



Miljøcenter Århus

# Udvidet Trin-1 kortlægning af Djurs Syd kortlægningsområde

Rapport

August 2008

Miljøcenter Århus

# Udvidet Trin-1 kortlægning af Djurs Syd kortlægningsområde

Rapport  
10-07-2008

Ref.: 08409012  
G00012-11-BDL

Version: Version 1

Dato: 10-07-2008

Udarbejdet af: Peter Thomsen (PRT), Bodil Lorentzen (BDL), Dorte Dam (DED), Helle Pernille Hansen (HEPH), Jens Sølling (JSS), Lars Holm Thomsen (LHT), Jette Sørensen (JETS), Mette Gram (MTTG), Johanne Urup (JNU)

Kontrolleret af: Niels Richardt (NLR), Liselotte Clausen (LIC), Kristian Bitsch (KRB), Michael Rosenberg Petersen (MRP)

Godkendt af: Louise Therese Åstrøm-Andersen (LOA)

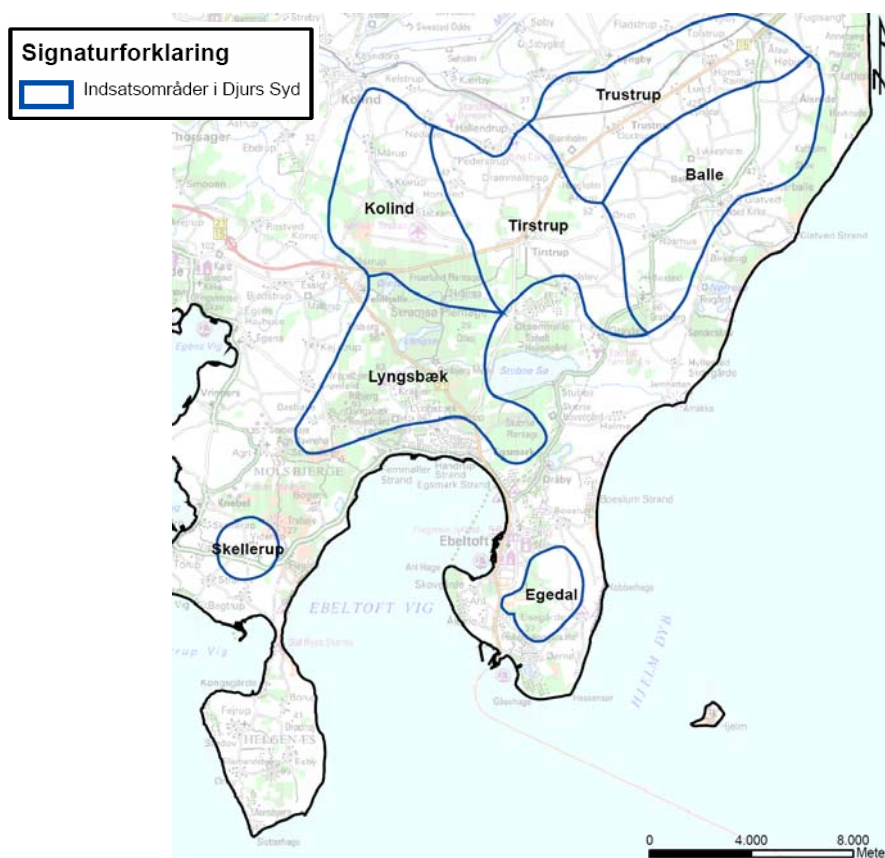
Rambøll Danmark A/S  
Olof Palmes Allé 22  
8200 Århus N

Telefon 8944 7700  
[www.ramboll.dk](http://www.ramboll.dk)

## 1. Indledning

Denne rapport indeholder den "Udvidede Trin-1 kortlægning af Djurs Syd kortlægningsområde - Sammenstilling og vurdering af eksisterende data".

Djurs Syd kortlægningsområde består af 7 indsatsområder: Trustrup, Balle, Tirstrup, Kolind, Lyngsbæk, Skellerup og Egedal, som fremgår af figur 1.1. Indsatsområderne har et samlet areal på ca. 197 km<sup>2</sup>.



**Figur 1.1: Figur med placering og afgrænsning af de 7 indsatsområder i Djurs Syd. Fra /1/.**

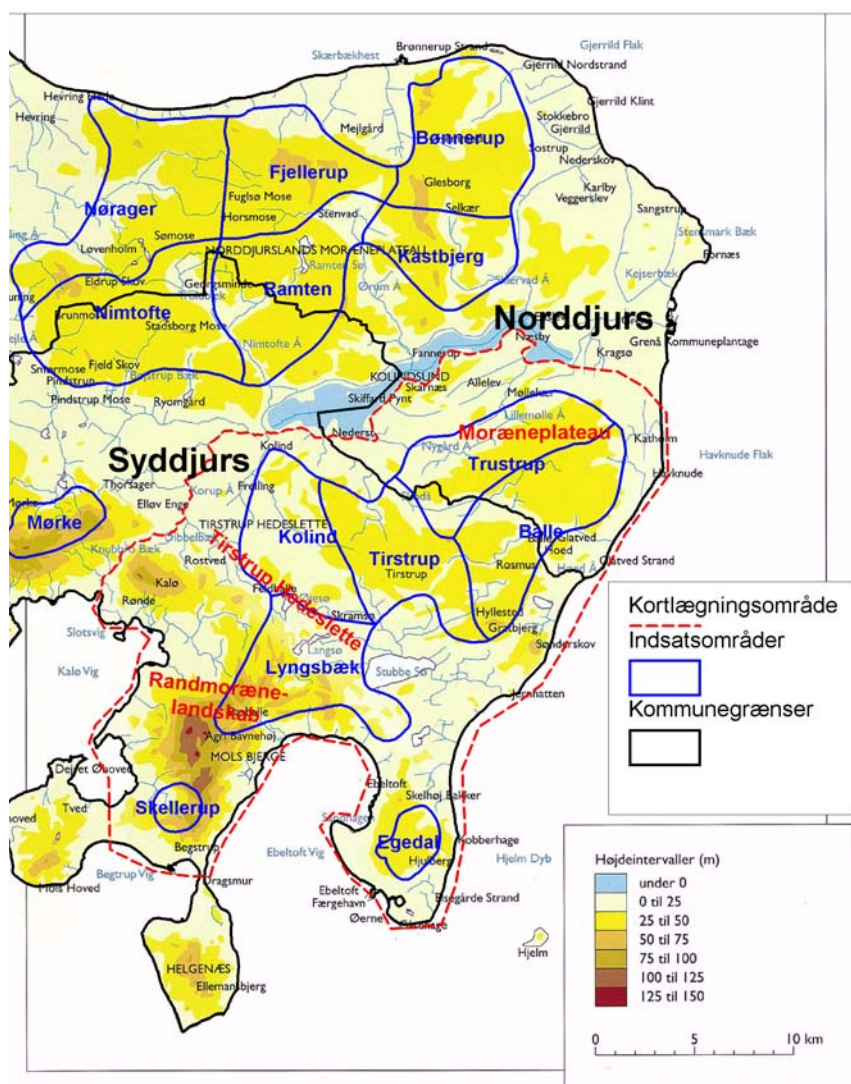
Trin 1 kortlægningen er udført i henhold til "Udbudsmateriale til: tilbudsindhentning af tjenesteydelser i henhold til Udbudsdirektivet i Miljøcenter Århus for opgaven: "Udvidet Trin-1 kortlægning af Djurs Syd kortlægningsområde - Sammenstilling og vurdering af eksisterende data" Februar 2008" /1/, spørgsmål til udbuddet /2/, Rambølls tilbud "Udvidet Trin-1 kortlægning af Djurs Syd kortlægningsområde - Sammenstilling og vurdering af eksisterende data" Marts 2008 /3/ og kontrakten mellem Miljøcenter Århus og Rambøll /4/.

## 10. Problemformulering og anbefalinger

### 10.1 Problemformulering

I problemformuleringen er der indledningsvist foretaget en kort sammenfatning af resultaterne af den udvidede Trin 1 kortlægningen af Djurs Syd kortlægningsområdet for hvert af de 3 geologiske hovedområder, se figur 10.1:

- Moræneplateuet i den centrale og nordøstlige del af kortlægningsområdet
- Tirstrup Hedeslette i den mellemste del af kortlægningsområdet
- Randmorænelandskab i den sydlige del af kortlægningsområdet



Figur 10.1: De tolkede landskabselementer

**Moræneplateauet** består overordnet af kvartære aflejringer afsat på kalk. Der indvindes primært vand fra kalken nord for Skod Å og fra både kalk- og sandmagasiner syd for Skod Å. Der er begrænset kendskab til de kvartære aflejringers litologi, tykkelse og udbredelse.

De grundvandskemiske data indikerer, at magasinet er sårbart over for nedsivning af miljøfremmede stoffer samt for indvinding. Vejlbj Vandværk er beliggende i den nordøstlige del af moræneplateauet og har en indvinding på 574.000 m<sup>3</sup> per år fra kalken. Vandtypen er oxideret, beskyttelsen er ringe til nogen grad af beskyttelse, magasinet er frit, og der er problemer med nitrat, pesticider og nikkel på kildepladsen.

De hydrauliske data viser, at magasinet på moræneplateauet overvejende har en god ydelse, og at der er en forholdsvis stor grundvandsdannelse med kraftigt nedadrettede gradientforhold i dele af området. Der er en stor tilstrømning af nedbør til Skod Å og Hoed Å, hvorfor grundvandsdannelsen er mindre her.

Kolindsund Pumpelag har placeret en række pumpestationer på flanken af Kolindsund tæt på indsatsområderne. Den vandmængde, som pumpes herfra, er ukendt, og påvirkningen af indsatsområderne herfra er derfor ukendt. Denne påvirkning af de hydrauliske forhold bør afklares, da pumpningen i Kolindsund vurderes at have stor betydning for belastningen af grundvandsressourcen.

Trin 1 kortlægningen viser, at moræneplateauet må betegnes som sårbart i forhold til nedsivning af miljøfremmede stoffer. Lertykkelseskortene (figur 4.1 og 9.25) viser, at der findes lerdæklag af varierende udbredelse og tykkelse. Kun i de områder, hvor der er mange boringsoplysninger fra for eksempel Grumo boringer, kan sårbarheden beskrives tilfredsstillende.

På **moræneplateauet** anbefales det i den videre kortlægning at forbedre kendskabet til:

- de kvartære aflejringer, (udbredelse og redoxkapacitet i lerdæklag)
- relieffet af kalkoverfladen,
- Potentialeforholdene (magasinspecifikke potentialekort baseret på pejlerunde af GPS kotesatte boringer)
- hydrauliske forhold (pejletidsserier, MRS, prøvepumpninger, vurdering af indvindinger, mv.)
- påvirkning af grundvandsressourcen fra indvindinger og dræning af Kolindsund

Smeltevandssandet på **Tirstrup Hedeslette** er overvejende afsat på kalkoverfladen. Oplysninger fra boringer i området tyder dog på, at smeltevandssandet stedvist hviler på moræneler.

Vandværksbeskrivelsen viser, at der indvindes både fra sand og kalk, og at grundvandet på hedesletten er oxideret til svagt reduceret. Beskyttelsen er ringe, magasi-

nerne er både frie og spændte og ydelserne varierer mellem lave og høje ydelser. Der er endvidere problemer med nitrat, et forhøjet sulfatindhold og forhøjede værdier af kalium på kildepladserne. Der foregår dog en begrænset indvinding i dette område.

De hydrauliske data viser, at der sker en stor grundvandsdannelse på hedesletten, hvilket bekræftes af nettonedbørsberegningerne og de få data vedrørende gradientforholdene, som foreligger.

Generelt må Tirstrup Hedeslette betragtes som sårbar over for nedsivning af miljøfremmede stoffer samt over for indvindingsbetingede forringelser af magasinforholdene.

På **Tirstrup Hedeslette** anbefales det i den videre kortlægning at forbedre kendskabet til:

- moræneaflejringerne under hedesletten, (udbredelse og redoxkapacitet)
- relieffet af kalkoverfladen,
- boringer i datasvage områder
- grundvandskemiske forhold i datasvage områder
- potentialeforholdene (magasinspecifikke potentialekort baseret på pejlerunde af GPS kotesatte boringer)
- hydrauliske forhold (pejletidsserier, MRS, prøvepumpninger, vurdering af indvindinger, mv.)

**Randmorænelandskabet** hviler på fedt, palæogent ler ved Mols og på kalk ved Ebeltoft. De kvartære lag og den øvre del af det palæogene ler er stærkt deformerede på grund af isens tryk. Der er kun få boringer i dette område, men der er indsamlet SkyTEM data i indsatsområderne Lyngsbæk, Skellerup og traditionelt TEM ved Egedal, hvilket supplerer den overordnede geologiske tolkning af området. Ved SkyTEM er dybden til det palæogene ler velbeskrevet og dermed også tykkelsen af den kvartære lagserie. Derimod kan SkyTEM data ikke benyttes til en tilfredsstillende beskrivelse af den inhomogene og deformerede kvartære lagserie.

Der indvindes fra sandede magasiner i randmorænelandskabet og vandværksbeskrivelserne viser, at der er meget varierende magasin- og vandkvalitetsforhold. Vandtyperne varierer fra oxiderede til reducerede og beskyttelsen er ringe til god. Der er såvel frie som spændte magasinforhold samt moderate til lave ydelser. De grundvandskemiske problemparametre varierer fra kildeplads til kildeplads. Det drejer sig om nitrat, pesticider, arsen og bor.

