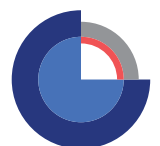


# **”Metode for vurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand og nye vurderinger af tilstanden fsva. Nitrat”. Slutrapportering**

Dokumentationsrapport

Lærke Thorling, Bertel Nilsson, Ingelise Møller,  
Lars Troldborg & Peter Sandersen



Dokumentationsrapport

"Metode for vurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand og vurderinger af tilstanden for såvidt angår nitrat" – Slutrapportering

Udarbejdet af GEUS for Miljøstyrelsen

**Forfattere**

Lærke Thorling

Bertel Nilsson

Ingelise Møller

Lars Trolborg

Peter Sandersen

## Indholdsfortegnelse

<b>1.</b>	<b>Baggrund</b>	<b>7</b>
<b>2.</b>	<b>Formål og leverancer.</b>	<b>8</b>
<b>3.</b>	<b>Dokumentation og møder</b>	<b>10</b>
3.1	Dokumentation.....	10
3.2	Møder .....	10
<b>4.</b>	<b>Datagrundlag</b>	<b>12</b>
<b>5.</b>	<b>Principper for tilstandsvurderingen for nitrat.</b>	<b>13</b>
5.1	Udvælgelse af grundvandsforekomster til konkret undersøgelse og opstilling af konceptuel model .....	13
5.2	Principper for opstilling af konceptuelle modeller .....	15
<b>6.</b>	<b>Tilstandsvurderingen for tre udvalgte grundvandsforekomster</b>	<b>22</b>
6.1	Den trinvise metode .....	22
6.2	Præsentation af dokumentationsarket. ....	23
6.2.1	Header af dokumentationsarket .....	23
6.3	Beskrivelse af dokumentationsarkets fire dele .....	23
6.3.1	De faglige temaer (Trin 1) .....	24
6.3.2	Den samlede vurdering af GVF (Trin 2) .....	26
6.3.3	Opsummering i dokumentationsarket (Trin 3) .....	26
6.3.4	Vægtningsindeks, "trafiklys" (Trin 4).....	26
6.4	Eksempler på GVF vurderet i god og ringe tilstand.....	27
6.4.1	Grundvandsforekomst i god tilstand GVF.....	27
6.4.2	Grundvandsforekomst i ringe tilstand Klasse E:.....	28
6.4.3	Grundvandsforekomst i ringe tilstand, Klasse D.....	29
<b>7.</b>	<b>Tilstandsvurderinger for nitrat, samlet resultat</b>	<b>31</b>
7.1	Oversigtskort over GVF og tilstand på landsplan .....	33
7.2	De faglige temaer i dokumentationsarket: 'Trafiklyset' .....	34
7.3	Vurdering af oxidationsprocenten i GVF .....	38
7.4	Relation mellem dybden til GVF og tilstandsvurdering.....	41
<b>8.</b>	<b>Sammenfatning og anbefalinger.</b>	<b>44</b>
8.1	Sammenfatning.....	44
8.2	Kvalitetssikring.....	44
8.3	Anbefalinger.....	45
<b>9.</b>	<b>Litteratur- ikke endeligt revideret</b>	<b>48</b>
<b>Bilag.</b>		<b>51</b>
	Oversigt over bilag .....	51



# 1. Baggrund

Denne rapport er udarbejdet i forbindelse med projektet "Metode for vurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand og nye vurderinger af tilstanden for så vidt angår nitrat". Udført af GEUS for Miljøstyrelsen. Projektet er gennemført i perioden dec. 2017- dec. 2019.

Nærværende dokumentationsrapport er slutrapporteringen, leverance 10, der har følgende formål jf. projektbeskrivelsen:

- At give en kort beskrivelse af opgavens opdrag, dokumentation og datagrundlag, kapitel 2 til 4.
- At give en kort beskrivelse af de anvendte metoder i tilstandsvurderingen, kapitel 5.
- Give eksempler på tilstandsvurderinger for udvalgte forekomster, kapitel 6.
- Præsentere det samlede resultat for tilstandsvurderingen, kapitel 7.
- Beskrive hvilke grundvandsforekomster, der har ændret tilstand. Dette har ikke været muligt, idet der er udpeget nye grundvandsforekomster.
- Præsentere alle resultater som bilag. En del af disse vil alene foreligge på elektronisk form (blandt andet i GIS format), idet der er tale om et meget omfattende datamateriale. Bilagene vil dog omfatte alle udarbejdede notater i seneste version.

Projektet er gennemført på basis af GEUS' ekspertiser inden for et bredt udvalg af fagdisciplinerne:

- Geologisk modellering
- Hydrogeologi og hydrologisk modellering
- Anvendelse af sårbarhedskoncepter fra den nationale grundvandskortlægning, herunder ikke mindst den grundvandskemiske kortlægning
- NOVANA-programmets grundvandsovervågning
- Dannelse og udbredelsen af forskellige redoxmiljøer i grundvand
- Tidligere gennemførte tilstandsvurderinger
- Fortolkning og bearbejdning af geofysiske data
- Evaluering af geologisk heterogenitet i forhold til geologiske modelkoncepter

## 2. Formål og leverancer.

GEUS har med denne dokumentationsrapport afsluttet projektet: "Metode for vurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand og nye vurderinger af tilstanden for så vidt angår nitrat". Projektet er udført af GEUS for Miljøstyrelsen.

I forhold til tilstandsvurderinger af andre stoffer fremgår det af projektbeskrivelsen:

*"I dette projekt gennemføres der således alene nye vurderinger af grundvandsforekomsternes kemiske tilstand fsva nitrat på baggrund af den nye metode. Projektet omfatter ikke vurdering af kemisk tilstand fsva andre forurenende stoffer eller af væsentlige og vedvarende opgående tendenser i koncentrationer af nitrat (eller andre forurenende stoffer eller stofgrupper) i forekomsterne.*

*Den nye metode skal i et efterfølgende projekt videreudvikles med henblik på vurderingen af den kemiske tilstand fsva indholdet af øvrige stoffer, der i lovgivningen er defineret som af betydning for den kemiske tilstand. Den nye metode til vurdering af grundvandsforekomsters kemiske tilstand vil endvidere blive suppleret af viden om og metoder fra samtidige projekter, hvor bl.a. sammenhænge mellem grundvandsforekomster og henholdsvis overfladevandsområder og terrestrisk natur belyses."*

Projektet har bestået af tre dele.

### **Fase 1:**

#### **Fastlæggelse af datagrundlag.**

Leverance 1: Beskrivelse af de datakilder, der er tilgængelige i Jupiter, se bilag 3.

Leverance 2. Oversigt over antal indtag med nitratanalyser for en periode på hhv. 2 og 6 år, der til leverance 9 dækkede perioderne 2017-2018 og 2013-2018. Leverancen er beskrevet i GEUS notat 07-VA-2019-05, Se bilag 4.

Leverance 3. Afdækning af sammenhænge mellem almene vandforsyninger og grundvandsforekomster (GVF). Leverancen er beskrevet i GEUS notat 06-VA-2018-02, og Notat 06-VA-19-02, se bilag 5.

Leverance 5/6. Oversigter over den indledende maskinelle opdeling af grundvandsforekomster, ift. hvilke der skal underkastes en konkret undersøgelse, hvor der opstilles en konceptuel model. Leverancen er beskrevet i GEUS notat 07-VA-2019-06, se bilag 6.

### **Fase 2:**

#### **Metodeudvikling.**

Leverance 7.1: GEUS har i 2018 udviklet en ny metode til vurdering af grundvandsforekomsternes (GVF) tilstand for nitrat. Metoden bygger på opstilling af konceptuelle modeller for de enkelte GVF, der er udvalgt til konkret undersøgelse. De konceptuelle modeller er baseret på GEUS' ekspertise inden for et bredt udvalg af fagdiscipliner, fx geologisk modellering, hydrogeologi, grundvandskortlægning, grundvandsovervågning, geofysik og geokemi. De konceptuelle modeller anvendes til at vurdere, hvordan de målte nitratkoncentrationer i

grundvandet, herunder fund over kravværdien for nitrat på 50 mg/l, repræsenterer den samlede tilstand for hele GVF. Denne leverance er rapporteret i Thorling mfl. (2019), der kan findes på [www.geus.dk](http://www.geus.dk) [link til rapport](#)

Leverance 7.2 udestår pr. 1 marts. 2020, idet det skal afklares hvordan afgrænsningen af borer til leverancen skal være. Leverance 7.2 er i PID beskrevet som "Vurdering af den risiko, som nitrat påvirkninger af grundvandsforekomster udgør for kvaliteten af det drikkevand, der indvindes eller planlægges indvundet fra grundvandsforekomster".

### **Fase 3:**

#### **Tilstandsvurdering**

Leverance 9. Opstilling af konceptuelle modeller og tilstandsvurdering fsva. nitrat.

GVF er klassificeret jf. figur 5.1 i leverance 5/6, således at alle GVF med mindst et indtag med et nitrathold  $> 50$  mg/l er klassificeret i gruppe E, mens alle GVF, hvor mere end 20 % af volumenet indeholder oxideret grundvand, og der samtidig ikke er fundet nitrat  $> 50$  mg/l i nogen indtag, er klassificeret i gruppe D. For begge disse klasser af GVF opstilles der en konceptuel model på baggrund af en vurdering af data, der er til rådighed for GVF (data repræsentativitet), samt at der sker en vurdering af omfanget af nitratpåvirket grundvand i den enkelte forekomst, hvilket leder til tilstandsvurderingen fsva. nitrat. Nærværende rapport dokumenterer dette arbejde. Dokumentationsarkene og de faglige temaer for de enkelte GVF foreligger elektronisk, som selvstændige dokumenter. I projektbeskrivelsen lyder dette således: Leverance 9: "*Der gennemføres relevante undersøgelser af alle grundvandsforekomster på oversigt D og E fra leverance 5/6*".

## 3. Dokumentation og møder

### 3.1 Dokumentation

Projektet har resulteret i en lang række leverancer, hvoraf flere udelukkende forekommer i elektronisk form (læses bedst i A3 format grundet en stor rigdom af information) og dertil en række skriftlige notater. Specifikt for selve tilstandsvurderingen (leverance 9), er der følgende dokumentation for arbejdet:

- Samtlige udarbejdede faglige temaer for 171 GVF er fremsendt til Miljøstyrelsen (MST) som pdf og i GIS format.
- Samtlige udarbejdede dokumentationsark for 171 grundvandsforekomster er fremsendt til MST som Excel ark.
- Et opsummerende dokumentationsark, hvor der i regnearksform er tabelleret alle resultaterne fra dokumentationsarkene.
- Referater fra alle workshops.
- Nærværende dokumentationsrapport, der som bilag indeholder alle udarbejdede notater og en opdateret beskrivelse af alle faglige temaer.

### 3.2 Møder

#### **Forberedende møder/workshops (leverance 7)**

Interne møder: Der er afholdt flere typer af interne møder på GEUS, hvor metoden er udviklet, se Thorling mfl. (2019).

Projektmøder: Projektmøder for GEUS-projektdeltagere har primært haft som formål at igangsætte og vedligeholde fremdriften af projektet, afklare hængepartier, faglige udfordringer mm.

Projektworkshops, metodeudvikling. Der er afholdt tre forberedende GEUS-interne projektworkshops, hvor metoden er blevet udviklet og testet på fem udvalgte grundvandsforekomster (GVF'er) af GEUS projektdeltagere, se Thorling mfl. (2019).

Workshop, metodeudvikling med Miljøstyrelsen. Den 6. sept. 2018 blev der afholdt en workshop med deltagelse af Miljøstyrelsen, hvor metoden blev præsenteret og diskuteret med udgangspunkt i det først fremsendte udkast af dokumentationsrapporten for leverance 7, (Thorling mfl., 2019). Efter workshoppen blev dokumentationsrapporten, justeret i forhold til de fremkomne bemærkninger.

#### **Nærværende projekts møder/workshops (leverance 9)**

Workshops, tilstandsvurdering og opstilling af konceptuelle modeller. Tilstandsvurderingerne for 171 grundvandsforekomster mht. nitrat med opstilling af en konceptuel model er gennemført i perioden juni 2019 til okt. 2019 i løbet af 16 workshopdage. På hver workshop blev de faglige temaer gennemgået og dokumentationsarkene udfyldt.



Opstillingen af den konceptuelle model og tilstandsvurderingen blev udført af GEUS. Miljøstyrelsen var ved de fleste workshopdage tilstede med repræsentanter fra Grundvandskortlægningen og Vandplankontoret.

Miljøstyrelsens enhed for Grundvandskortlægning udfyldte en rolle, som bindeled til den datainsamling og geologiske kortlægning mm., der udgør en central del af datagrundlaget for de faglige temaer. Derudover er Grundvandskortlægningen også en væsentlig bidragsyder til de geologiske og hydrostratigrafiske modeller, der er indarbejdet i DK-modellens geologi.

Miljøstyrelsens enhed for Vandmiljø og Friluftsliv, deltog for at sikre en løbende orientering om projektets faglige procedurer, konkrete metodiske tilgange og fremdrift. Derudover bidrog Miljøstyrelsens enhed for Vandmiljø og Friluftsliv med supplerende oplysninger, når der var behov for konkrete opslag i Jupiter undervejs i workshopkene for at håndtere datatekniske udfordringer. Endelig så Miljøstyrelsen på de årlige værdier for indtag med nitratinhold over 50 mg/l i de enkelte grundvandsforekomster. Miljøstyrelsens rolle var således at komme med bidrag til opstilling af den konceptuelle model.

Det er vigtigt at bemærke, at GEUS er ansvarlig for den endelige tilstandsvurdering.

### **Styregruppemøder**

Der har undervejs været afholdt en række styregruppemøder mellem MST og GEUS for at sikre at fremdriften og varetage de nødvendige justeringer i projektet som følge af ændringer i rammebetingelserne for projektet.

### **Skriftlig dokumentation.**

Der er udarbejdet to dokumentationsrapporter. Dokumentationsrapporten for metodeudviklingen beskriver, hvordan de forskellige datatyper er bearbejdet, og hvilken vægt de er tillagt i vurderingerne (Thorling mfl., 2019).

Nærværende slutrapportering (leverance 10) udgør en dokumentationsrapport for de gennemførte tilstandsvurderinger, og præsenterer blandt andet de principper, der er anvendt i tilstandsvurderingen, og giver eksempler på udfyldning af dokumentationsarket for GVF, der vurderes at være i såvel god som ringe tilstand.

## 4. Datagrundlag

Tilstandsvurderingerne bygger på en lang række faglige temaer, der er baseret på data fra især Jupiter- og Gerda-databaserne. De bagved liggende data er præsenteret i de enkelte faglige temaer. For nitrat er der anvendt dataudtræk for 6 års perioden 1.1. 2013 - 31.12. 2018.

Derudover indgår en lang række resultater fra DK-modellen 2019 og de geologiske og hydrostratigrafiske modeller, der er knyttet hertil. For hver grundvandsforekomst (GVF) er der udarbejdet en beskrivelse af den overordnede geologiske ramme for den enkelte GVF.

De faglige temaer er præsenteret i bilag 1, og fremgår af dokumentationsarket figur 6.3 i kapitel 6. Enkelte temaer er opdateret i forhold til temaerne fra metodeudviklingsrapporten, Thorling mfl. (2019):

- Der er gennemført en ny modellering af dybden til redoxfronten repræsenteret ved et nyt nationalt redoxkort i høj opløsning (Koch mfl., 2019). Dette er en nøgleparameter for beregning af oxidationsvolumenprocent og temaerne N-5 og N-6. Datagrundlag og referencer fremgår af bilag 1, tema N-6.
- Tema G-9 er forenklet, idet der nu er ikke vil være områder med betydelig forskel mellem grundvandskortlægningsmodellerne og DK-modellen. Dette er sket efter, at grundvandskortlægningens modeller er samlet i FOHM-modellen (Miljøstyrelsen, marts 2020 -foreløbig udgave), hvorefter DK-modellen er opdateret med denne, og der er udpeget nye grundvandsforekomster ud fra det (Trøldborg, 2020).
- Der er efter udarbejdelsen af metoderapporten (Thorling mfl., 2019) i samarbejde med Miljøstyrelsen taget beslutning om, at de tidligere temaer H-8 (heterogenitet af hydrogeologi over grundvandsforekomsten) og H9 (udnyttelsesgraden af grundvandsforekomsten) udgår.
- Tema H9 er flyttet til hovedet af dokumentationsarket, hvor der nu angives en samlet udnyttelses % for grundvandsforekomsten beregnet på basis af DK-modellen.
- Der er lavet et nyt tema G-10, der viser boringstætheden i det geografiske område for grundvandsforekomsten. Temaet er beskrevet i metodeudviklingsrapporten, bilag 4.6, som "Forslag til nyt tema. G xx, Oversigtskort over boringer med lithologi" (Thorling mfl., 2019)

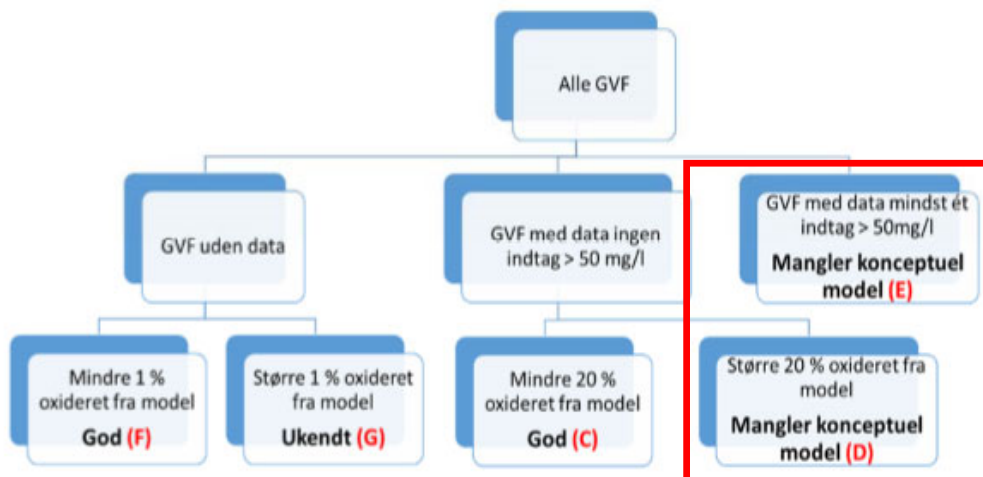
## 5. Principper for tilstandsvurderingen for nitrat.

Tilstandsvurderingen er gennemført efter den metode, der er udviklet i leverance 7 (Thorling mfl., 2019).

Undervejs har der vist sig en række faglige og tekniske udfordringer, der hænger sammen med det meget uensartede datagrundlag. Det uensartede datagrundlag betyder, at antallet af borer med kemiske data og detaljeringsgraden i de geologiske og hydrogeologiske oplysninger varierer meget fra grundvandsforekomst (GVF) til GVF og inden for de enkelte GVF. Dette har GEUS forsøgt at håndtere så systematisk som muligt. Formålet med dette kapitel er, at præsentere de principper tilstandsvurderingen er gennemført efter, herunder hvorledes det ujævne datagrundlag er håndteret.

### 5.1 Udvalgelse af grundvandsforekomster til konkret undersøgelse og opstilling af konceptuel model.

Grundvandsforekomsterne er, efter de kriterier der fremgår af figur 5.1, inddelt i to grupper. Én, hvor der umiddelbart foreligger en tilstandsvurdering for nitrat, og én, hvor der skal opstilles konceptuelle modeller til brug ved tilstandsvurderingen for nitrat. For GVF uden data (kemiske analyser) for nitrat, og for GVF med data, men uden overskridelser og mindre end 20 % volumen i den modellerede nitratholdige zone (< 20 % ox-vol%), vil der ikke blive opsat nogen konceptuel model (Klasserne C, F og G; se figur 5.1).



Figur 5.1. Beslutningstræ for inddeling af grundvandsforekomsterne (GVF) på baggrund af forekomst af nitratdata (med/uden data); nitratkoncentrationer under eller over grundvandskvalitetskravet for nitrat på 50 mg/l; samt den modellerede oxiderede zones volumenmæssige andel af GVF (<1%, <20% og >20%).

Der opsættes til gengæld en konceptuel model for de GVF med nitratdata, hvor der:

- enten er mindst ét indtag med en overskridelse af kravværdien på 50 mg/l nitrat (klasse E).
- eller, hvor der for det første ingen målepunkter er med et gennemsnitligt nitratindhold over kravværdien på 50 mg/l nitrat og for det andet, er mere end 20 % af grundvandsforekomstens volumen der ligger over den modellerede redoxfront, svarende til klasse D i figur 5.1.

En konsekvens heraf er, at der i en række tilfælde vil være grundvandsforekomster, som indeholder overskridelser af kravværdien (klasse E) og samtidigt vurderes i god tilstand for nitrat på basis af den konceptuel model. Omvendt vil der være GVF uden indtag med nitrat > 50 mg/l (klasse D), der alligevel vurderes i ringe tilstand for nitrat.

### Grundvandsforekomster der skal behandles på workshops

Der er i leverance 5/6 blevet lavet en opgørelse over, hvor mange GVF, hvor der skal opstilles en konceptuel model. Tabel 5.1 viser antallet af GVF opdelt i de forskellige klasser for videre tilstandsvurdering. GVF klasse A og B repræsenterer den første inddeling i GVF uden nitratdata (klasse A) og med nitratdata (klasse B). GVF klasse A underinddeles efterfølgende i klasse F og G, mens GVF klasse B underinddeles i klasse C, D og E. Det ses af tabel 5.1, at 54 grundvandsforekomster er af klasse D og 117 grundvandsforekomster er klasse E, som alle skal have udarbejdet en konceptuel model med henblik på en tilstandsvurdering i forhold til nitrat.

*Tabel 5.1. Fordeling af grundvandsforekomster, efter de der skal have udarbejdet en konceptuel model (D og E), og de der har fået en maskinel tilstandsvurdering (C, F og G). Øverst antal GVF med og uden nitratdata, nederst opdeling på vurderingsklasse jf. figur 5.1*

GVF vurderingsklasse	Tilstand	Antal GVF
A: GVF uden nitrat data		1469
B: GVF med nitrat data		591
A og B i alt		2050

GVF vurderingsklasse	Tilstand	Antal GVF
C: Nitrat $\leq 50$ ; ox $\leq 20\%$	God	420
<b>D: Nitrat <math>\leq 50</math>; ox <math>&gt; 20\%</math></b>	<b>Denne tilstandsvurdering</b>	<b>54</b>
<b>E: Nitrat <math>&gt; 50</math></b>	<b>Denne tilstandsvurdering</b>	<b>117</b>
F: Ingen data, ox $\leq 1\%$	God	811
G: Ingen data; ox $> 1\%$	Ukendt	648
C-F i alt		2050

I kapitel 7 er den geografiske og rumlige fordeling af disse grundvandsforekomster diskuteret. Det fremgår blandt andet af figur 7.2, at skønt der antalsmæssigt er mange GVF i klasse G, udgør det samlede volumen af GVF klasse G i ukendt tilstand en meget lille andel af det samlede volumen i grundvandsforekomsterne.

## 5.2 Principper for opstilling af konceptuelle modeller

### Ensartet udfyldning af dokumentationsark

Alle temaer i dokumentationsarkene blev efter de første workshops forudfyldt af de fagligt ansvarlige, for derefter at kunne blive justeret på workshoppen på baggrund af gennemgang af temaerne ved udarbejdelsen af den konceptuelle model for den givne grundvandsforekomst. Hermed sparede tid på workshoppen, samtidig med, at der sikredes en mere ensartet udfyldning af dokumentationsarkene.

Efter at alle GVF i Jylland og på øerne uden for Sjællandsmodellen var vurderet, blev en række af de først bedømte GVF genbesøgt, for at sikre, at der var en ensartet tilgang til vurderingerne igennem hele projektet. Dette gav først og fremmest en bedre sikkerhed for ensartede tilstandsvurderinger fra start til slut af arbejdsperioden.

Der er, efter at workshoppen blev afsluttet, yderligere læst en tværgående korrektur for at sikre en større ensartethed i de valgte formuleringer i dokumentationsarkene.

### Håndtering af forskellige datakilder for nitrat

Nitrat er målt i grundvandet med mange forskellige formål og anvendelser af data for øje. De forskellige anvendelser er grupperet som forskellige datatyper: vandforsyningsboringer eller boringer knyttet hertil (BK; boringskontroller), Grundvandsovervågningsboringer (GRUMO), Landovervågningsboringer (LOOP), Grundvandskortlægningsboringer (GKO) og jordforureningsundersøgelser (DEPOT). De enkelte prøver er tilknyttet indtag, som er det interval, hvor vandet strømmer ind i boringen. Erfaringer fra grundvandsovervågningen og den nationale grundvandskortlægning, herunder ikke mindst den grundvandskemiske kortlægning viser, at de forskellige datatyper vil have tilknyttet forskellig datarepræsentativitet. Fx er LOOP indtag altid meget terrænnære, Vandforsyningsboringer har sjældent koncentrationer > 50 mg/l nitrat mm. Repræsentativiteten af de forskellige datatyper er diskuteret i leverance 1 (bilag 3).

### Vurdering af nitratindeholdet i grundvandet

Nitratindeholdet i grundvandet vurderes på to måder.

For det første ses der på, hvor stor en volumenandel af GVF, der potentielt kan indeholde nitrat. Dvs. hvor stor en volumenandel af grundvandet i GVF, der er beliggende over redoxfronten. Dette kaldes oxidationsvolumenet og benævnes ox-vol%. Indledningsvist er det modellerede oxidationsvolumen beregnet ud fra den modellerede redoxfront fra redoxkortet (Tema N-6). Dette er sket under antagelse af, at der ikke optræder flere redoxgrænser over hinanden. Værdien er angivet øverst i dokumentationsarket. En del af opstillingen af den konceptuelle model er at vurdere det modellerede ox-vol% og lave en ekspertvurdering af det reelle oxidationsvolumen, ud fra den konceptuelle model. Denne ekspertvurdering er angivet i felt 3 i dokumentationsarket under "Vurdering af omfanget af nitratpåvirket grundvand (ox-forhold)". Alle indtag med nitratmålinger indgår i denne vurdering.

For det andet skal de forventede koncentrationer i oxidationsvolumenet (den nitratholdige del af grundvandet) vurderes. Ved denne vurdering blev GRUMO data tillagt særlig vægt, idet de jf. leverance 1 forventes at have repræsentative koncentrationer i det oxiderede grundvand. Data fra boringskontroller i vandforsyningsboringer blev vurderet, som givende

overvejende lavere koncentrationer, end hvad der vurderedes at være repræsentativt for den nitratholdige del af grundvandsforekomsten. Specielt blev det mange gange set, at der i vandforsyningsboringer optræder "vandtype X", hvor nitratholdigt vand blandes med reduceret vand i lange indtag på tværs af redoxfronten. Her var nitratkoncentrationen ofte under 10 mg/l. Indvindingsbetingede nitratindhold kan også bidrage til, at nitrat observeres dybere end man kan forvente i boringer uden indvinding.

### **Ensartet metode til estimering af nitratkoncentrationer, hvor datagrundlaget er mangelfuldt.**

I mange grundvandsforekomster er der kun ganske få indtag, og det var nødvendigt at arbejde med "skønnede koncentrationer", således som grundvandsdirektivet Bilag III,3 giver mulighed for.

Her blev der taget udgangspunkt i de koncentrationsfordelinger for nitrat, der kendes fra Grundvandsovervågningen & LOOP (Thorling mfl., 2019a), og Nitratmodellen (Troldborg mfl., 2016), samt viden om arealanvendelse. Som udgangspunkt blev det antaget, at udvaskningen fra alle andre arealanvendelser end intensivt landbrug ville ligge under 50 mg/l, mens der fra et areal med intensivt landbrug, der ligger over en grundvandsforekomst ville være 50-80% eller lokalt mere af det nedsivende grundvand, der erfaringsmæssigt vil have en koncentration over 50 mg/l nitrat.

### **Vurdering af oxidationsomfang**

For alle grundvandsforekomster er der, som beskrevet ovenfor, skønnet/beregnet et ekspertvurderet oxidationsvolumen, som er baseret på de informationer, de forskellige faglige temaer bidrager med under opstillingen af den konceptuelle model. Her spiller de vandkemiske analyser en meget væsentlig rolle, idet de ikke indgik i modelleringen af redoxfronten (Koch mfl., 2019) og dermed ikke i det modelberegnete oxidationsvolumen. Særligt vurderes der ved Tema N-5, om der er overensstemmelse mellem den modellerede redoxfront og dybderne for indtag med nitratholdigt/reduceret vand. Dette er uddybet i afsnit 7.3.

Mange grundvandsforekomster er sammensat af områder med forskellige typer af geologi/ landskabselement. Det kan fx være, der er et område med marint forland med høj reduktionskapacitet (Jakobsen & Postma, 1994); et andet område kunne være et parti med randmoræne (Hansen og Thorling, 2018 og Kim mfl., 2019) og et tredje område med højtliggende, tørre og sandede bakker, hvor de to sidste eksempler begge har høj sårbarhed for nitratnedsivning. Det kan for hvert af disse områder være nødvendigt at vurdere, i hvilket omfang den modellerede redoxfront er i overensstemmelse med de fundne nitratkoncentrationer og den konceptuelle model i øvrigt. Det samlede oxidationsvolumen-% skal i så fald skønnes for hvert landskabselement/ delområde af grundvandsforekomsten. Et eksempel på beregning af det samlede ox-vol% på basis af en arealmæssig vægtning af landskabselementer og ox-vol% for hvert landskabselement, ses i boks 1.

*Boks 1. Eksempel på beregning af det samlede oxidationsvolumen i en grundvandsforekomst (GVF) med flere landskabselementer.*

GVF omfatter volumenmæssigt:

- 10 % af GVF er sandede bakker. Ox-vol. ekspertvurderet til 90 %
- 20 % af GVF er marint forland. Ox-vol. ekspertvurderet til 5 %
- 70 % af GVF er randmoræne. Ox-vol. ekspertvurderet til 30 %

Samlede skønnede oxidationsvolumen er da  $0,1 \cdot 0,9 + 0,2 \cdot 0,05 + 0,7 \cdot 0,3 = 0,31$  (eller 31%).

Efterfølgende vurderes usikkerheden på det skønnede ox-vol., hvorefter den samlede vurdering i dokumentationsarket kan eksempelvis være, at ox-vol. % er 25-35%.

Forståelsen af, hvorledes forskellige landskabstypers oxidationsforhold adskiller sig fra hinanden, bygger på GEUS' mangeårige arbejde med at beskrive redoxmiljøer. I denne sammenhæng er det af særlig betydning, at den modellerede redoxfront alene beskriver dybden til den øverste redoxfront i det faglige tema N-6, mens der i praksis kan optræde gentagne redox-sekvenser over hinanden, som følge af kompleks geologi og dermed kompleks hydrologi i undergrunden. Dette er ikke mindst tilfældet i morænelandskaber.

Der er kendskab til eksempler fra Århusområdet og flere steder på Sjælland med flere redoxgrænser over hinanden. Alle disse steder er præget af glacialtektoniske forstyrrelser. En anden faktor der kan give et større oxidationsvolumen end det modellerede kan være højtliggende hængende vandspejl i et område, hvor det dybere liggende grundvandsmagasin har et dybere vandspejl. Der er et udredningsarbejde i gang på GEUS, hvor udvalgte områder i Danmark med disse egenskaber detailkortlægges i projekterne MapField og rOpen (<https://hgg.au.dk/projects/ropen/>).

Det vurderes, at det med den anvendte metode med ekspertvurderinger af oxidationsvolumenet, er muligt at håndtere denne forenkede antagelse om én redoxfront.

#### **Vurdering af omfang af overskridelse af 50 mg nitrat/l.**

Når oxidationsvolumenet er fastlagt er næste skridt at se på nitratkoncentrationerne i den oxiderede del af GVF. Hvis oxidationsvolumenet er mindre end 20 %, vurderes det, at grundvandsforekomsten er i god tilstand, som anbefalet i EU (2009). Det lave oxidationsvolumen udelukker, at grundvandsforekomsten i gennemsnit har et nitratindhold på over 50 mg/l, idet 80 % eller mere af grundvandsforekomsten forudsættes at være nitratfri. I de tilfælde hvor ox-vol. % skønnes at være nær 20 % foretages en ekstra vurdering af oxidationsforholdene for at vurdere, om der skal foretages en konkret vurdering af koncentrationsforholdene og ikke blot oxidationsvolumenet. Der arbejdes efterfølgende kun videre med grundvandsforekomster, hvor oxidationsvolumenet skønnes at være større end 20%.

I store GVF, der dækker flere forskellige typer af arealanvendelse, skal der ske en samlet vurdering af, hvor stor en volumenandel, der overskrider 50 mg/l, se boks 2.

