup Å, opstrøms Hagebro. 311 p.
- Dyhr-Nielsen, M. (Eds.), 1981: Det hydrologiske forskningsprojekt i Susåens Opland. Dansk komite for hydrologi. Rapport nr. Suså A1. 157 p.
- Fyns Amt, 2005: Tilknytning af boringer til grundvandsmagasiner og lag i DK-modellen. Udarbejdet af Hedeselskabet.
- Fyns Amt, 2006a: Potentialekort for udvalgte magasiner og lag, Bind 1-3. Udarbejdet af Orbicon.
- Fyns Amt, 2006b: Potentialekort for de overfladenære grundvandsmagasiner. Udarbejdet af Orbicon.
- GEUS, 2005: Lokaliseringsvejledning 2005, se: www.geus.dk/departments/geol-info-data-centre/lokvejledning-dk
- GEUS, 2005/80: Håndbog i grundvandsmodellering. GEUS rapport 2005/80. 316 pp.

- GEUS, 2007: Vejledning i indberetning af pejledata, se: www.geus.dk/departments/geol-info-data-centre/pejledata-dk
- GEUS, 2008: Udpegning af indvindings- og grundvandsdannende opland (Del 1). Vejledning i oplandsberegninger i forbindelse med den nationale grundvandskortlægning. Geo-Vejledning 2, Særudgivelse. ISBN 978-87-7871-225-7. 107 pp.
- Mielby, S., 2008: Kriterier for anvendelse af pejleboringer og pejledata i et nationalt pejleprogram. Notat udarbejdet til arbejdsgruppe vedrørende pejledata under NOVANA.
- Miljøministeriet, 2007: Vejledning til bekendtgørelse om udførelse og sløjfning af boringer og brønde på land. Version i udkast.
- Miljøstyrelsen, 1979: Vejledning fra Miljøstyrelsen, Vandforsyningsplanlægning, 1. del, Planlægning af grundvandsindvinding. Vejledning nr. 1. 100pp.
- Orbicon, 2007: Samlet potentialekort for det primære grundvandsmagasin, Region Midtjylland. P.2.
- Rambøll, 1996: Københavnsregionen, grundvandsniveauet i kalkmagasinet, oktober 1995.
- Vejle Amt, 2005: Aktivt potentialekort. Udarbejdet af Hedeselskabet
- Vestsjællands Amt, 2004: Tølløse Indsatsområde; Modelopstilling.
- Winther et al., 1998: Groundwater and Surfacewater. A Single Ressource, U.S. Geological Survey, Circular 1139; Denver, Colorado 1998.





GEO-VEJLEDNING 4 POTENTIALKORTLÆGNING

Som støtte for den nationale grundvandskortlægning udarbejder GEUS i samarbejde med By- og Landskabsstyrelsens miljøcentre faglige vejledninger i forskellige aspekter af grundvandskortlægningen.

Disse vejledninger udgives i en serie kaldet Geo-Vejledninger og skal blandt andet tjene som fagligt grundlag for de kortlægningsopgaver, som miljøcentrene er ansvarlige for.

Denne Geo-Vejledning sammenfatter erfaringerne med udarbejdelse af potentialekort, som er foretaget af amterne gennem de seneste 10 år. Vejledningen indeholder en beskrivelse af forskellige typer potentialekort, fremgangsmåde og procedurer for data-behandling, optegning af grundvandspotentialer samt forslag til afrapportering.

Det er formålet med denne Geo-Vejledning, at udarbejdelsen af potentialekort sker på en hensigtsmæssig og ensartet måde i hele landet.