De hydrauliske parametre bekræfter ligeledes de stærkt inhomogene geologiske forhold, idet kortet for nettonedbøren/grundvandsdannelsen viser et meget varieret billede (bilag 9.13). Magasinforholdene er således stærkt inhomogene, og det må antages, at der findes mange små magasiner med begrænset udstrækning.



Sårbarheden af **randmorænelandskabet** varierer fra magasin til magasin, således er magasinerne ved Ebeltoft, Elsegårde, Handrup og Femmøller overvejende meget sårbare medens magasinerne ved Øerne, Dråby, Egsmark, Krakær og Vistoft er mere beskyttede. Herudover er der eksempelvis ved Egsmark og nord for Handrup påvist både reducerede og oxiderede forhold samt frit og spændt magasinforhold på samme kildeplads, hvilket dels skyldes forskel i boreddybde, men også en stor variation i de geologiske forhold.

På **morænelandskabet** anbefales det i den videre kortlægning at forbedre kendskabet til:

- relieffet af kalkoverfladen i Egedal indsatsområde,
- de geologiske forhold i datasvage områder (boringer)
- grundvandskemiske forhold i datasvage områder (boringer)
- potentialeforholdene (magasinspecifikke potentialekort baseret på pejlerunde af GPS kotesatte boringer)
- hydrauliske forhold (pejletidsserier, MRS, prøvepumpninger, vurdering af indvindinger, mv.)

## 10.2 **Anbefalinger**

Følgende anbefalinger til Trin 2 kortlægning i kortlægningsområdet Djurs Syd er udarbejdet på baggrund af problemformuleringen i afsnit 10.1 og med afsæt i de emner, som blev diskuteret på arbejds mødet den 11. juni 2008 med deltagelse af Miljøcenter Århus og Rambøll /74/.

Der er ved udarbejdelsen af anbefalingerne til den videre Trin 2 kortlægning lagt vægt på, at anbefalingerne er brugsorienterede og fokuserer på en kortlægningsstrategi, som vil kunne afklare de grundvandsressourcemæssige forhold med henblik på forvaltning af en bæredygtig indvinding i indsatsområderne.

På grund af de generelle sårbare forhold i indsatsområderne i Djurs Syd kortlægningsområderne, anbefales det, at der foretages en grundvandskortlægning og på baggrund heraf udarbejdes anbefalinger til beskyttelse af grundvandsressourcen med henblik på at "dyrke" grundvandet. Det vurderes, at der med en hensigtsmæssig indvindingsstrategi og arealanvendelse kan etableres en vandindvinding, der også på lang sigt kan sikre en god og bæredygtig vandindvinding.

Indledningsvist er der udarbejdet et forslag til anbefalinger for indsatsområderne Skellerup, Egedal og Tirstrup samt for de 4 indsatsområder Lyngsbæk, Kolind, Balle og Trustrup. Herefter er der i afsnit 10.3 givet en uddybende begrundelse for de fagspecifikke anbefalinger til Trin 2 kortlægningen.

### 10.2.1 **Anbefalinger til Trin 2 kortlægning i indsatsområdet Skellerup**

Indsatsområdet har et areal på 4,65 km<sup>2</sup> og er beliggende i det sydlige randmorænelandskab i Mols Bjerge, hvor de geologiske forhold er stærkt deformerede og dermed inhomogene.

I indsatsområdet findes ud over private enkeltindvindere et privat vandværk, Skellerup Enge I/S, som har en indvindingstilladelse på 162.000 m<sup>3</sup>/år. Der er således en begrænset indvinding i indsatsområdet. Grundvandet er svagt reduceret, og det kvartære dække består af vekslende ler-og sand, som yder nogen til god beskyttelse af kildepladsen. Der er et stigende klorid indhold i en af 3 borer samt påvist MTBE i meget lave koncentrationer i en anden boring. Ca. 1,5 km sydøst for kildepladsen ligger en grov-losseplads, som er kortlagt på vidensniveau 2. På baggrund af ovenstående vurderes det, at der på sigt kan være behov for en **alternativ kildeplads** til Skellerup Enge I/S.

De geologiske forhold kan sammenlignes med Nord Samsø, hvor det har vist sig meget vanskeligt at modellere randmorænelandskabet. På baggrund af erfaringerne fra Nord Samsø forventes det ikke, at den kvartære lagserie kan kortlægges i en detaljeringsgrad, så der kan opstilles en troværdig geologisk model for området. I stedet anbefales det, at der indledningsvist foretages en **vurdering af den eksisterende TEM kortlægning** med henblik på tolkning af tykkelsen af de kvartære aflejringer over det palæogene ler, dybden til kalken samt afgrænsning af områder med høje modstande, som eventuelt kan udgøre et potentielt grundvandsmagasin. Såfremt der ønskes en verificering af områder med høje modstande, kunne dette foretages ved **MEP kortlægning** eller eventuelt etablering af 1 **undersøgelingsboring**.

Det anbefales, at der som opsamling på vandværksbeskrivelsen foretages et **interview af vandværket** Skellerup Enge I/S med henblik på indsamling af data vedrørende borerne, grundvandskemi og grundvandsbeskyttelse. Dette kunne gøres ved at fremsende vandværksbeskrivelsen til kommentering og vedlægge et følgebrev, hvor relevante data efterspørges, og følge henvendelsen op telefonisk. Der rekvireres ligeledes relevant viden og materiale fra kommunen.

Til afklaring af de hydrauliske forhold vurderes det som helt afgørende, at der foretages en **boringslokalisering** og **synkronpejlerunde** helst i sammenhæng med de resterende indsatsområder i Djurs Syd kortlægningsområdet, med henblik på udarbejdelse af et regionalt potentialekort. Grundet den forholdsvis begrænsede indvinding i Skellerup Indsatsområde og den store geologiske variation, anbefales det, at beregne **oplandet** for indvindingen på vandværket Skellerup Enge I/S **analytisk** i stedet for at opstille en grundvandsmodel for indsatsområdet. Hertil skal der benyttes et troværdigt potentialekort, værdier for nettonedbøren, transmissiviteten for kildeplads og opland samt indvindingsmængde. Transmissiviteten kan opnås ved en kort **prøvepumpning** på en af Skellerup Enge I/S's indvindingsboringer.

Med udgangspunkt i resultaterne af de indsamlede data foretages en beskrivelse af de geologiske, grundvandskemiske og hydrologiske forhold, som sammenholdt med arealbelastningen i indsatsområdet vil udgøre grundlaget for Syd Djus Kommunes **indsatsplanlægning** i Skellerup Indsatsområde.

Herunder er anbefalingerne listet på punktform for Skellerup Indsatsområde:

- Detaljeret vurdering af den eksisterende TEM kortlægning (se afsnit 10.3.4)



- Eventuelt supplerende MEP kortlægning (se afsnit 10.3.3)
- Boringslokalisering og synkronpejlerunde (se afsnit 10.3.1)
- Eventuelt 1 undersøgelsesboring til verifikation af de geofysiske undersøgelser og indsamling af hydrauliske og grundvandskemiske data (se afsnit 10.3.5)
- Opsamling på vandværksbeskrivelserne (se afsnit 10.3.6)
- Indsamling af hydrauliske data (se afsnit 10.3.7)
- Beregning af analytiske oplande
- Arealanvendelsen
- Opsamlingsrapport

### 10.2.2 **Anbefalinger til Trin 2 kortlægning i indsatsområdet Egedal**

Indsatsområdet har et areal på 7,5 km<sup>2</sup> og er beliggende i det sydlige randmorænelandskab sydøst for Ebeltoft, hvor de kvartære lag er stærkt deformerede.

Boringer viser, at de øvre kvartære aflejringer domineres af overvejende sandede aflejringer. Herunder viser både boringer og TEM kortlægningen udført i Egedal Indsatsområde, at der findes moræneler, som er afsat på den underliggende kalk. Det anbefales, at der indledningsvist foretages en **vurdering af den eksisterende TEM kortlægning** med henblik på tolkning af tykkelsen af de kvartære aflejringer over moræneleret samt dybden til kalken. Afhængig af resultaterne heraf vurderes det, om der er behov for supplerende kortlægning i form af **MEP** og/eller **seismisk** kortlægning for at afklare de geologiske forhold.

Der er umiddelbart en god fordeling af boringer med god kvalitet i indsatsområdet, dog kan der efter gennemgangen af resultaterne af TEM-kortlægningen og eventuelt den supplerende MEP kortlægning vise sig et behov for etablering af 1 til 2 **undersøgelsesboringer**, dels for at afklare de geologiske forhold og dels for at opnå information om de grundvandskemiske og hydrauliske forhold.

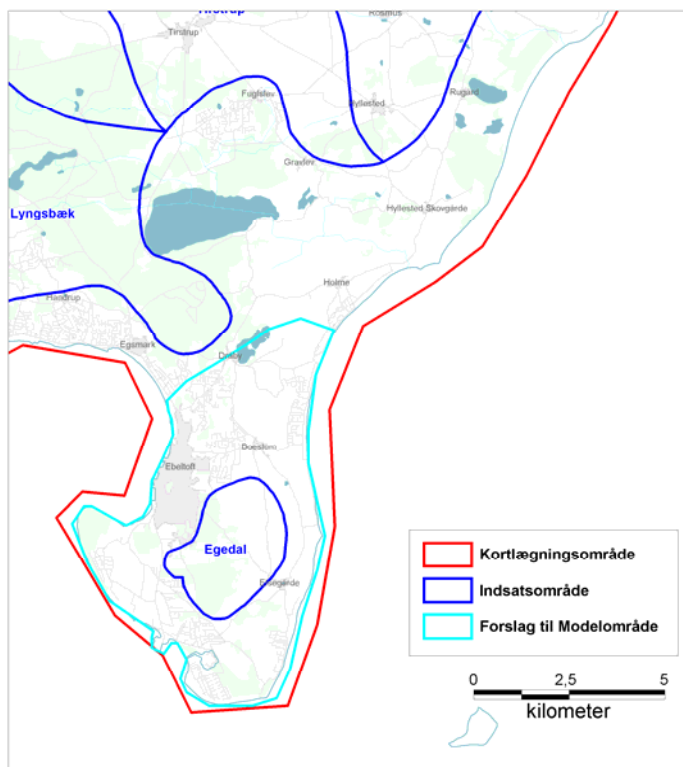
Indvindingstilladelseerne i indsatsområdet er på i alt ca. 550.000 m<sup>3</sup>/år, hvilket er en forholdsvis stor indvinding i forhold til indsatsområdets størrelse det forventes, at indvindingsoplandet delvist ligger uden for indsatsområdet. Det vurderes at være vigtigt at fastholde og sikre indvindingen, da der vil være forholdsvis langt til en anden grundvandsressource, da Egedal ligger på en halvø med få alternative indvindingsmuligheder. Egedal Indsatsområde har dermed samme problematik som kendes fra øerne i Kattegat. Grundvandet er overvejende sårbart indenfor indsatsområdet. I den sydlige del af Indsatsområdet blandt andet ved Hasnæs Vandværk er der påvist reducerede vandtyper, hvor aflejringerne er mere lerprægede. Mulighederne for at flytte/supplere indvindingen til dette område bør undersøges nærmere dels ved at afklare de geologiske forhold herunder udbredelsen af lerdæklagene og dels ved at modellere betydningen af en øget indvinding i en **grundvandsmodel**.

Det anbefales, at der som opsamling på vandværksbeskrivelsen foretages et **interview af vandværkerne** med henblik på indsamling af data vedrørende boringerne, grundvandskemien og grundvandsbeskyttelse. Dette kunne gøres enten ved at frem-

sende vandværksbeskrivelsen til kommentering og vedlægge et følgebrev, hvor relevante data efterspørges, og følge henvendelsen op telefonisk eller ved et besøg, hvor relevante data indhentes. Der rekvireres ligeledes relevant viden og materiale fra kommunen.

Til afklaring af de hydrauliske forhold vurderes det som helt afgørende, at der foretages en **boringslokalisering** og **synkronpejlerunde** helst i sammenhæng med de resterende indsatsområder i Djurs Syd kortlægningsområdet, med henblik på udarbejdelse af et regionalt potentialekort. Herudover anbefales det, at der foretages en dataindsamling til bestemmelse af transmissiviteter enten som input til en **analytisk** beregning af **indvindingsoplandene** eller til en **grundvandsmodel**. Det anbefales, at denne dataindsamling enten foretages ved **prøvepumpningsforsøg** eller ved opmåling af 4-5 **MRS** sonderinger i indsatsområdet (MRS er nærmere beskrevet i afsnit 10.3 og figur 10.3).

Med henblik på en vurdering af de eksisterende indvindings påvirkning af grundvandsressourcen og undersøgelse af mulighederne for nye indvindingsmuligheder, anbefales det, at der udarbejdes en **digital geologisk model** for indsatsområdet, som vil kunne udgøre grundlaget for en **grundvandsmodel**. På figur 10.2 er givet et forslag til en modelafgrænsning for en grundvandsmodel for Egedal Indsatsområde, såfremt der ikke opstilles en grundvandsmodel for hele Djurs Syd kortlægningsområdet.