*Boks 2. Eksempel på beregning af omfang af grundvandsforekomsten (GVF) med nitrat > 50 mg/l. I dette tilfælde indgår den skønnede andel af nitratkoncentrationer > 50 mg/l, for hver type arealanvendelse.*

GVF dækker

- 10 % sandede bakker, ox-vol. 90 %. 100% Naturarealer med 0% > 50 mg/l
- 20 % marint forland, ox-vol. 5 %. 100% Intensivt landbrug med 50 % > 50 mg/l
- 70 % randmoræne, ox-vol. 30 %. 30 % natur med 0% > 50mg/l og 70 % landbrug med 50 % > 50 mg/l

Den samlede volumen med overskridelser:

Bidrag fra sandede bakker:  $0,1 \cdot 0,9 \cdot 0\% = 0\%$

Bidrag marint forland:  $0,2 \cdot 0,05 \cdot 50\% = 0,5\%$

Bidrag fra natur (randmoræne):  $0,7 \cdot 0,3 \cdot 30\% = 0\%$

Bidrag fra landbrug (randmoræne):  $0,7 \cdot 0,3 \cdot 0,7 \cdot 0,5 = 7,35\%$

Samlet andel af GVF med > 50 mg/l: 7,85%.

Efterfølgende vurderedes usikkerheden og den samlede vurdering kunne eksempelvis være, at andelen med overskridelser er i størrelsesordenen 5-15 %.

### **Vurdering af GVF uden for DK modellen.**

Ikke alle GVF er afgrænset direkte med DK-modellen, da der er en række øer, der ikke modelleres i DK-modellen. Men da der sker en væsentlig vandindvinding på flere af disse øer, skal der også her udpeges grundvandsforekomster. Nitrattilstandsvurderingen må her ske på baggrund af lokal geologisk og hydrogeologisk viden uden brug af DK modellen. I alt drejer det sig om Kattegat-øerne: Samsø, Tunø, Endelave, Læsø og Anholt, som alle har GVF af kvartært sand og grus. De benævnes i denne rapport som GVF med lithologi typen "ks på øerne". Geologisk information i form af boringer fra Jupiter er inddraget og vist på profiler i Tema G-9 i stedet for den hydrostratigrafiske model. I forbindelse med grundvandskortlægningen har Rambøll (2012) opstillet en hydrostratigrafisk model for Sydsamsø og et mindre udsnit omkring Pillemark losseplads er opdateret af GEUS (Høyer mfl., 2019). Den samlede model er anvendt i Tema G-9. På Samsø er der lavet middelmodstandskort på baggrund af geofysiske data (Tema G-7/G-8) og resistivitetsstrukturerne har indgået i vurderinger af grundvandsmagasinernes udstrækning. På de øvrige øer er der ikke udført geofysik af betydning, som kunne indarbejdes i Tema G-7/G-8.

### **Sikkerhed af vurderingerne**

Som en del af den udviklede metode vurderes sikkerheden af den tilstandsvurdering for nitrat, der foretages på baggrund af konceptuelle modeller for vurderingsklasser D og E på de tværfaglige workshops.



Sikkerheden er knyttet til både repræsentativiteten og kvaliteten af de data, der foreligger for en given grundvandsforekomst, men også til kvaliteten af den konceptuelle model. Der kan ikke opstilles en simpel ligning for vurdering af sikkerheden, da omfanget og kvaliteten af tilgængelige data og datatyper varierer betragteligt fra forekomst til forekomst. Det være sig antal af indtag med nitratanalyser, de boringstyper de er knyttet til (Vandforsyning/GRUMO/DEPOT etc.), omfanget af geofysik, kvaliteten af den geologiske og hydrostratigrafiske model, datatætheden, osv. osv.

Med baggrund i den metoderapport, som udgør leverance 7 i projektet (Thorling mfl., 2019), gives her en beskrivelse af sikkerhedsbegrebet:

Datatætheden for de bedømte grundvandsforekomster varierer meget fra forekomst til forekomst for de forskellige datatyper. Det er derfor vigtigt at kunne vurdere repræsentativiteten af data for at kunne give en bedømmelse af kvaliteten af den resulterende tilstandsvurdering. I denne rapport arbejdes der med tre niveauer for den samlede bedømmelse af repræsentativiteten for data: "god", "mellem" og "ringe", hvilket bidrager til vurderingen af sikkerheden for vurderingerne, der kan være: "stor", "mellem", "ringe". Bemærk, repræsentativiteten for de forskellige datatyper er som regel forskellig.

Der skelnes således mellem repræsentativiteten af de tilgængelige data og sikkerheden for vurderingen (bias og konfidens). Eksempelvis kan vi jo have få vandanalyser fra de øvre lag af en grundvandsforekomst med stor mægtighed og mange data fra det dybere magasin. I det tilfælde er der vandanalyser med en ringe rumlig repræsentativitet. Hvis der imidlertid i øvrigt er en god konceptuel model for området, kan det alligevel være muligt at lave en vurdering med stor eller mellem sikkerhed.

Kravene til datas repræsentativitet hænger sammen med den forventede heterogenitet, jf. den konceptuelle model. Jo mere ensartet geologisk opbygning, jo færre data kræves for at kunne give et repræsentativt billede af forekomsten. **Den konceptuelle model, der støtter sig på alle tilgængelige datatyper, har således betydning for vurderingen af repræsentativiteten af de enkelte datatyper, idet den konceptuelle model skal afspejle systemets samlede heterogenitet, som påvirker repræsentativiteten af de enkelte datatyper hver for sig.**

Det har derfor ikke været forsøgt at opstille kvantitative kriterier for at vurdere repræsentativiteten af de enkelte datatyper, idet fordelingen af de forskellige typer af data i de faglige temaer der konstituerer den konceptuelle model, er umådeligt uensartet fra forekomst til forekomst.

Endelig har de forskellige datatyper en forskellig rumlig dækningsgrad, som er en konsekvens af det design, som datatyperne indsamles efter. Dette har betydning for deres repræsentativitet og ikke mindst mulighederne for at interpolere mellem data:

- Vandanalyser stammer som hovedregel fra et ret begrænset rumfang af forekomsten, og kan derfor betragtes som punktmålinger.
- Borningsoplysninger er som regel vertikale linjemålinger, idet jordlagsbeskrivelserne stammer fra flere dybder.

- Den modellerede redoxgrænse er en flade, der er fastlagt på basis af 25 landsdækkende variable (inkl. boringsoplysninger, topografi, dybde til vandspejl, mv., Koch mfl., 2019). Det giver et første bud på, hvor stor en andel af forekomsten, der ligger over/under redoxgrænsen. Repræsentativiteten af redoxgrænsen testes under vurderingen mod de målte vandprøver.
- Geofysiske data er, ikke mindst for SkyTEM data, ofte fortolket således, at man opnår en rumlig beskrivelse af de elektriske modstandsforhold og dermed en indikation på den rumlige geologi. De geofysiske data har af den grund meget stor betydning for fortolkning af den rumlige geologi, og vil derfor have meget stor betydning for vurdering af repræsentativiteten af de indsamlede vandanalyser.

Vurderingen af sikkerheden i bedømmelsen af nitrattilstand foretaget på de tværfaglige workshops skal således opfattes som en subjektiv ekspertvurdering baseret på det samlede foreliggende datagrundlag for en given grundvandsforekomst, og med forskelle i, hvad der har være betydende for vurderingen af sikkerheden fra forekomst til forekomst.

Sammenfattende om begrebet sikkerhed kan siges at:

- Stor sikkerhed i tilstandsvurderingen forudsætter, at de forskellige datatyper er konsistente dvs. hænger logisk sammen. Gode (tilstrækkeligt antal, geografisk dækning mm) og repræsentative kemidata forudsætter et eller flere af følgende forhold
  - en god og sikker konceptuel model for forekomsten
  - en god overensstemmelse mellem det modellerede oxiderede volumen og ekspertvurderingen af ox-vol%
  - en brugbar viden om fx arealanvendelsen eller fra andre datatyper.
- Mellem sikkerhed i tilstandsvurderingen afspejler, at en eller flere af ovenstående parametre i de faglige temaer er for ringe til at give stor sikkerhed i vurderingen. Generelt er de mangelfulde data dog konsistente ift. den konceptuelle model.
- Ringe sikkerhed i tilstandsvurderingen af grundvandsforekomsten afspejler et eller flere af følgende forhold
  - få kemidata
  - ringe repræsentativitet af kemidata
  - en ringe og usikker konceptuel model
  - ringe overensstemmelse mellem det modellerede ox-vol. % og det ekspertvurderede ox-vol%
  - manglende viden om fx. grundvandsspejlets beliggenhed. Der kan også være tale om, at de forskellige datatyper ikke er konsistente, herunder at resultater fra DK-modellen ikke peger entydigt på, hvorledes der skal opstilles en konceptuel model.

En forekomst i God eller Ringe tilstand, men med ringe sikkerhed i vurderingen er således et udtryk for ekspertgruppens bedst mulige vurdering på det foreliggende grundlag, men vurderingen er usikker på grund af et usikkert eller dårligt (ikke konsistent) datagrundlag.

En særlig udfordring ligger i, at jo mindre en GVF er, jo større betydning får usikkerheden i de geologiske/hydrostratigrafiske modeller, idet der i små GVF med lille mægtighed, fx er en stor følsomhed i forhold til, hvor præcist den modellerede redoxfront ligger. Der er ofte en usikkerhed på nogle meter på den modellerede redoxfronts beliggenhed, men har GVF

blot en mægtighed på 5 meter, har dette naturligvis en stor betydning for sikkerheden af vurderingerne. I små GVF vil der endvidere ofte kun være ganske få kemidata til rådighed og kun få boringer til at fastlægge den geologiske lagfølge.

Efter at alle GVF var vurderet, kan det erfaringsmæssigt konkluderes, at sikkerheden i vurderingerne er mindst særligt i to situationer:

- når oxidationsvolumen-% er vurderet til at være omkring 25-40 %
- når forskellige typer af arealanvendelse peger på, at omfanget af overskridelser af tærskelværdien (nitrat > 50 mg/l) ligger tæt på 20 % volumen.

Metoden har i disse tilfælde svært ved at honorere en stor sikkerhed inden for de rammer, der er aftalt for tilstandsvurderingerne, herunder ikke mindst den stramme tidsplan og det heterogene datagrundlag. Derfor er forsigtighedsprincippet blevet anvendt, således at der i mange tilfælde er angivet en sikkerhed på vurderingerne som "ringe".

Flere grundvandsforekomster har en samlet vurdering som ringe, ringe, ringe:

- Tilstand: ringe.
- Datarepræsentativitet: ringe.
- Sikkerhed af vurderingerne: ringe.

For disse GVF kan der i forbindelse med vurderingen af hvilke indsatser, der skal iværksættes, være behov for en supplerende vurdering af GVF, se kapitel 8.

Omvendt har det i mange tilfælde vist sig, at der er GVF, hvor der er fundet mindst et indtag med nitrat > 50 mg/l (Klasse E), og både det modellerede ox-vol% og den konceptuelle model for grundvandsforekomsterne giver et ekspertvurderet ox-vol% meget mindre end (<<) 20 %. Her kan der, selv når datarepræsentativiteten for nitratmålingerne er ringe, være stor sikkerhed for vurderingen af, at GVF er i god tilstand, se også kapitel 7.5.

### **Grundvandsforekomster i ukendt tilstand**

Det har i forbindelse med opstillingen af den konceptuelle model, for i alt ni GVF ikke været muligt at fastsætte en nitrattilstand, og de pågældende GVF er derfor endt i 'ukendt' tilstand. Heraf er der ikke gennemført en tilstandsvurdering for én GVF (GVF DK108\_dkmj\_231\_ks), idet den konceptuelle model viste, at der ikke var vandførende lag i grundvandsforekomsten, der er forudsætningen for at der kan afgrænses en GVF. I de tilfælde, hvor en GVF vurderes at være i "ukendt" tilstand, vil det være begrundet i en for stor uoverensstemmelse mellem den konceptuelle forståelsesmodel for GVF og tilgængelige kemidata. Ukendt tilstand" kan også være et resultat af modstrid mellem den hydrostratigrafiske model og anden lokalspecifik viden (fx ved opslag i Jupiter af enkelte boringer). Uoverensstemmelsen medfører at oxidationsvolumenet ikke kan vurderes, og dermed er det ikke muligt at vurdere nitrattilstanden i GVF, se også kapitel 7.1.

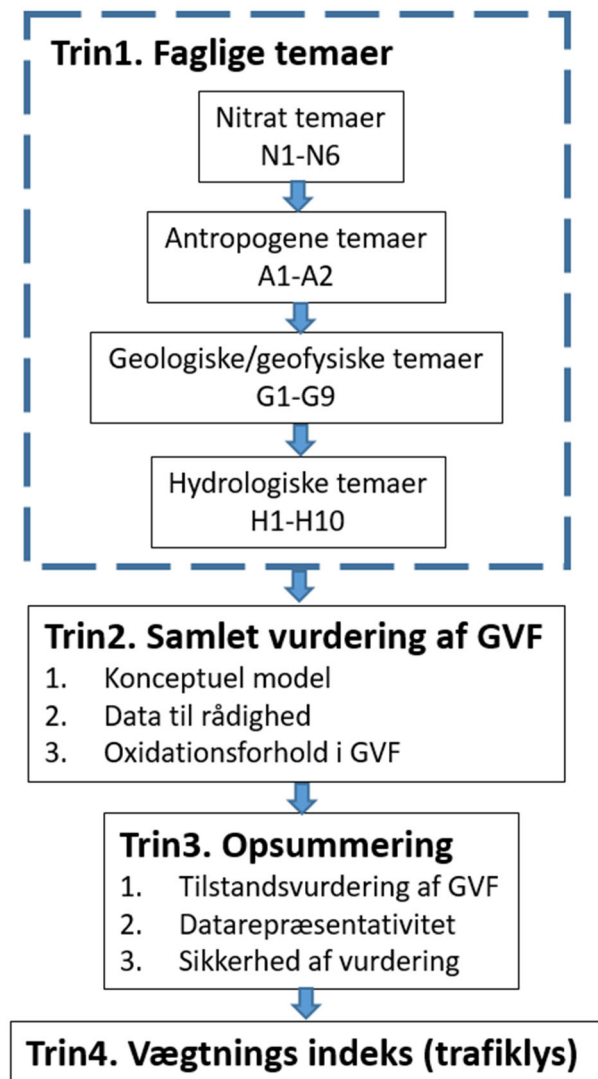
For grundvandsforekomster, der blev vurderet i "ukendt" tilstand på workshoppen, er der ingen udfyldning af feltet " sikkerhed for vurdering".

## 6. Tilstandsvurderingen for tre udvalgte grundvandsforekomster

I kapitel 6.1 til 6.3 gennemgås den metodiske tilstandsvurdering, hvorefter kapitel 6.4 viser tre eksempler på tilstandsvurderinger og vægtning af faglige temaer, for hhv. en grundvandsforekomst vurderet i god tilstand og to GVF i ringe tilstand (klasse D) og (klasse E).

### 6.1 Den trinvis metode

En trinvis metode til at udvikle konceptuelle modeller for grundvandsforekomsterne og til en vurdering af nitratpåvirkningen af hver enkelt GVF blev opstillet i leverance 7. Metoden er vist i Figur 6.1 og nærmere beskrevet i Thorling mfl.(2019).



Figur 6.1. Tilstandsvurderingen: Trinvis metode for opstilling af en konceptuel model og vurderingen af omfanget af nitratpåvirkning i de enkelte grundvandsforekomster.

## 6.2 Præsentation af dokumentationsarket.

Dokumentationen for proceduren og den samlede konklusion for vurderingen af grundvandsforekomsternes tilstand mht. nitrat fremgår af dokumentationsarket, som er udviklet til formålet. Dokumentationsarket anvendes under tilstandsvurderingen til at notere de væsentligste faglige observationer for de enkelte temaer. Et eksempel på et udfyldt dokumentationsark kan ses i kapitel 6.4. Dokumentationsarkene er justeret en smule siden metodeudviklingen, idet nogle temaer er udgået og andre er kommet til, se kapitel 4. For eksempel indgår det tidligere Tema H-9 (udnyttelsesgrad) nu i dokumentationsarkets header, se figur 6.2.

### 6.2.1 Header af dokumentationsarket

G E U S		Dokumentationsark for grundvandsforekomst GVF DK112_dkmf_1343_ks			
DKM geologi:	ks2	Konceptuel model D/E:	E	Vol % ox.:	0,87
Dybde (magasin middel):	17 mut			Areal (magasin middel)	292 km <sup>2</sup>
Antal magasiner:	1			Udnyttelses%:	8 %
Litologi:	Quaternary sand and gravel				

Figur 6.2. Header af dokumentationsarket, her for GVF DK112\_dkmf\_1342\_ks, Nordfyn.

Dokumentationsarket indeholder en header med udvalgte fakta om den specifikke grundvandsforekomst:

- DKM geologi. Modellag i DK-modellen, her ks2 (kvartært sand 2)
- Konceptuel model D/E. Årsag til at GVF skal undersøges, jvf. figur 5.1.
- Vol % ox også kaldet ox-vol%.
- Dybde (magasin middel), viser den gennemsnitlige dybde til overkanten af grundvandsforekomsten.
- Areal (magasin middel)
- Antal magasiner
- Udnyttelses %. Denne er baseret på beregningerne til vandplan III
- Lithologi af GVF

## 6.3 Beskrivelse af dokumentationsarkets fire dele

Dokumentationsarket består udover headeren vist i figur 6.2 af 4 dele (trin 1-4 i arbejdsprocessen). De fire trin i tilstandsvurderingen er præsenteret i dette afsnit.

### 6.3.1 De faglige temaer (Trin 1)

Tilstandsvurderingens Trin 1, udgøres af de fire emner nitrat, antropogene forhold, geologi/geofysik og hydrologi, hvortil der er udarbejdet en række faste faglige temaer, der er uddybende beskrevet i et standardformat i bilag 1.

Som grundlag for opstillingen af den konceptuelle model og tilstandsvurderingen gennemgås alle temaer og de væsentligste forhold for hvert tema noteres, se figur 6.3.

Nitrat temaer		Vægt:
<b>Tema N-1:</b>	<b>Fordelingskurver for nitrat (plot)</b>	Grøn
Kommentar:	71 indtag, heraf 64 BK og 7 GRUMO. 2 indtag > 50 mg/l, 75 % indtag < 1 mg/l. 85 % indtag < 10 mg/l.	
<b>Tema N-2:</b>	<b>Vandtype for indtagsdybde (plot)</b>	Grøn
Kommentar:	Nitrat i vandtype A og X, med X som dominerende, peger på indvindingsbetinget nitrat i mange indtag. Nitrat > 50 mg/l i indtag 8-9 og 10-17 m.u.t. Vandtype C fra 10-50 m.u.t. Kun få vandtype D.	
<b>Tema N-3:</b>	<b>Nitratmålinger i x,y (kort)</b>	Grøn
Kommentar:	God geografisk dækning med data. Nitrat fundet spredt i GVF.	
<b>Tema N-4:</b>	<b>Vandtyper i x,y (kort)</b>	gul
Kommentar:	Vandtype A optræder især mod øst og vest, og kun i mindre grad centralt i GVF.	
<b>Tema N-5:</b>	<b>Redoxfrontsverificering mod vandtyper (kort)</b>	Grøn
Kommentar:	Alle nitraholdige indtag ligger under den modellerede redoxfront.	
<b>Tema N-6:</b>	<b>Redoxfront (kort)</b>	Grøn
Kommentar:	Redoxfront ligger med variationer mellem især 3 og 10 m.u.t - ganske få steder dybere. Overskridelser kun fundet en smule under den modellerede redoxfront. GRUMO kun fundet nitrat til 10 m.u.t.	
Antropogene temaer		Vægt:
<b>Tema A-1:</b>	<b>Arealanvendelse (kort)</b>	gul
Kommentar:	Området domineret af intensivt landbrug med mindre dele <5-10 % andet og skov.	
<b>Tema A-2:</b>	<b>Boringer mærket med DEPOT med nitratmålinger</b>	rød
Kommentar:	Ingen depotindtag.	

Geologiske/geofysiske temaer		Vægt:
<b>Tema G-1:</b>	<b>Overordnet geologisk ramme</b>	gul
Kommentar:	Ingen bemærkninger.	
<b>Tema G-2:</b>	<b>Geomorfologi (kort)</b>	gul
Kommentar:	Området udgøres af et bundmorænelandskab, stedvist med tunneldale og erosionsdale, og mod sydvest som et dødislandskab. Der findes et mindre randmorænestrøg i den sydlige del. Der ses adskillige åse i området med en SV-NØ orientering, og enkelte steder ses issøflader. Ved kysten ses stedvist marint forland i de lavtliggende områder.	
<b>Tema G-3:</b>	<b>Terræn 10 m grid</b>	gul
Kommentar:	Plateauagtigt landskab med store højtliggende partier med relativt roligt relief centralt og mod vest. Nordøstover brydes plateauet af markante erosionsdale. Centralt og mod øst ses en ganske tydelig VNV-ØSØ lineation, som erosionsdalene nogle steder gennemskærer - andre steder følger. Terrænet falder mod nord og øst.	
<b>Tema G-4:</b>	<b>Jordartskort (Kombineret 1:25.000 - 1:200.000)</b>	gul
Kommentar:	Dominans af moræneler med områder mod vest af ferskvandsler og smeltevandssand mod øst. Der findes flere områder med postglaciale aflejringer i lavninger.	
<b>Tema G-5:</b>	<b>Begravede dale</b>	rød
Kommentar:	Der er kortlagt flere begravede dalstrukturer i området, der har en NØ-SV orientering. Dalene er eroderet ned i såvel den kvartære som den prækvartære lagserie. Dalene er udfyldt med sandede og lerede kvartære aflejringer; stedvist forekommer der interglaciale aflejringer.	
<b>Tema G-6:</b>	<b>Oversigtskort over geofysik</b>	gul
Kommentar:	Ca. 90 % af området er dækket af geofysik.	
<b>Tema G-7:</b>	<b>Heterogenitet af dæklag ved middelmodstandskort (flere kort)</b>	gul
Kommentar:	Heterogene resistivitetsstrukturer bestående af lave, mellem og høje værdier.	
<b>Tema G-8:</b>	<b>Dæklagens beskyttelse ved middelmodstandskort (flere kort)</b>	gul
Kommentar:	Heterogene resistivitetsstrukturer bestående af lave, mellem og høje værdier. Stedvist består dæklaget kun af høje resistiviteter.	
<b>Tema G-9:</b>	<b>Geol. og geofysiske profiler i dæklag og GVF med nitrat, vandtype og redoxfront</b>	grøn
Kommentar:	Øverste eller næstøverste sandmagasin af varierende tykkelse overlejret af et lerdæklag af variende tykkelse. Stedvis er GVF i kontakt med terræn. GVF har størst mægtigheder, hvor dæklaget er tyndt eller mangler. Målinger med overskridelser er fundet, hvor dæklaget er tyndt.	
<b>Tema G-10:</b>	<b>Oversigtskort over borerig med lithologi</b>	rød
Kommentar:	Mellem til høj datatæthed.	
Hydrologiske temaer		Vægt:
<b>Tema H-1:</b>	<b>Dybde til GVF (fra DK-model)</b>	grøn
Kommentar:	Centralt og mod vest mere end 20 m dybde til GVF. Mod nordvest områder med mindre end 5 m dybde og mod nordøst områder med mindre end 1 m dybde. Overskridelser fundet i områder med lille dybde til GVF.	
<b>Tema H-2:</b>	<b>Nettonedbør med indvindinger (fra DK-model)</b>	rød
Kommentar:	Mellem til lav nettonedbør. Spredt indvinding af typisk lavere intensitet. Mod sydøst område med større indvindingsintensitet.	
<b>Tema H-3:</b>	<b>Grundvandsdannelse til GVF med indvindinger (fra DK-model)</b>	rød
Kommentar:	Mellem grundvandsdannelse med udstrømning i ådale og lavtliggende områder.	
<b>Tema H-4:</b>	<b>Dybde til grundvandsspejl og strømningsretninger i GVF (fra DK-model)</b>	gul
Kommentar:	Grundvandsstand typisk 2-4 m under terræn. Lille område mod nordøst med større dybde til grundvandsspejl.	
<b>Tema H-5:</b>	<b>Reduceret ler</b>	gul
Kommentar:	Stor variation i tykkelse af reduceret ler over øverste magasin. Overskridelser fundet i områder med begrænset tykkelse af reduceret ler.	
<b>Tema H-6:</b>	<b>Lertykkelse over det øverste magasin</b>	grøn
Kommentar:	Stor variation i tykkelse af ler over øverste magasin.	
<b>Tema H-7:</b>	<b>Transmissivitet i GVF (heterogenitet i GVF) (fra DK-model)</b>	hvid
Kommentar:	Homogene magasinforhold.	
<b>Tema H-8:</b>	<b>Harmonisk gennemsnit af k værdier (vertikal retning) for dæklag (DK-model)</b>	hvid
Kommentar:	Udgået for alle GVF på nær GVF fra Bornholm (DKmodel Bornholm er en voxel model, resten af landet har homogene lagflader).	
<b>Tema H-10:</b>	<b>Magasin Tykkelse GVF (DK-model)</b>	grøn
Kommentar:	Stor variation i magasin tykkelse. Store områder med 10-20 m, lokalt mere end 20 m.	

Figur 6.3. De faglige temaer udfyldt og vægtet ift. tilstandsvurderingen, her for GVF DK112\_dkmf\_1342\_ks. Under trin 1 noteres væsentlige iagttagelser, mens vægtning med trafiklys udfyldes under trin 4.

### 6.3.2 Den samlede vurdering af GVF (Trin 2)

Under metodens trin 2 beskrives den samlede vurdering af de væsentligste forhold relateret til hver GVF i kort prosa i dokumentationsarket. Efter de enkelte temaer er der en "samlet vurdering af væsentlige forhold relateret til hver GVF", der opsummeres kort:

- Den konceptuelle model for GVF
- En vurdering af de data, der er til rådighed, herunder manglende data
- En vurdering af omfanget af oxideret grundvand i GVF, og derefter hvor stor en andel af dette, der er har en nitratkoncentration > 50 mg/l

Et eksempel på udfyldning af den samlede vurdering ses i figur 6.4

<b>Samlet vurdering af væsentlige forhold relateret til hver GVF:</b>
<b>1. Opstilling af konceptuel model:</b> <i>Udbredt kvartært sandmagasin af varierende tykkelse med overvejende lerdæklag af varierende tykkelse. I mindre områder er GVF i direkte kontakt med terræn, hvor GVF også bliver nitratsårbar. Enkelte steder er redoxfronten beliggende under den modellerede redoxfront, typisk hvor GVF ligger tæt på terræn.</i>
<b>2. Vurdering af data der er tilrådighed for en nærmere vurdering af påvirkningen af GVF:</b> <i>Kemiske data med god geografisk spredning og repræsentative. Øvrige data gode.</i>
<b>3. Vurdering af omfanget af nitratpåvirket grundvand (ox.forhold):</b> <i>Klart under 20 % af GVF volumen er oxideret.</i>

Figur 6.4. Den samlede vurdering og opstilling af den konceptuelle model, her for GVF DK112\_dkmf\_1342\_ks. Udfyldes under trin 2 i tilstandsvurderingen.

### 6.3.3 Opsummering i dokumentationsarket (Trin 3)

Metodens trin 3 indebærer en konklusion for tilstandsvurdering af GVF'en, beskrevet i feltet "opsummering". Her angives det, om tilstandsvurderingen mht. nitrat er *god*, *ringe* eller *ukendt*. Derudover er der en bedømmelse af datarepræsentativiteten med tre muligheder (*god*, *mellem*, *ringe*), samt en vurdering af, hvor sikker vurderingen af nitrattilstanden er, også med tre muligheder (*stor*, *mellem*, *ringe*). Se eksempel i figur 6.5.

<b>Opsummering:</b>		
Tilstandsvurdering af GVF:	GOD	Bedømmere: LTS, LTR, BN, PSA, ILM
Datarepræsentativitet:	GOD	
Sikkerhed af vurderingerne:	STOR	Dato: 11.09.2019

Figur 6.5. Konklusion og opsummering nederst i dokumentationsarket, her for GVF DK112\_dkmf\_1342\_ks. Udfyldes under trin 3 i tilstandsvurderingen.

### 6.3.4 Vægtningsindeks, "trafiklys" (Trin 4)

Afslutningsvist vægtes de enkelte faglige temaer efter, hvor vigtigt temaet var ift. opstillingen af den konceptuelle model og den endelige tilstandsvurdering ud fra skalaen:

- Temaet er afgørende for den konceptuelle model (grøn)
- Temaet understøtter den konceptuelle model, men er ikke afgørende (gul)
- Temaet er ikke nødvendigt for den konceptuelle model (rød)
- Temaet er ikke udarbejdet på grund af manglende data (hvid)



Figur 6.3 viser for GVF DK112\_dkmf\_1342\_ks, hvordan denne vægtning er foretaget og fremstår i dokumentationsarket.

## 6.4 Eksempler på GVF vurderet i god og ringe tilstand

Til at illustrere, hvorledes tilstandsvurderingerne har fundet sted, præsenteres her vurderingen for tre grundvandsforekomster. De tilhørende faglige temaer findes i bilag 2. I disse eksempler er der kun opsummeret på de af de faglige temaer, der understøtter den konceptuelle model for de tre grundvandsforekomster (temaer vægtet med grønt). De øvrige temaer vægtet med gul, rød eller hvid farve er forklaret i Bilag 2.


### 6.4.1 Grundvandsforekomst i god tilstand GVF

Som et eksempel på en grundvandsforekomst i god tilstand, kan man se på GVF DK112\_dkmf\_1343\_ks. Det udfyldte dokumentationsark fremgår i kapitel 6.3 af figurerne 6.2, 6.3, 6.4 og 6.5. Der er tale om en GVF, hvor der er to indtag med > 50 mg/l nitrat, og som derfor jf. grundvandsdirektivet skal underkastes en konkret undersøgelse, for at vurdere, om overskridelsen omfatter en væsentlig del af GVF, hvilket jf. EU-Guidance dokument no. 18 (EU, 2009) er > 20 % af forekomstens volumen.

Den modellerede redoxfront gav et beregnet oxidationsvolumen på 0,87 %, der potentielt kunne være nitratpåvirket med koncentrationer over 50 mg/l. Da en gennemgang af de faglige temaer indikerede, at det beregnede oxidationsvolumen er retvisende, kunne man umiddelbart gå videre til den samlede tilstandsvurdering: at der er god tilstand i GVF mht. nitrat, til trods for overskridelse af kvalitetskravet på 50 mg/l i to indtag. I dette tilfælde var der 71 indtag med nitratanalyser, hvilket vurderedes at være en god datadækning. På samme måde var der også en god datadækning med andre datatyper, således at det kunne opsummeres, at datarepræsentativiteten var god. Dette gav alt i alt en stor sikkerhed for vurderingen.

## 6.4.2 Grundvandsforekomst i ringe tilstand Klasse E:

Der er tale om en lille GVF, klasse E, med blot et indtag, hvor nitrat er fundet til > 50 mg/l. De faglige temaer, der var afgørende for bedømmelsen, er vist nedenfor på figur 6.6. Hele dokumentationsarket og de faglige temaer fremgår af bilag 2.


		Dokumentationsark for grundvandsforekomst GVF DK106_dkmj_182_ks			
DKM geologi:	ks2	Konceptuel model D/E:	E	Vol % ox.:	80,20
Dybde (magasin middel):	0 mut	Areal (magasin middel)	0 km <sup>2</sup>		
Antal magasiner:	1	Udnyttelses%:	0 %		
Litologi	Quaternary sand and gravel				
<b>Nitrat temaer</b>					Vægt:
<b>Tema N-1:</b>	<b>Fordelingskurver for nitrat (plot)</b>				grøn
Kommentar:	Blot eet GRUMO indtag med 57 mg/l nitrat.				
<b>Tema N-2:</b>	<b>Vandtype for indtagsdybde (plot)</b>				grøn
Kommentar:	Vandtype A i 15-16 m.u.t i det ene indtag.				
<b>Tema N-5:</b>	<b>Redoxfrontsverificering mod vandtyper (kort)</b>				grøn
Kommentar:	Nitrat fundet i 15 m.u.t, mens den modellerede redoxfrontligger i 5-10 m.u.t.				
<b>Tema N-6:</b>	<b>Redoxfront (kort)</b>				grøn
Kommentar:	Nitrat fundet i 15 m.u.t, mens den modellerede redoxfrontligger i 5-10 m.u.t.				
<b>Antropogene temaer</b>					Vægt:
<b>Tema A-1:</b>	<b>Arealanvendelse (kort)</b>				grøn
Kommentar:	Landbrugsdomineret arealanvendelse (intensivt) umiddelbart over GVF.				
<b>Geologiske/geofysiske temaer</b>					Vægt:
<b>Tema G-9:</b>	<b>Geol. og geofysiske profiler i dæklag og GVF med nitrat, vandtype og redoxfront</b>				grøn
Kommentar:	GVF er øverste magasin i direkte kontakt med terræn. Redoxfront er beliggende i dybeste del af GVF. Nitratmålingen i bunden af GVF.				
<b>Hydrologiske temaer</b>					Vægt:
<b>Tema H-1:</b>	<b>Dybde til GVF (fra DK-model)</b>				grøn
Kommentar:	Hele GVF går i terræn på nær et lille område centralt, hvor dybden til GVF er 1-5 m.				
<b>Tema H-6:</b>	<b>Lertykkelse over det øverste magasin</b>				grøn
Kommentar:	Ingen lertykkelse af betydning over GVF.				
<b>Samlet vurdering af væsentlige forhold relateret til hver GVF:</b>					
<b>1. Opstilling af konceptuel model:</b>					
Terrænnært kvartært sandmagasin i direkte kontakt med terræn under intensivt landbrug. Meget nitratsårbar.					
<b>2. Vurdering af data der er tilrådighed for en nærmere vurdering af påvirkningen af GVF:</b>					
En boring, dermed ringe.					
<b>3. Vurdering af omfanget af nitratpåvirket grundvand (ox.forhold):</b>					
80-100 % vurderes at være nitratpåvirket.					
<b>Opsummering:</b>					
Tilstandsvurdering af GVF:	RINGE			Bedømmere:	LTR, LTS, ILM, PSA, BN
Datapræsentativitet:	RINGE				
Sikkerhed af vurderingerne:	MELLEME			Dato:	14/8 2019

Figur 6.6. Dokumentationsark for GVF klasse E i ringe tilstand. De afgørende temaer med "grøn" i vægtning, er vist sammen med den samlede konklusion og opsummering.