**Figur 10.2: Forslag til modelområde for en grundvandsmodel for Egedal Indsatsområde.**

Med udgangspunkt i resultaterne af de indsamlede og bearbejdede data foretages en beskrivelse af de geologiske, grundvandskemiske og hydrologiske forhold, som sammenholdt med arealbelastningen i indsatsområdet vil udgøre grundlaget for Syd Djus Kommunes **indsatsplanlægning** i Egedal Indsatsområde.

Herunder er anbefalingerne listet på punktform for Egedal Indsatsområde:

- Detaljeret vurdering af den eksisterende TEM kortlægning (se afsnit 10.3.4)
- Eventuelt supplerende MRS og eller MEP kortlægning (se afsnit 10.3.3)
- Boringslokalisering og synkronpejlerunde (se afsnit 10.3.1)
- Undersøgelingsboringer i datasvage områder til verifikation af de geofysiske undersøgelser og indsamling af hydrauliske og grundvandskemiske data (se afsnit 10.3.5)
- Opsamling på vandværksbeskrivelserne (se afsnit 10.3.)
- Indsamling af hydrauliske data (se afsnit 10.3.7)
- Opstilling af en rumlig geologisk model
- Opstilling af en hydrostratigrafisk model
- Opstilling af en grundvandsmodel
- Arealanvendelsen
- Opsamlingsrapport

### 10.2.3 **Anbefalinger til Trin 2 kortlægning i Trustrup indsatsområde**

Indsatsområdet har et areal på 34,4 km<sup>2</sup> og er beliggende på moræneplateauet i den nordlige del af Djurs syd indsatsområde. Det skal bemærkes, at Trustrup indsatsområde skal være færdigkortlagt i 2009.

Boringerne i indsatsområdet viser, at de kvartære aflejringer domineres af overvejende sandede aflejringer i den nordøstlige del af indsatsområdet, hvorimod der i den vestlige del af indsatsområde overvejende er påvist moræneler og smeltvandsler (figur 9.25). De kvartære aflejring er afsat på kalken, som overvejende findes 20 til 60 m under terræn. Med det formål at kortlægge udbredelsen af lerdæklagen samt de geologiske forhold, anbefales det, at foretage en indledende geofysisk screening af Trustrup Indsatsområde med **MEP** metoden langs linjer med en samlet længde på 20 km MEP (se figur 10.3). På baggrund af resultaterne af screeningen med MEP tilrettelægges en **TEM** kortlægning og eventuelt supplerende MEP kortlægning. Det anbefales, at TEM kortlægningen udføres med traditionel jordbaseret TEM langs linier med det formål at kortlægge lertykkelserne, hvor de er over 25 m og eventuelt saltvandsgrænsen i kalken. I store dele af området vurderes det, at MEP vil kunne kortlægge kalkfladen, såfremt der er en modstandscontrast mellem kalken og de kvartære aflejringer. **Seismik** vurderes ikke som velegnet til kortlægning af lerdæklagenes udbredelse, men såfremt der opstår tvivl vedrørende kalkoverfladens relief vil en seismisk kortlægning være relevant.

Der er en god fordeling af boringer med god kvalitet i indsatsområdet, blandt andet på grund af Grumo-området ved Homå. Dog kan der efter gennemgangen af resultaterne af MEP-kortlægningen, vise sig et behov for etablering af **undersøgelsesboringer**, dels for at afklare de geologiske forhold og dels for at opnå information om de grundvandskemiske og hydrauliske forhold. Det anbefales at udføre boringerne som **snegleboringer** til kalken, da kalken ligger forholdsvis nær terræn og boremetoden giver god prøve kvalitet. Der er udført et antal **ellogboringer** i området, som det anbefales at vurdere samt inddrage i tolkningerne af de grundvandskemiske og geologiske forhold.

Indvindingstilladelserne i indsatsområdet er på i alt ca. 1.433.600 m<sup>3</sup>/år. Grundvandet er både oxideret, svagt oxideret og svagt reduceret i den østlige del af indsatsområdet. I den vestlige del af området findes kun 1 grundvandskemisk analyse fra Hallendrup Vandværk, hvor der har kunnet foretages en vandtypebestemmelse, hvilken viser reducerede vandtyper. Det anbefales, at der udtages **vandprøver** i markvandingsboringerne i den vestlige del for at undersøge om, der generelt er reducerede forhold under lerdæklagen. I den nordøstlige del af indsatsområdet er der nitrat i grundvandet, dog under drikkevandskriteriet og der er påvist forurening med pesticider.

Det anbefales, at der som opsamling på vandværksbeskrivelsen foretages et **interview af vandværkerne** med henblik på indsamling af data vedrørende boringerne, grundvandskemien og grundvandsbeskyttelse. Dette kunne gøres enten ved at fremsende vandværksbeskrivelsen til kommentering og vedlægge et følgebrev, hvor rele-

vante data efterspørges, og følge henvendelsen op telefonisk eller ved et besøg, hvor relevante data indhentes. Der rekvireres ligeledes relevant viden og materiale fra kommunen.

Til afklaring af de hydrauliske forhold vurderes det som helt afgørende, at der foretages en **boringslokalisering** og **synkronpejlerunde** helst i sammenhæng med de resterende indsatsområder i Djurs syd kortlægningsområdet, med henblik på udarbejdelse af et regionalt potentialekort.

Grundet den stramme tidsplan, det manglende kendskab til den hydrauliske påvirkning fra dræningen af **Kolindsund** og det at grundvandsmagasinet i Trustrup Indsatsområde overvejende betragtes som ét magasin, anbefales det, at beregne **oplandene** for indvindingerne foretaget af vandværker og markvandere **analytisk** i stedet for at opstille en tidskrævende grundvandsmodel for indsatsområdet.

Til beregning af analytiske oplande skal der benyttes et troværdigt potentialekort, værdier for nettonedbøren, transmissiviteten for kildeplads og opland samt indvindingsmængde. Transmissiviteten kan opnås dels ved at foretage korte **prøvepumpninger** eller ved opmåling med **MRS**. MRS sonderingerne anbefales placeret på baggrund af MEP kortlægningen. Der kunne eventuelt foretages måling langs et profil gennem indsatsområdet med MRS sonderinger for at kortlægge aflejringeres permeabilitet fra nordøst mod sydvest, hvor kalken gradvist ligger dybere. (MRS er nærmere beskrevet i afsnit 10.3).

Ulempen ved ikke at opstille en grundvandsmodel er blandt andet, at der ikke kan foretages en simulering af de eksisterende indvindingers påvirkning af grundvandsressourcen og vurdere betydningen af nye indvindinger. Det vurderes, at så længe der ikke er foretaget en grundig kortlægning af påvirkningen fra dræningen af **Kolindsund**, giver det ikke mening at opstille en **grundvandsmodel**. Der bør være styr på, hvor meget vand der løber ud over modelranden mod nord.

Med udgangspunkt i resultaterne af de indsamlede og bearbejdede data foretages en beskrivelse af de geologiske, grundvandskemiske og hydrologiske forhold, som sammenholdt med arealbelastningen i indsatsområdet vil udgøre grundlaget for Nord Djurs og Syd Djurs Kommunes **indsatsplanlægning** i Trustrup Indsatsområde.

Der anbefales følgende kortlægningsstrategi for Trustrup Indsatsområde:

- Boringslokalisering og synkronpejlerunde (se afsnit 10.3.1)
- Grundvandskemisk kortlægning i datasvage områder (se afsnit 10.3.2)
- Screening med MEP (se afsnit 10.3.3)
- Kortlægning af lerdæklagenes udbredelse med TEM og MEP (se afsnit 10.3.3. og 10.3.4)
- MRS kortlægning til undersøgelse af de hydrauliske og geologiske forhold i de kvartære lag over kalken (se afsnit 10.3.3)
- Undersøgelingsboringer i datasvage områder til verifikation af de geofysiske undersøgelser samt indsamling af hydrauliske og grundvandskemiske data (se afsnit 10.3.5)

- Opsamling på vandværksbeskrivelserne (se afsnit 10.3.6)
- Indsamling af hydrauliske data (se afsnit 10.3.7)
- Afklaring af påvirkningen af grundvandsstrømningen fra grundvands-sænkningen i Kolindsund (se afsnit 10.3.8)
- Beregning af analytiske oplande
- Arealanvendelsen
- Udarbejdelse af opsamlingsrapport

#### 10.2.4 **Anbefalinger til Trin 2 kortlægning i de 4 øvrige indsatsområder**

De 4 indsatsområder Lyngsbæk, Kolind, Tirstrup og Balle på henholdsvis 38, 32, 35 og 43 km<sup>2</sup> udgør et sammenhængende område på ca. 150 km<sup>2</sup> syd for Tirstrup og nord for Skellerup og Egedal indsatsområderne.

Lyngsbæk indsatsområde er overvejende beliggende i det sydlige randmorænelandskab. Kun den nordøstlige del ligger på Tirstrup Hedeslette. Lyngsbæk Indsatsområde er karakteriseret ved at være datasvagt mht. boringer, til gengæld er der i området udført en SkyTEM kortlægning.

Kolind Indsatsområde og den sydvestlige del af Tirstrup Indsatsområde ligger på Tirstrup Hedeslette. I Kolind Indsatsområde er der en forholdsvis god boringstæthed uden for skovområderne og i den nordvestlige del af Tirstrup Indsatsområde er et datasvagt område.

Den resterende del af Tirstrup Indsatsområde samt Balle Indsatsområde er overvejende beliggende på moræneplateauet. I disse indsatsområder er der en god fordeling af boringerne, dog er kvaliteten af boringerne meget varierende. Boringstætheden betegnes generelt som ringe.

Det anbefales, at der indledningsvist foretages en **vurdering af SkyTEM kortlægning** i Lyngsbæk Indsatsområde med henblik på tolkning af grænsen mellem Tirstrup Hedeslette og randmorænelandskabet, samt de øvrige geologiske forhold i Lyngsbæk Indsatsområde. Afhængig af resultaterne heraf vurderes det, om der er behov for supplerende kortlægning i form af **MEP** og/eller **seismisk** kortlægning for at afklare de geologiske forhold i det område, hvor der er udført SkyTEM.

Med henblik på at indsamle supplerende information om de geologiske forhold anbefales det indledningsvist i Kolind, Tirstrup og Balle indsatsområder at udføre en testkortlægning med **MEP** metoden for at afklare metodens evne til at beskrive de kvartære lag over kalken samt dybden til kalken. Det vurderes, at der på baggrund af indsamling af i størrelsesordenen en gennemgående linje i hvert indsatsområde, hvilket i alt vil være 20-25 km MEP (figur 10.3), vil kunne foretages en vurdering af udbyttet af en regional kortlægning med MEP samt en vurdering af, hvilke andre geofysiske metoder, det kunne være relevant at anvende til kortlægning af de geologiske forhold.

Der er en meget varierende fordeling af boringer i de 4 indsatsområder. Det anbefales, at der efter gennemgangen af resultaterne af TEM-kortlægningen og eventuelt en MEP kortlægning etableres en række **undersøgelsesboringer**, dels for at afklare de geologiske forhold og dels for at opnå information om de grundvandskemiske og hydrauliske forhold. Det kan ydermere være af særdeles stor interesse rent indvindingsmæssigt at undersøge den betydning dannelsen af Tirstrup Hedeslette har haft for udvaskningen af kalkaflejringerne neden for randmorænelandskabet. Såfremt kalken har transporteret store vandmængder under istiden, må det antages, at der også i dag findes stor grundvandskapacitet formentlig med betydelig grundvandsstrømning og stor ydeevne. I dag indvindes der begrænset fra dette område, og der er meget få boringer. Det anbefales på baggrund af de geofysiske undersøgelser (SkyTEM, MEP og MRS) at etablere boringer med det formål at undersøge magasinforholdene nærmere med henblik på fremtidig indvinding.

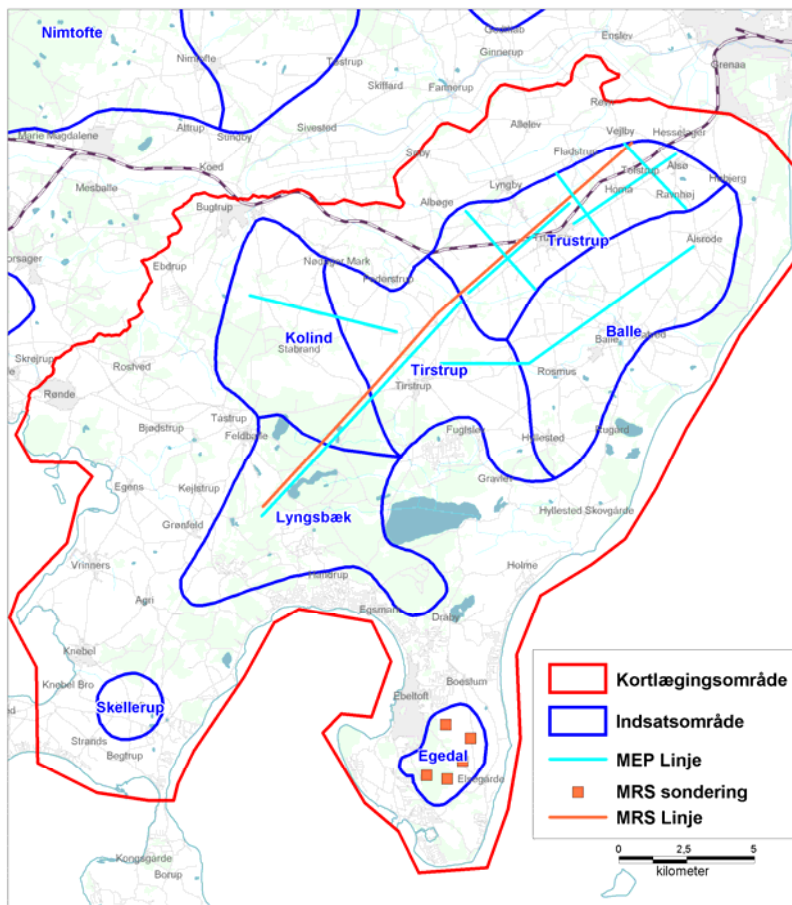
Der foregår generelt en meget begrænset indvinding i indsatsområderne, kun omkring Balle indvindes ca. 250.000 m<sup>3</sup>/år til grusvask. Grundvandet er overvejende sårbart inden for indsatsområderne. Mange steder er grundvandet klassificeret som enten svagt reduceret eller reduceret, og der er ikke påvist forhøjede nitratkoncentrationer. Dette tolkes at skyldes den overvejende ekstensive arealanvendelse samt en moderat indvinding. I netop sådan et følsomt område er det vigtigt, at der er fokus på at "**dyrke**" **grundvandet**, og der foretages en skånsom indvinding.