Den modellerede redoxfront gav et beregnet oxidationsvolumen på 80 %, der potentielt kunne være nitratpåvirket med koncentrationer over 50 mg/l. Det blev vurderet, at dette stort set var retvisende, idet i alt 80-90 % af GVF efter ekspertvurderingen er oxideret. Derfor skulle det vurderes, hvor høje nitratkoncentrationerne var i GVF. I dette tilfælde var der blot 1 indtag med et gennemsnitligt nitratindhold på 57 mg/l. Data stammer fra en GRUMO boring. Til trods for at der kun er få nitratdata, vurderes de at repræsentative, da de dels er af typen GRUMO og dels er i overensstemmelse med arealanvendelsen intensivt landbrug. Med den høje oxidations-% for øje bliver den samlede tilstand mht. nitrat vurderet som ringe. Der var generelt få data, så datarepræsentativiteten er ringe. På grund af det høje ox-vol% og den endtydige arealanvendelse er sikkerheden for vurderingen vægtet som mellem.

### 6.4.3 Grundvandsforekomst i ringe tilstand, Klasse D

Der er her tale om en mellemstor GVF klasse D på 42 km<sup>2</sup>, med blot et depot-indtag, hvor der er et gennemsnitligt nitratindhold på 4 mg/l. Figur 6.7 viser de faglige temaer, der blev vurderet som afgørende for bedømmelsen (grøn i vægtnings feltet). Hele dokumentationsarket og de faglige temaer fremgår af bilag 2.

		Dokumentationsark for grundvandsforekomst				
		GVF		DK107_dkmj_204_ks		
DKM geologi:	ks2	Konceptuel model D/E:	D	Vol % ox.:	52,83	
Dybde (magasin middel):	0 mut	Areal (magasin middel):	42 km <sup>2</sup>			
Antal magasiner:	1	Udnyttelses%:	0 %			
Litologi:	Quaternary sand and gravel					
<b>Nitrat temaer</b>					Vægt:	
Tema N-6:	<b>Redoxfront (kort)</b>				grøn	
Kommentar:	Redoxfronten ligger relativt højt fra 1 til 10 m.u.t. Mod nord højere end mod syd.					
<b>Antropogene temaer</b>					Vægt:	
Tema A-1:	<b>Arealanvendelse (kort)</b>				grøn	
Kommentar:	Overvejende intensivt landbrug (60%); herudover søer og by.					
<b>Geologiske/geofysiske temaer</b>					Vægt:	
Tema G-2:	<b>Geomorfologi (kort)</b>				rød	
Kommentar:	Bundmorænelandskab med dødispræg gennemskåret af tunneldal. Mindre område med marin flade (langs Brabrand Sø).					
Tema G-9:	<b>Geol. og geofysiske profiler i dæklag og GVF med nitrat, vandtype og redoxfront</b>				grøn	
Kommentar:	Øverste magasin af varierende tykkelse stedvist overlejret af et lerlag. Redoxfronten ligger i GVF.					
<b>Hydrologiske temaer</b>					Vægt:	
Tema H-1:	<b>Dybde til GVF (fra DK-model)</b>				grøn	
Kommentar:	Lille.					

Samlet vurdering af væsentlige forhold relateret til hver GVF:		
<b>1. Opstilling af konceptuel model:</b>		
<i>Overfladenært, frit, sårbart magasin. Store dele af området er uden dæklag. En stor del er beliggende i landbrugsareal. Vandtype A fundet ved depot i skov (langt til landbrug). Ligner GVF DK107_dkmj_340_ks, dog med ringere lerdække og med ler under GVF.</i>		
<b>2. Vurdering af data der er til rådighed for en nærmere vurdering af påvirkningen af GVF:</b>		
<i>Ringede på kemi; gode på øvrige.</i>		
<b>3. Vurdering af omfanget af nitratpåvirket grundvand (ox.forhold):</b>		
<i>50-60%.</i>		
<b>Opsummering:</b>		
Tilstandsvurdering af GVF:	RINGE	Bedømmere: LTR, LTS, ILM, PSA, BN
Datarepræsentativitet:	RINGE	
Sikkerhed af vurderingerne:	RINGE	Dato: 23.08.2019.

Figur 6.7. Uddrag af dokumentationsark for GVF klasse D i ringe tilstand, De afgørende temaer med "grøn" i vægtning, er vist sammen med den samlede konklusion og opsummeringen.

Den modellerede redoxfront gav et beregnet oxidationsvolumen på 53 %, der potentielt kunne være nitratpåvirket med koncentrationer over 50 mg/l. Det blev vurderet at dette var stort set retvisende, idet ekspertvurderingen tilsagde, at i alt ca. 50-60 % af GVF er oxideret. Da ox-vol% er over 20 % skal det efterfølgende vurderes, hvor høje nitratkoncentrationerne er i GVF. I dette tilfælde var der ingen relevante nitratdata repræsenteret for udvaskningen fra landbrugsarealet til GVF, idet indtaget er placeret i en skov. Med den høje oxidations-% for øje bliver den samlede tilstand mht. nitrat vurderet som ringe, idet den dominerede arealanvendelse er intensivt landbrug (60 %) og der tages udgangspunkt i de generelle erfaringstal for landbrugspåvirkning (se kapitel 5). Samlet set var der generelt få data, så data-repræsentativiteten er ringe. På grund de manglende data fra den del af området, der vurderes at give ringe tilstand, er der ringe sikkerhed for vurderingen.

## 7. Tilstandsvurderinger for nitrat, samlet resultat

I alt er der udpeget 2050 grundvandsforekomster til VP3. Af disse er der for 1879 grundvandsforekomster foretaget en direkte tildeling af tilstand (God eller Ukendt) jf. den opstillede metode i figur 5.1 og for 171 forekomster er der udarbejdet en konceptuel model som grundlag for vurdering af tilstanden på tværfaglige workshops.

I et enkelt tilfælde (GVF DK108\_dkmj\_231\_ks) er det vurderet, at den underliggende hydrostratigrafiske model ikke var retvisende, og at der ikke med rimelighed kan siges at være en grundvandsforekomst i de pågældende lag, hvorfor der for denne forekomst ikke er foretaget en bedømmelse af tilstanden. Der er således foretaget en konkret bedømmelse af i alt 170 grundvandsforekomster.

Tabel 7.1 viser en oversigt over tilstandsvurderingerne i samtlige grundvandsforekomster, med henholdsvis direkte tildeling af tilstand (Vurderingsklasse C, F og G, se også beslutningstræet i Figur 5.1) og grundvandsforekomster, hvor bedømmelsen af tilstanden er baseret på en opstillet konceptuel model (vurderingsklasse D og E) fremhævet med gråt.

Antalsmæssigt er fordelingen af de nye tilstandsvurderinger for nitrat, at 66 % er i God tilstand, 2 % er i Ringe tilstand og 32 % er i Ukendt tilstand.

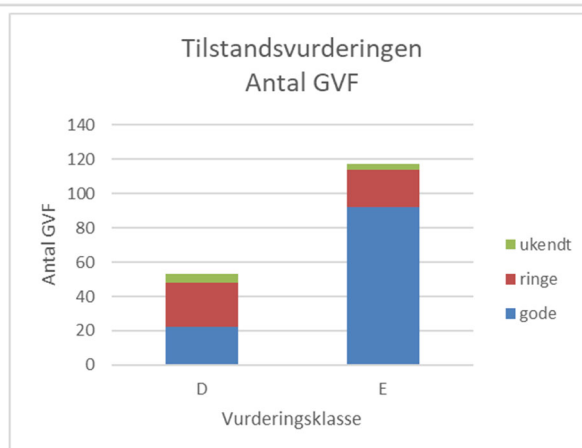
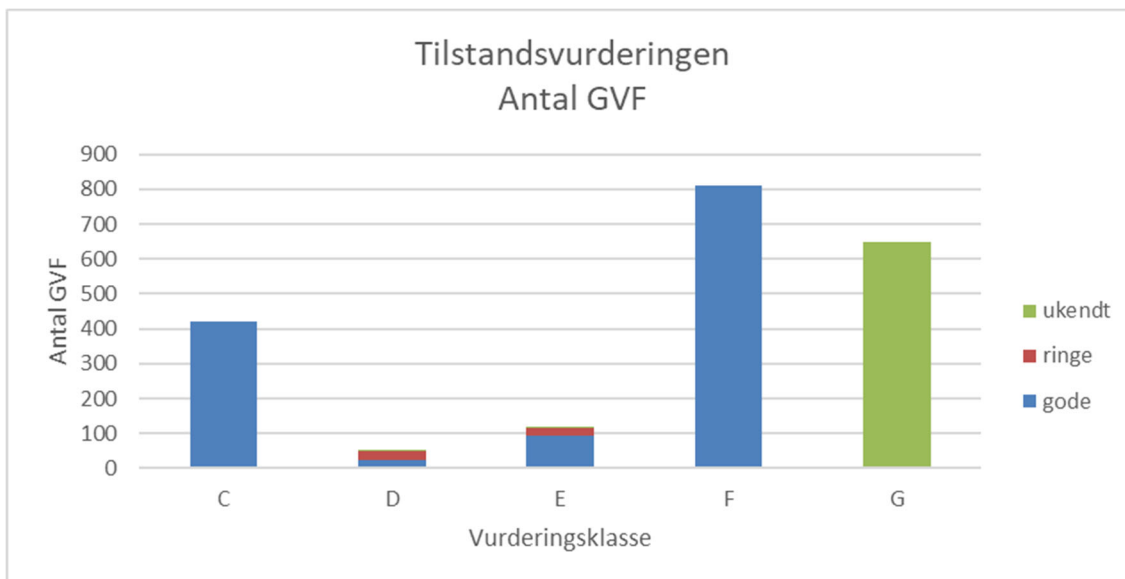
*Tabel 7.1. Overblik over nitrattilstandsvurderinger for VP3, gennemført i dette projekt. Vurderingsklassen er defineret i figur 5.1. \* På Samsø er der kun én GVF, der her indgår med tilstanden 'ringe'. Det vurderes dog, at der er behov for at opdele denne GVF, således GVF-nordøen har ringe tilstand og GVF-sydøen har god tilstand.*

Vurderingsklasse	God	Ringe	Ukendt	Ikke bedømt	Hovedtotal
C	420				420
D	22	26	5	1	54
E	92	22*	3		117
F	811				811
G			648		648
Hovedtotal	1.345	48	656		2.050

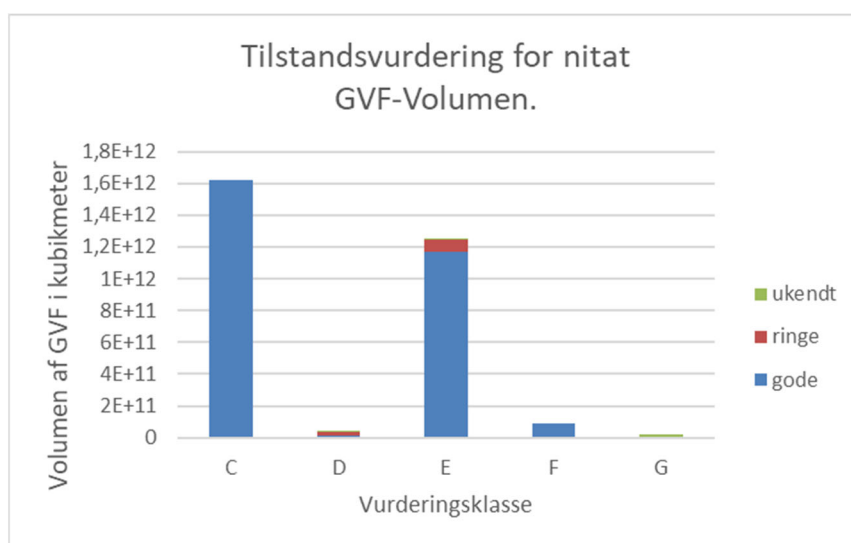
Figur 7.1 viser den antalsmæssige fordeling af grundvandsforekomster i henholdsvis God, Ringe og Ukendt tilstand fordelt på vurderingsklasser. Figur 7.2 viser den tilsvarende volumenmæssige fordeling af grundvandsforekomster i henholdsvis God, Ringe og Ukendt tilstand opdelt på vurderingsklasser.

Det samlede udpegede volumen af de 2050 grundvandsforekomster i VP3 er  $3,01 \cdot 10^{12} \text{ m}^3$ . Heraf udgør det samlede volumen af GVF for Jylland og Fyn  $2,46 \cdot 10^{12} \text{ m}^3$ , svarende til 82 % af alle GVF i Danmark.

Resultaterne af tilstandsvurderingerne er også sammenfattet i bilag 7 (GEUS notat: 07-VA-2019-07).



Figur 7.1. Antalsmæssig fordeling af nitrattilstand opdelt på vurderingsklasser. For oven samtlige GVF. Nederst kun de GVF hvor der er opstillet en konceptuel model.

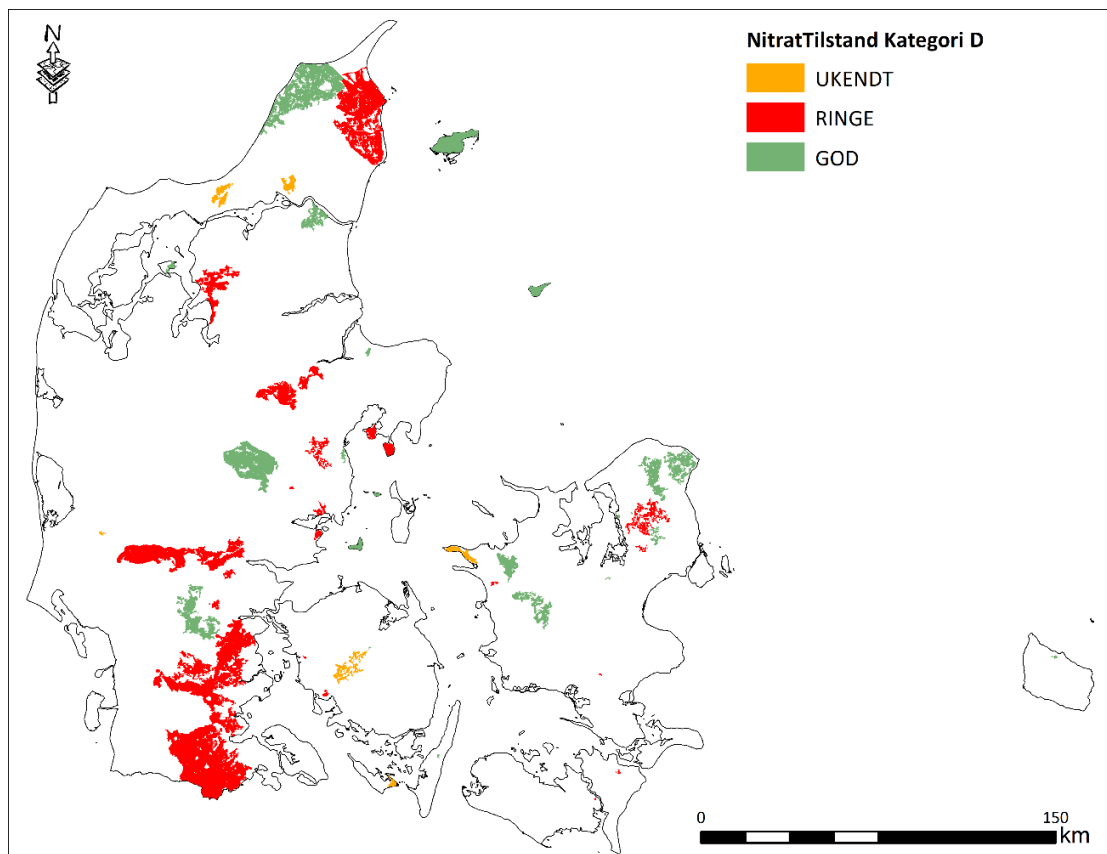


Figur 7.2. Den volumenmæssige fordeling af nitrattilstand for GVF opdelt på vurderingsklasser.

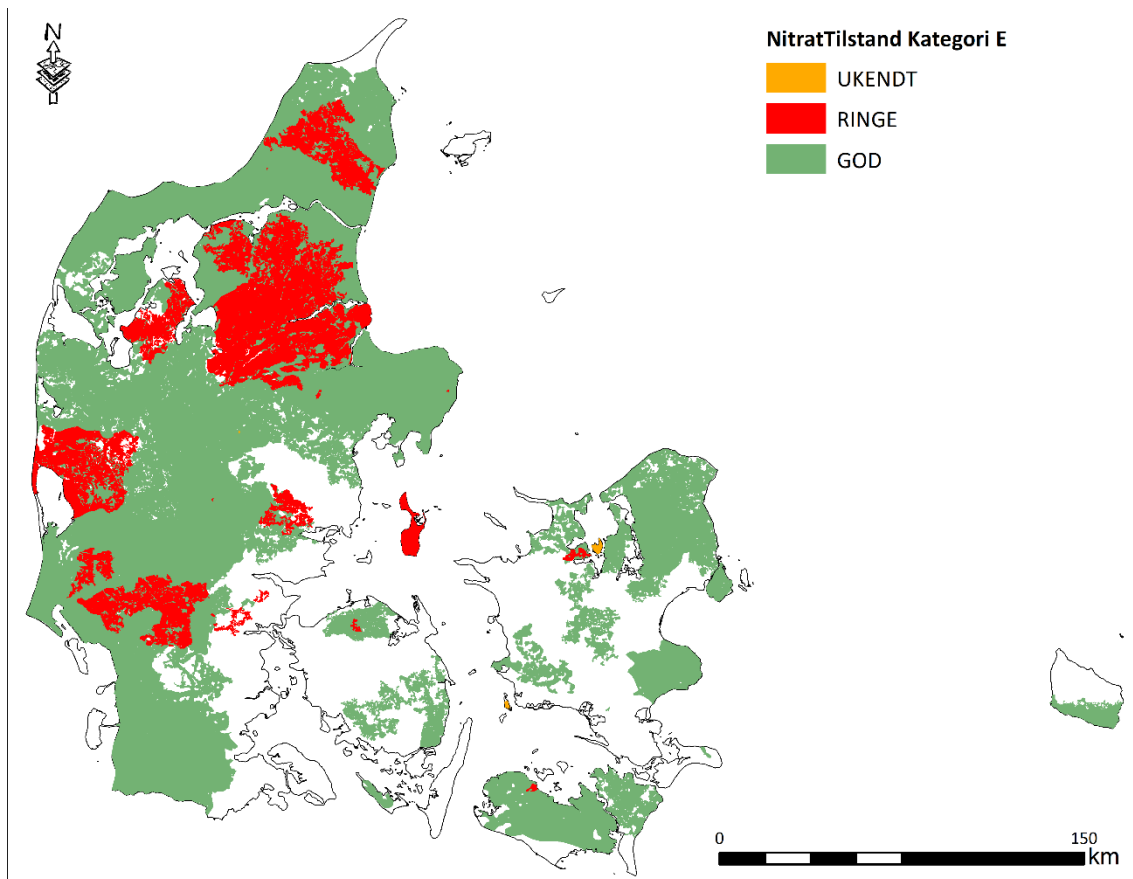
## 7.1 Oversigtskort over GVF og tilstand på landsplan

Den geografiske fordeling af tilstandsvurderingerne opdelt på grundvandsforekomster med overskridelser (klasse E) er vist på figur 7.4 og uden overskridelser med oxidationsvolumen > 20 % (klasse D) er vist på figur 7.3.

I Bilag 7 er der derudover oversigtskort over udbredelsen på landsplan for grundvandsforekomster med forskellige typer af lithologi og tilstandsvurdering.



Figur 7.3. Samlet oversigt over nitrattilstand for klasse-D grundvandsforekomster, dvs. grundvandsforekomster med > 20 % modelleret oxidationsvolumen, men ingen overskridelser af periodegennemsnittet for nitrat.



Figur 7.4. Samlet oversigt over nitrattilstand for klasse-E grundvandsforekomster, dvs. grundvandsforekomster, hvor mindst et indtag har et periodegennemsnit for nitrat > 50 mg/l.

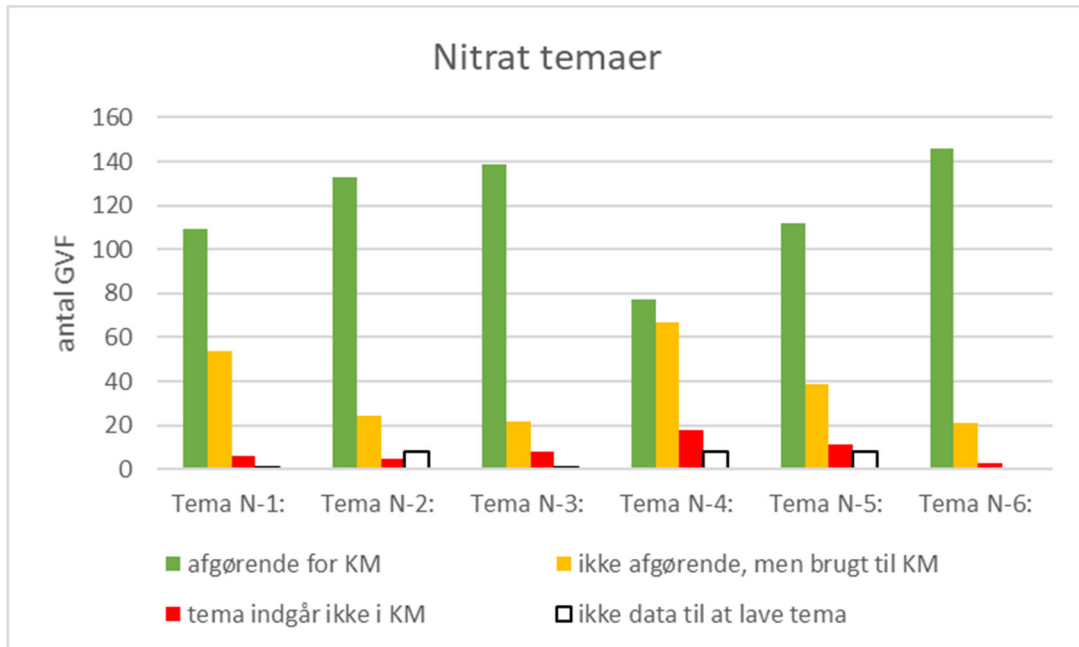
## 7.2 De faglige temaer i dokumentationsarket: 'Trafiklyset'

De forskellige faglige temaer har alle været afgørende for opstillingen af den konceptuelle model for mindst én GVF, men i meget forskelligt omfang. Nedenfor er vist en grafisk oversigt af 170 af de 171 grundvandsforekomster, der indgik i tilstandsvurderingen, og hvor de faglige temaer er blevet tildelt en vægtning ('trafiklys') i forhold til, hvor vigtige de enkelte temaer er ved opstilling af de konceptuelle modeller. For én af de 171 GVF'er: GVF DK108\_dkmj\_231\_ks er der ikke udarbejdet et 'trafiklys'.

De faglige temaer fremgår af figur 6.3 og bilag 1 og omfatter nitrat temaerne N-1 til N-6, antropogene temaer A-1 og A-2, geologiske/geofysiske temaer G-1 til G-10, samt de hydrologiske temaer H-1 til H-6 og H-10. Faglige temaer, der er vægtet med grøn farve, har været anset som afgørende for at understøtte den konceptuelle model; gul farve vægtning angiver, at temaet ikke er afgørende, men dog er brugt til udvikling af den konceptuelle model; rød farve vægtning angiver, at temaet kan have indgået i vurderingen, men ikke har været nødvendig for udvikling af den konceptuelle model. Hvid farve betyder, at der ikke har været data til rådighed for at udarbejde det faglige tema. Det skal bemærkes, at alle faglige temaer - på nær H-7 og H-8 - har været benyttet i udvikling af de fleste konceptuelle modeller. Få af temaerne har været mindre benyttet, men disse har dog været afgørende i mindst én konceptuel model.

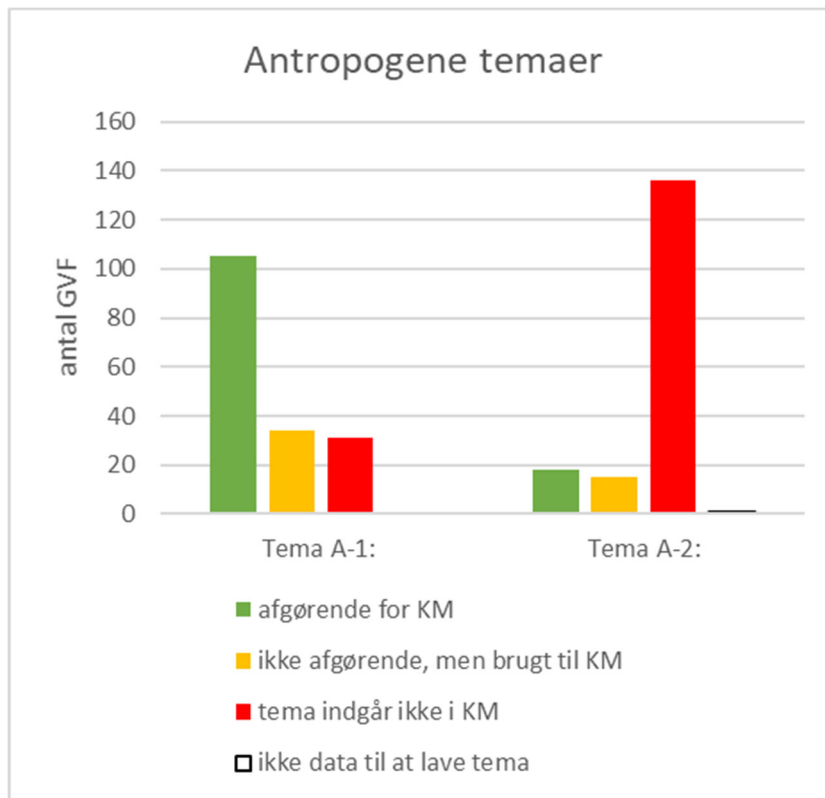


**Nitrattemaerne** (figur 7.5) er brugt i udvikling af den konceptuelle model for alle grundvandsforekomster, undtagen når helt særlige forhold har været gældende. Langt hovedparten af de seks nitrattemaer har været anset for vigtige for den konceptuelle model.



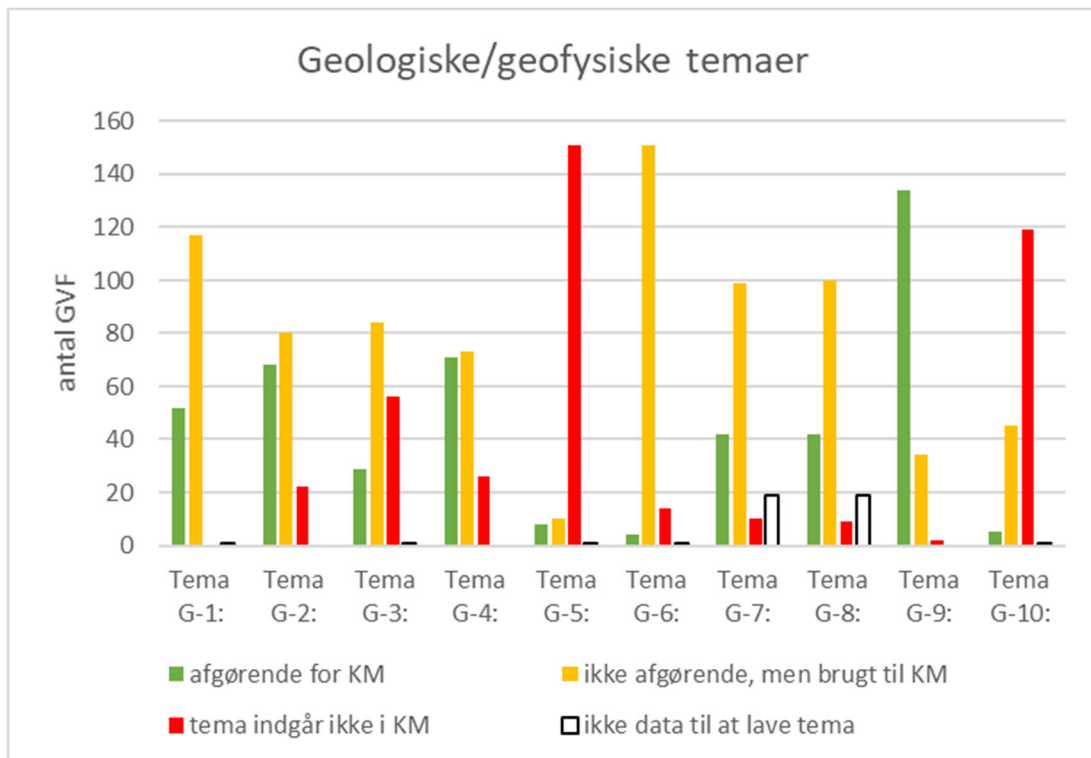
Figur 7.5. Nitrat temaerne N-1 til N-6. Søjlernes farve modsvarer 'trafiklys-farverne', som beskrevet i teksten. Konceptuel Model (KM).

**De to antropogene temaer** (figur 7.6), har haft meget forskellig betydning, idet tema A-1 (arealanvendelse) har været brugt til den konceptuelle model i langt de fleste grundvandsforekomster. Omvendt har tema A-2 (depoter) kun i sjældnere tilfælde fået indflydelse på etableringen af den konceptuelle model. Dette hænger først og fremmest sammen med, at der i mange grundvandsforekomster ikke er indtag mærket som "depot". Dette skyldes, at en betydelig del af de prøver, der udtaget i forbindelse med forureningsundersøgelser, ikke er korrekt mærket med "depot" i Jupiter databasen; hvilket gælder for de fleste regioner - med undtagelse af Region Hovedstaden.



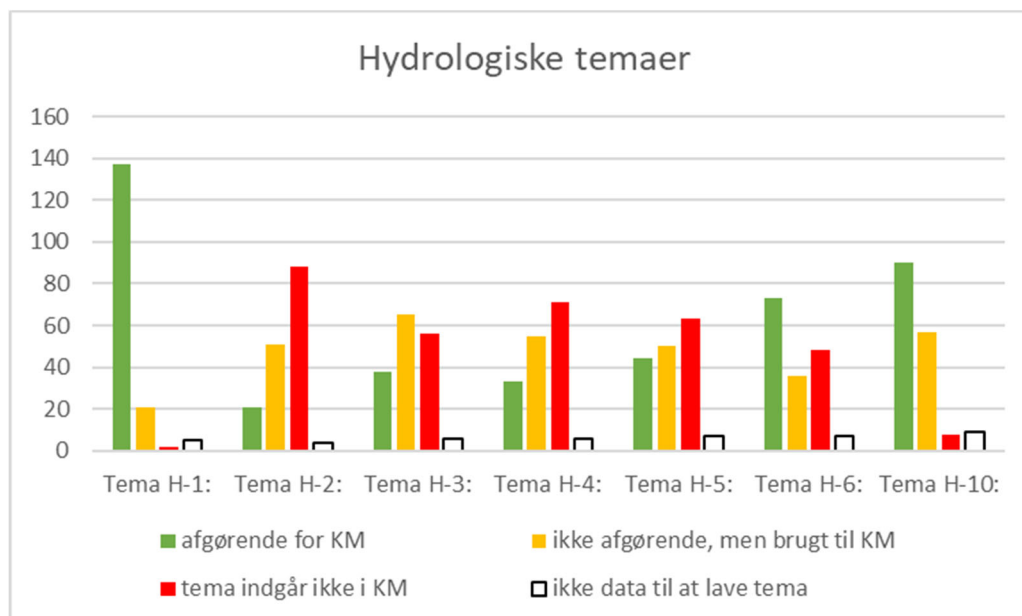
Figur 7.6. Antropogene temaer. Søjlernes farve modsvarer 'trafiklys-farverne', som beskrevet i teksten. Konceptuel Model (KM)

**De geologiske og geofysiske temaer** (figur 7.7) har for langt hovedparten været brugt til udvikling af den konceptuelle model. Undtagelsen har været tema G-5 (begravede dale), idet det kun er i særlige tilfælde, at de begravede dale spiller en rolle i den konceptuelle model til forståelsen af udbredelsen af nitrat. Langt hovedparten af de undersøgte grundvandsforekomster er terrænnært beliggende (DK-modellag: ks1 og ks2), og en dybereliggende begravet dal vil derfor ikke have direkte indflydelse på nitratudbredelsen i overliggende grundvandsforekomster. Omvendt har temaet med begravede dale været afgørende for at forstå den konceptuelle model for dybere/dybt liggende grundvandsforekomster, hvor begravede dale er skåret ned i grundvandsforekomsterne, eller hvor sand i en begravet dale har udgjort selve grundvandsforekomsten. Tema G-10 (boringer med lithologi) har især været brugt til at vurdere tætheden af de geologiske data og dermed den geografiske dækning med boredata inden for en grundvandsforekomst, men generelt har dette tema kun i begrænset omfang været brugt. Endelig har der i ca. 20 GVF ingen data har været til rådighed for at lave tema G-7 og G-8, der omhandler geofysiske data.



Figur 7.7. Geologiske/geofysiske temaer. Søjlerne farve modsvarer 'trafiklys-farverne', som beskrevet i teksten. Konceptuel Model (KM).

**De hydrologiske temaer** (figur 7.8). H-1 (dybde til GVF) og H-10 (magasintykkelse) har i stor udstrækning været brugt, og ofte været vigtige, til udvikling af den konceptuelle model. For de øvrige H-temaer (H-2 til H-6) har temaerne ofte været brugt (gul), men samtidig er der også i en del tilfælde, hvor de ingen relevans har haft for den konceptuelle models udvikling. Det faglige tema H-7 er kun relevant for kalkmagasiner, H-8 har kun indgået for Bornholm og endelig er H-9 udgået, se Thorling mfl. (2019).



Figur 7.8. Hydrologiske temaer. Søjlerne farve modsvarer 'trafiklys-farverne', som beskrevet i teksten. Konceptuel Model (KM).

### 7.3 Vurdering af oxidationsprocenten i GVF

I hver GVF er den oxiderede volumenprocent (ox-vol%) blevet beregnet med udgangspunkt i den modellerede redoxfront, under antagelse af at der ikke optræder flere redoxgrænser over hinanden inden for samme GVF, se tema N-6 (Koch mfl., 2019). Validiteten af den beregnede oxidationsvolumenprocent er afgørende for tilstandsvurderingen, hvorfor den er ekspertvurderet i sammenhæng med opstillingen af den konceptuelle model for hver GVF i forbindelse med de tværfaglige workshops. Ekspertvurderingen er sammenfattet i felt 3 i dokumentationsarkene, se figur 6.4.

Til vurderingen er der lagt særlig vægt på

- den modellerede redoxfronts placering i forhold til indtagsdybderne for boringer med nitratanalyser
- dæklagsforhold (geologiske vinduer/heterogenitet)
- strømningsretninger
- grundvandsspejl
- grundvandsdannelse.

Mht. de sidste tre parametre har der for hver GVF været en eller flere af disse, der har bidraget til analysen af oxidationsvolumenet. Kun i få tilfælde har de alle tre været brugt samtidig i analysen.

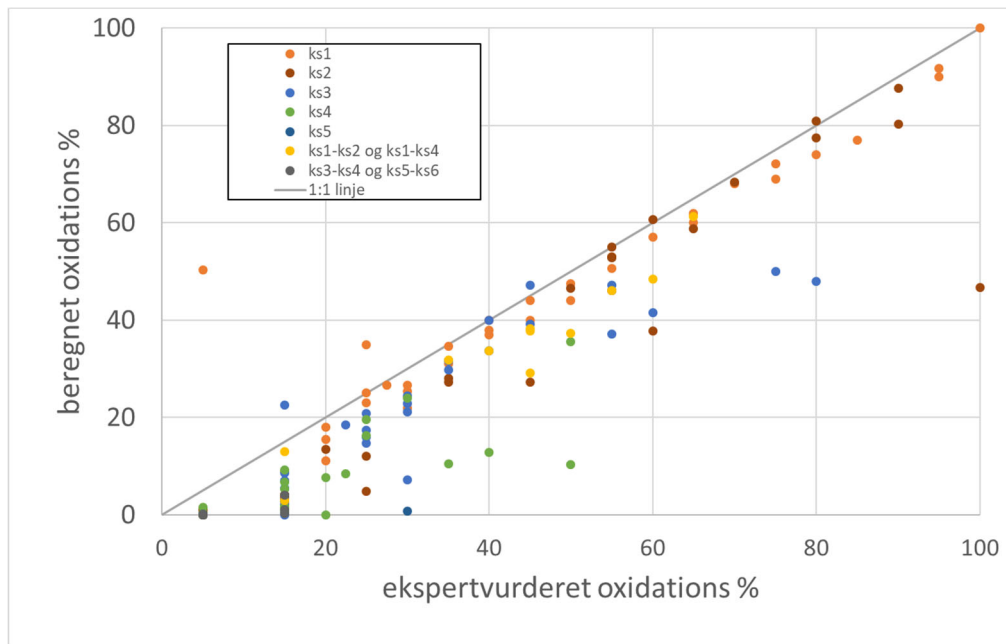
Figur 7.9 og 7.10 viser relationen mellem modelberegnet og ekspertvurderet oxidationsvolumenprocent med angivelse af 1:1 linjen, for GVF i hhv. kvartære- og kalkmagasiner. Bemærk, at hvor der i dokumentationsarkene er angivet ox-vol% på <20% og <<20%, er de i figuren vist med værdier på hhv. 15 % (svarende til < 20%) og 5% (svarende til << 20 %).

**GVF i kvartært sand og grus (Figur 7.9).** Langt hovedparten af GVF, der blev genstand for en konkret tilstandsvurdering for nitrat, består af kvartært sand og grus. I alt består 151 ud af 171 GVF af kvartært sand og grus (heraf 5 "ks på øerne" GVF). GVF med betegnelsen "ks på øerne" indgår dog ikke i Figur 7.9, da DK-modellen ikke dækker disse øer (se afsnit 5.2) hvorfor der ikke kan beregnes et modelleret ox-vol%.

Grundvandsforekomster med kvartært sand (ks) fordeler sig som følger:

- To eller flere ks-lag (18 GVF)
- "ks på øerne" (5 GVF)
- ks1 (34 GVF)
- ks2 (35 GVF)
- ks3 (30 GVF)
- ks4 (24 GVF)
- ks5 (5 GVF)

For grundvandsforekomster med to eller flere ks-lag er der en relativ god overensstemmelse mellem den beregnede oxidationsprocent og ekspertvurderingen, dog med en systematisk afvigelse, således at der ofte ved ekspertvurderingen er skønnet 5-10 % højere oxidationsvolumener, når oxidationsvolumenet er over 20 %. Oxidationsvolumenprocenten for disse grundvandsforekomster dækker intervallet fra få til ca. 65 volumen-% oxidation af GVF.



Figur 7.9. Relation mellem DK-modelberegnet oxidationsvolumenprocent i de kvartære grundvandsforekomster (ks1, ks2, ks3, ks4, ks5, samt GVF med gruppering af to eller flere ks lag) og oxidations-procenten bestemt ved en ekspertvurdering de tværfaglige workshops.

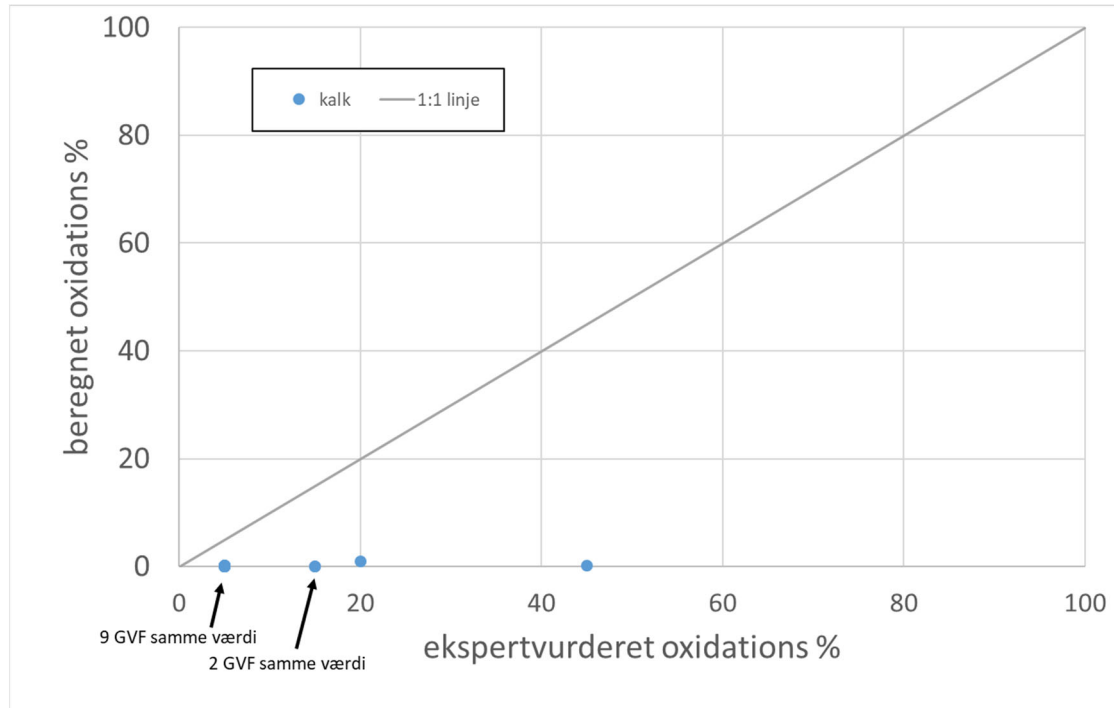
For lagene ks1, ks2 og ks3 gælder, at de beregnede ox-vol% og ekspertvurderinger i væsentlighed følger 1:1 linjens forløb. Hvor de afviger fra hinanden, ligger det ekspertvurderede ox-vol% 5-10 % højere end det modellerede ox-vol%. Dette indikerer, at der er rimelig overensstemmelse mellem den modellerede redoxfront og de kemiske data og de dertil knyttede indtagsdybder, der indgår i tilstandsvurderingen af oxidationsforholdene i de mest terrænnære GVF-er, idet der dog generelt er en vis undervurdering af det oxiderede volumen. Der er formodentlig flere faktorer, der spiller ind på dette, så som repeterede redoxfronter, dybtliggende vandspejl og graden af geologisk variabilitet.

For ks4 og ks5 grundvandsforekomster peger ekspertvurderingen på, at antagelsen om at redoxforholdene kan beskrives med den øvre redoxfront i nogen områder vil være udfordret. For flere af disse forekomster vurderes det at den modellerede redoxfront vil bevirke en betydelig undervurdering af ox-vol%. Disse grundvandsforekomster er alle klasse E (har indtag med nitrat over kravværdien på 50 mg/l) og har samtidigt et modelleret ox-vol-% under 20%. Der er for disse GVF en ringe korrelation til 1:1 linjen.

**Grundvandsforekomster i kalk (figur 7.10):** Der er i alt udført tilstandsvurdering på 13 kalk GVF. Ved sammenligning af det modellerede og det ekspertvurderede oxidationsvolumen optræder 9 af disse grundvandsforekomster i næsten samme punkt (0-0,14 % DK-model; 5 % ekspert) og to GVF i punktet (0-0,02 % DK-model, 15 % ekspert). Dette er vist med en pil på figur 7.10.

På Sjælland er oxidationsprocenten i kalkforekomster typisk lavere eller væsentligt lavere end 20 % og der er god overensstemmelse mellem det beregnede ox-vol% og ekspertvurderingen. I Thy og det nordøstlige Himmerland (inkl. Aalborg) (GVF 972 og GVF 974) vurde-

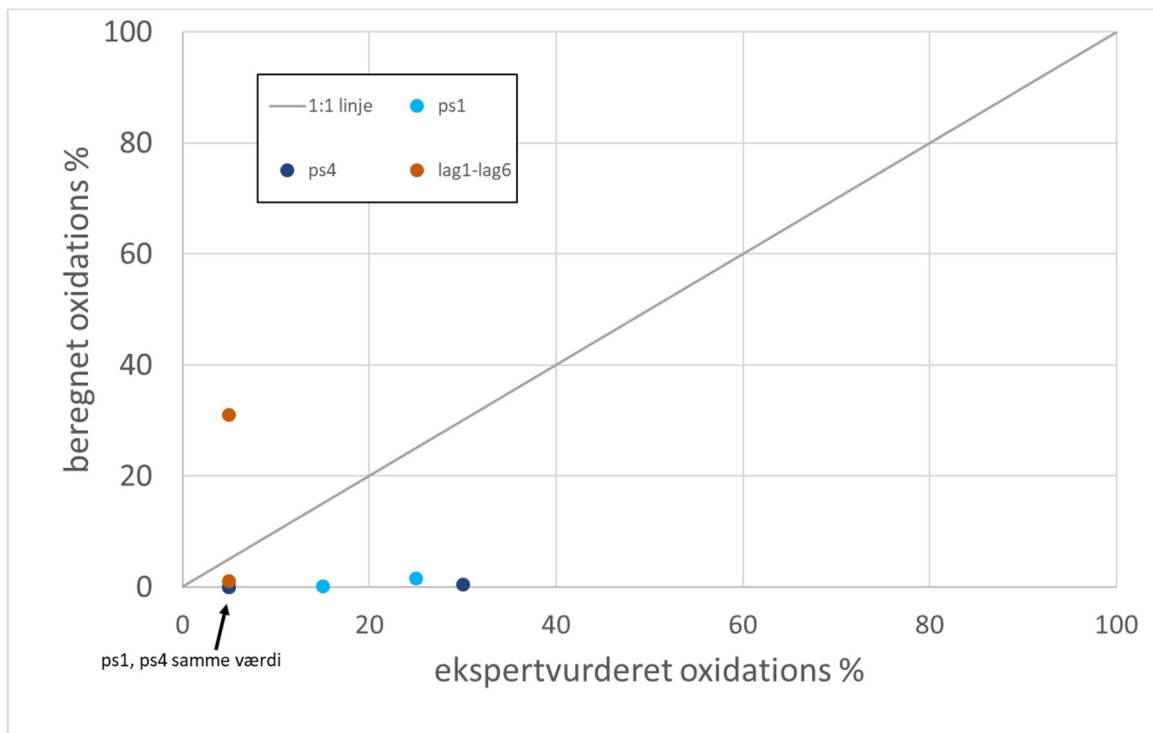
res udbredelsen af nitrat i kalk-GVF at være væsentligt større end beregnet ud fra den modellerede redoxfront. For begge forekomster er der tale om sårbare højtliggende kalkmagasiner med tynde sandede dæklag.



Figur 7.10. DK-modelberegnet oxidationsvolumenprocent i grundvandsforekomster i kalk sammenholdt med oxidations-volumenprocenten bestemt ved en ekspertvurdering af GEUS-projektgruppe. Bemærk, at der i alt vises 13 GVF på figuren. Flere data punkter ligger oven i hinanden (se tekst og pile).

**Grundvandsforekomster i prækvartært sand (figur 7.11):** Der er i alt udført tilstandsvurdering på seks GVF af prækvartært sand: ps1 (4 GVF) og ps4 (2 GVF). Ved sammenligning af det modellerede og det ekspertvurderede oxidationsvolumen optræder to ps1 og en ps4 GVF i næsten samme punkt (0-0,05 % beregnet ox-vol%, 5 % ekspert, se pil på figur 7.11). De øvrige GVF har fået en højere ox-vol% ved ekspertvurderingen i intervallet 20% til 30%, hvorimod de beregnede værdier viste ingen eller få procent oxidationsvolumen.

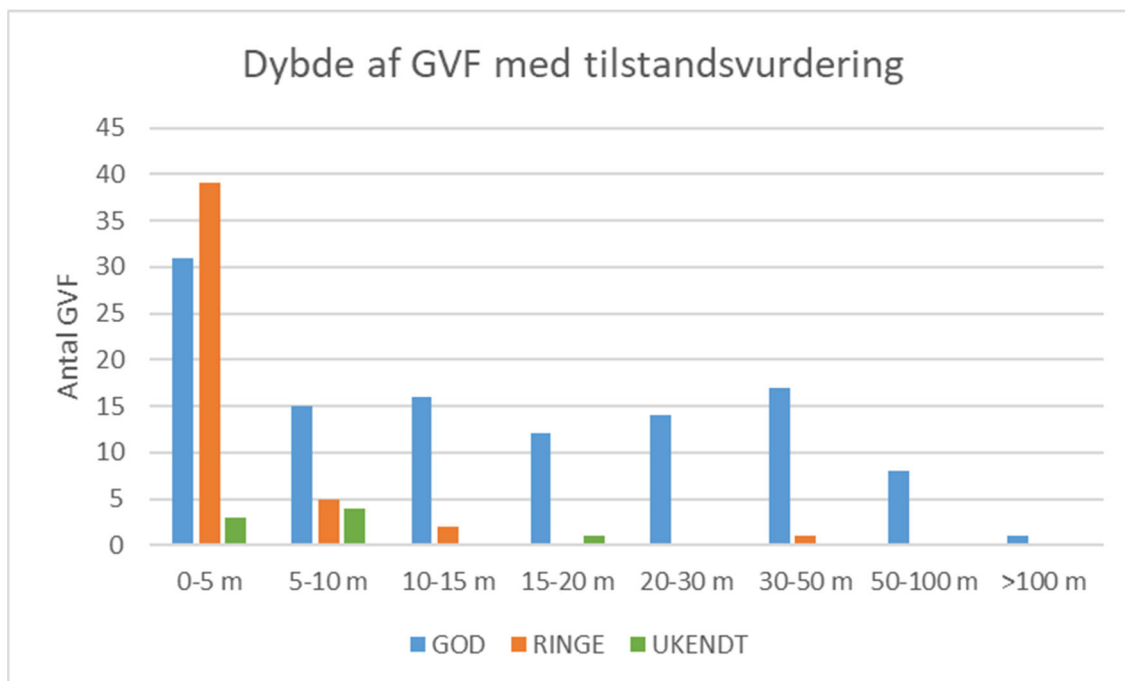
**Grundvandsforekomster på Bornholm (figur 7.11):** Der indgår to grundvandsforekomster på Bornholm (GVF lag1-lag6). Der er stor usikkerhed på den hydrostratigrafiske model for begge forekomster og for redoxgrænsens placering. Specielt beregnes et noget højere ox-vol% for GVF\_1809, end ekspertvurderingen anslår. GVF\_1795 på Sydbornholm består af opsprækkede sandsten, kalksten og skifre, der giver anledning til sprækketransport. Dette giver mulighed for oxiderede forhold i nogle sprækker og reducerede forhold i matrix og andre sprækker. Der er derfor stor usikkerhed på redoxfrontens beliggenhed på Sydbornholm. Grundvandsforekomsten på Nordbornholm (GVF\_1809) består af kvartære sand- og leraflejninger i en dyb sprækkedal i grundfjeldet. Der er stor usikkerhed på grundvandsforekomstens tykkelse, da den hydrostratigrafiske model er usikker.



Figur 7.11. DK-modelberegnet oxidationvolumenprocent i grundvandsforekomster af prækvartært sand (ps1 og ps4) og på Bornholm (lag1-lag6) sammenholdt med ox-vol% bestemt ved en ekspertvurdering af GEUS-projektgruppe. Bemærk, at der i alt vises 6 prækvartære sand GVF og 2 GVF fra Bornholm på figuren. Flere data punkter for prækvartært sand GVF ligger oven i hinanden (se pil).

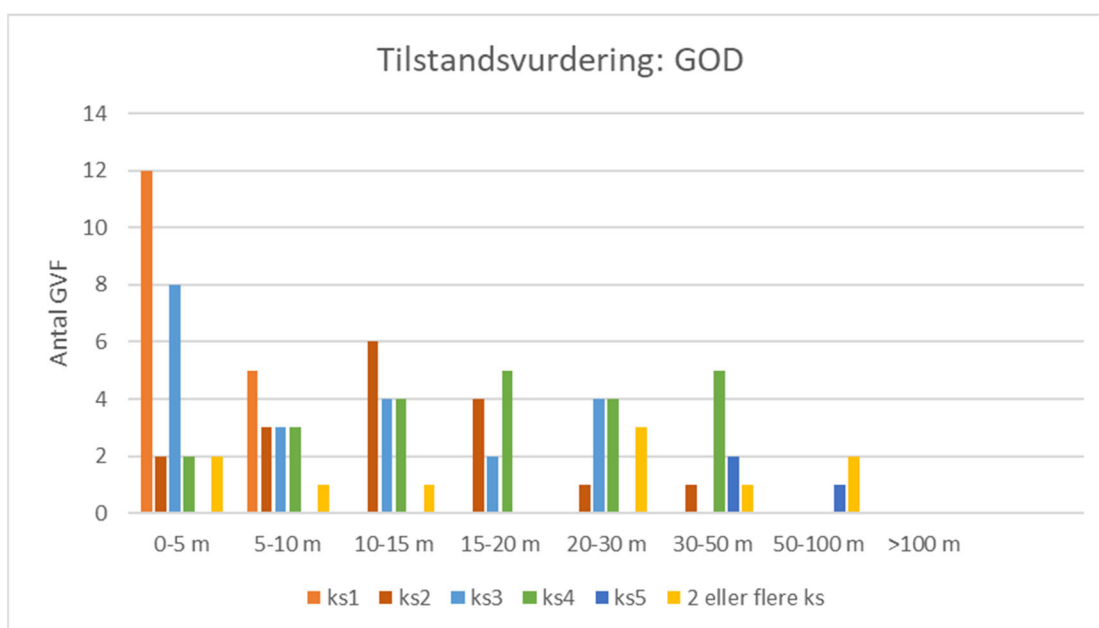
## 7.4 Relation mellem dybden til GVF og tilstandsvurdering

Der er foretaget en vurdering af sammenhængen mellem dybden til en grundvandsforekomst og vurderingen af tilstanden. Figur 7.12 viser middeldybden til toppen af GVF og tilstandsvurderingen (god, ringe og ukendt tilstand). Det fremgår, at GVF i god tilstand optræder i middeldybder fra helt terrænnært (0 - 5m under terræn) og til >100 meters dybde. Hovedparten af GVF med en ringe tilstandsvurdering optræder med en middeldybde fra terræn til ca. 10 meters dybde. GVF i ukendt tilstand findes mellem 5 og 20 meters dybde.



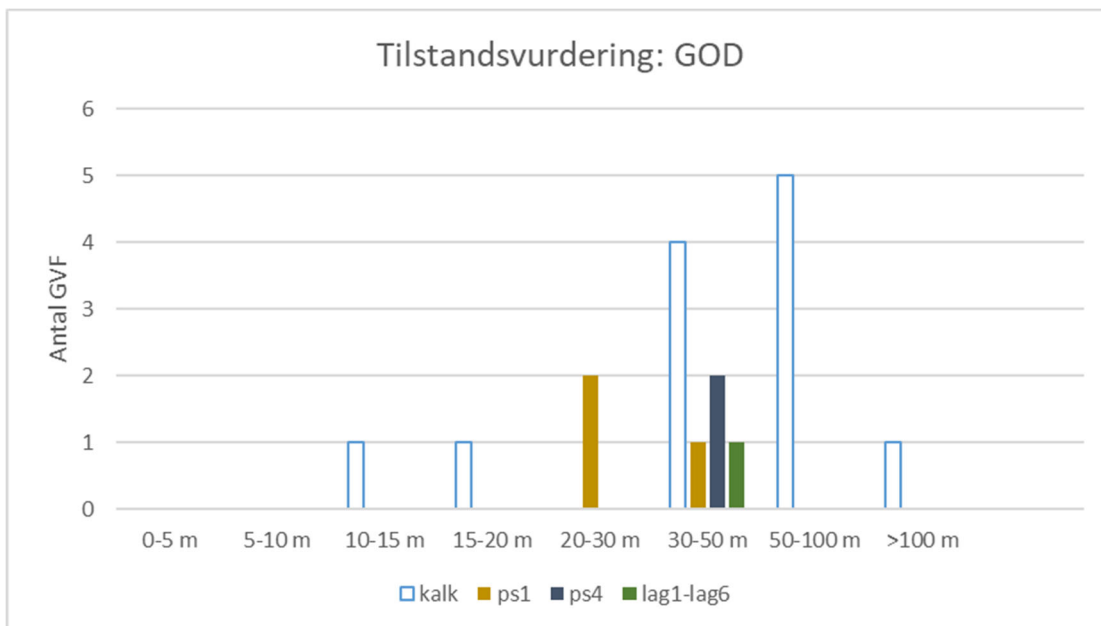
Figur 7.12. Middeldybden af alle GVF med tilstandsvurdering god, ringe eller ukendt.

Der er foretaget en vurdering af, om der er en dybdemæssig sammenhæng mellem tilstandsvurderingen af GVF klasse D og E og GVF magasinbjergart. Figur 7.13 og 7.14 viser middeldybden af alle GVF med tilstandsvurderingen God, inddelt på bjergartskategorier hhv. kvartære bjergarter og andet. Det kan konkluderes, at GVF af kvartært sand og grus i god tilstand optræder i hele dybdeintervallet fra 0-100 m.u.t. Alle de undersøgte GVF i kalk, prækvartært sand og på Bornholm er i god tilstand, hvilket sandsynligvis skyldes, at de ligger relativt dybt og således er bedre beskyttet mod nitrat forurening (figur 7.14).



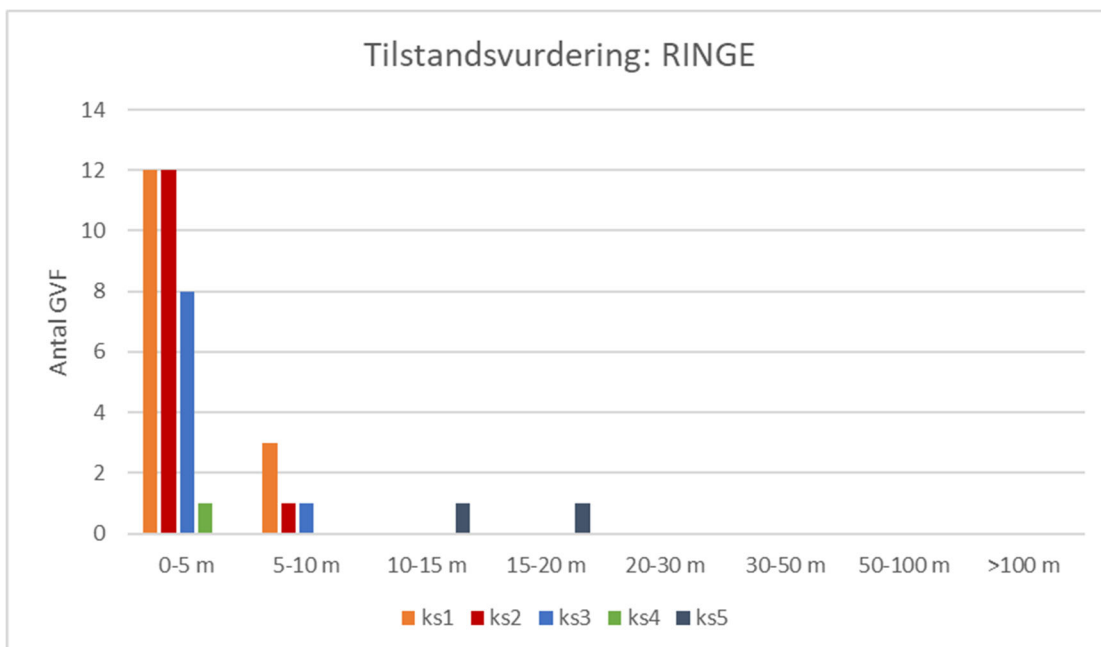
Figur 7.13. Middeldybden af klasse D og E grundvandsforekomster af kvartært sand og grus i god tilstand.





Figur 7.14. Middeldybden af klasse D og E grundvandsforekomster af præ-kvartært sand og på Bornholm i god tilstand.

Figur 7.15 viser middeldybden til overkanten af grundvandsforekomsten for alle GVF vurderet i ringe tilstand. Det fremgår, at de alle er af kvartært sand (ks1-ks5). Det kan konkluderes, at den overvejende del af disse GVF optræder i dybder fra nær terræn til ca. 10 meters dybde, hvilket også gør dem særlig sårbare for forurening med nitrat.



Figur 7.15. Middeldybden af klasse D og E grundvandsforekomster i ringe tilstand. Bemærk, at ingen GVF i prækvartært sand eller på Bornholm er i ringe tilstand.

## 8. Sammenfatning og anbefalinger.

### 8.1 Sammenfatning

Der er samlet set lavet en konkret undersøgelse i workshops for 171 grundvandsforekomster. Det har resulteret i opstilling af en konceptuel model med tilhørende tilstandsvurdering for nitrat for 170 grundvandsforekomster og derudover kunne en enkelt GVF ikke bedømmes. Ud af disse 170 grundvandsforekomster blev de 114 vurderet til at være i god tilstand, 48 i ringe tilstand og 8 i ukendt tilstand, se kapitel 7.

Den udviklede metode har vist sig som en effektiv måde at få opstillet konceptuelle modeller og dokumenteret processen herfor. Metoden har vist sig robust ift. at håndtere det meget heterogene datagrundlag, der ligger til grund for tilstandsvurderingerne. For samtlige faglige temaer gælder, at datatætheden varierer meget både mellem grundvandsforekomsterne og inden for grundvandsforekomsterne. Den valgte metode giver rum til at håndtere dette, og ikke mindst til kvalitativt at beskrive de usikkerheder, der knytter sig til såvel datagrundlag som de geologiske og hydrostratigrafiske modeller. Der er nærmere redegjort herfor i GEUS notat 07-VA-2019-08, se bilag 8

Den modellerede redoxfront har været et centralt fagligt tema, dels er det anvendt til at udvælge hvilke grundvandsforekomster, der skulle igennem en konkret undersøgelse og dels har det været centralt ved opstillingen af de konceptuelle modeller. Derudover har ekspertvurderingen af validiteten af den modellerede redoxfront og det skønnede oxidationsvolumen, været afgørende for de endelige tilstandsvurderinger. I hovedparten af forekomsterne viser ekspertvurderingen, at det reelle oxidationsvolumen kan forventes at være større end det modellerede, men at den modellerede redoxfront dog i de fleste GVF på mange måder var retvisende og gav et godt udgangspunkt for at vurdere omfanget af grundvand i grundvandsforekomsterne, der kan indeholde nitrat. I forlængelse heraf kunne omfanget af overskridelser af kravværdien på 50 mg/l i forekomsterne vurderes på basis af målte nitratkoncentrationer og arealanvendelsen.

### 8.2 Kvalitetssikring

Kvalitetssikring af arbejdet med tilstandsvurderingerne har fra starten været et vigtigt aspekt af arbejdet og er udført løbende gennem projektet.

En meget væsentlig del af kvalitetssikringen har bestået i at udarbejde strengt systematiske arbejdsformer og sikre dokumentation af disse undervejs i projektet. Formålet med dette har været at opretholde en så ensartet tilgang som muligt hen over de mange workshops. Da hovedparten af de faglige temaer for de 171 grundvandsforekomster er automatisk genereret på basis af GIS-programmer og andet programmel, er der opnået en sikkerhed for en stor ensartethed i vurderingerne. Derudover har der i forbindelse med udarbejdelse af de enkelte

faglige temaer været en konkret kvalitetssikring af disse, fx ved at temaerne har været gennemset af flere personer i arbejdsgruppen. Hertil kommer, at der ved hver workshop er sket en gennemgang af temaerne i plenum, hvorved eventuelle fejl og mangler er blevet noteret.

Under workshopkene blev der lavet et referat, der oplyste alle identificerede problemer og fejl, som gav anledning til opfølgning. Alle disse detaljer blev derefter tildelt en ansvarlig person, og det blev løbende fulgt op på workshopkene, at opgaverne var løst. Endelig blev alle opgaver listet i et regneark. Dette regneark blev gjort til et centralt arbejdsdokument for at sikre, at alle nødvendige rettelser hen ad vejen blev gennemført eller på anden måde håndteret.

De udarbejdede dokumentationsark for grundvandsforekomsterne er gennemlæst og tilrettet af mindst to medlemmer af gruppen. Endelig har dokumenter beregnet til eksternt brug undervejs i projektet såvel som den endelige rapport undergået almindelig kvalitetssikring.

I kapitel 5 er de anvendte principper, der blev anvendt til tilstandsvurderingen gennemgået mere detaljeret.

## 8.3 anbefalinger

### Flere GVF med en samlet vurdering 'ringe, ringe, ringe':

- Tilstand: ringe.
- Datarepræsentativitet: ringe.
- Sikkerhed af vurderingerne: ringe.

For disse GVF skal der i forbindelse med vandplanernes implementering, ske en vurdering af hvilke indsatser, der skal iværksættes, og i den sammenhæng kan der være behov for et genbesøg.

GEUS har i forbindelse med kvalitetssikringen af tilstandsvurderingerne genbesøgt en række grundvandsforekomster og fundet, at de oprindelige vurderinger fastholdes, for så vidt der ikke inddrages yderligere data.

Men der kan derudover være behov for en nærmere vurdering af grundvandsforekomstens afgrænsning ved et genbesøg, som ligger udover, hvad der var muligt i nærværende projekt.

Grundvandsforekomsterne, der klassificeres som 'ringe-ringe-ringe' er vist i tabel 8.1.

Tabel 8.1. Grundvandsforekomster, der er vurderet i tilstanden 'ringe-ringe-ringe' af klassen D og E og som anbefales et genbesøg.