Det anbefales på baggrund heraf, at der opstilles en **grundvandsmodel** for de særligt følsomme områder, med mindre der opstilles en grundvandsmodel for Djurs syd kortlægningsområdet. En sådan model vil kunne bruges til at simulere betydningen af en eksisterende og fremtidig indvinding.

Det anbefales, at der som opsamling på vandværksbeskrivelsen foretages et **interview af vandværkerne** med henblik på indsamling af data vedrørende boringerne, grundvandskemien og grundvandsbeskyttelse. Dette kunne gøres enten ved at fremsende vandværksbeskrivelsen til kommentering og vedlægge et følgebrev, hvor relevante data efterspørges, også følge henvendelsen op telefonisk eller ved et besøg, hvor relevante data indhentes. Der rekvireres ligeledes relevant viden og materiale fra kommunen.

Til afklaring af de hydrauliske forhold vurderes det som helt afgørende, at der foretages en **boringslokalisering** og **synkronpejlerunde** helst i sammenhæng med de resterende indsatsområder i Djurs Syd kortlægningsområdet, med henblik på udarbejdelse af et regionalt potentialekort. Herudover anbefales det, at der foretages en dataindsamling til bestemmelse af transmissiviteter enten som input til en analytiske beregning af indvindingsoplandene eller til en grundvandsmodel. Det anbefales at denne dataindsamling enten foretages ved **prøvepumpningsforsøg** eller ved opmåling af **MRS** sonderinger langs en fortsættelse af profilet fra Trustrup Indsatsområde (MRS er nærmere beskrevet i afsnit 10.3). På figur 10.3 er skitseret et forslag til MRS-profillinjen. Profilet er i alt 19 km langt, og der anbefales udført 15 til 20 MRS-sonderinger langs profilet.





Figur 10.3: Forslag til MEP profiler, MRS-profillinje og MRS sondringer.

Med henblik på en vurdering af de eksisterende indvindings påvirkning af grundvandsressourcen og undersøgelse af nye indvindingsmuligheder, anbefales det, at der udarbejdes en **digital geologisk model** for indsatsområdet, som vil kunne udgøre grundlaget for en **grundvandsmodel**.

Med udgangspunkt i resultaterne af de indsamlede og bearbejdede data foretages en beskrivelse af de geologiske, grundvandskemiske og hydrologiske forhold, som sammenholdt med arealbelastningen i indsatsområdet vil udgøre grundlaget for Syd Djus og Nord Djurs Kommunes **indsatsplanlægning** i Balle, Tirstrup, Kolind og Lyngsbæk Indsatsområde.

Herunder er anbefalingerne til Trin 2 kortlægning af Balle, Kolind, Tirstrup og Lyngsbæk indsatsområder listet på punktform:

- Boringslokalisering og synkronpejlerunde (se afsnit 10.3.1)
- Grundvandskemisk kortlægning i datasvage områder (se afsnit 10.3.2)
- Detaljeret vurdering af den eksisterende TEM kortlægning i Lyngsbæk Indsatsområde (se afsnit 10.3.4)

- MRS og MEP kortlægning til undersøgelse af de hydrauliske og geologiske forhold i de kvartære lag over kalken (se afsnit 10.3.3)
- Undersøgelingsboringer i datasvage områder til verifikation af de geofysiske undersøgelser samt indsamling af hydrauliske og grundvandskemiske data (se afsnit 10.3.5)
- Opsamling på vandværksbeskrivelserne (se afsnit 10.3.6)
- Indsamling af hydrauliske data (se afsnit 10.3.7)
- Opstilling af en rumlig geologisk model
- Opstilling af en hydrostratigrafisk model
- Opstilling af en grundvandsmodel
- Arealanvendelsen
- Opsamlingsrapport

## 10.3 Uddybende begrundelser for de fagspecifikke anbefalinger til Trin 2 kortlægning

### 10.3.1 Boringslokalisering og synkronpejlerunde

Det anbefales at foretage en boringslokalisering, DGPS-kotesætning og synkronpejlerunde af filtersatte eksisterende boringer i indsatsområderne, og udvalgte boringer uden for indsatsområderne men inden for det kortlægningsområde, som er afgrænset af naturlige hydrauliske grænser (figur 2.1), da dette område vil være oplagt som afgrænsning for en evt. fremtidig grundvandsmodel.

Der findes meget få lokaliserede boringer i indsatsområderne og det nuværende potentialekort er baseret på data indberettet over den årrække, hvor boringerne er etableret. Boringslokaliseringen vil ligeledes bidrage med et overblik over, hvilke boringer der fortsat eksisterer, information om boringernes fysiske stand samt oplysninger om sløjfede boringer.

Boringsregistrering, synkronpejlerunde og udarbejdelse af magasinspecifikke potentialekort vurderes som helt essentielt for det videre arbejde.

Grundet den stramme tidsplan for kortlægning af Trustrup Indsatsområde anbefales det, at igangsætte lokaliseringen af hele kortlægningsområdet på en gang, men først foretage lokalisering og synkronpejlerunde i Trustrup Indsatsområde som rapporteres særskilt. Herefter foretages lokalisering af den resterende del af kortlægningsområdet og synkronpejles i hele kortlægningsområdet. Afslutningsvist foreslås det at der udarbejdes en samlet rapport med potentialekort for Djurs Syd kortlægningsområdet.

### 10.3.2 Grundvandskemisk kortlægning

I området omkring Vejlby og Homå er der stort kendskab til de grundvandskemiske forhold. Det anbefales på baggrund heraf, at der i de resterende områder udtages vandprøver i udvalgte boringer. Især i de områder, hvor der er få grundvandskemiske data, anbefales det at udtage vandprøver med henblik på vurdering af vandtypen, vandkvaliteten og dermed magasinforholdene af eventuelle ukendte magasiner. Det anbefales, at boringerne udvælges efter boringslokaliseringen, når der er overblik over, i hvilke boringer det er muligt, at udtage vandprøver. Analyseprogrammet

skal være så omfattende, at de problemstillinger som denne indledende grundvandskemiske screening har afdækket, er inkluderet.

Den grundvandskemiske kortlægning viser, at der bør være særlig fokus på overvågning af følgende stoffer i området:

- Nitrat
- Sulfat
- Pesticider
- redoxforhold

Nogen fokus på indvindingsstrategien i forhold til

- florid
- klorid
- nikkel

Generelt udgør disse stoffer ikke et problem for drikkevandsindvindingen på nuværende tidspunkt, men det anbefales at overvåge udviklingen.

### 10.3.3 **Supplerende geofysisk kortlægning (MEP og MRS)**

I de nordlige indsatsområder, hvor der ikke er udført geofysisk kortlægning, anbefales det at udføre en række MEP-linjer, der går vinkelret på de drumliniserede bakker og randmorænestrøg. Med MEP-metoden forventes strukturer i den kvartære lagserie at kunne kortlægges med henblik på at opnå en vurdering af udstrækning og mægtighed af beskyttende lerlag over kalken. I de områder, hvor der er stor usikkerhed omkring dybden til kalken, enten fordi der ikke findes boringsoplysninger eller fordi resistivitetmålinger ikke forventes at kunne kortlægge kalkgrænsen, anbefales det at udføre en række MRS-målinger. Resistivitetmålingerne forventes ikke at kunne kortlægge grænsen mellem kalken og de overliggende kvartære aflejringer idet der sandsynligvis ikke er en modstandskontrast. Derimod forventes der at være en forskel i de hydrauliske egenskaber mellem kalken og de overliggende kvartære aflejringer, hvorfor MRS-metoden vurderes relevant. Desuden betragtes MRS som en meget anvendelig metode i netop den nordlige del af indsatsområdet, fordi der her er et sparsomt kendskab til dels vandindholdet i den kvartære lagserie over kalken og dels dybden til kalkfladen, som ligger forholdsvist terrænnært (ca. 10 til 60 m u.t.). Desuden er der forholdsvis få oplysninger vedrørende de hydrauliske forhold generelt. MRS-data vurderes at kunne bidrage med betydelig information om de hydrauliske forhold med henblik på datagrundlaget for opstilling af en grundvandsmodel. Den endelige placering af MRS sonderingerne tilrettelægges på baggrund af støjundersøgelser.

### 10.3.4 **SkyTEM og TEM**

Det anbefales, at der indledningsvis foretages en detaljeret vurdering af de eksisterende tolkede TEM modeller, en geologisk tolkning af resultaterne af TEM kortlægningen, en vurdering af ækvivalente modeller samt en sammenstilling af resultaterne med boringsoplysninger og grundvandskemi.

I Trustrup Indsatsområdet anbefales det, at der efter en screening MEP metoden tilrettelægges en regional TEM kortlægning udført med traditionel TEM40. Grunden

hertil er dels at der område som skal kortlægges er forholdsvist begrænset og på grund af tidsforbruget i forbindelse med at udføre en SkyTEM kortlægning. Trustrup Indsatsområdet skal være kortlagt ved udgangen af 2009.

#### 10.3.5 **Undersøgelingsboringer**

Det anbefales, at der udføres en række undersøgelingsboringer i datasvage områder dels med henblik på at supplere den geologiske, grundvandskemiske og hydrauliske viden og dels til verificering af de geofysiske undersøgelser. Det anbefales, at boringerne placeres på baggrund af resultaterne af de geofysiske undersøgelser samt resultaterne af Trin 1 kortlægningen. I den nordlige del af undersøgelsesområdet anbefales det at boringerne føres til top af kalken. Disse boringer kunne med fordel udføres som snegleboringer.

#### 10.3.6 **Opsamling på vandværksbeskrivelsen**

Med udgangspunkt i resultaterne af vandværksbeskrivelserne, som er summeret i tabel 7.3, anbefales følgende tiltag/undersøgelser:

- Rekvirering af oplysninger vedrørende enkeltindvindere og analyse-resultater fra Nord Djurs og Syd Djurs Kommuner
- Vandanalyser af boringer på Balle, Egedal og Vejby vandværker
- Borehulslogging i 12 boringer fordelt på følgende 6 vandværker: Egsmark Strand, Hasnæs, Nødager, Skellerup Enge I/S, Ålsrode og Ålsø vandværker. Logningen anbefales som minimum at omfatte gammalogning til lokalisering af laggrænser og eventuelle bentonit-spærrer samt flowlogging til lokalisering af indstrømningszoner. Logningen kan med fordel kombineres med niveaubestemt vandprøvetagning.

Det anbefales desuden at foretage en registrering af vandværkernes boringer og deres tilstand, men tilsynsmyndigheden er kommunerne, hvorfor disse oplysninger ligeledes kan rekvireres der.

#### 10.3.7 **Hydrauliske data**

Ud over medianminimumsmålinger findes der meget få hydrauliske data i Djurs Syd kortlægningsområdet. På baggrund heraf anbefales det, at der foretages en indsamling af følgende hydrauliske data:

- Det vil være af stor værdi at udvide antallet af boringer, hvor der opmåles pejletidsserier, som dækker en længere tidsperiode end synkronpejlingerne. Der er behov for en bedre geografisk dækning, samt observationer i både sand- og kalkmagasiner. Det anbefales at dataindsamlingen foretages ved opsætning af pejleloggere.
- Prøvepumpningsdata ved vandværkerne samt udførelse af prøvepumpninger til afklaring af magasinsammenhænge i de stærkt deformerede områder i randmorænerne i den sydlige del af kortlægningsområdet. Disse data vurderes at kunne bidrage til tolkning af magasinsammenhænge i området.

- Det vil være væsentligt af få information om den hydrauliske konduktivitet i både sand og kalk.
- Tillige vil det være af stor betydning at få afdækket eventuel anisotropi af den hydrauliske ledningsevne i kalken.
- En nærmere beskrivelse af indvindingsforhold, dvs. oftere registrering af indvindingsvariationerne, vil være af stor værdi både i forbindelse med modellering af vandressourcen samt i forbindelse med bestemmelse af indvindingspåvirkningen af vandløbene.
- Det foreslås at der foretages en vurdering af datagrundlaget for bestemmelsen af den tidslige variation i nettonedbøren. En sådan vil være nødvendig, hvis der ønskes opstillet en dynamisk model.
- En detaljeret gennemgang af arealanvendelsen i forbindelse med en mere detaljeret bestemmelse af grundvandsdannelsen / nettonedbøren.