GVF nummer	GVF bjergart	GVF klasse
3227	ks1	E
1124	ks1	E
26	ks1-ks2	E
3398	ks2	E
255	ks2	E
228	ks2	E
1000	ks3	E
3265	KS1	D
3090	KS1	D
3118	KS1	D
3258	KS1	D
1154	KS1	D
3083	KS1	D
3096	KS1	D
1175	KS1	D
2	KS1-KS2	D
25	KS1-KS2	D
18	KS1-KS2	D
20	KS1-KS2	D
19	KS2	D
204	KS2	D
225	KS2	D
993	KS3	D
340	KS3	D
345	KS3	D
446	KS4	D

Ved det videre arbejde med grundvandsforekomsterne med tilstandsvurdering 'ringe-ringe-ringe' kan der være behov for at vurdere, om der faktisk er et indsatsbehov. Dette kan være vigtigere, end at lave en mere sikker tilstandsvurdering, idet datagrundlaget netop er vurderet som ringe. Hovedparten af grundvandsforekomster med 'ringe-ringe – ringe' er klasse D, der i de endelige vandområderplaner tildeles tilstanden 'i risiko', og ikke ringe tilstand. Grundvandsforekomster i risiko vil netop forventes at blive underkastet en nærmere overvågning i den kommende planperiode. For GVF klasse E i tabel 8.1 kan brugen af udvaskningsmodeller som N-LESS eller andre modeller bruges til at se, om der i dag og fremadrettet vil udvaskes et for højt nitratindhold til grundvandsforekomsten.

Mht. indsatsbehov og tilstand gælder der helt generelt det forhold, at de koncentrationer, der observeres i grundvandsforekomsterne, vil altid alene kun vise fortidens udvaskning og i mange tilfælde situationen for årtier siden. Det anbefales derfor kun at iværksætte yderligere indsatser, hvis det ud fra modellering af den aktuelle og fremtidige udvaskning ser ud til, at der fortsat er for stor udvaskning til disse grundvandsforekomster.

## Nye temaer

- Det anbefales, at udarbejde et nyt antropogent fagligt tema med N-LESS model beregning (eller anden model) af N-udvaskningen til brug for indsatsplanerne.
- Det foreslås, at arealanvendelsestemaet tilknyttes % beregninger for de forskellige arealanvendelser på forekomstniveau.
- Det foreslås, at lave en oversigt på tema G-10, der viser antal af boringer (med lithologi) pr. km<sup>2</sup>
- Det foreslås, at lave et tema der viser lerdækket umiddelbart over grundvandsforekomsten, dvs. lertykkelsen fra toppen af magasinet til overliggende magasin eller topografi -> som et bedre mål for beskyttelse end lertykkelse til øverste magasin (nuværende tema)

## Øvrige kommentarer:

- GVF\_ 3613 Kalk-Lolland, kunne godt have en mindre udstrækning mod syd. Samtidig er der to indvindinger mod sydvest, der kunne ligge inden for afgrænsningen af GVF. GVF bør genbesøges med henblik på kvalificering af den konceptuelle model og den geologiske tolkning.
- LOOP-indtag, der står i ler, bør ikke være en del af grundvandsforekomsten, idet de er etableret med det formål, at beskrive udvaskning til grundvandet mere end at beskrive udbredelsen af grundvandsmagasiner.
- Det anbefales, at opdele Samsø i to grundvandsforekomster, samt revidere den hydrostratigrafiske model på Bornholm, samt kalkmagasiner over salthorste, fx på Mors.
- Anvendelsen af koderne for 'projekt' for vandprøver indberettet til Jupiter fra regionerne og andre, der arbejder med depoter og jordforureninger, viste sig at være misvisende, idet der i det meste af landet anvendes betegnelsen 'Boringskontrol', for prøver der intet har at gøre med vandværkernes boringskontrol. Der bør i stedet anvendes den korrekte kode som fx losseplads, jordforurening eller depotkontrol.
- Borejournalen for DGU 222.648 er et godt eksempel på repeterede redoxzoner på Sjælland. Det konkrete indtag bør dog ikke være tilknyttet GVF\_3227.

## 9. Litteratur

### Litteraturlisten dækker såvel selve rapporten som bilagene.

EU 2000: Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2000/60/EF af 23. oktober 2000 om fastlæggelse af en ramme for Fællesskabets vandpolitiske foranstaltninger med senere ændringer (Vandrammedirektivet).

EU, 2003: Guidance Document No 3. Analysis of pressures and impacts. WG 2.1 IMPRESS.

EU, 2006: Europaparlamentets og Rådets Direktiv 2006/118/EF af 12. december 2006 om beskyttelse af grundvandet mod forurening og forringelser (Grundvandsdirektivet).

EU, 2009: Guidance Document No. 18 Guidance on groundwater status and trend assessment. Technical Report-2009-026.

EU, 2010: Guidance Document No. 26, Guidance on risk assessment and the use of conceptual models for groundwater. Technical Report – 2010 – 042.

Esbensen, K.H. og Wagner, C., 2015: Theory of sampling (TOS) - Fundamental definitions and concepts. Spectroscopy Europe, Volume 27, Issue 1, 1 February 2015, Pages 22-25.

Fiandaca, G., Ramm, J., Binley, A., Gazoty, A., Christiansen, A.V., Auken, E., 2013. Resolving spectral information from time domain induced polarization data through 2-D inversion. Geophys. J. Int. 192, 631–646. doi:10.1093/gji/ggs060

Hansen, B. Sonnenborg, T.O., Møller, I., Bernth, J.D., Høyer, A., Rasmussen, P., Sandersen, P.B.E., Jørgensen, F., 2016: Nitrate vulnerability assessment of aquifers. Environ. Earth Science vol. 75, 999. DOI 10.1007/s12665-016-5767-2

GERDA database [WWW Document], URL <http://www.geus.dk/produkter-ydelser-og-faciliteter/data-og-kort/national-geofysisk-database-gerda/>

Gravesen, P., Balling, I.M., Vignoli, G., Klint, K.E.S., Brüsch, W., Nilsson, B., Larsen, C.L., Juhler, R., Rosenbom, A.E., 2014. Vurdering af mulighederne for udpegning af pesticidfølsomme leroråder (SFO-ler) på grundlag af eksisterende data. Udarbejdet for Naturstyrelsen. Danmarks og Grønlands geologiske Undersøgelse Rapport 2014/2.

Hansen, B. og Thorling, L., 2018: Kemisk grundvandskortlægning. Geo-vejledning 2018/2. [http://www.geovejledning.dk/2018\\_2/](http://www.geovejledning.dk/2018_2/)

Højberg, A.H., Stisen, S., Olsen, M., Troldborg, L., Uglebjerg, T.B. & Jørgensen, L.F. 2015. DK-model2014 - Model opdatering og kalibrering. GEUS rapport 2015/8, København

Høyer, A.-S., K.E.S. Klint, G. Fiandaca, P.K. Maurya, A.V. Christiansen, N. Balbarini, P.L. Bjerg, T.B. Hansen, and I. Møller. 2019. "Development of a High-Resolution 3D Geological Model for Landfill Leachate Risk Assessment." *Engineering Geology* 249 (January): 45–59. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2018.12.015>.

Jakobsen, R. & Postma, D., 1994: In situ rates of sulfate reduction in an aquifer (Rømø, Denmark) and implications for the reactivity of organic matter. *Geology*, vol. 22, p. 1103-1106, dec. 1994.

Jakobsen, P.R. , 2013: Morfologisk kort over Sjælland, øerne og Bornholm/Fyn (samt stedvist i Jylland) Leverandør: GEUS; Download: [https://frisbee.geus.dk/geuswebsites-hop/index.xhtml?area=4&category=61&product=921](https://frisbee.geus.dk/geuswebsites/hop/index.xhtml?area=4&category=61&product=921).

Jakobsen, P.R., Hermansen, B. & Tougaard, L., 2015. Danmarks digitale jordartskort 1:25000, Version 4.0. GEUS-rapport 2015/30 ([http://pubs.geus.net/Danmark/jordartskort/Jordart\\_25000\\_beskriv.pdf](http://pubs.geus.net/Danmark/jordartskort/Jordart_25000_beskriv.pdf)).

Jørgensen F. mfl., 2008: Opstilling af geologiske modeller til grundvandsmodellering. Geovejledning 3. GEUS Særudgivelse

Kim, H., Høyer A.-S., Jakobsen, R., Thorling, L., Aamand, J., Maurya, P., Christiansen, A., Hansen, B., 2019: 3D characterization of the subsurface redox architecture in complex geological settings. *Science of the total Environment*, 693 (2019) 133583.

Koch, J., Stisen, S., Refsgaard, J.C., Ernstsen, V., Jakobsen, P.R., Højberg A.L., 2019: Nyt nationalt redoxkort i høj opløsning. *Vand og Jord*, årgang 26, 26-29.

Levin, G., Jepsen, MR., Blemmer, M. 2012. Basemap, Technical documentation of a model for elaboration of a land-use and land-cover map for Denmark. Aarhus Universitet - DCE Tekn.Rap. 11/2012 <http://www.dmu.dk/Pub/TR11.pdf> (24 maj, 2018)

Mielby, S., Løfquist, L., Sørensen, B.L., Kristensen, M., Møller, I., von Platen-Hallermund, F., Ditlefsen, C., Pedersen, C.B., Vangkilde-Pedersen, T., 2017. Den nationale Grundvandskortlægning (1999-2015). Sikring af grundvandskortlægningens data - Arvesølvprojektet. De nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland, GEUS. Særudgivelse.

Miljøstyrelsen, 2020: FOHM - Fælles Offentligt Hydrologisk Model, "Samling af geologiske modeller i Jylland", dokumentationsrapport, udarbejdet af COWI for Miljøstyrelsen, marts 2020 (foreløbig udgave)

Pedersen, S.A.S, Hermansen, B., Nathan, C. & Tougaard, L., 2011. Digitalt kort over Danmarks jordarter 1:200.000, version 2. Geologisk kort over de overfladenære jordarter i Danmark. GEUS-rapport 2011/19 ([http://pubs.geus.net/Danmark/jordartskort/Jordart\\_200000\\_v2\\_beskriv.pdf](http://pubs.geus.net/Danmark/jordartskort/Jordart_200000_v2_beskriv.pdf)).

Postma, D., Boesen, C., Kristiansen, H., Larsen, F., 1991. Nitrate reduction in an unconfined Sandy aquifer - water chemistry, reduction processes, and geochemical modeling. *Water Resour. Res.* 27, 2027–2045.

Rambøll, 2012: Delaftale 28 Sydsamsø. Endelig rapport.

Sandersen & Jørgensen, 2016: Kortlægning af begravede dale i Danmark. Opdatering 2010-2015. GEUS Særudgivelse, bind 1 & 2.

- Sandersen, P.B.E., Jørgensen, F., Kallesøe, A.J. & Møller, I., 2018: Opstilling af geologiske modeller til grundvandsmodellering. Geovejledning 2018/1. GEUS Særudgivelse.
- Smed, P., 1979: Landskabskort over Danmark. Blad 1, Nordjylland, Geografforlaget.
- Smed, P., 1981a: Landskabskort over Danmark. Blad 2, Midtjylland, Geografforlaget.
- Smed, P., 1981b: Landskabskort over Danmark. Blad 3, Sønderjylland, Fyn, Geografforlaget.
- Smed, P., 1981c: Landskabskort over Danmark. Blad 4, Sjælland, Lolland, Falster, Bornholm, Geografforlaget.
- Thorling, L. og Sørensen B.L., 2014: Kemisk tilstandsvurdering Vandplan II. Rapportering af data og metodevalg.
- Thorling, L. og Hansen, M., 2018: Datakilder, der kan anvendes ved vurdering af grundvandet tilstand for nitrat. Notat: 23. marts. 2018. rev. 8. maj 2018. Leverance 1.
- Thorling, L., Møller, I., Nilsson, B., Sandersen, P. & Troldborg, L., 2019: Dokumentationsrapport, Nitrattilstand for grundvandsforekomster, metodeudvikling. Miljøstyrelsens projekt "Udvikling af metode for relevante undersøgelser for vurdering af nitratpåvirkning af grundvandsforekomsterne (GVF) – Leverance 7". GEUS rapport 2019/6.
- Thorling, L., Albers, C.N., Ditlefsen, C., Ernstsen, V., Hansen, B., Johnsen, A.R., & Troldborg, L., 2019a: Grundvand. Status og udvikling 1989 – 2018. Teknisk rapport, GEUS 2019.
- Thorling, L., Vangkilde-Pedersen, T., & Troldborg, L., 2019b: Opdateret Leverance 2 i projektet "Metode for vurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand og nye vurderinger af tilstanden fsva. Nitrat" GEUS notat nr. 07-VA-2019-5.
- Troldborg, L., Sørensen, B.L., Kristensen, M. & Mielby, S., 2014: "Afgrensning af grundvandsforekomster - Tredje revision af grundvandsforekomster i Danmark". GEUS rapport 2014/58, København.
- Troldborg, L., Børgesen, C.D., Thodsen, H. & van der Keur, P., 2016. National kvælstofmodel. Kvælstofpåvirkning af grundvand. ISBN: 978-87-7871-458-9, 77p.
- Troldborg, L., 2018: Leverance 3, notat om indtagskobling og indvindingsmængder, leverance 3. GEUS Notat 06-VA-18-02
- Troldborg, L. 2019: Leverance 3, opdateret notat om indtagskobling og indvindingsmængde. GEUS Notat 06-VA-19-02
- Troldborg, L., 2020: Afgrensning af de danske grundvandsforekomster. GEUS rapport 2020/1, København.



## **Bilag.**

Alle bilag foreligger kun som pdf filer.

Alle GEUS-notater tilknyttet leverancerne i projektet fremgår af Bilagene.

Leverance 7.1 er dokumenteret i en selvstændig rapport, se Thorling mfl. 2019, GEUS rapport 2019/6

### **Oversigt over bilag**

Bilag 1: Beskrivelse af de faglige temaer i dokumentationsarkene.

Bilag 2: Faglige temaer for tre udvalgte Grundvandsforekomster.

Bilag 3: Notat vedr. Leverance 1

Bilag 4: Notat vedr. Leverance 2

Bilag 5: Notater vedr. Leverance 3 (to versioner, 2018 og 2019)

Bilag 6: Notat vedr. Leverance 5/6

Bilag 7: Notat vedr. det samlede resultat

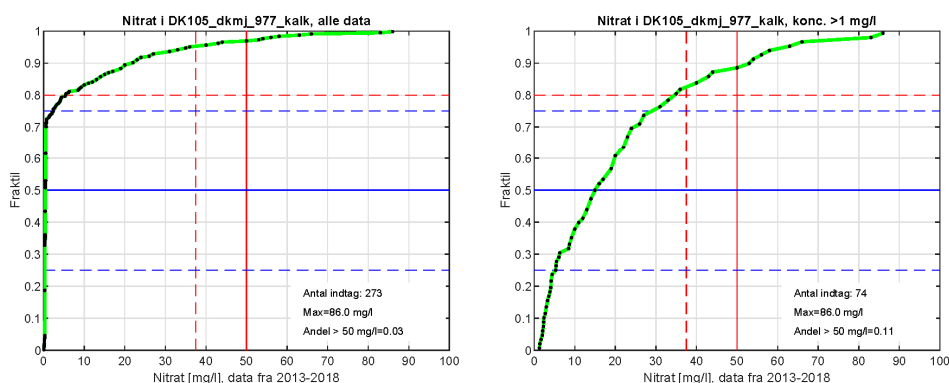
Bilag 8: Notat vedr. usikkerheder på afgrænsning af grundvandsforekomster.



## Tema N-1: Fordelingskurver for nitrat

### Tema layout:

#### N1 Fordelingskurver for nitrat, DK105\_dkmj\_977\_kalk



### Data og databehandling

På venstre figur ses fordelingen af det gennemsnitlige nitrat for perioden 2013-2018 fra indtag, der er tilknyttet en grundvandsforekomst. Denne figur viser nitratkoncentrationernes fordeling i de enkelte grundvandsforekomster, med angivelse af kravværdien på 50 mg/l og en række percentiler af betydning for vurderingen, fx 80 %.

Temaets venstre figur viser det gennemsnitlige indhold af nitrat for perioden 2013-2018, for den nitratholdige del af grundvandsforekomsten (nitrat >1 mg/l).

I de samlede faglige temaer for de enkelte GVF er det noteret, hvilke datatyper, der indgår i nitratmålingerne/1/. Ved vurderingen i forbindelse med tilstandsvurderingen er der taget hensyn til de forskellige datatypers forskellige repræsentativitet, idet Boringskontrol data typisk har nitrat < 50 mg/l, mens GRUMO data vurderes at have repræsentative nitratkoncentrationer for den nitratholdige del af grundvandet.

Der anvendes nitrat data fra leverance 2 /2/ og koblingen af indtag til grundvandsforekomster stammer fra leverance 3 /3/.

### Referencer:

- /1/ Thorling og Hansen: Notat datakilder\_nitratilstand-v3-8\_5\_2018, leverance 1
- /2/ Thorling mfl. Leverance 2. GEUS notat 07-VA-2019-05
- /3/ Trolborg: Notat om indtagskobling og indvindingsmængder, leverance 3

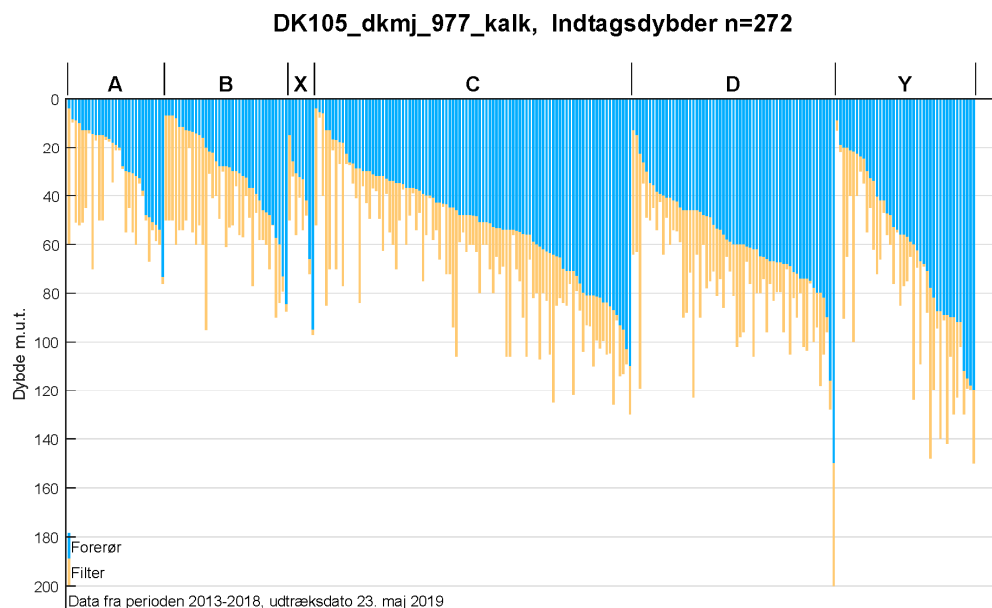
Udført af: LTS\ILM Dato: 18.09.2019/13.11.2019



## Tema N-2: Vandtype og indtagsdybder

### Tema layout:

### N2 Vandtype for indtagsdybde, DK105\_dkmj\_977\_kalk



### Data og databehandling

Temaet viser dybdefordelingen af alle indtag tilknyttet grundvandsforekomsten, hvor der er analyseret for nitrat i perioden 2013-2018, opdelt på vandtyper. Vandtyperne er beregnet på basis af seneste analyse i ovenstående periode, hvor parametrene nitrat, sulfat, ilt og jern optræder i samme prøve. Beregning af redoxvandtyper bygger på algoritmen i seneste version af geovejledning om kemisk kortlægning. Vandtype Y indeholder ikke nitrat, men kan indeholde fx ilt, og vandtype X indeholder nitrat, men fx også jern 1/.

Dybdefordelingen viser med blå forerørets dybdeinterval og med gult indtagets dybdeinterval. For hver vandtype er data sorteret med stigende dybde til indtagstop. Vandtyperne optræder i rækkefølgen, A, B, X, C, D, Y. Vandtyperne A, B, X indeholder nitrat (>1 mg/l nitrat), mens vandtyperne C, D, Y er nitratfri (≤ 1 mg/l nitrat).

Nitrat data stammer fra leverance 2 /2/.

Koblingen af indtag til grundvandsforekomster stammer fra leverance 3 /3/.

### Referencer:

/1/ Hansen, B. & Thorling, L., 2018: Kemisk grundvandskortlægning. Geovejledning 2018/2. GEUS særudgivelse.

/2/ Notat datakilder\_nitratilstand-v3-8\_5\_2018, leverance 1

/3/ Notat om indtagskobling og indvindingsmængder, leverance 3

Udført af:	LTS\ILM	Dato:	18.09.2019/13.11.2019
------------	---------	-------	-----------------------

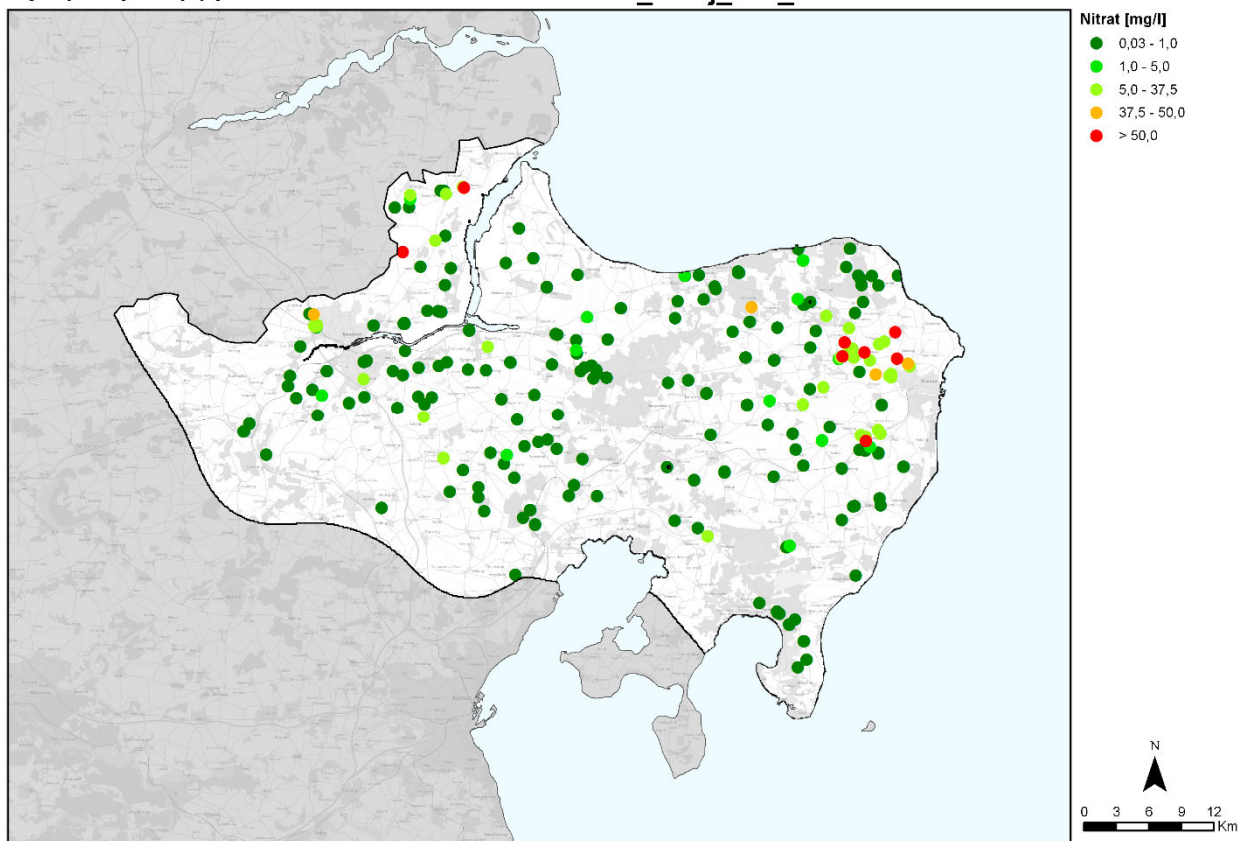


## Tema N-3: Nitratmålinger geografisk fordeling

### Tema layout:

#### Tema N-3: Nitrat

DK105\_dkmj\_977\_kalk



### Data og databehandling

Temaet viser den gennemsnitlige nitratkoncentration i perioden 2011-2016 fra indtag, der er tilknyttet grundvandsforekomsten.

Nitratdata er sorteret således, at de største værdier ligger øverst og de mindste nederst.

Nitratdata stammer fra leverance 2/1/.

Koblingen af indtag til grundvandsforekomster stammer fra leverance 3 /2/.

### Referencer:

/1/ Thorling og Hansen: Notat datakilder\_nitratilstand-v3-8\_5\_2018, leverance 1

/2/ Trolborg: Notat om indtagkobling og indvindingsmængder, leverance 3

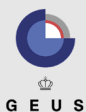
Udført af:

LTS/LTR

Dato:

18.05.2018 / 13.11.2019

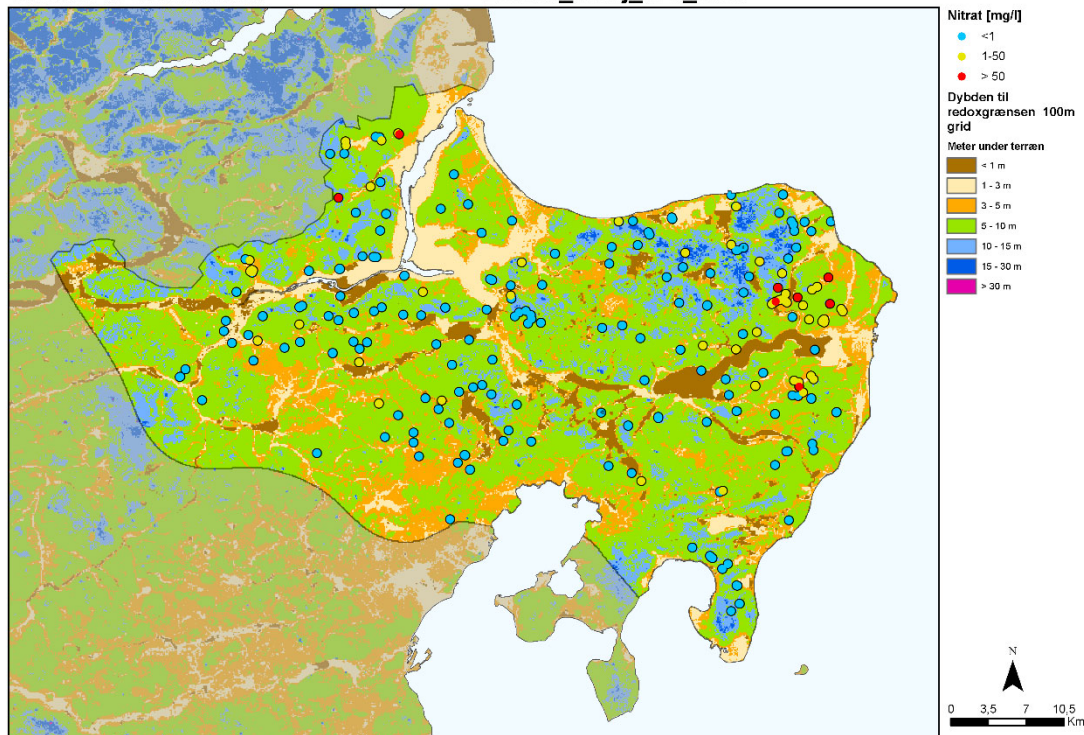
## Tema N-6: Redoxfront



### Tema layout:

Tema N-6: Redoxfront

DK105\_dkmj\_977\_kalk



### Data og databehandling

Temaet viser dybden til reducerede jordlag, der kan forventes at være nitratfri i et 100x100 m<sup>2</sup> grid.

Dybden til redoxfronten er baseret på farveskift i boringer indberettet til Jupiter /1 og 4/.

Nitratdata stammer fra leverance 1 /1/.

Koblingen af indtag til grundvandsforekomster stammer fra leverance 3 /2/.

### Referencer:

/1/ Ernstsén, V. & Platen, F.v., 2014: Opdatering af det nationale redoxkort fra 2006- til brug for den Nationale Kvælstofmodel 2015. GEUS rapport 2014/20.

/2/ Thorling og Hansen, Notat datakilder\_nitratilstand-v3-8\_5\_2018, leverance 1

/3/ Notat om indtagkobling og indvindingsmængder, leverance 3

/4/ <http://www.geus.dk/om-geus/nyheder/nyhedsarkiv/2019/mar/geus-er-klar-med-nyt-nationalt-redoxkort/>

Udført af:

LIT / LTR / LTS

Dato:

24.06.2019

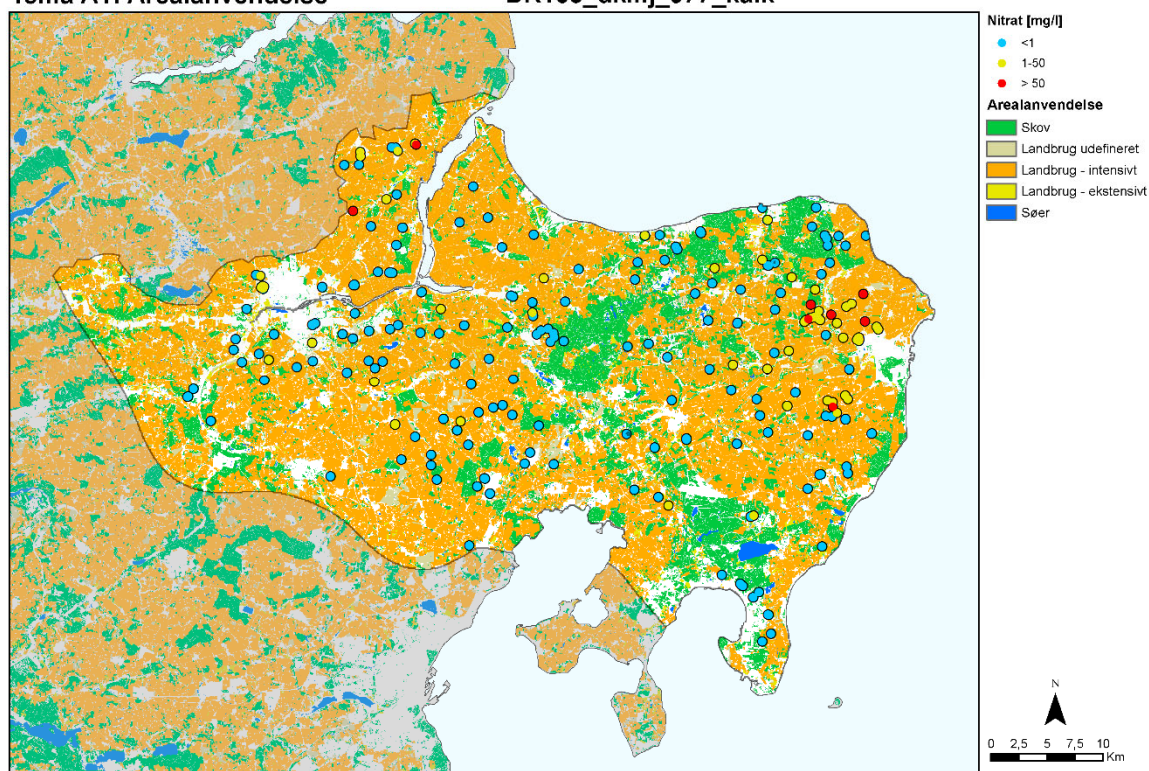


## Tema A-1: Arealanvendelse

### Tema layout:

Tema A1: Arealanvendelse

DK105\_dkmj\_977\_kalk



### Data og databehandling

Temaet viser fem forskellige klasser af arealanvendelse med fokus på arealer med potentiel N-udvaskning. Temakortet viser grundvandsforekomsten og indtag med nitratmålinger tilknyttet forekomsten som overlay. Nitratmålinger med rød signatur overskrider kravværdien på 50 mg/l.

### Anvendte data

LULC BASEMAP 2012, landsdækkende grid datasæt 10x10m<sup>2</sup> /1/

Nitratdata) for 2011-2016 stammer fra leverance 2 (Jupiter udtræk den 20. april 2018. /2/

Anvendt format: punkt tema på baggrund af landsdækkende datasæt. UTM/ETRS89, zone 32N

### Referencer:

/1/ Levin, G., Jepsen, MR., Blemmer, M. 2012. Basemap, Technical documentation of a model for elaboration of a land-use and land-cover map for Denmark. Aarhus Universitet - DCE Tekn.Rap. 11/2012 <http://www.dmu.dk/Pub/TR11.pdf> (sidst besøgt 24 maj, 2018)

/2/ Thorling og Hansen. 2018. Leverance 1: Notat datakilder\_nitratilstand-v3-8\_5\_2018.docx

Udført af:	LIT / LTR	Dato:	21.06.2019
------------	-----------	-------	------------

## Tema A-2:

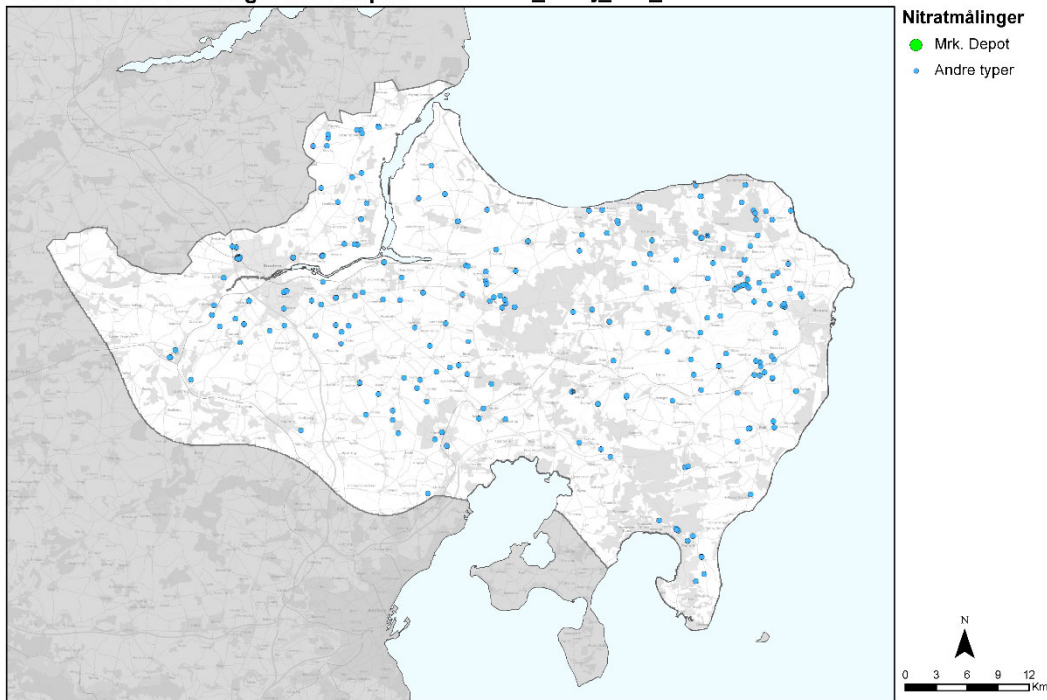


## Nitratmålinger mærket Depot

### Tema layout:

Tema A-2: Nitratmålinger mrk. depot

DK105\_dkmj\_977\_kalk



### Data og databehandling

Temakortet viser placeringen af indtag, hvor der er målt for nitrat for perioden 2011-2016. Nitratmålinger mærket "Depot" er fremhævet med grøn cirkel.

Temakortet viser grundvandsforekomsten som overlay. GIS-temaet er lavet i ArcGIS.

Det har under arbejdet med tilstandsvurderingerne vist sig at en meget betydelig del af de vandprøver der udtages i forbindelse med jordforureningsundersøgelser er mærket som Boringskontroller, BK. Dette gælder ikke blot de der er udtaget på vandværker, eller vandværkernes egne boringer etableret som miljøboringer mm. Det gælder i høj grad også for regionernes egne undersøgelsesboringer eller boringer der er sat i forbindelse med forurenende virksomheder. Det må forventes, at når der derfor er brug for at kombinere oplysningen om prøveårsag, med oplysninger om virksomhedstyper for de anlæg boringerne er knyttet til samt andre koder om anvendelse mm for at få et stærkere filter til at identificere prøver udtaget for at lave forureningsundersøgelser i indtag der ikke anvendes til vandindvinding.

#### Anvendte data

Nitratdata for 2013-2018 stammer fra leverance 2. /1/

Anvendt format: punkttema på baggrund af landsdækkende datasæt.

### Referencer:

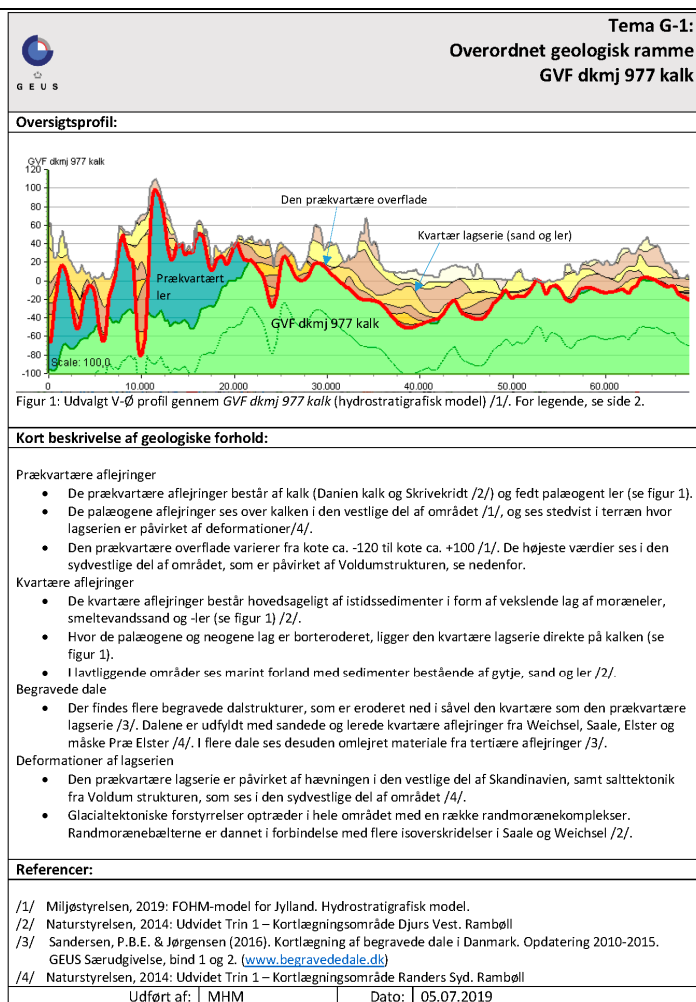
/1/ Thorling og Hansen, Leverance 1: Notat datakilder\_nitratilstand-v3-8\_5\_2018.docx

Udført af:	LIT / LTR	Dato:	28.05.2019
------------	-----------	-------	------------



## Tema G-1: Overordnet geologisk ramme

### Tema layout:



### Data og databehandling

For hver GVF er der udarbejdet et kortfattet, 1-sides dokument med en oversigt over geologien i området ovenover grundvandsforekomsten (se figur herover). Beskrivelsen tager udgangspunkt i eksisterende beskrivelser af de geologiske forhold i geologiske modelrapporter, den eksisterende hydrostratigrafiske model for Danmark fra DK-Modellen, samt geofaglige artikler og afhandlinger. Beskrivelsen er udformet omkring et repræsentativt profilsnit gennem grundvandsforekomsten med den landsdækkende hydrostratigrafiske model som baggrund, samt en kortfattet beskrivelse af geologien under overskrifterne:

- Prækvarter aflejringer
- Kvarter aflejringer
- Begravede dale
- Deformationer af lagserien
- Referencer

Det anvendte materiale fremgår af referencelisten på de enkelte ark.

Udført af: | PSA | Dato: | 18.05.2018/15.11.2019



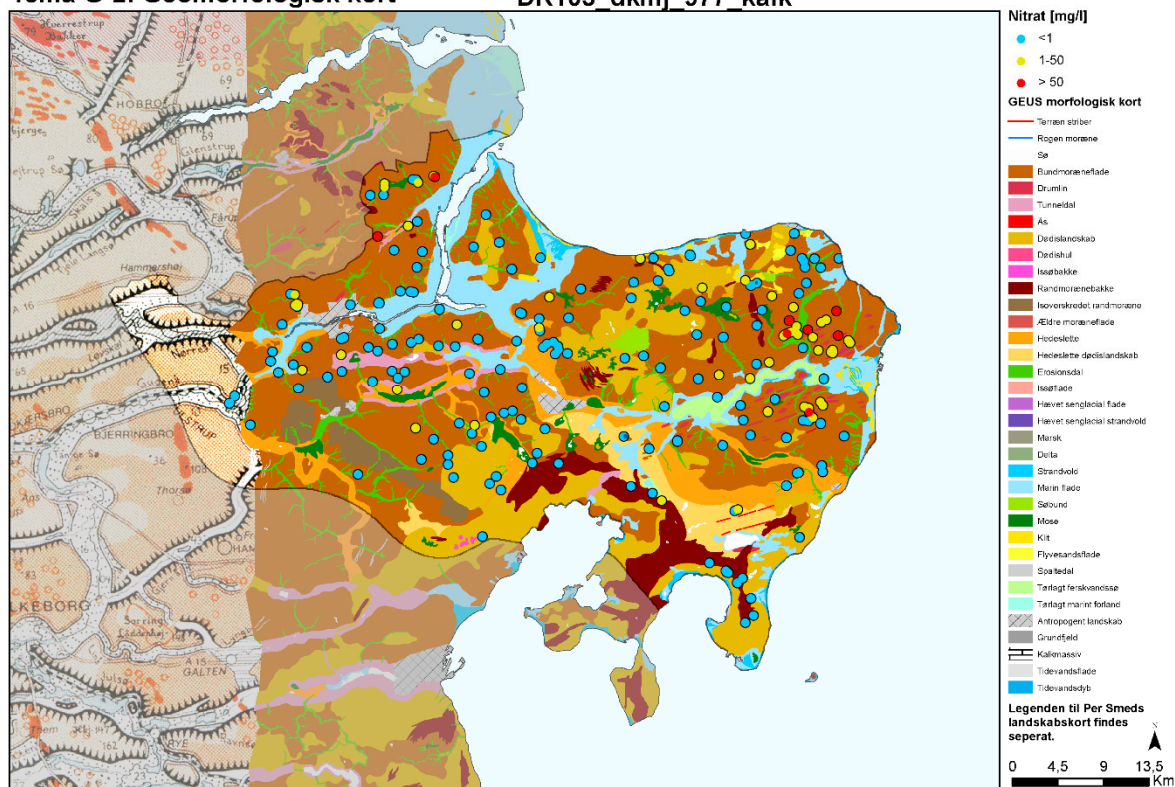


## Tema G-2: Geomorfologisk kort

### Tema layout:

#### Tema G-2: Geomorfologisk kort

DK105\_dkmj\_977\_kalk



### Data og databehandling

#### Beskrivelse

Der tages udgangspunkt i GEUS' digitale geomorfologiske kort og Per Smeds landskabs-kort /1-4/. GEUS' kort dækker indtil videre Sjælland, øerne og Bornholm i endelige udgaver, samt Fyn, Østjylland og Nordjylland i foreløbige udgaver. I den resterende del af landet anvendes Per Smeds landskabskort. I visse tilfælde kan der i forbindelse med lokale geologiske modeller være udarbejdet geomorfologiske kort, men i nærværende projekt anvendes dog kun de to nævnte korttyper.

#### Anvendte data

Morfologisk kort over Sjælland, øerne og Bornholm/Fyn (samt stedvist i Jylland)

Leverandør: GEUS; Peter Roll Jakobsen.

Download: <https://frisbee.geus.dk/geuswebshop/index.xhtml?area=4&category=61&product=921>.

Kortet viser landskabstyperne i målestok 1:200 000. Tolkningen er foretaget på baggrund af topografiske kort (høje målebordsblade, lave målebordsblade, det topografiske kort over DK 1:25 000), digital

højdemodel (baseret på LIDAR data). Desuden er tidligere udgivne morfologiske kort og landskabsbeskrivelser og - tolkninger i tilgængelig litteratur konsulteret. Kortet er kompileret i 2013.

På korteksemplet ovenfor er den gennemsnitlige nitratkoncentration for 2011-2016 (leverance 2) vist med priksignatur, hvor værdier over 50 mg/l er vist med rødt.

Landskabskort, Per Smed /1-4/

Leverandør: Geografforlaget, papirkort.

Anvendt format: Scannede og georefererede bitmaps.

Håndtegnede kort (ca. 1:350.000) over tolkede landskaber i Danmark (Smed 1979, 1981a, b, c). Kortene er ikke ledsaget af nærmere beskrivelser af, hvordan kortene er udarbejdet. Kortene bør ikke anvendes i skala under 1:200.000, og afgrænsningen mellem landskabselementerne bør kun anvendes vejledende.

**Referencer:**

/1/ Smed, P., 1979: Landskabskort over Danmark. Blad 1, Nordjylland, Geografforlaget.

/2/ Smed, P., 1981a: Landskabskort over Danmark. Blad 2, Midtjylland, Geografforlaget.

/3/ Smed, P., 1981b: Landskabskort over Danmark. Blad 3, Sønderjylland, Fyn, Geografforlaget.

/4/ Smed, P., 1981c: Landskabskort over Danmark. Blad 4, Sjælland, Lolland, Falster, Bornholm, Geografforlaget.

Udført af:

LIT / PSA

Dato:

21.06.2019

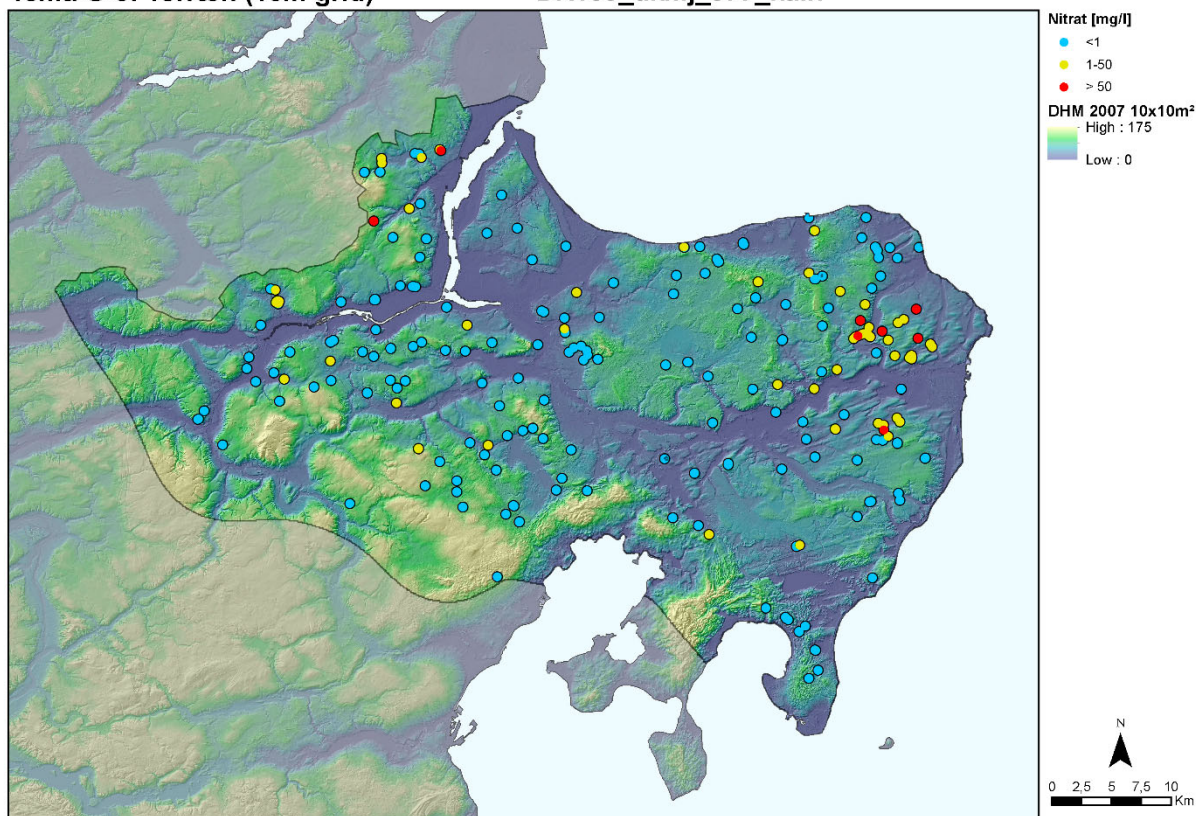


## Tema G-3: Terræn (10 m grid)

### Tema layout:

Tema G-3: Terræn (10m grid)

DK105\_dkmj\_977\_kalk



### Data og databehandling

#### Beskrivelse

Som udgangspunkt laves kortudsnit for GVF i den aggregerede 10 m-højdemodel. Terrænet vises i farveskala med hillshade for at fremhæve relieffet. Temakortet viser grundvandsforekomsten som overlay. (se eksempel ovenfor).

#### Anvendte data

Danmarks Højdemodel: DHM-2007/Terræn (10m grid)

Leverandør: Kortforsyningen.dk

Anvendt format: Ascii-grid, landsdækkende datasæt. UTM/ETRS89, zone 32N, DVR90.

En digital model af terrænets højde over havniveau. Danmarks Højdemodel består af flere datasæt, der er tilvejebragt ved flybåret laserscanning. Den udsendte laserstråle reflekteres af terræn eller overflade, og tiden det tager for det reflekterede signal at returnere til flyet, bruges til at beregne terrænets eller overfladens højde. Efter indsamling af laser-scanningen bearbejdes data for at kortlægge terrænhøjden og

den fysiske overflade i et grid for hele Danmark. Resultaterne fra kortlægningen afspejler højdeforholdene i landskabet i relation til det gennemsnitlige havniveau med høj detaljeringsgrad og stor nøjagtighed.

DHM/Terræn beskriver højden af landskabet. Alle objekter over terræn, såsom træer, huse, halmballer, biler m.m. er fjernet. Modellen er egnet til planlægning, projektering og landskabsanalyser. Modellen findes også i en udgave med 1,6 m grid.

På korteksemplet ovenfor er den gennemsnitlige nitratkoncentration for 2013-2018 (leverance 2) vist med priksignatur, hvor værdier over 50 mg/l er vist med rødt, værdier mellem 1-50 mg/l er vist med gult og værdier under 1 mg/l er vist med blå

#### Referencer:

–

Udført af:	LIT / LTR	Dato:	24.06.2019
------------	-----------	-------	------------



GEUS

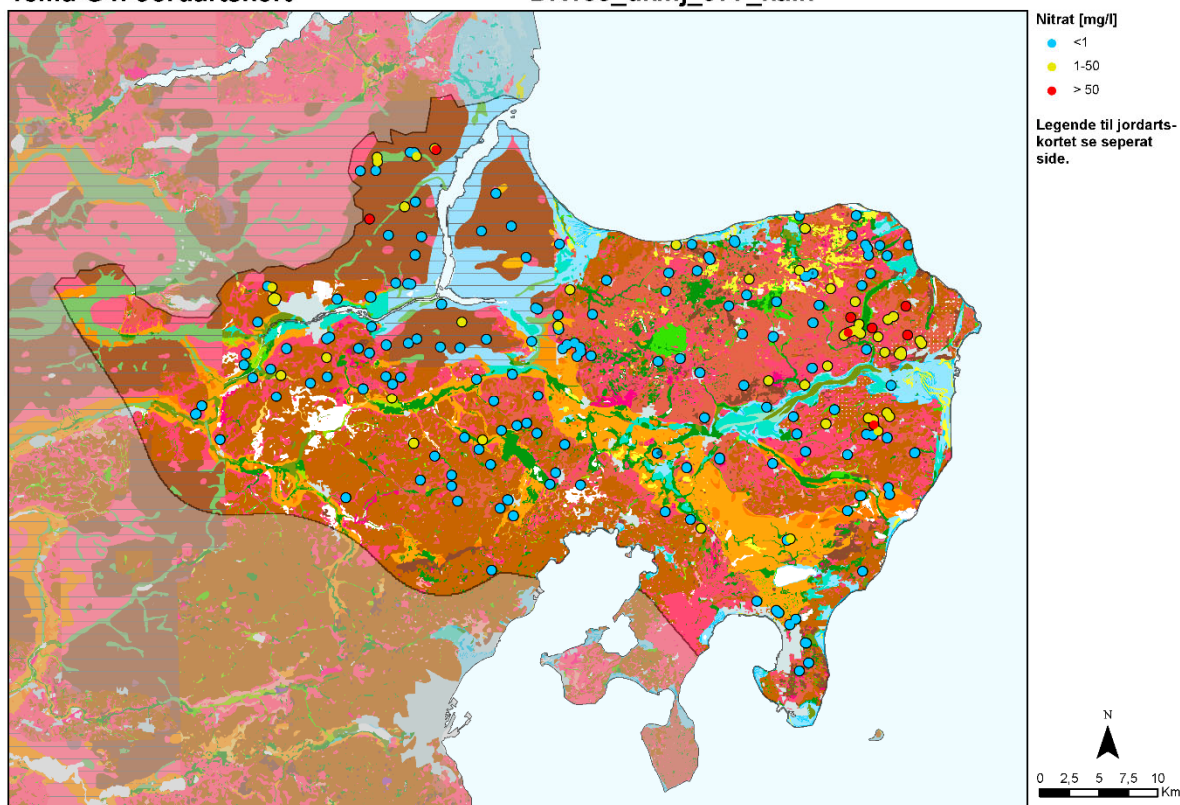
## Tema G-4: Jordartskort (kombineret 1:200.000)

1:25.000-

#### Tema layout:

Tema G4: Jordartskort

DK105\_dkmj\_977\_kalk



<b>Data og databehandling</b>			
<b>Beskrivelse</b>			
Oversigtskort over jordarter i 1:25.000 /1/ og i 1:200.000 /2/.			
<b>Anvendte data</b>			
<u>Danmarks Digitale jordartskort 1:25 000 version 4 /1/.</u>			
Leverandør: GEUS; download og mere information på: <a href="http://www.geus.dk/DK/data-maps/Sider/j25-dk.aspx">http://www.geus.dk/DK/data-maps/Sider/j25-dk.aspx</a> .			
Anvendt format: ArcGIS Shape.			
<p>Det digitale jordartskort er karteringskort i digital form, som viser overfladegeologien. Kortet er et resultat af den systematiske geologiske kortlægning af Danmark. Informationerne er indsamlet ved feltarbejde, hvor jordprøver tages med 100-200 meters mellemrum med et håndspyd i 1 meters dybde. Det vil sige lige under pløjelag og jordbundsudviklingen. I denne version 4 fra 2015 er 88% af Danmarks landareal klassificeret, og kortet kompletteres løbende. Jordarterne er inddelt i 82 typer.</p>			
<u>Jordartskort 1:200 000, version 2 /2/.</u>			
Leverandør: GEUS; download og mere information på: <a href="http://www.geus.dk/DK/data-maps/Sider/j200-dk.aspx">http://www.geus.dk/DK/data-maps/Sider/j200-dk.aspx</a> .			
Anvendt format: ArcGIS Shape.			
<p>Kortet viser en landsdækkende klassificering og udbredelse af jordarter (fortrinsvis glaciale og postglaciale sediment) i landoverfladen af Danmark (Pedersen et al., 2011). Kortet er baseret på Danmarks Digitale Jordartskort 1:25 000 i de områder, der er kortlagt. Øvrige områder er tolket ud fra boringsoplysninger, landskabsanalyse eller anden tilgængelig information. Jordarterne er inddelt i 12 forskellige typer og kortet er derfor en forsimplet udgave af Danmarks Digitale jordartskort 1:25 000. Der er under kompileringen sket en forskubning af kortet i visse områder. Dette kan tilsammen give en usikkerhed på op til 200 m, enkelte steder lidt mere. Kortet er således egnet til undervisningsbrug og som baggrund for andre korttemaer i målestoksforholdet 1:200 000. Kortet anbefales ikke brugt i sagsbehandling eller til andre formål, hvor større præcision er påkrævet.</p>			
På korteksemplet ovenfor er den gennemsnitlige nitratkoncentration for 2011-2016 (leverance 2) vist med priksignatur, hvor værdier over 50 mg/l er vist med rødt.			
<b>Referencer:</b>			
/1/ Jakobsen, P.R., Hermansen, B. & Tougaard, L., 2015. Danmarks digitale jordartskort 1:25000, Version 4.0. GEUS-rapport 2015/30 ( <a href="http://pubs.geus.net/Danmark/jordartskort/Jordart_25000_beskriv.pdf">http://pubs.geus.net/Danmark/jordartskort/Jordart_25000_beskriv.pdf</a> ).			
/2/ Pedersen, S.A.S, Hermansen, B., Nathan, C. & Tougaard, L., 2011. Digitalt kort over Danmarks jordarter 1:200.000, version 2. Geologisk kort over de overfladenære jordarter i Danmark. GEUS-rapport 2011/19 ( <a href="http://pubs.geus.net/Danmark/jordartskort/Jordart_200000_v2_beskriv.pdf">http://pubs.geus.net/Danmark/jordartskort/Jordart_200000_v2_beskriv.pdf</a> ).			
Udført af:	LIT / PSA	Dato:	24.06.2019

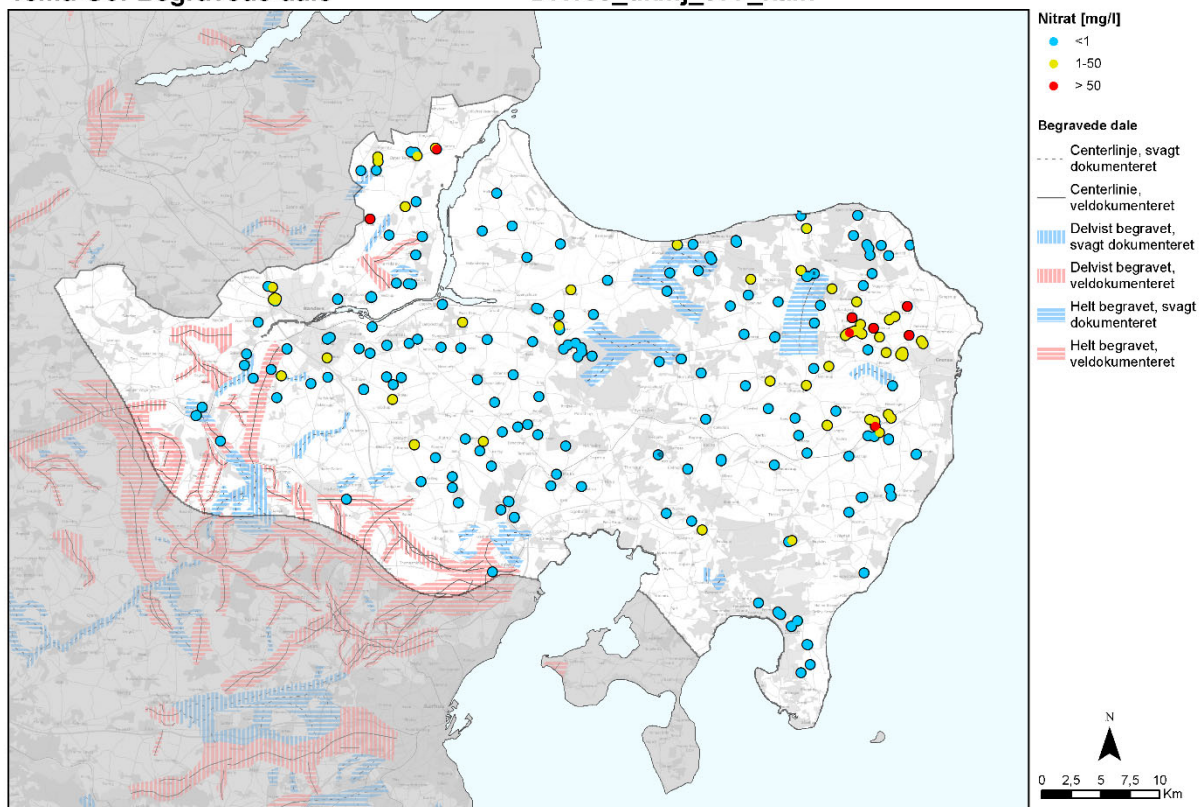


## Tema G-5: Begravede dale

### Tema layout:

#### Tema G5: Begravede dale

DK105\_dkmj\_977\_kalk



### Data og databehandling

#### Beskrivelse

Geologisk kortlægning af begravede dalstrukturer i den danske undergrund er vigtig primært i forhold til grundvandsressourcerne, fordi dalfyldet kan udgøre vigtige grundvandsmagasiner, hvoraf mange er meget dybtliggende og dermed beskyttede overfor forurening fra overfladen. Andre steder er de begravede dalstrukturer nederoderet dybt i underlaget og kan derved skabe kortslutninger mellem grundvandsmagasiner i forskellige niveauer eller facilitere nedsivning af overfladenært grundvand til dybere niveauer.

Udbredelser af begravede dale (polygoner og centerlinjer), som de er kortlagt jf. Sandersen & Jørgensen (2016), lægges ind i et samlet tema.

#### Anvendte data

Kortlagte begravede dale

Leverandør: GEUS, [www.begravededale.dk](http://www.begravededale.dk)

<p>Anvendt format: ArcGIS; Shape</p> <p>De kortlagte begravede dales overordnede udbredelse og orientering er vist med simple signaturer, således at de enkelte dales karakteristika, som fx bredde, længde og retning umiddelbart fremgår af kortene. De anvendte signaturer er centerlinjer, som er placeret langs dalenes dybeste dele, og skraverede polygoner, som angiver dalens horisontale udbredelse.</p> <p>På korteksemplet ovenfor er den gennemsnitlige nitratkoncentration for 2011-2016 (leverance 2) vist med priksignatur, hvor værdier over 50 mg/l er vist med rødt.</p> <p>.</p>			
<b>Referencer:</b>			
<p>/1/ Sandersen &amp; Jørgensen, 2016: Kortlægning af begravede dale i Danmark. Opdatering 2010-2015. GEUS Særudgivelse, bind 1 &amp; 2.</p>			
Udført af:	PSA / LIT	Dato:	24.06.2019

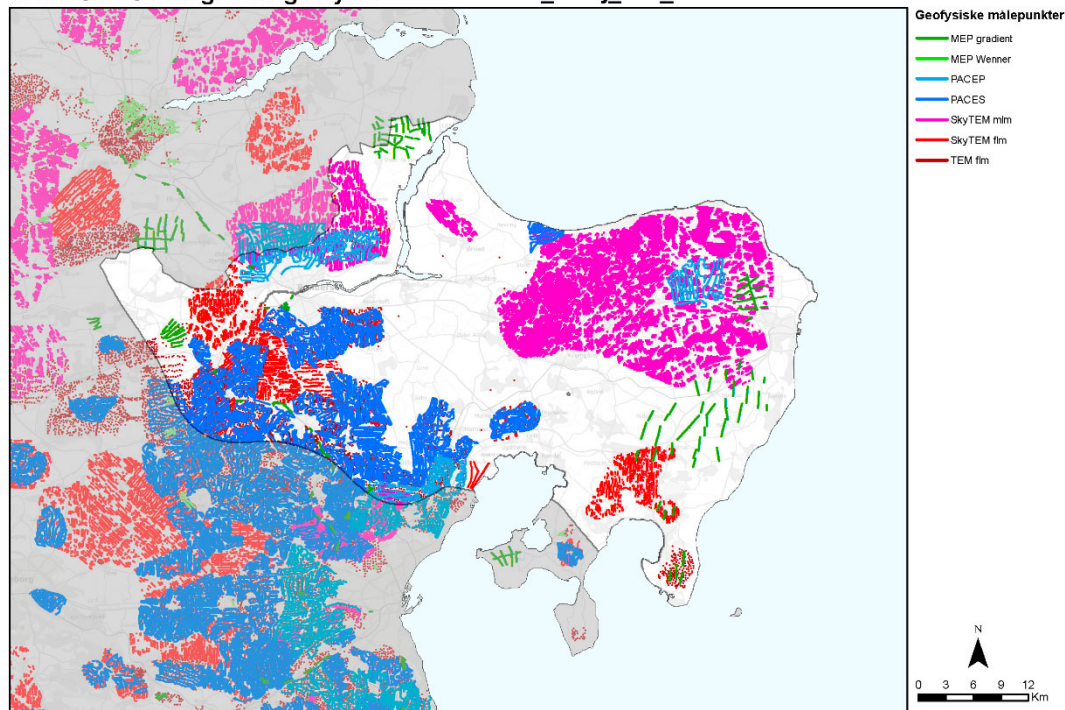


## Tema G-6: Oversigtskort over geofysik

### Tema layout:

Tema G6: Oversigt over geofysik

DK105\_dkmj\_977\_kalk



### Data og databehandling

#### Beskrivelse

Temaet viser data fra udvalgte geofysiske metoder, indsamlet og indlæst i GERDA databasen inden for og omkring grundvandsforekomsten. De elektriske metoder MEP (opdelt i Wenner og gradient konfiguration) og PACES/PACEP samt de transiente elektromagnetiske metoder TEM og SkyTEM er valgt, da de er målt så tæt evt. langs profillinjer, at de får en fladedækkende karakter og derfor kan anvendes i vurdering af heterogeniteten af dæklagene og deres beskyttelse af de underliggende grundvandsmagasiner. Desuden har disse metoder den største landsdækkende udbredelse. De anvendte geofysiske metoder er kort beskrevet i Bilag 1.2.

MEP (Wenner/gradient) og PACES/PACEP er begge opdelt i to klasser, da der er sket en udvikling i metoderne til højere datadækning. Ligeledes er der for SkyTEM lavet en opdeling i hvorvidt data er tolket med fålags- eller mangelagstolkninger, da de to tolkningsmetodikker resulterer i en lidt forskellig repræsentation af jordens resistivetsstrukturer.

#### Visning af tema

Ud over de geofysiske målepunkter viser temakortet grundvandsforekomsten som overlay.