Såfremt disse data ønskes indsamlet er det vigtigt at sætte denne kortlægning i gang hurtigst muligt.

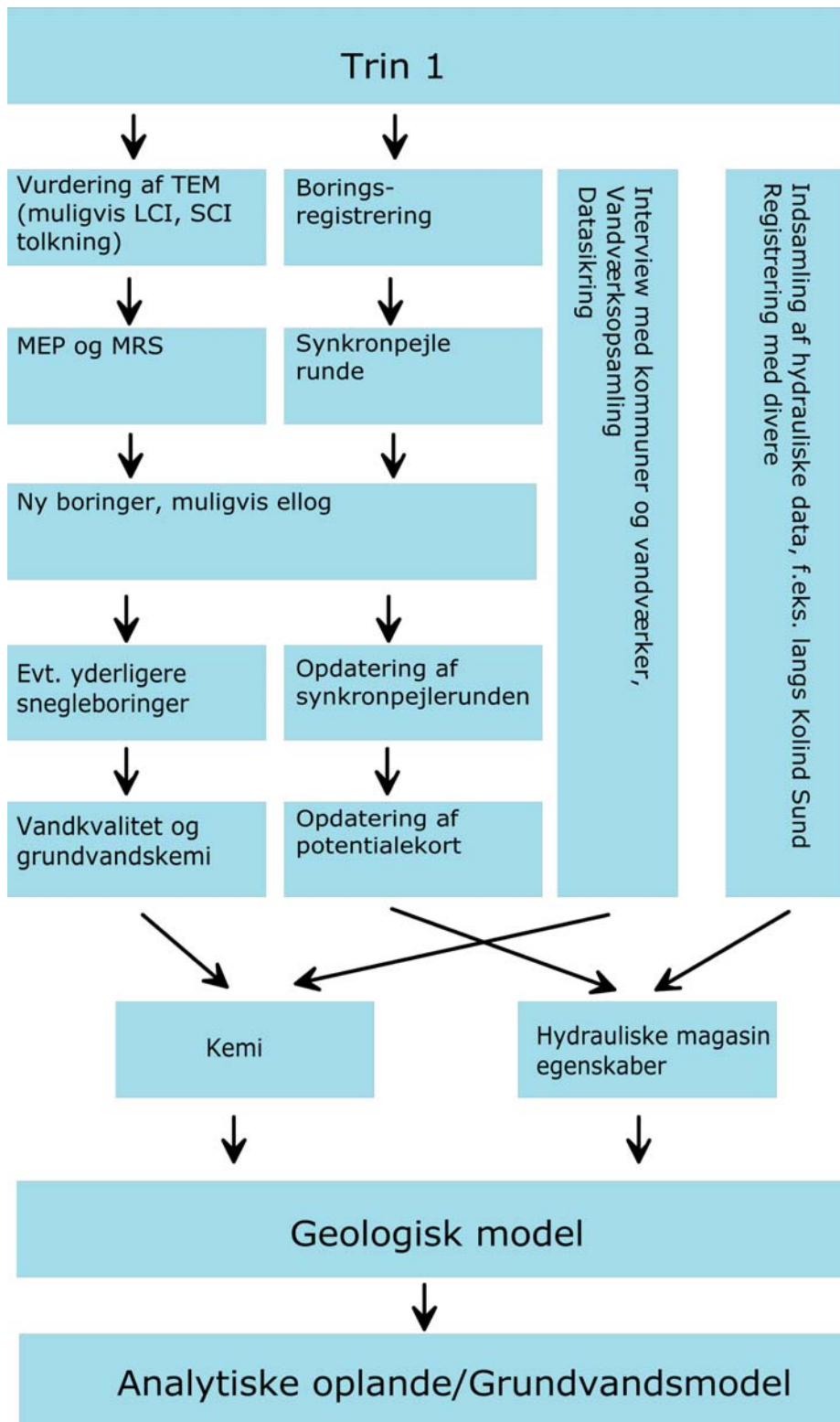
### 10.3.8 Grundvandssænkningen i Kolindsund

Det vurderes, at Kolindssund spiller en stor rolle for strømningsforholdene på Djursland. I denne udredning er ikke foretaget en kortlægning af dræningen. En forståelse af drænenes funktion og sammenspil med grundvands- og overfladevandssystemet vil være nødvendig i forbindelse med opstillingen af en hydrologisk model. Specielt hvis Kolindsund inddrages. Desuden vil det kunne danne basis for eventuelle beregninger af effekten af ændrede dræningsforhold i det lavtliggende område. Det vurderes i den forbindelse som relevant at måle afstrømningen i vandløbene fra Kolindsund, der sammen med tilstrømningsdata kan indgå i vandbalanceberegningen for Kolindsund.

Generelt registreres en større og større grundvandssænkning i Kolindsund, pga. den øgede dræning. DGU 71.414 er saltvandspåvirket, og der findes i enkelte borerer elektroder, der gør det muligt at måle formationsmodstanden. Desuden er der ikke kendskab til, hvor meget vand der løber ud i Grenå-dalen, og der kan endvidere være et behov for en ny synkron vandføringsmåling. Der er dog data fra 1987 som indikerer at der oppumpet i størrelsesordenen 50 mio m<sup>3</sup>/år op i landkanalerne.

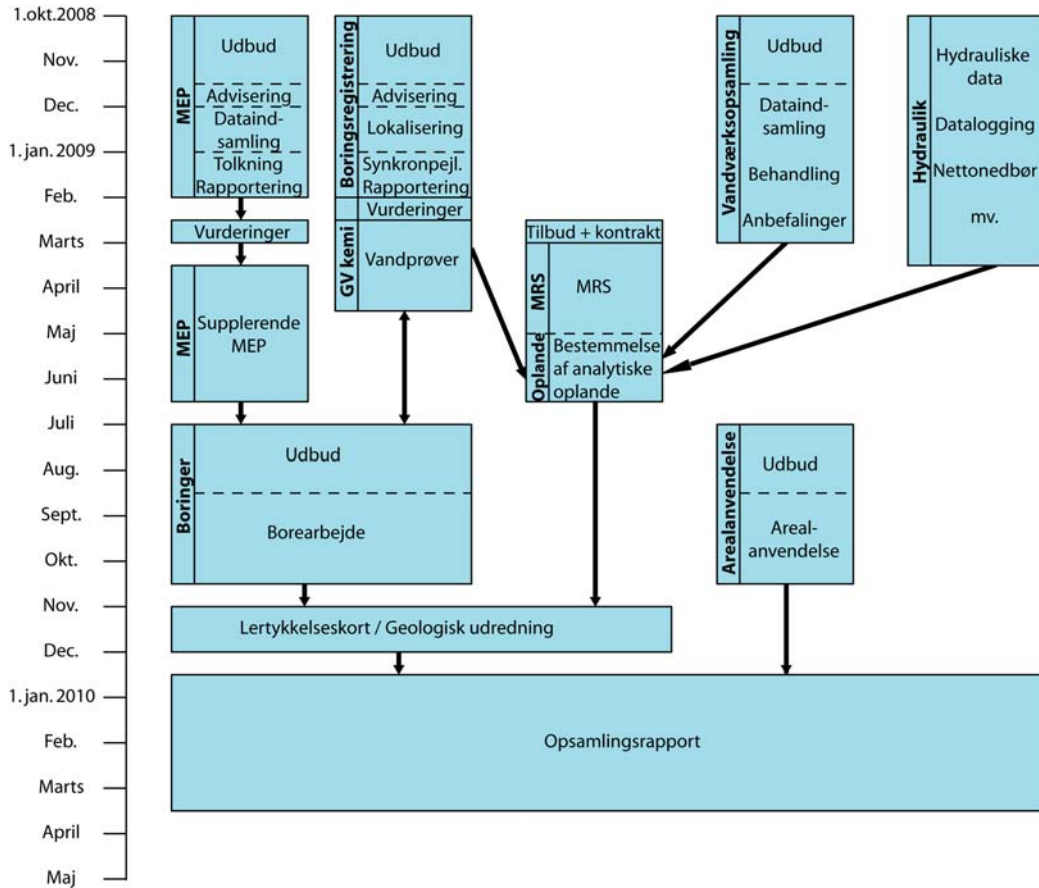
## 10.4 Flowdiagram over anbefalingerne

I det følgende illustreres anbefalingerne til Trin 2 kortlægningen for indsatsområderne samlet i et flowdiagram som er udarbejdet sammen med Miljøcenter Århus (figur 10.4.).



Figur 10.4 Flowdiagram til illustration af anbefalingerne.

Der er desuden udarbejdet et flowdiagram med forslag til en tidsplan for Trustrup Indsatsområde, som skal være kortlagt ved udgangen af 2009 (figur 10.5).



Figur 10.5 Flowdiagram til illustration af anbefalingerne for Trustrup Indsatsområde.

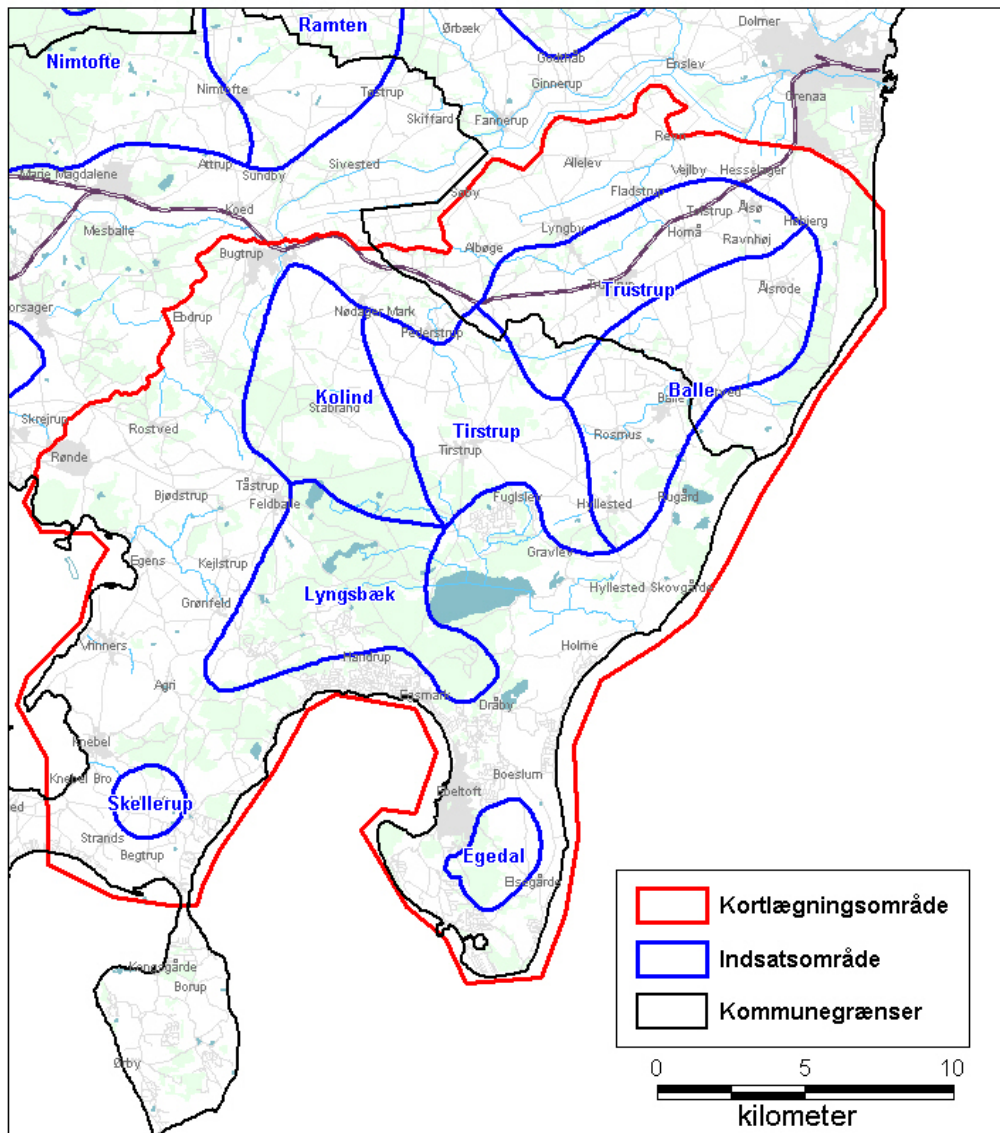


## 11. Resumé af Trin 1 kortlægning for Djurs Syd

Den udvidede Trin 1 kortlægning er en indledende opsamling af eksisterende viden for Djurs Syd kortlægningsområdet, hvor resultatet er en status for: planmæssige forhold, geologi, geofysik, vandforsyning, grundvandskemi og hydrologi i området. Med udgangspunkt i resultaterne heraf udarbejdes anbefalinger til den videre grundvandskortlægning.

### 11.1 Områdeafgrænsninger

I Djurs Syd kortlægningsområdet er udpeget 7 indsatsområder med et samlet areal på 197 km<sup>2</sup>. De 7 indsatsområder udgør ikke et sammenhængende område som det fremgår af figur 11.1. På baggrund heraf er der i samarbejde med Miljøcenter Århus udpeget et større område, som omfatter indsatsområderne og afgrænses af naturlige hydrauliske grænser. Dette område kaldes i det følgende kortlægningsområdet og har et areal på 490 km<sup>2</sup>, se figur 11.1.



**Figur 11.1: Afgrænsning af kortlægningsområdet og indsatsområderne.**

De 7 indsatsområder er benyttet som områdefgrænsning for fagdisciplinerne:

- Planmæssige forhold.
- Boringsgennemgang.
- Geofysik.
- Vandforsyning.
- Grundvandskemi.

Kortlægningsområdet er benyttet som områdefgrænsning for fagdisciplinerne:

- Geologisk forståelsesmodel.
- Hydrologi.

## 11.2 **Planmæssige forhold**

Størstedelen af indsatsområderne betegnes som nitratfølsomme indvindingsområder. Uden for indsatsområderne er en 300 m beskyttelseszone omkring indvindingsboringerne udpeget som nitratfølsomme områder.

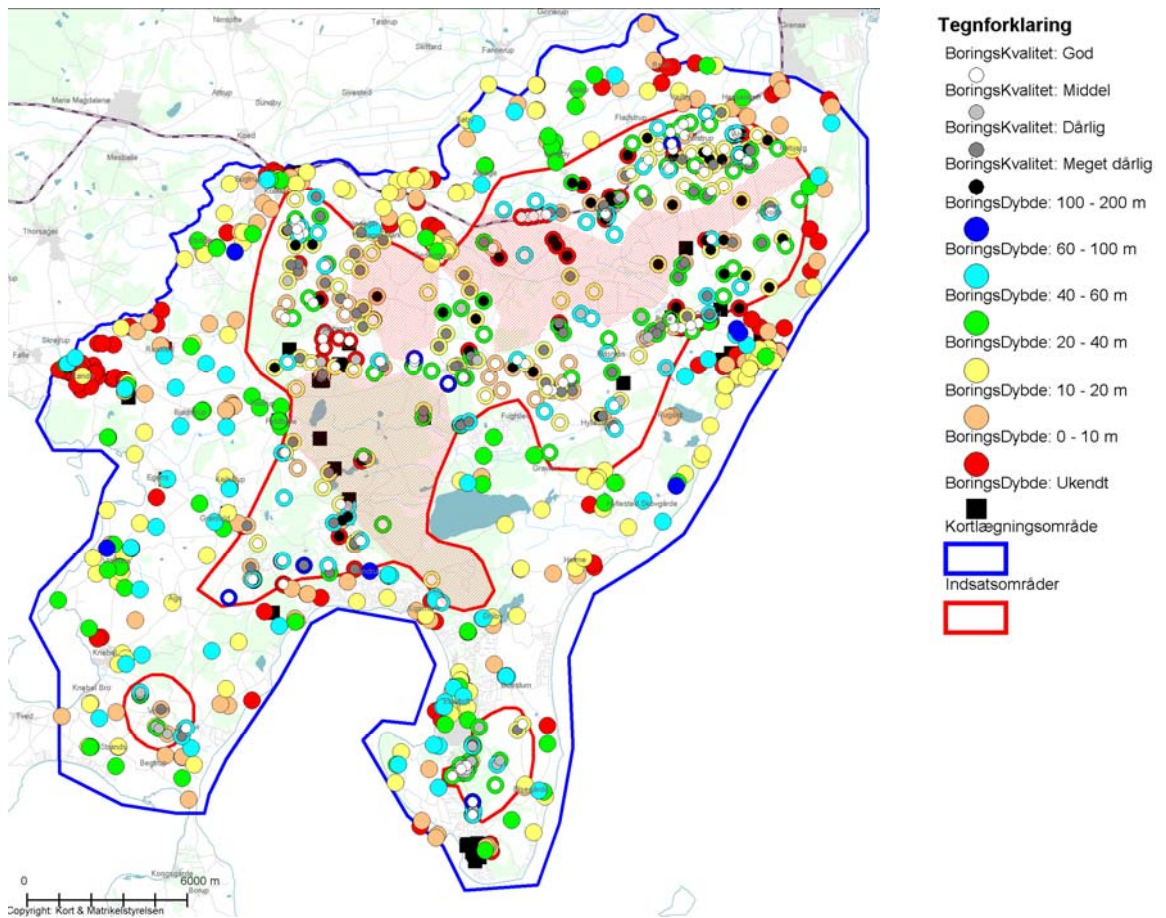
Inden for indsatsområderne findes 31 V1 grunde, 25 V2 grunde. 2 grunde har status "uafklaret".

## 11.3 **Boringsgennemgang og geologisk forståelsesmodel**

### 11.3.1 **Boringsgennemgang**

Der findes i alt 1017 boringer inden for kortlægningsområdet, heraf 412 inden for indsatsområderne.

For at danne et overblik over datatætheden og kvaliteten af boringsbeskrivelserne er der på kortet i figur 11.2 foretaget en sammenstilling af oplysninger om boreddybde og boringskvalitet. Boringskvaliteten er kun vurderet for boringer inden for indsatsområderne. På kortet er de særligt datasvage områder markeret (rød-skraverede områder). Uden for disse områder ses en forholdsvis jævn fordeling af dybe og velbeskrevne boringer. Boringstætheden er dog størst i den nordøstlige del af kortlægningsområdet.

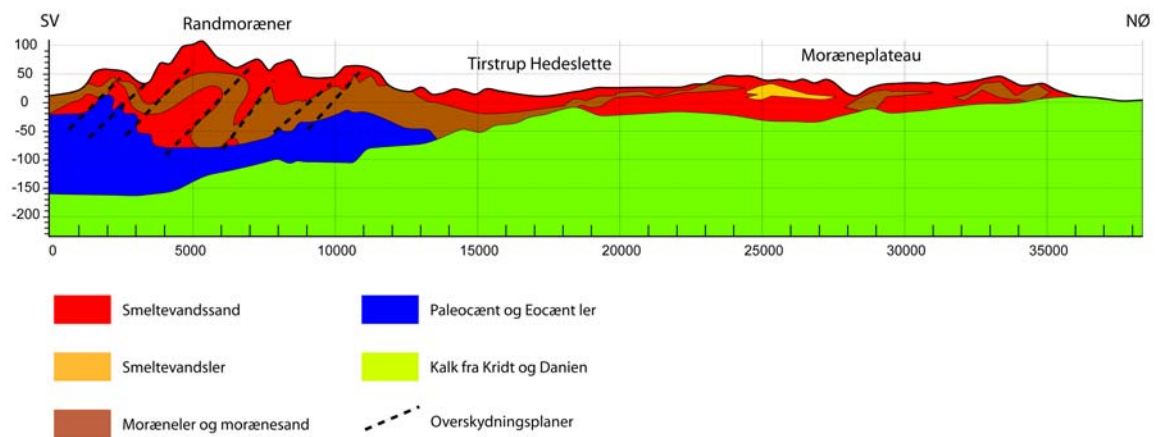


**Figur 11.2: Sammenstilling af boreddybde og boringskvalitet. Datasvage områder er skraveret med rødt.**

### 11.3.2 Geologisk forståelsesmodel

Der er i forbindelse med nærværende undersøgelse opstillet en geologisk forståelsesmodel for kortlægningsområdet Djurs Syd. Denne model er baseret på eksisterende litteratur og temakort samt geofysiske data og boringsoplysninger.

Den geologiske forståelsesmodel er illustreret ved principskitsen, figur 11.3.



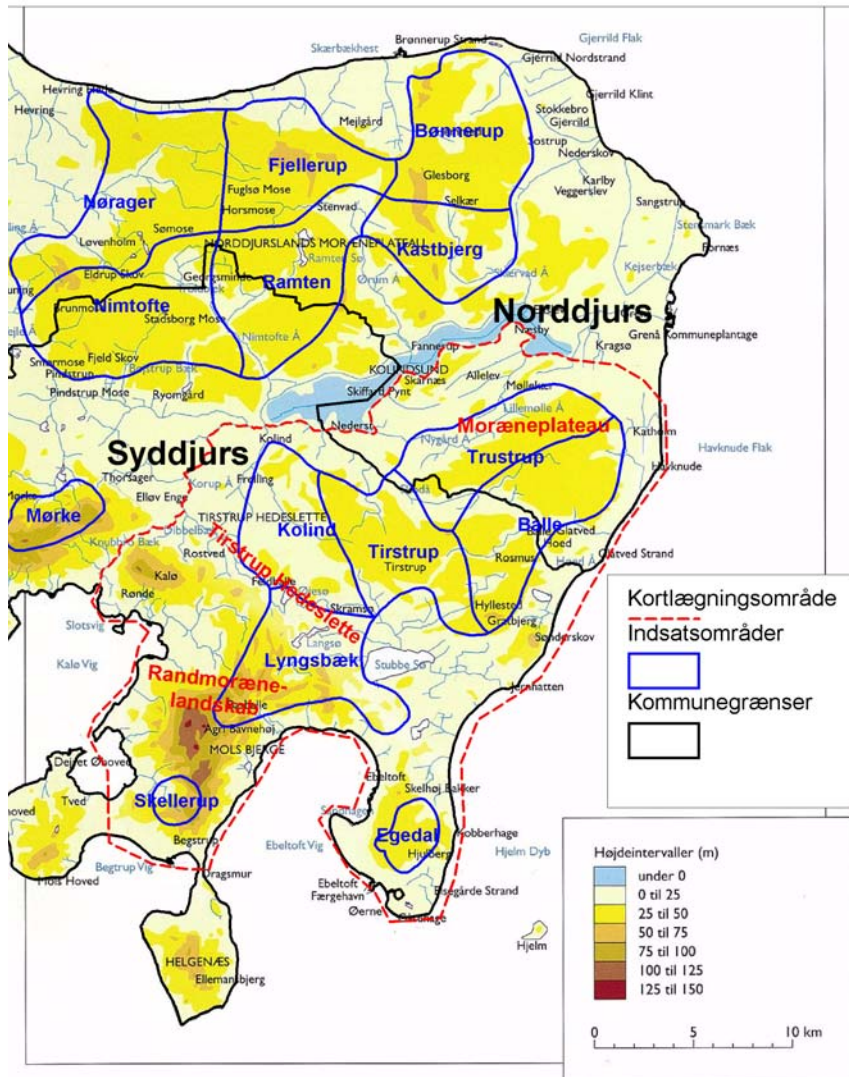
**Figur 11.3: Geologisk principskitse for kortlægningsområdet Djurs Syd**

Af principskitsen fremgår det, at der nederst er påvist kalk fra Øvre Kridt og Danien. Den prækvartære lagserie hælder mod sydvest, og aflejringerne i prækvartæroverfladen bliver derfor stadig ældre mod NØ. I kortlægningsområdet går kalken således i dagen i den nordøstlige del, men ligger forholdsvis dybt i den sydvestlige del. Det palæogene ler er borteroderet i det meste af området, men ses dog over kalken i den sydvestlige del af kortlægningsområdet.

I kvartærperioden har gletschere med jævne mellemrum overskredet landet, hvilket har bidraget med yderligere erosion samt med deformation af den tertiære lagserie samt ældre kvartære aflejringer. De kvartære aflejringer, der findes på Djurs Syd, er primært afsat i forbindelse med den sidste istid; Weichsel istiden.

Kortlægningsområdet kan inddeles i tre overordnede geologiske landskabstyper (se figur 11.3 og 11.4);

- Moræneplateauet i den centrale og nordøstlige del af kortlægningsområdet
- Tirstrup Hedeslette
- Randmorænelandskab i den sydlige del af kortlægningsområdet



Figur 11.4: Oversigt over højdeforholdene på Djursland og inddeling af de 3 landskabstyper. Modificeret efter Pedersen og Petersen (1997) /28/.

### ***Moræneplateauet***

På principskitsen, figur 11.3 er det antydnet, at lagene af smeltevandsler og moræner i moræneplateauet ikke nødvendigvis er sammenhængende. I nogle områder af plateauet vil specielt moræneleret formentlig udgøre gennemgående lag, men i andre områder optræder det mere sporadisk. Moræneplateauet kan derfor stedvist være sårbart, og kun yde en ringe beskyttelse af det underliggende kalkmagasin. I den nordøstligste del af området, hvor kalken går i dagen, vil der ikke være nogen naturlig beskyttelse af kalkmagasinet.