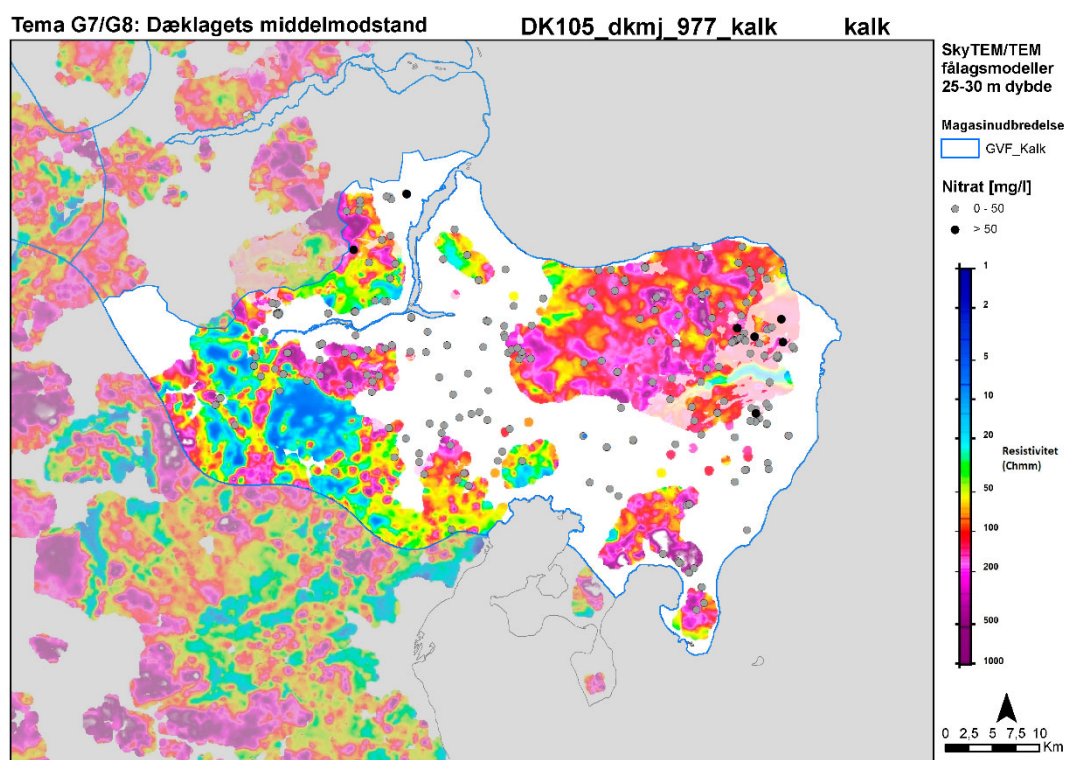


<b>Anvendte data</b>			
Leverandør: GERDA databasen, <a href="http://www.geus.dk/produkter-ydelser-og-faciliteter/data-og-kort/national-geofysisk-database-gerda/">http://www.geus.dk/produkter-ydelser-og-faciliteter/data-og-kort/national-geofysisk-database-gerda/</a>			
Anvendt format: Udtræk fra GERDA databasen d. 16. marts 2018 og opdateret d. 28. maj 2019.			
<b>Referencer:</b>			
-			
Udført af:	ILM	Dato:	23.05.2018/11.11.2019



## Tema G-7: Heterogenitet af dæklag ved middelmodstandskort (flere kort)

### Tema layout:



Bemærk: Dette kort genbruges til andre vurderinger i tema G-8

### Data og databehandling

#### Beskrivelse

Temaet viser resistivitetsgrids i dybdeintervaller af 5 m tykkelse (middelmodstandskort). Resistivitetsgrids er baseret på tolkede 1D resistivitetsmodeller fra hhv. PACES/PACEP, MEP, TEM og SkyTEM data. De anvendte geofysiske metoder er kort beskrevet i Bilag 1.2.

I tema G-7 anvendes dæklagets samling af middelmodstandskort fra forskellige dybder til at vurdere heterogeniteten i grundvandsforekomstens dæklag ud fra dæklagets resistivitetsstrukturer. Heterogeniteten i dæklaget bidrager til den konceptuelle forståelse af grundvandsforekomstens fordeling af nitratkoncentrationer og repræsentativiteten af nitratdata.

#### Beregning af resistivitetsgrids

Da de elektriske metoder (MEP og PACES/PACEP) og de transiente elektromagnetiske metoder (TEM og SkyTEM) har forskellig følsomhed over for jordens resistivitetsstrukturer, beregnes der separate grids for de to metoder. Der beregnes også separate resistivitetsgrids for hhv. fælagsmodeller og mangelagsmodeller, da de to tolkningstilgange repræsenterer jordens resistivitetsstrukturer på forskellig vis.

Resistivetsgrid er fremstillet i ODVGridder-modulet til LN\_GeodataStudio, som er udviklet af Lars Nebel. ODVGridder kobler direkte op til GERDA databasen hos GEUS eller til en række lokale PCGerda databaser med resistivetsmodeller.

For TEM/SkyTEM fålagsmodeller og SkyTEM mangelagsmodeller anvendes følgende indstillinger i gridningsrutinen

1. interpolationsmetode: Inverse distance, power 2
2. søgeradius: x=500 m, y=500 m
3. grid spacing: x=100 m, y=100 m, z=5 m

For MEP og PACES/PACEP fålags- og mangelagsmodeller anvendes følgende indstillinger i gridningsrutinen

1. interpolationsmetode: Inverse distance, power 2
2. søgeradius: x=100 m, y=100 m
3. grid spacing: x=50 m, y=50 m, z=5 m

Da der kan være overlap mellem datasæt fra forskellige kortlægninger og datasæt kan være tolket med flere modelopsætninger udvælges den anvendte model ud fra en prioritering i datatype og modelleringstilgang.

#### Visning af tema

Temaet består af flere kort, i det 1) der vælges et antal resistivetsgrids i forskellige dybdeintervaller så hele dæklagets resistivetsstrukturer præsenteres og 2) der vælges resistivetsgrid fra flere metoder, hvis de dækker forskellige områder af grundvandsforekomsten uden store overlap.

I områder hvor der er flere tynde lag i de øverste 10-15 m af jorden vil man kunne se tydelige forskelle i resistivetsværdierne vist på MEP/PACES kortene og TEM/SkyTEM kortene, da TEM og ældre SkyTEM har svært ved at opløse tynde terrænnære lag. Det gælder i særdeleshed tynde terrænnære lag af høj resistivitet ses ikke af TEM-metoden, mens MEP og PACES metoderne er følsomme over for sådanne lag, da der er store resistivetskontraster.

Temakortet viser derudover nitratmålinger /1/ fra filtre koblet til grundvandsforekomsten /2/.

Temakortet viser grundvandsforekomsten og dæklaget (top af magasiner /3/ som udgør grundvandsforekomsten) i det givne interval som overlay, så resistivetsgriddet fremstår uden nedtoning i farverne, hvor det befinder sig i dæklaget over grundvandsforekomsten.

#### **Anvendte data**

##### Geofysiske data

Leverandør: GERDA databasen, <http://www.geus.dk/produkter-ydelser-og-faciliteter/data-og-kort/national-geofysisk-database-gerda/>

Anvendt format: Resistivetsgrid i dybdeintervaller af 5 m tykkelse baseret på udtræk fra GERDA databasen fra foråret 2018 til foråret 2019.

##### Nitratdata

Leverandør: Jupiterdatabasen

Anvendt format: Udtræk fra Jupiterdatabasen, se Bilag 1.3, og samme som Leverance 2. /1/

##### Dæklagstykkelse

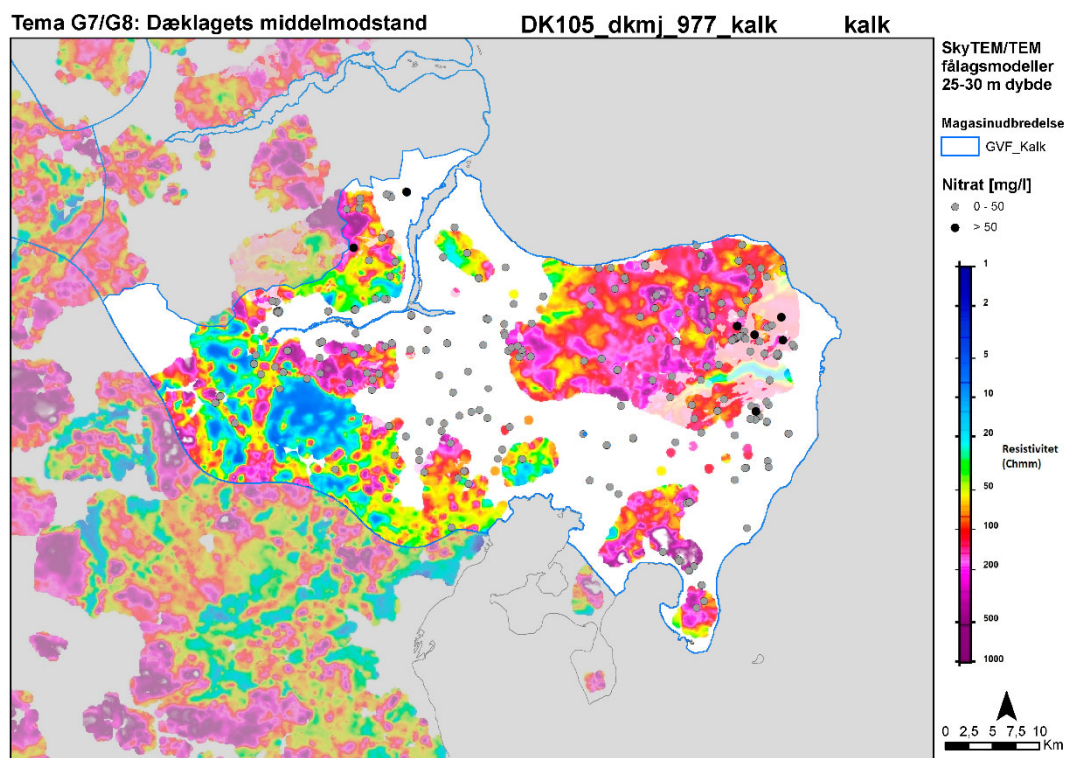
Leverandør: DK-model2019

Anvendt format: Grid som definerer top af magasiner, der udgør grundvandsforekomsten			
<b>Referencer:</b>			
/1/ Thorling mfl. Leverance 2. GEUS notat 07-VA-2019-05			
/2/ Notat om indtagskobling og indvindingsmængder, leverance 3			
/3/ Stisen S, Ondracek M, Troldborg L, Schneider RJM & van Til MJ. 2019. National Vandressource Model – Opstilling og kalibrering af DK-model2019. GEUS rapport 31/2019			
Udført af:	ILM	Dato:	24.05.2018/11.11/2019



## Tema G-8: Dæklagenes beskyttelse ved middelmodstandskort (flere kort)

### Tema layout:



### Data og databehandling

#### Beskrivelse

Temaet anvender de samme kort over dæklagets resistivitsstrukturer, som er fremstillet til Tema G-7, se Tema G-7 for beskrivelse af temaet.

I tema G-8 anvendes dæklagets samling af middelmodstandskort fra forskellige dybder til at vurdere dæklagenes evne til at beskytte mod nedsivning af nitrat til den underliggende grundvandsforekomst ud fra dæklagets resistivitsstrukturer. Her har graden af heterogeniteten i grundvandsforekomstens dæklag stor betydning, sammenholdt med resistivitsstrukturernes faktiske resistivitsværdier, idet høje og meget høje resistiviteter indikerer, at der er sandede aflejringer i dæklaget, hvorved dæklaget yder ringe beskyttelse mod nedsivende nitrat.

#### Referencer:

Udført af:	ILM	Dato:	23.05.2018/11.11.2019
------------	-----	-------	-----------------------

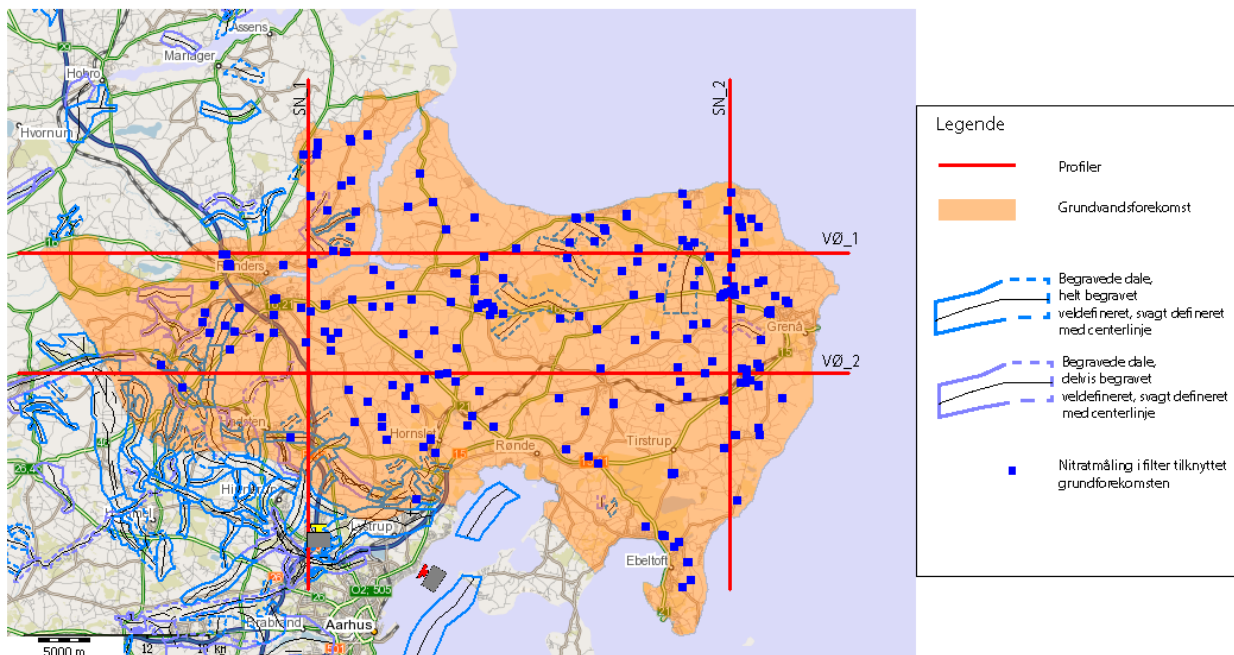


# Tema G-9: Geologiske og geofysiske profiler i dæklag og GVF med nitrat, vandtype og redoxfront

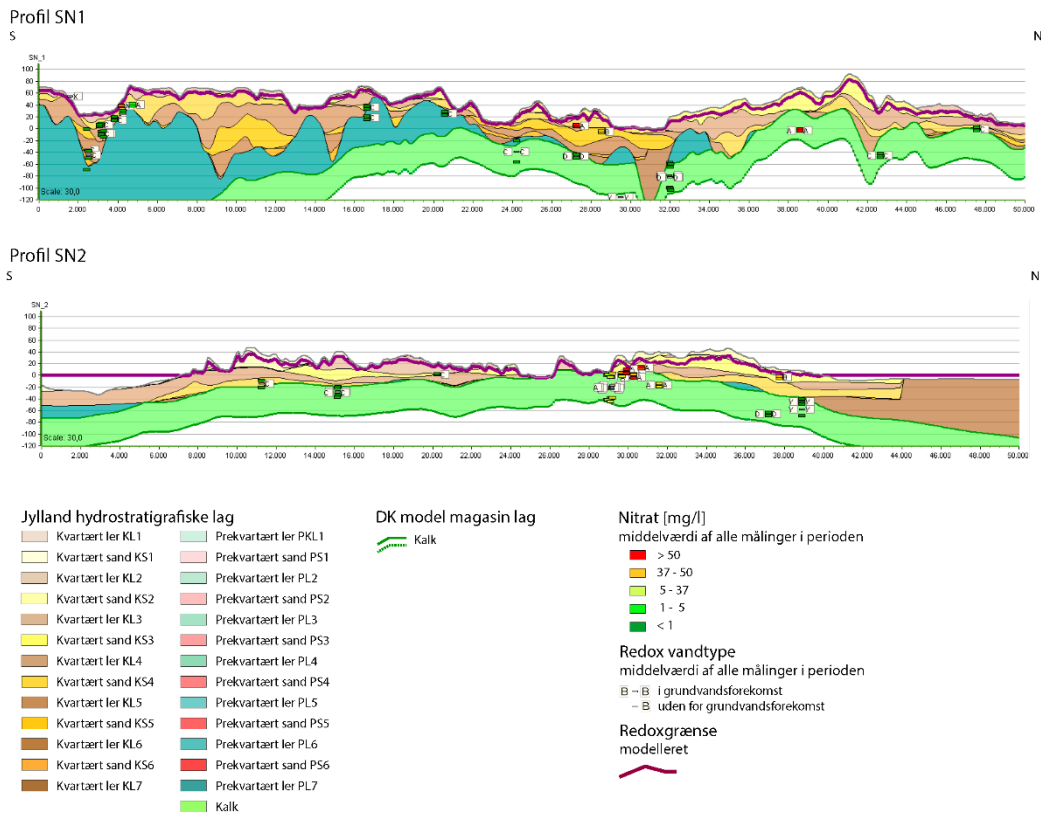
## Tema layout:

Tema G-9: Geol. og geofysiske profiler med nitrat, vandtype og redoxfront

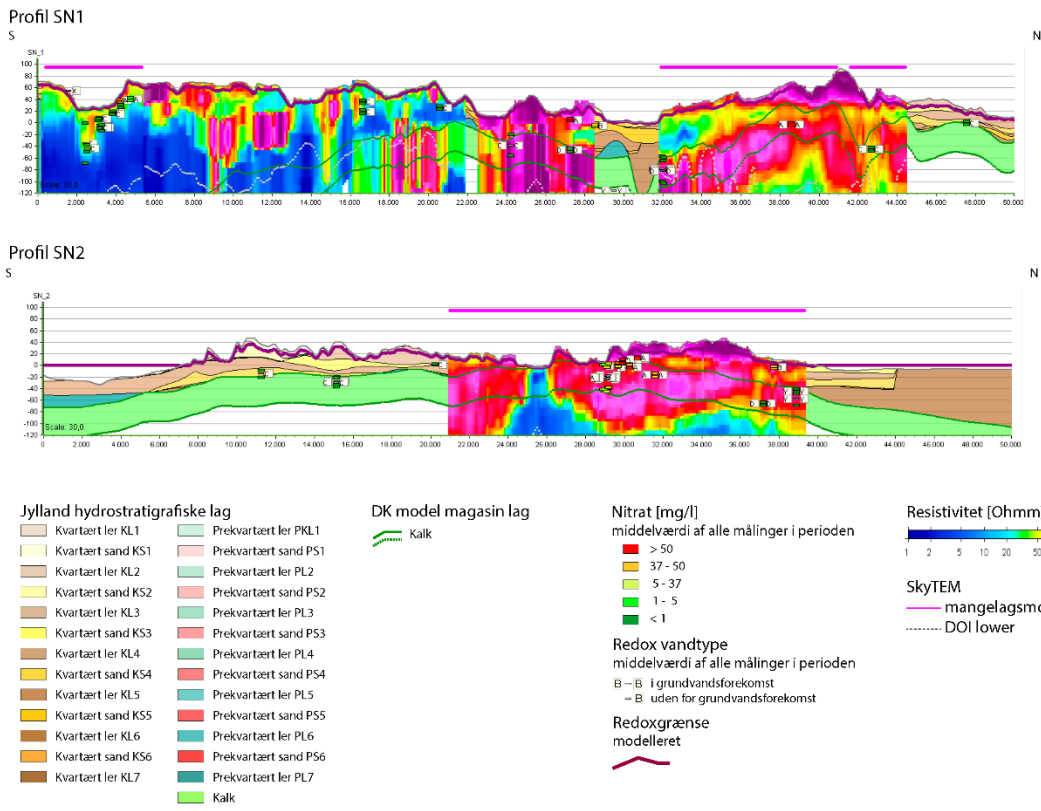
### GVF DK105\_dkmj\_977\_kalk, kalk



Tema G-9 : GVF DK105\_dkmj\_977\_kalk\_kalk



Tema G-9 : GVF DK105\_dkmj\_977\_kalk\_kalk



<b>Data og databehandling</b>
<p><b>Beskrivelse</b></p> <p>Temaet viser vertikale profilsnit gennem (1) den 3D hydrostratigrafiske model, som danner grundlaget for lagene i den nyeste opdatering af Dk-modellen (DK-model2019) og (2) 3D resistivetsgrid. Der oprettes 2 profiler med en hhv. syd-nord og vest-øst orientering for hver grundvandsforekomst.</p> <p>3D resistivetsgrid er fremstillet efter de samme kriterier som middelmodstandskortene i Tema G-7, dog er gridningen foretaget i 5 m koteintervaller, hvorefter alle kote-interval-grids er samlet til et 3D grid.</p> <p><u>Visning af tema</u></p> <p>Ud over hhv. 3D hydrostratigrafiske modeller og 3D resistivetsgrid vises</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. vertikal afgrænsning af grundvandsforekomst i form af lodrette streger</li> <li>2. redoxfront</li> <li>3. nitratmålinger vist som farvekodet boks plottet hhv. i top og bund af filterintervallet. Alle målinger vises</li> <li>4. redoxvandtype vist med et eller to labels til hhv. højre og venstre for filteret; et label placeret til venstre for filteret markerer, at målingen er taget i et filter, som er koblet til forekomsten, mens et label til højre er vist for alle målinger.</li> <li>5. grundvandsforekomstens rumlige udstrækning, markeret med top- og bundgrid for de tilhørende magasiner.</li> </ol> <p>3D resistivetsgrid vises primært for SkyTEM mangelagsmodeller. Hvis der findes TEM/SkyTEM fålagsmodeller uden for området med SkyTEM mangelagsmodeller vises disse også på profiler. Områder med SkyTEM mangelagsmodeller markeres med en pink streg over terræn. I områder, hvor der primært er anvendt MEP/PACES, vises 3D resistivetsgrid for disse.</p> <p>Alle data er læst ind i et Geoscene3D projekt og vises i profilmodulet. Temaet færdiggøres i Adobe Illustrator med sammenstilling af profiler og visning af legender.</p> <p>Lokalisering af syd-nord og vest-øst orienterede profiler vises på et gis-kort, fremstillet i Geoscene3D. På kortet vises topografisk kort fra I-GIS cloudløsning som baggrund, grundvandsforekomstens afgrænsning, temaet over begravede dale (<a href="http://www.begravededale.dk">www.begravededale.dk</a>) og nitratmålepunkter inden for grundvandsforekomst.</p> <p><b>Anvendte data</b></p> <p>3D hydrostratigrafiske modeller DK-model2019 /1/</p> <p>Resistivetsgrid: Leverandør: GERDA databasen /2/ Anvendt format: 3D resistivetsgrid baseret på udtræk fra GERDA databasen fra foråret 2018 til foråret 2019.</p> <p>Nitratdata og redoxvandtype: Leverandør: Jupiterdatabasen Anvendt format: Udtræk fra Jupiterdatabasen, beskrevet i Bilag 1.3, og samme som Leverance 2 /3/</p> <p>Redoxfront: Leverandør: GEUS redox dybde kort /4/ Anvendt format: 100x100 meter grid, omregnet så dybdereferencen er m over havniveau</p>

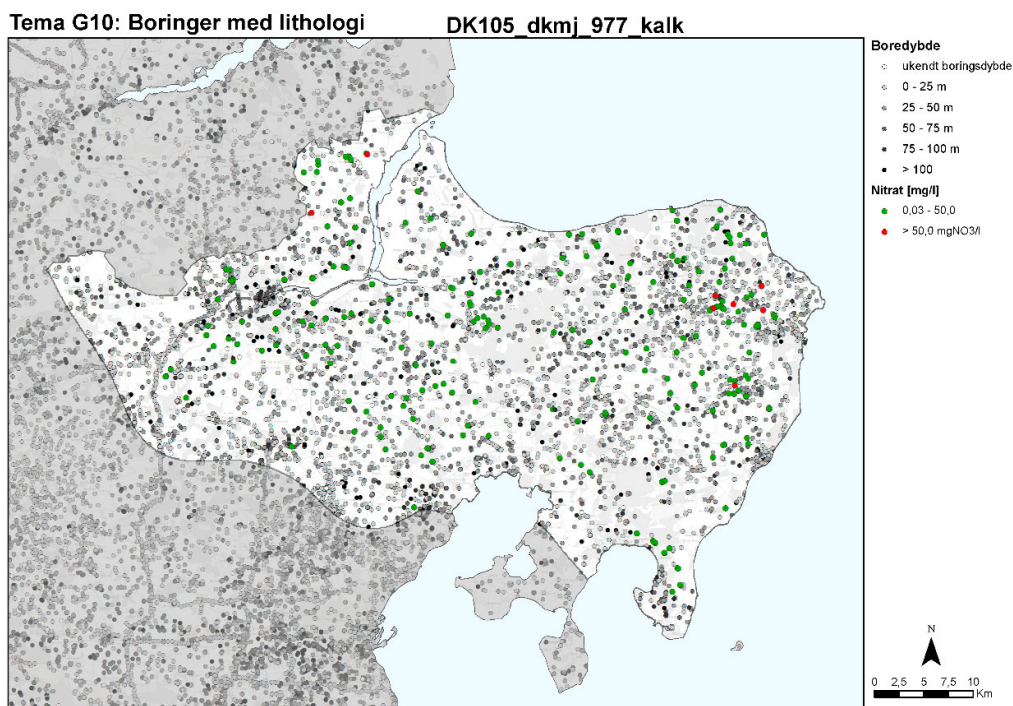


<p>Grundvandsforekomstens vertikale og horisontale udstrækning Leverandør: DK-model2019 /1/ Anvendt format: Grid som definerer top og bund af magasiner der udgør grundvandsforekomsten</p> <p>Begravede dale: Leverandør: GEUS, <a href="http://www.begravededale.dk">www.begravededale.dk</a> Anvendt format: ArcGIS; Shape</p>			
<b>Referencer:</b>			
/1/ Stisen S, Ondracek M, Troldborg L, Schneider RJM & van Tiel MJ. 2019. National Vandressource Model – Opstilling og kalibrering af DK-model2019. GEUS rapport 31/2019			
/2/ <a href="http://www.geus.dk/produkter-ydelser-og-faciliteter/data-og-kort/national-geofysisk-database-gerda/">http://www.geus.dk/produkter-ydelser-og-faciliteter/data-og-kort/national-geofysisk-database-gerda/</a>			
/3/ Thorling mfl. Leverance 2. GEUS notat 07-VA-2019-05			
/4/ <a href="https://data.geus.dk/geusmap/?lang=da&amp;mapname=denmark#https://data.geus.dk/geusmap/?lang=da&amp;mapname=denmark&amp;bmagic=y&amp;baslay=baseMapDa&amp;optlay=&amp;extent=20717.5423399515,6026648.874935505,1127356.3923628137,6553619.755898773&amp;layers=redox_dybde_100m_grid">https://data.geus.dk/geusmap/?lang=da&amp;mapname=denmark#https://data.geus.dk/geusmap/?lang=da&amp;mapname=denmark&amp;bmagic=y&amp;baslay=baseMapDa&amp;optlay=&amp;extent=20717.5423399515,6026648.874935505,1127356.3923628137,6553619.755898773&amp;layers=redox_dybde_100m_grid</a>			
Udført af:	ILM	Dato:	23.05.18/11.11.2019



## Tema G-10: Oversigtskort over boringer med lithologi

### Tema layout:



### Data og databehandling

#### Beskrivelse

Temaet viser alle boringer fra Jupiter, hvor der er en geologisk beskrivelse af mindst en prøve. Boringsdybden, opdelt på 25 m intervaller, er markeret med farvekode.

#### Visning af tema

Temakortet viser derudover nitratmålinger /1/ fra filtre koblet til grundvandsforekomsten /2/ og grundvandsforekomstens udbredelse som overlay.

#### Anvendte data

Boringer: Leverandør: Jupiter databasen, <http://www.geus.dk/produkter-ydelser-og-faciliteter/data-og-kort/national-boringsdatabase-jupiter/> Anvendt format: Udtræk fra Jupiter databasen d. 24. maj 2019. Opdateres og udtræksdato påføres tema.

Nitratdata: Leverandør: Jupiterdatabasen. Anvendt format: Udtræk fra Jupiterdatabasen d, beskrevet i Bilag 1.3, og samme som Leverance 2 /1/

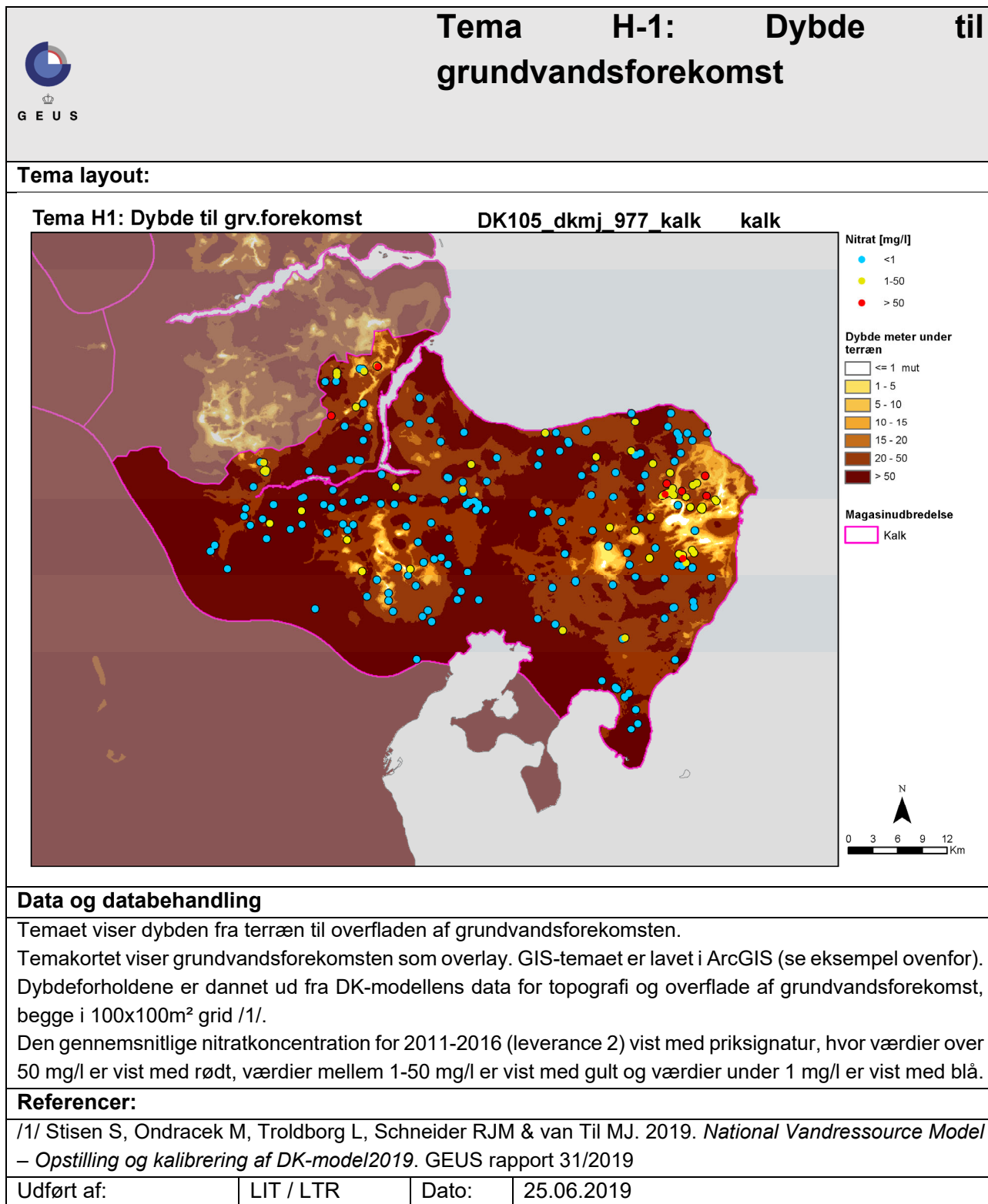
#### Referencer:

/1/ Thorling mfl. Leverance 2. GEUS notat 07-VA-2019-05

/2/ Notat om indtagkobling og indvindingsmængder, leverance 3

Udført af: LIT / ILM

Dato: 4.10.18/11.11.2019



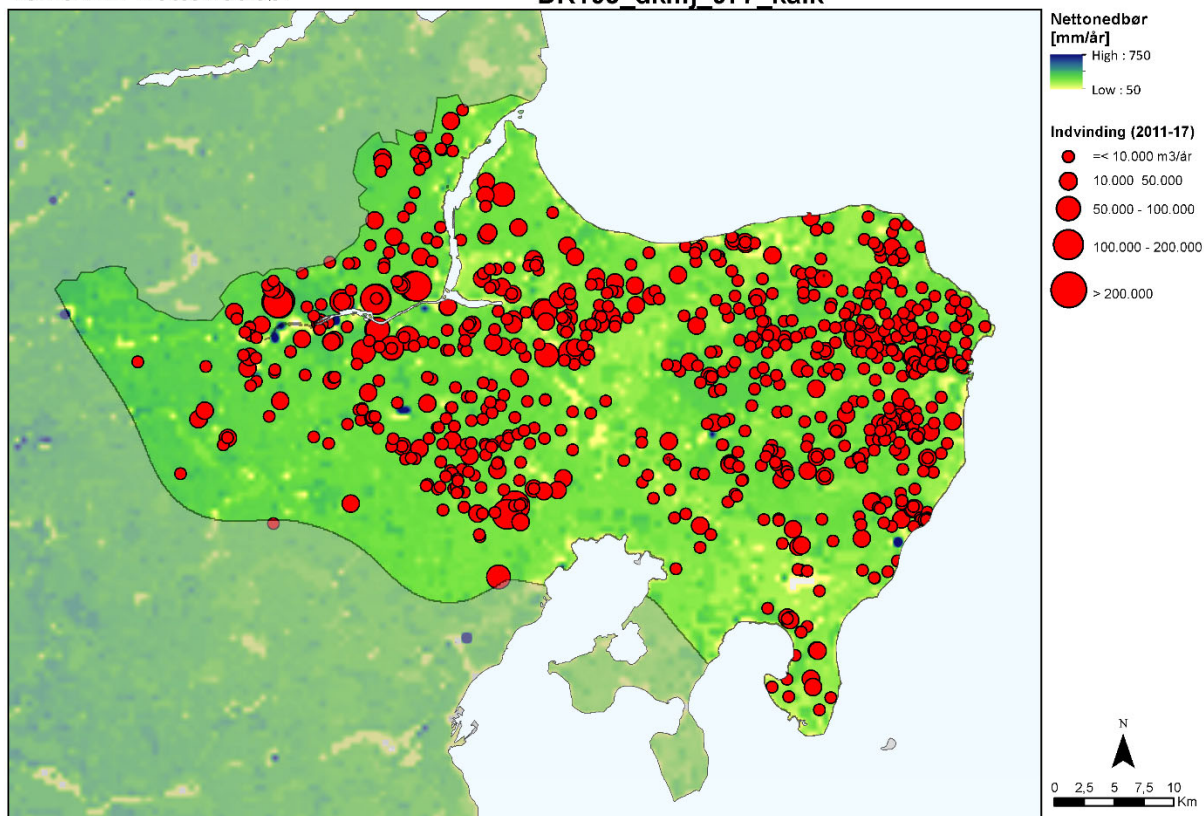
## Tema H-2: Nettonedbør



### Tema layout:

#### Tema H2: Nettonedbør

DK105\_dkmj\_977\_kalk



### Data og databehandling

Temakortet viser nettonedbøren (udsivningen fra rodzonen) angivet i mm/år og indvindingsdata fordelt på indtag, som er tilknyttet aktuel grundvandsforekomst. Indvindingen er angivet i m<sup>3</sup>/år. Temakortet viser grundvandsforekomsten som overlay. GIS-temaet er lavet i ArcGIS.