### **Tirstrup Hedeslette**

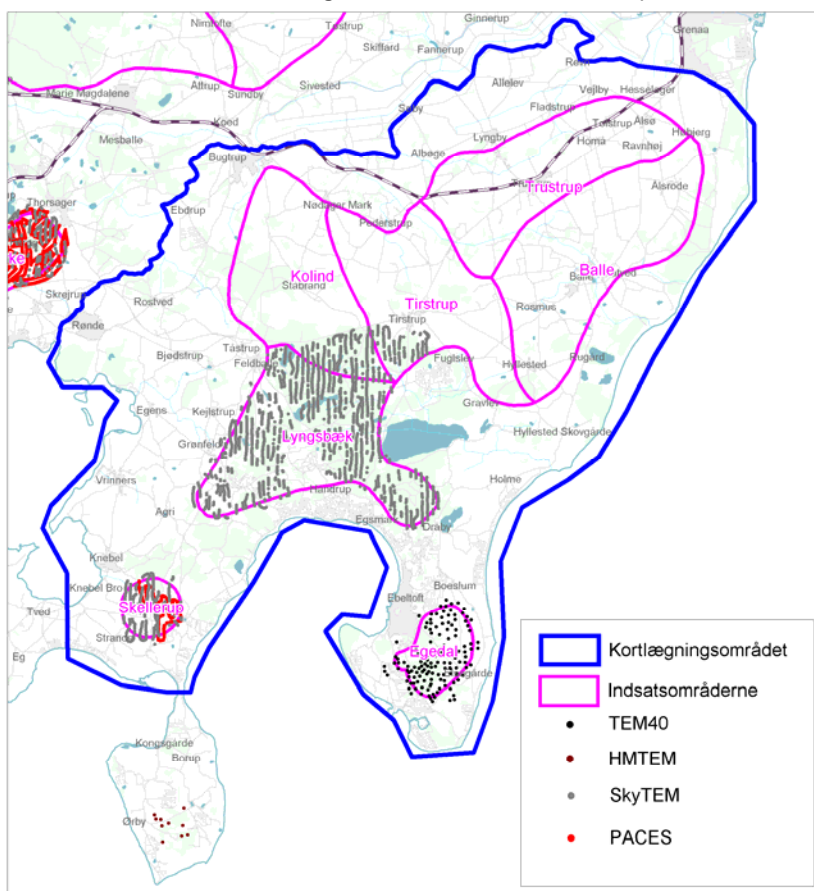
Smeltevandssandet på Tirstrup Hedeslette er ikke beskyttet af lerdæklag, og er derfor meget sårbart. Stedvist hviler sandet på moræneler. Moræneleret formodes at have begrænset udbredelse, hvorfor det underliggende kalkmagasin vurderes at være sårbart.

### **Randmorænelandskabet**

Randmorænebakkerne rundt om Kalø Vig og Ebeltoft Vig antages at være stærkt deformerede. Der kan derfor forekomme afgrænsede lokale magasiner mellem opstakkede flager og hydraulisk kontakt mellem øvre og nedre magasiner i lagserien. Selvom der i bakkerne findes moræneler, kan det ikke forventes, at dette ler kan yde en god beskyttelse, idet det formodentlig er foldet og skudt op i flager. Magasinerne i morænebakkerne må derfor som udgangspunkt anses for at være sårbare.

## 11.4 Geofysik

Der er foretaget kortlægning med såvel traditionel TEM som SkyTEM i indsatsområderne Skellerup, Egedal og Lyngsbæk i Djurs Syd kortlægningsområde (figur 11.5). Datakvaliteten af TEM målingerne er varierende, men primært middel og god.



Figur 11.5: Oversigt over geofysiske data i og omkring kortlægningsområdet.



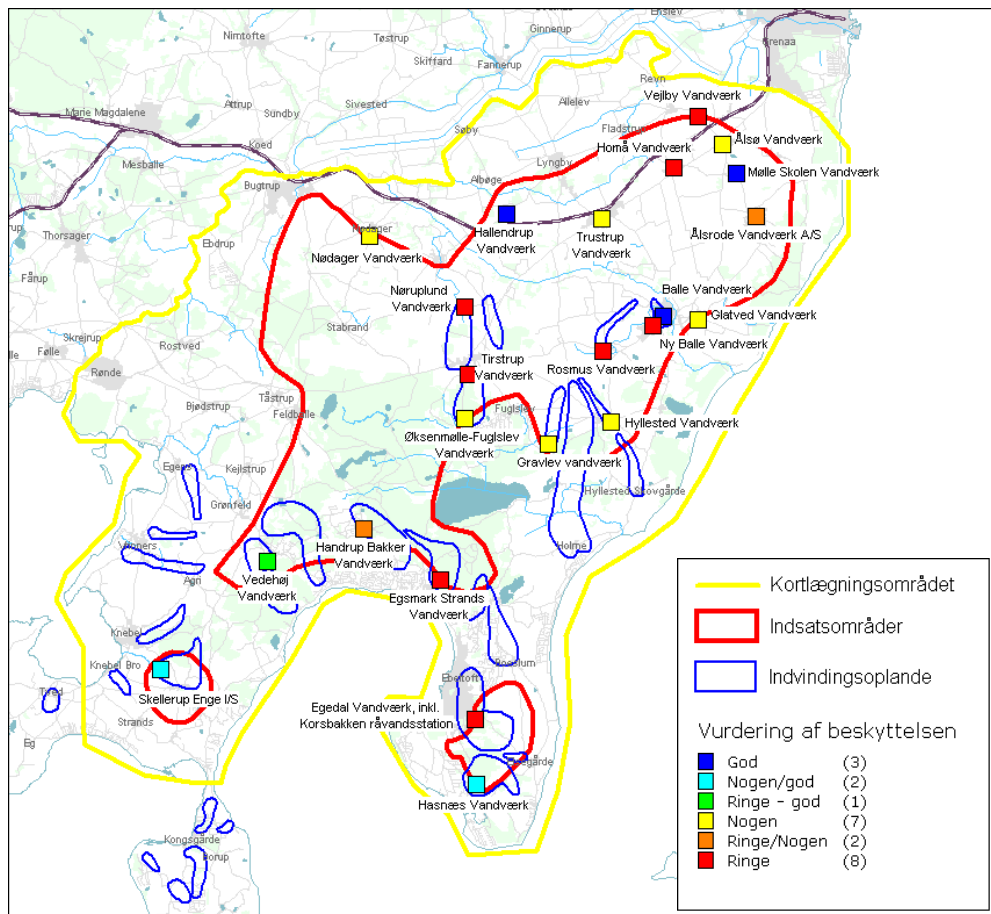
Det anbefales, at der foretages en vurdering af kvaliteten af tolkninger af TEM data med henblik på at afklare, om der findes ækvivalente modeller. En afklaring heraf vil styrke datagrundlaget for den videre geologiske modellering.

Ved Vistoft i Skellerup Indsatsområde er der udført en mindre PACES kortlægning af god kvalitet (figur 11.5).

## 11.5 Vandforsyning

Inden for kortlægningsområdet Djurs Syd er der 23 almene vandforsyninger med en samlet vandindvindingstilladelse på 1,901 mio. m<sup>3</sup> per år. Der er ved Trin 1 kortlægningen foretaget en vandværksbeskrivelse af hvert af de almene vandværker. I den forbindelse er der foretaget en beskrivelse og vurdering af boringer, geologi, beskyttelse, trusler og grundvandskemi samt en samlet vurdering af hvert vandværk.

På kortet i figur 11.6 fremgår placeringen af vandværkerne samt vurderingerne af magasinbeskyttelsen af vandværkernes kildepladser. Kortet viser, at vandværkernes kildepladser overvejende har en ringe til nogen beskyttelse. Kun 3 kildepladser vurderes at have en god beskyttelse.



Figur 11.6: Vurdering af beskyttelsen af vandværkerne og vandværkernes indvindingsområde.

Resultaterne af Trin 1 kortlægningen af vandforsyningerne i Djurs Syd kortlægningsområdet er sammenfattet i tabel 11.1.

Anlægsnavn	Boringer (aktive)		Trusler	Magasinforhold				Vandkvalitet		Risikovurdering m.m.	
	Antal	Etableret		V1/V2	Beskyttelse	Magasin	Trykforhold	Ydelse	Vandtype	Problemparametre	Skorsten
Balle Vandværk	2	1965/2005	3	God	Sand	Spændt	Høj	Reduceret	-	-	Vandanalyse af 81.282
Egedal Vandværk, inkl. Korsbakken råvandsstation	5	1947-1987	3	Ringe	Sand	Frit	Moderat	Oxideret	Nitrat Pesticider	-	Vandanalyse af 91.40
Egsmark Strands Vandværk	5	1970-1990	1	Ringe	Sand/kalk	Frit/spændt	Lav	Oxideret/reduceret	Fluorid Bor	+	Borehulslogning i 80.222, 80.385 og 80.407
Glatved Vandværk	2	1962/2000	2	Nogen	Kalk	Spændt	Lav/moderat	Svagt reduceret	-	-	
Gravlev vandværk	1	1976	-	Nogen	Sand	Spændt	Moderat	Svagt reduceret	-	-	
Hallendrup Vandværk	1	1989	2	God	Kalk	Spændt	Moderat	Reduceret	-	-	
Handrup Bakker Vandværk	4	1966-1984	-	Ringe/Nogen	Sand	Frit/spændt	Lav	Oxideret-reduceret	Nitrat Arsen	?	
Hasnæs Vandværk	5	1964-1989	2	Nogen/god	Sand	Spændt	Lav	Reduceret	Pesticider MTBE	+	Borehulslogning i 91.12 og 91.41
Homå Vandværk	1	1949	2	Ringe	Kalk	Spændt	?	Svagt reduceret	-	-	
Hyllested Vandværk	1	1978	1	Nogen	Sand	Spændt	Høj	Svagt reduceret	-	-	
Mølle Skolen Vandværk	1	1959	-	God	Kalk	Spændt	Lav	Svagt reduceret	-	-	
Ny Balle Vandværk	1	1986	3	Ringe	Sand	Spændt	Lav	Oxideret	Nitrat	-	
Nødager Vandværk	1	1965	-	Nogen	Sand	Spændt	Moderat	Oxideret	Nitrat	+	Borehulslogning i 80.394
Noruplund Vandværk	1	1976	2	Ringe	Sand	Frit	Høj	Oxideret/svagt red.	Kalium Nitrat	?	
Rosmus Vandværk	1	1978	2	Ringe	Kalk	Frit	Høj	Reduceret	-	-	
Skellerup Enge I/S	3	1972-1975	1	Nogen/god	Sand	Spændt	Moderat	Svagt reduceret	Klorid Arsen/bor MTBE	+	Borehulslogning i 90.107
Tirstrup Vandværk	2	1965/1971	6	Ringe	Sand	Frit/spændt	Lav	Oxideret/svagt red.	Nitrat Sulfat	?	
Trustrup Vandværk	3	1938-1960	7	Nogen	Sand/kalk	Frit/spændt	Lav	Svagt reduceret	-	-	
Vedehøj Vandværk	3	1986-2002	-	Ringe - god	Sand	Frit/spændt	Lav	Oxideret/svagt red.	Pesticider	-	
Vejlby Vandværk	6	1982-1987	-	Ringe	Kalk	Frit/spændt	Lav/moderat	Oxideret/svagt red.	Nitrat Nikkel Pesticider	-	Vandanalyse fra 71.444 og 71.447
Øksenhøj-Fuglslev Vandværk	3	1964-1974	-	Nogen	Kalk	Spændt	Lav/moderat	Svagt reduceret	Arsen	-	
Åsrode Vandværk A/S	2	1973/1976	2	Ringe/Nogen	Kalk	Frit/spændt	Høj	Oxideret/svagt red.	Nitrat Pesticider	+	Borehulslogning i 81.83
Ålso Vandværk	2	1987/2002	-	Nogen	Kalk	Spændt	Moderat	Oxideret/svagt ox.	Nitrat Pesticider	+	Borehulslogning i 71.436 og 71.721

**Tabel 11.1: Status for vandværker**

Af tabel 11.1 fremgår at:

- Der er 9 vandværker med kun én indvindingsboring, hvilket betyder, at disse vandværker er sårbare overfor forsyningssvigt.
- Der er registreret V1- og V2-grunde i nærheden af 15 af de almene vandværkers kildepladser.

- 12 vandværker indvinder fra sandmagasiner, 2 fra både sand- og kalkmagasiner og 9 kun fra kalkmagasiner.
- 13 vandværker indvinder fra grundvandsmagasiner med spændt vandspejl, 7 fra både spændt og frit vandspejl og 3 fra frit vandspejl.
- På 5 kildepladser leverer grundvandsmagasinerne en høj ydelse, på 6 en moderat ydelse, på 3 en lav til moderat ydelse og på 8 en lav ydelse.
- På 4 kildepladser er der påvist en reduceret vandtype, på 8 en svagt reduceret og på 11 en oxideret vandtype.
- På 9 kildepladser er nitrat et potentielt problem, i 4 tilfælde kombineret med fund af pesticider. Derudover er indholdet af arsen, fluorid, bor, MTBE og kalium forhøjet på 1 - 2 kildepladser.
- På 6 kildepladser vurderes det, at skorstenseffekt kan have indflydelse på grundvandskvaliteten, mens det på 2 kildepladser vurderes som usikkert, da den geologiske sårbarhed i forvejen er stor.

## 11.6 Kemi

Trin 1 kortlægningen af de grundvandskemiske data er baseret på et udtræk fra Jupiter XL. Der findes i indsatsområderne i alt 1511 vandanalyser fra 142 boringer, som er indberettet til GEUS. Der er indledningsvist foretaget en kvalitativ vurdering af usikkerhed og mangler i data.

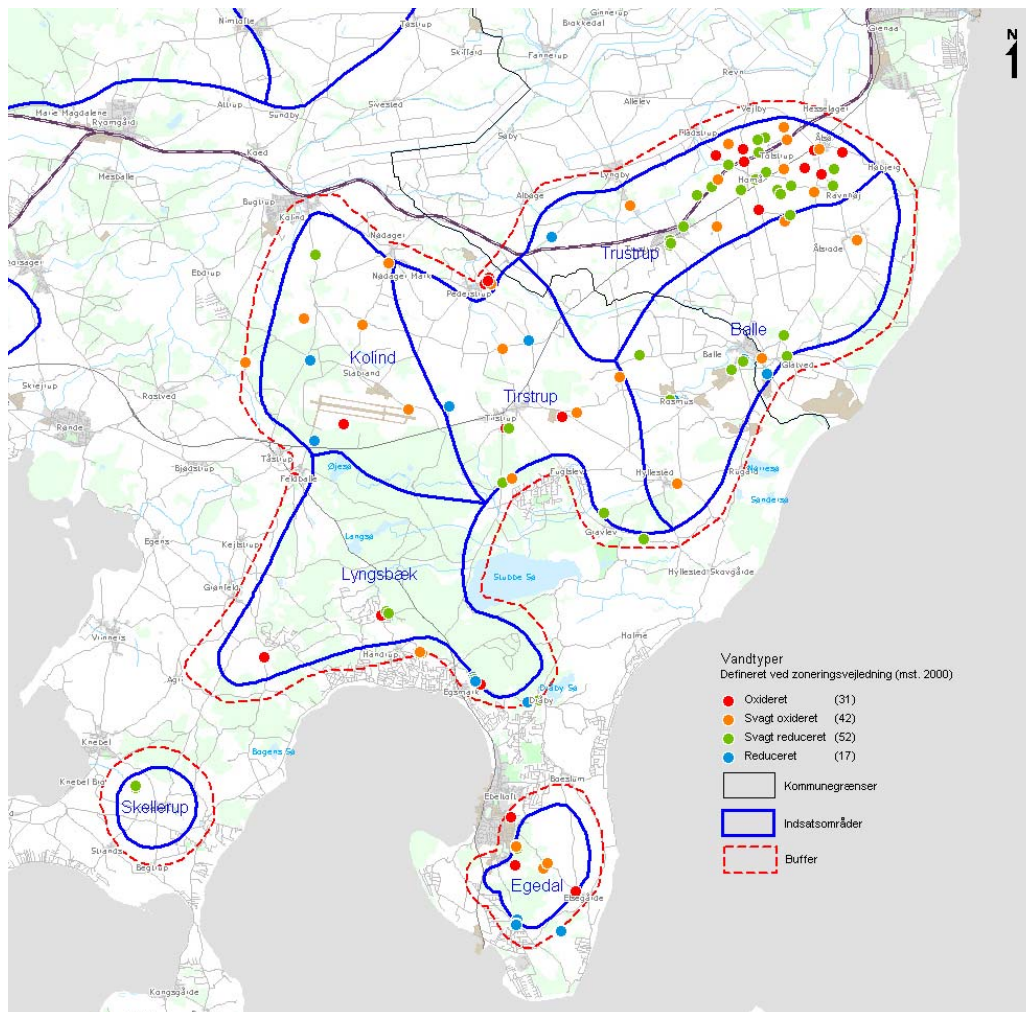
Som det fremgår af figur 11.7 fremstår der ikke et ensartet billede af fordelingen af vandtyperne i indsatsområderne.

Analysen af de grundvandskemiske data viser, at den nordøstlige del af indsatsområdet er særlig sårbart på grund af fund af pesticider, forhøjede nitrat og sulfat koncentrationer samt overvejende oxiderede til svagt reducerede vandtyper, se figur 11.7.

I den centrale del af indsatsområderne mellem Trustrup og Fuglslev er grundvandet mange steder klassificeret som enten svagt reduceret eller reduceret, og der er ikke påvist forhøjede nitratkoncentrationer. Disse vandtyper er typisk knyttet til områder med nogen eller god geologisk beskyttelse og/eller i områder med lille vandindvinding. Dette tolkes at skyldes den overvejende ekstensive arealanvendelse samt en moderat indvinding.

Oplysninger om de grundvandskemiske forhold er sparsomme i skovområdet mellem Tirstrup og Handrup, hvor der ikke er nogen eller kun få vandindvindingsinteresser i dag.

Ved Ebeltoft er vandtyperne oxiderede, og der er enkelte fund af pesticider, og der er ikke påvist forhøjet nitrat. I den sydlige del af Egedal indsatsområde er vandtyperne reduceret.



**Figur 11.7: Vandtyper.**

Generelt udgør arsen ikke et problem for drikkevandsindvindingen i indsatsområderne. Kun på to kildepladser er arsen truffet over drikkevandskriteriet, uden at dette dog har givet anledning til problemer efter vandbehandlingen.

Generelt er der ikke tegn på saltvandspåvirkning i form af stigende kloridindhold. Tilsvarende er der kun tegn på kontakt til dybt gammelt og stillestående grundvand i enkelte dybe borer. Kontakten viser sig ved et stigende fluoridindhold i den ene af Egsmark Strands Vandværks borer.

Blandt de miljøfremmede stoffer dominerer fund af pesticider, i særdeleshed BAM. Fundene er overvejende koncentreret til den nordøstlige del af indsatsområdet, men der er også gjort fund af pesticider ved Vedehøj, Ebeltoft og Balle.

## 11.7 Hydrologi

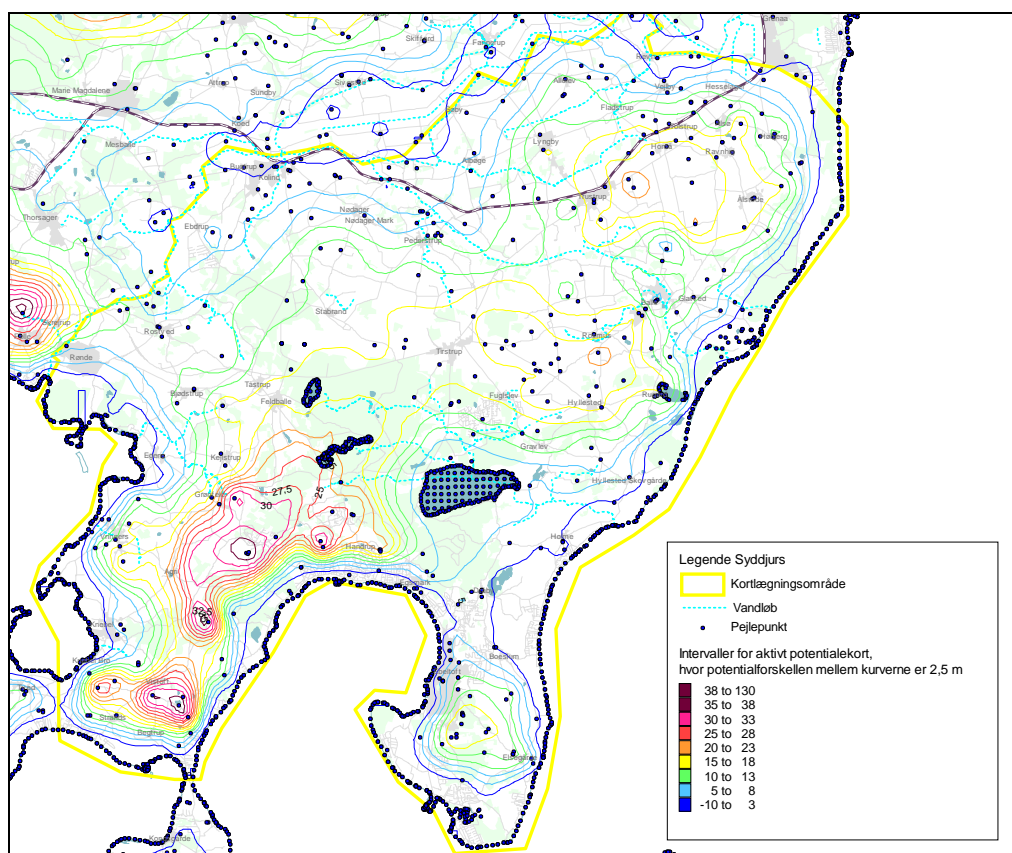
Med udgangspunkt i de eksisterende grundvandsmodeller, eksisterende hydrauliske data i Jupiter, hydrauliske data leveret af Miljøcenter Århus og en arkivgennemgang hos Miljøcenter Århus er der foretaget en gennemgang og vurdering af de eksiste-

rende hydrauliske data i Djurs Syd kortlægningsområde. Overordnet set, er det hydrologiske datagrundlag i området forholdsvis spinkelt.

De hydrauliske data indikerer, at der i den centrale og nordlige del af kortlægningsområdet kun findes ét magasin, der består af både kalk og sand, der ikke er hydraulisk adskilt. Stedvist blandt andet ved Homå, Stubbesø og Fuglslev er der dog forholdsvis store gradienter, som tyder på flere hydraulisk adskilte magasiner. Desuden er der indikationer af at der blandt andet under Tirstrup Hedeslette er afsat moræneler, som kunne udgøre en hydraulisk barriere.

Magasinydelserne (specifik kapacitet) er høje på Tirstrup Hedeslette samt på moræneplateauet i den centrale og nordøstlige del af kortlægningsområdet. Mod syd på Mols og Hasnæs omkring randmorænebakkerne er magasinydelserne meget varierende.

Det aktive potentialekort (figur 11.8) er baseret på pejlinger af boringer, som ikke er GPS-kotesatte. Det aktive potentiale kort kan benyttes til at få et overblik over potentialevariationerne inden for kortlægningsområdet, men vurderes ikke som nøjagtige nok til at kunne udgøre grundlaget for udredning af de hydrauliske forhold og dermed en eventuel fremtidig grundvandsmodel.



Figur 11.8: Potentialekort (aktive potentialekort fra Miljø Center Århus).

Der findes forholdsvist mange lange pejletidsserier inden for kortlægningsområdet, men de er desværre ikke jævnt fordelt geografisk.

Der er foretaget en tidsserieanalyse af afstrømningsdata og indvindingsdata som har vist sig overraskende effektiv på trods af en forholdsvis ringe datatæthed for indvindingsdata (årlige gennemsnit). I tilfælde hvor der har været sammenfald mellem tidsserierne, har der kunnet påvises en sammenhæng mellem indvinding og vandføring i 2 vandløb fra 2 indvindinger. Hvorimod et 3. vandløb ikke kunne påvises at være indvindingspåvirket. Det har vist sig at i de vandløb, der modtager mest vand fra grundvandet, har der kunnet påvises en påvirkning fra indvindingerne. Der er ikke foretaget en korrelering mellem ændringerne i vandspejlet og variationerne i nedbøren.

Kolindssund vurderes at spille en afgørende rolle for strømningsforholdene på Djursland, se figur 11.8. I denne udredning er der ikke foretaget indsamling af data vedrørende dræningen af Kolindssund. En forståelse af drænenes funktion og sammenspil med grundvands- og overfladevandssystemet vil være nødvendig i forbindelse med opstillingen af en hydrologisk model og forståelse af de hydrauliske forhold især i de nordlige indsatsområder (Kolind, Tirstrup og Trustrup).

Vurderingen af nettonedbøren er foretaget på baggrund af DK-modellen.

Gradientforholdene varierer i kortlægningsområdet, dog er der overvejende nedadrettede gradientforhold i de boringer, hvor der er flere filtre.

## 11.8 Sammenfatning

Sammenfatningen af resultaterne af den udvidede Trin 1 kortlægningen af Djurs Syd kortlægningsområdet beskrives i det følgende for hvert af de 3 geologiske hovedområder:

- Moræneplateuet i den centrale og nordøstlige del af kortlægningsområdet.
- Tirstrup Hedeslette i den mellemste del af kortlægningsområdet.
- Randmorænelandskab i den sydlige del af kortlægningsområdet.

**Moræneplateuet** består overordnet af kvartære aflejringer afsat på kalk. Der indvindes primært vand fra kalken nord for Skod Å og fra både kalk- og sandmagasiner syd for Skod Å. Der er begrænset kendskab til de kvartære aflejringers litologi, tykkelse og udbredelse i dette område. Magasinet har overvejende god ydelse og er sårbart for nedsivning af miljøfremmede stoffer samt for indvinding. Der er placeret en række pumpestationer på flanken af Kolindssund tæt på indsatsområderne. Den vandmængde som pumpes herfra er ukendt, og påvirkningen af indsatsområderne herfra er derfor ukendt. Denne påvirkning af de hydrauliske forhold bør afklares, da pumpningen i Kolindssund vurderes at have stor betydning for belastningen af grundvandsressourcen.

Smeltevandssandet på **Tirstrup Hedeslette** er overvejende afsat på kalkoverfladen. Stedvist hviler smeltevandssandet på moræneler. Der indvindes både fra sand og kalk og generelt må Tirstrup Hedeslette betragtes som sårbar over for nedsivning af miljøfremmede stoffer samt overfor indvindingsbetingede forringelser af magasinforholdene.

**Randmorænelandskabet** hviler på fedt, palæogent ler ved Mols og på kalk ved Hasnæs. De kvartære lag og den øvre del af det palæogene ler er stærkt deformerede på grund af isens tryk. Der indvindes fra sandede magasiner i randmorænelandskabet med meget varierende magasin- og vandkvalitetsforhold. Magasinforholdene er således stærkt inhomogene, og det må antages, at der findes mange små magasiner med begrænset udstrækning. Sårbarheden af morænelandskabet varierer fra magasin til magasin.