Nettonedbøren udtrukket fra beregninger med DK-model2019 /1/. Nettonedbørsdata, som har enheden mm/år, følger DK-modellens beregningsgrid størrelse 500x500m<sup>2</sup> og er midlet over perioden 2011-2017. Indvinding per indtag, som har enheden m<sup>3</sup>/år, er udtrukket fra Jupiter og midlet for perioden 2011-2017.

### Referencer:

/1/ Stisen S, Ondracek M, Troldborg L, Schneider RJM & van Tiel MJ. 2019. National Vandressource Model – Opstilling og kalibrering af DK-model2019. GEUS rapport 31/2019

Udført af:	LIT / LTR	Dato:	24.06.2019
------------	-----------	-------	------------



## Tema Grundvandsdannelse til grundvandsforekomst

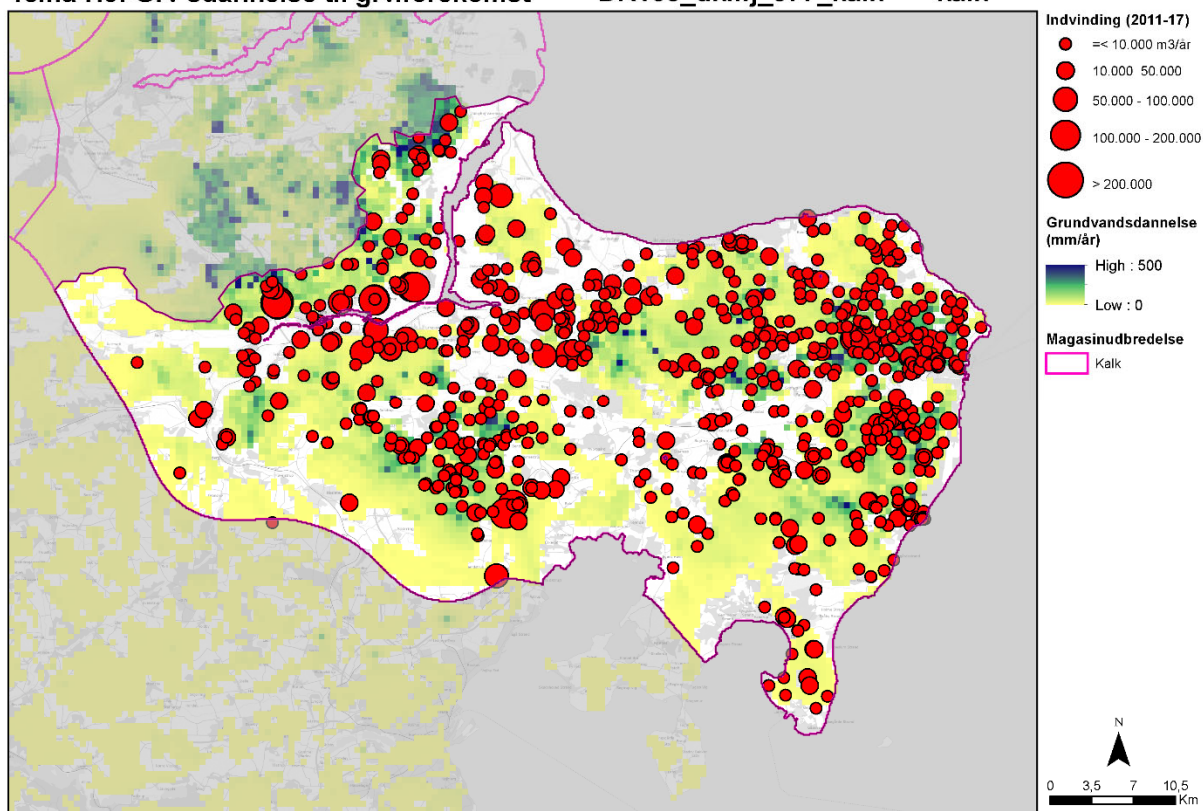
### H-3: til

#### Tema layout:

Tema H3: Grv'sdannelse til grv.forekomst

DK105\_dkmj\_977\_kalk

kalk



#### Data og databehandling

Temakortet viser grundvandsdannelsen (nedsivningen) til grundvandsforekomstens overflade angivet i mm/år. De mørkeblå område har stor grundvandsdannelse til grundvandsforekomsten, mens de hvide områder har opadrettet strømning (udstrømning) fra grundvandsforekomsten. Indvindingsdata er fordelt på de indtag, som er tilknyttet aktuel grundvandsforekomst. Indvindingen er angivet i m<sup>3</sup>/år.

Temakortet viser grundvandsforekomsten som overlay.

Grundvandsdannelsen udtrukket fra beregninger med DK-model2019 /1/, følger DK-modellens beregningsgrid størrelse 500x500m<sup>2</sup> og er midlet over perioden 2011-2017. Indvinding per indtag er udtrukket fra Jupiter og midlet for perioden 2011-2017.

#### Referencer:

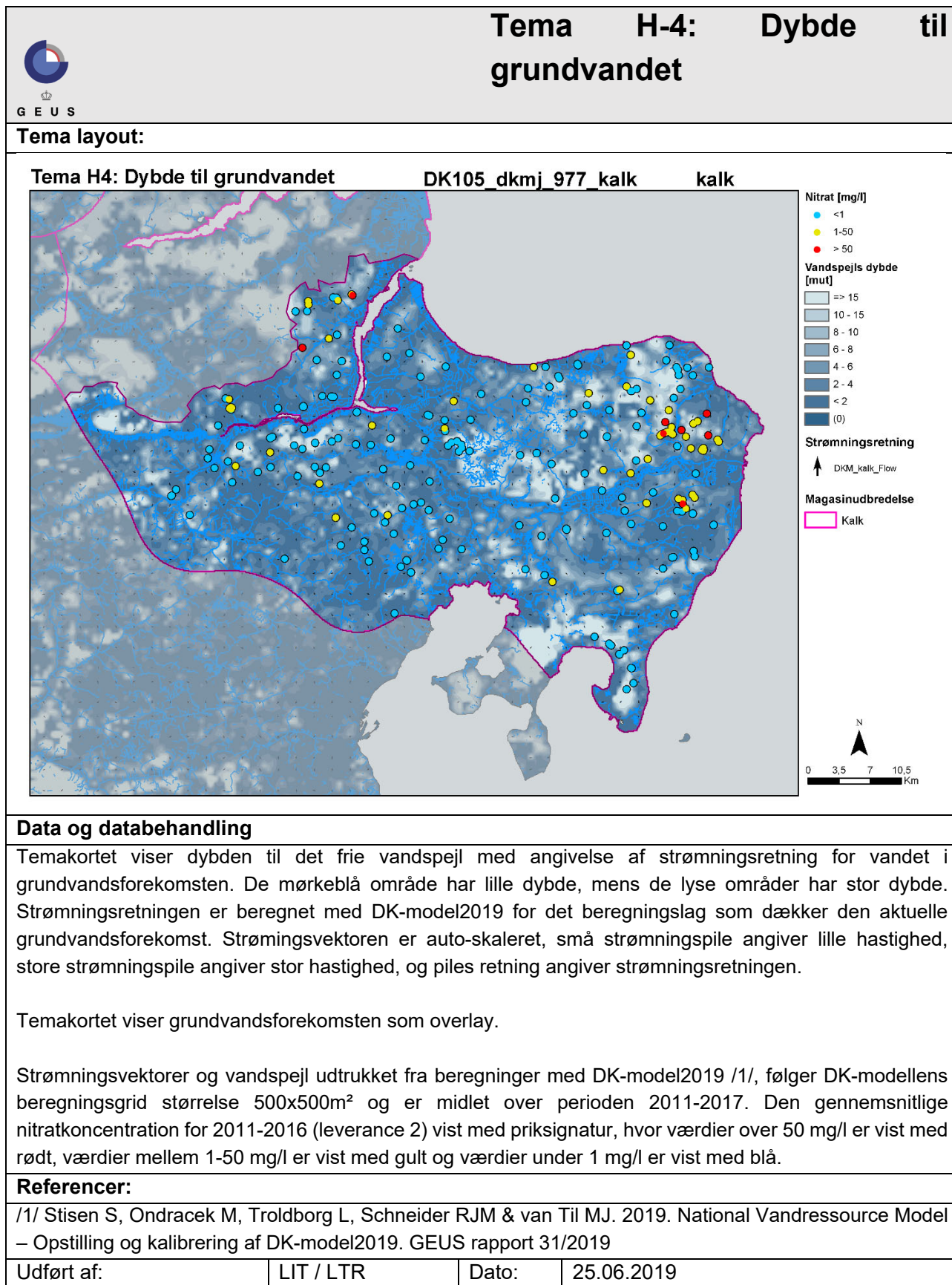
/1/ Stisen S, Ondracek M, Troldborg L, Schneider RJM & van Til MJ. 2019. National Vandressource Model – Opstilling og kalibrering af DK-model2019. GEUS rapport 31/2019

Udført af:

LIT / LTR

Dato:

25.06.2019

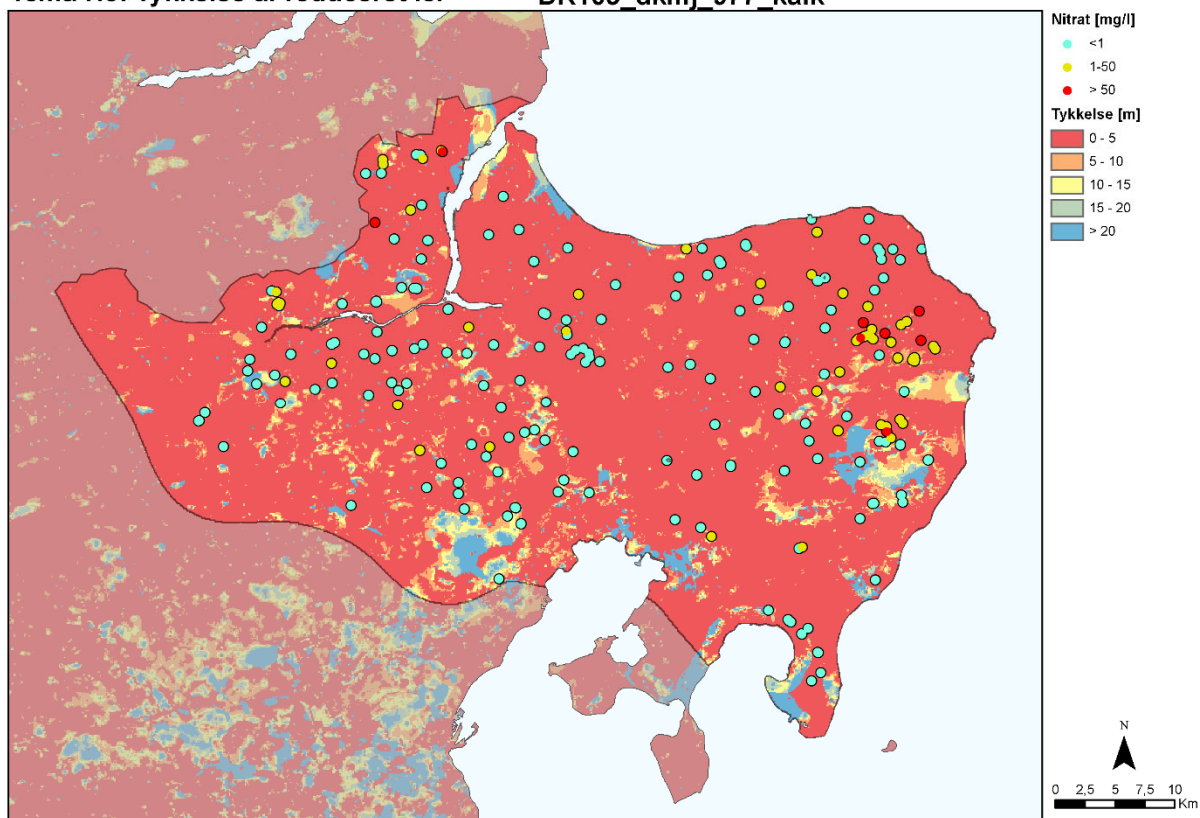




## Tema H-5: Tykkelse af reduceret ler

### Tema layout:

#### Tema H5: Tykkelse af reduceret ler DK105\_dkmj\_977\_kalk



### Data og databehandling

Temaet viser tykkelsen af det reducerede ler over øverste magasin (100x100m<sup>2</sup>). Det øverste magasin er ikke altid det samme som den aktuelle grundvandsforekomsten (der kan ligge en anden forekomst over den aktuelle)

Temakortet viser grundvandsforekomsten som overlay.

Tykkelsen af det reducerede ler er dannet ud fra lertykkelsen over øverste magasin (Tema H-6) fratrukket dybde til redoxgrænsen (Tema N-6). Den gennemsnitlige nitratkoncentration for 2011-2016 (leverance 2) vist med priksignatur, hvor værdier over 50 mg/l er vist med rødt, værdier mellem 1-50 mg/l er vist med gult og værdier under 1 mg/l er vist med blå.

### Referencer:

...

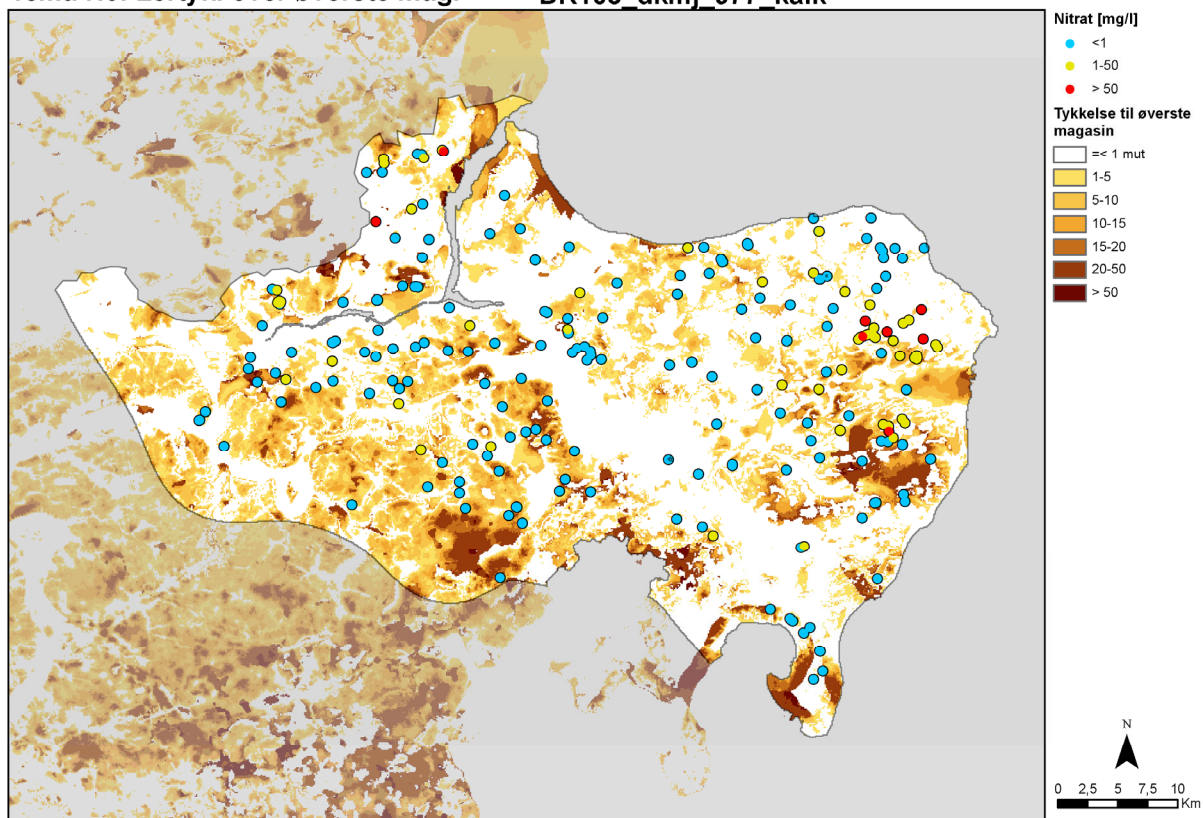
Udført af:	LIT / LTR	Dato:	25.06.2019
------------	-----------	-------	------------



## Tema H-6: Lertykkelse over øverste magasin

### Tema layout:

Tema H6: Lertyk. over øverste mag. DK105\_dkmj\_977\_kalk



### Data og databehandling

Temaet viser tykkelsen af ler fra terræn til øverste magasin.

Temakortet viser grundvandsforekomsten som overlay

Lertykkelsen er udregnet efter principperne fra GrundRisk projektet /1/. Alle grid og grid beregninger er foretaget med en celle størrelse på 100x100m<sup>2</sup>.

1. Magasinenheder er afgrænset ud fra DK-modellens hydrogeologi med opfyldelse af et enkelt krav, om der minimum er en magasintykkelse på 1 m i modellen.
2. Dybden til det øverste grundvandsmagasin i DK-model Sjælland er beregnet ved at trække toppen af øverste magasin fra terrænkoten
3. Punktinformation fra Jupiter af dybden til øverste magasin er beregnet som dybden til første gang, der i boringen træffes et magasin-lag med mere end 1 meters tykkelse.
4. Der interpoleres et grid ud fra punkt informationen om dybden til øverste magasin vha. ArcGIS rutinen TopoToRaster, som er en interpolationsrutine særligt velegnet til at danne overflade topografi



5. Det samlede dybdegrid dannes ved en simpel samling af dybdegridet fra DK-modellen (pkt. 3) med dybdegridet fra punktinformation (pkt. 4), således at punktinformation erstatter DK-model data inden for en 100 m radius.

For Jylland, Fyn og øerne dannes dybdegrid 'et udelukkende data fra punkt 4 (springer pkt. 1-3 samt 5 over).

Det samlede dybdegrid for det øverste grundvandsmagasin er således et sammensat tema, hvor der kan forekomme springende dybder til det øverste grundvandsmagasin. Dette kan fx ske, hvis et terrænnært magasin kiler ud med det til følge, at et andet dybereliggende magasin dermed bliver det øverste.

Data fra DK-modellen stammer fra den geologiske model i DK-model2019 /2/. Den gennemsnitlige nitratkoncentration for 2011-2016 (leverance 2) vist med priksignatur, hvor værdier over 50 mg/l er vist med rødt, værdier mellem 1-50 mg/l er vist med gult og værdier under 1 mg/l er vist med blå.

**Referencer:**

/1/ Miljøstyrelsen, 2016. Miljøprojekt nr. 1888

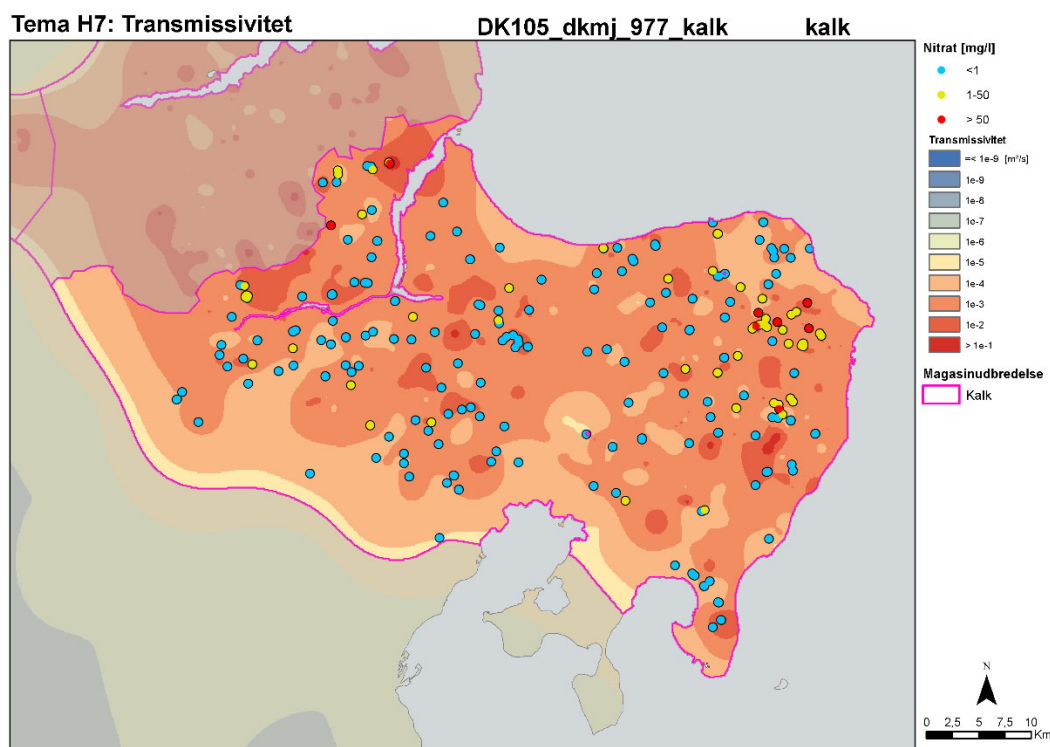
/2/ Stisen S, Ondracek M, Troldborg L, Schneider RJM & van Til MJ. 2019. National Vandressource Model – Opstilling og kalibrering af DK-model2019. GEUS rapport 31/2019

Udført af:	LTR / LIT	Dato:	25.06.2019
------------	-----------	-------	------------



## Tema H-7: Transmissivitet af grundvandsforekomst

### Tema layout:



### Data og databehandling

Temaet viser transmissiviteten og afgrænsningen af grundvandsforekomsten.

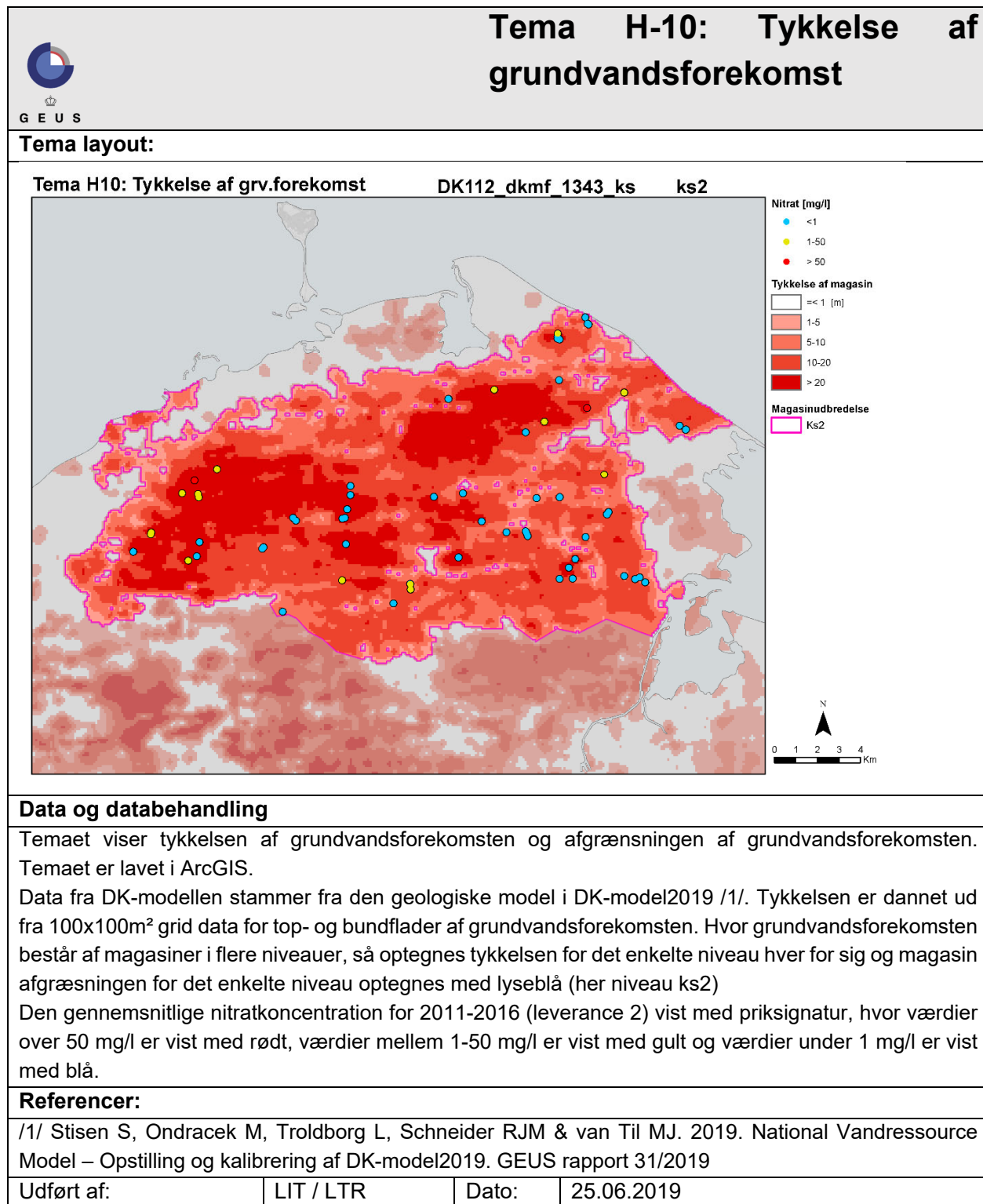
Transmissiviteten er udtrukket fra det beregningslag, som dækker den aktuelle grundvandsforekomst i den geologiske model i DK-model2019 /1/. Den gennemsnitlige nitratkoncentration for 2011-2016 (leverance 2) vist med priksignatur, hvor værdier over 50 mg/l er vist med rødt, værdier mellem 1-50 mg/l er vist med gult og værdier under 1 mg/l er vist med blå.

Temaet produceres kun for kalk forekomster og for alle forekomster på Bornholm, hvor DK-modellen har distribueret hydraulisk ledningsevne (alle andre forekomster har DK-modellen ikke distribueret hydraulisk ledningsevne, hvorved transmissivitetfordelingen bliver styret af magasin tykkelse). Den gennemsnitlige nitratkoncentration for 2011-2016 (leverance 2) vist med priksignatur, hvor værdier over 50 mg/l er vist med rødt, værdier mellem 1-50 mg/l er vist med gult og værdier under 1 mg/l er vist med blå.

### Referencer:

/1/ Stisen S, Ondracek M, Troldborg L, Schneider RJM & van Til MJ. 2019. National Vandressource Model – Opstilling og kalibrering af DK-model2019. GEUS rapport 31/2019

Udført af:	LIT / LTR	Dato:	26.06.19 / 11.11.2019
------------	-----------	-------	-----------------------



**Til:** Miljøstyrelsen, Dirk-Ingmar Müller-Wohlfeil

**Fra:** GEUS, Lærke Thorling, Thomas Vangkilde-Pedersen

Kopi til:

Fortroligt: Nej

Dato: 21. feb. 2019

GEUS-NOTAT nr.: 07-VA-2019-2

J.nr. GEUS: 218-00055

**Emne:** GEUS anbefalinger: Fastlæggelse af datagrundlag og metode til vurdering af grundvandsforekomsternes kemiske tilstand fsva. nitrat

---

### **Problemstilling**

Som led i Miljøstyrelsens projekt ”Metode for vurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand og nye vurderinger af tilstanden fsva. Nitrat” skal projektets styregruppe godkende:

- Hvilke analysedata der skal anvendes til gennemførelse af vurderingerne.
- Hvilken metode der skal anvendes ved de såkaldte ”relevante undersøgelser” af grundvandsforekomster, som karakteriseres som ”i risiko”.

Dette notat beskriver GEUS’ anbefalinger og er udarbejdet på basis af projektets leverance 1, 2 og 7, se referencer.

### **Anbefalinger**

A) *periode* (fra leverance 1 og 2):

Det er GEUS’ faglige vurdering af det tilgængelige datagrundlag, at der bør anvendes data for en periodelængde svarende til en seks års planperiode fx 2012-2017.

Anvendelse af en kortere, fx toårig periode ville betyde flere grundvandsforekomster uden nitrat-data, og betydeligt færre indtag pr. grundvandsforekomst til rådighed. Samtidig vil en seksårig periode sikre mange flere grundvandsforekomster, der har en god datadækning med mere end 50-100 indtag.

Datadækningen for en toårig periode ville sammenlignet med en seksårig periode endvidere medføre en tilfældig dækning med data fra de vigtigste datatyper, BK (boringskontrol) og GRUMO. Dels fordi vandværksboringerne analyseres i en turnus på op til fem år, og dels fordi det tager en periode på seks år før alle GRUMO indtag har været besøgt mindst én gang (dog prøvetages hovedparten af GRUMO indtagene mindst én gang inden for en treårsperiode).

B) *datatyper* (fra leverance 1):

Det er GEUS' faglige vurdering af det tilgængelige datagrundlag, at:

- Alle vandanalyser, der kan knyttes til et indtag i en boring med en tilhørende grundvandsforekomst bør anvendes i tilstandsvurderingen. Dette betyder, at alle grundvands-datatyper anvendes: GRUMO, LOOP, vandværksboringer, andre boringer herunder Grundvandskortlægning og jordforureningsboringer.
- Alle boringer, hvorfra der indvindes vand betragtes som vandforsyningsboringer og anvendes i tilstandsvurderingen, idet der ikke i direktivet arbejdes med almene og ikke almene anlæg (relevant for drikkevandsforekomsterne).
- Hvis der foreligger oplysninger om, at en prøve er fra en brønd, anvendes data ikke, da der er risiko for, at prøverne er forurenet med overfladevand.
- Når data stammer fra en boring etableret i en brønd, så kan disse data godt indgå, da boringen kan forventes at være afsluttet og afproppet efter reglerne, så påvirkning med overfladevand er minimal.

C) *metode* (fra leverance 7):

En trinvis metode til opstilling af en konceptuel model for en grundvandsforekomst (GVF) og vurdering af nitratpåvirkningen af hver enkelt GVF er blevet udviklet og afprøvet på fem udvalgte GVF'er som en del af projektet. Konceptet består af fire trin og metodebeskrivelsen inkluderer en beskrivelse af de datasæt der skal anvendes og forudsætningerne for vurderingen af forskellige faglige temaer.

Metodeudviklingen bygger i udstrakt grad på metoder, begreber og erfaringer fra den gebyrfinansierede grundvandskortlægning (GKO). Der er derfor i stort omfang henvist til de geovejledninger, der knytter sig til GKO. Data indsamlet i forbindelse med GKO og de opdaterede og nyligt sammenstillede geologiske modeller for Sjælland, Fyn og Jylland fra GKO indgår ligeledes som et væsentligt grundlag for opstilling af de konceptuelle modeller. Centralt i GKO er samtolkning af forskellige data og metoden lægger sig således op af den danske tradition på dette område, hvor ekspertvurderingerne er synliggjort, og hvor man udnytter de meget store datamængder, der er til rådighed på grundvandsområdet bedst muligt sammen med DK-modellen som nu inkluderer de sammenstillede modeller fra GKO.

Det vurderes, at denne metodik er i god overensstemmelse med de begreber om konceptuelle modeller som er defineret i CIS Guidance Document No. 26 (EU, 2010) og GEUS anbefaler, at den udviklede metode anvendes ved vurdering af grundvandsforekomsterne.

## **Referencer**

*Leverance 1:* Lærke Thorling og Martin Hansen, 2018: Datakilder, der kan anvendes ved vurdering af grundvandets tilstand for nitrat. Notat af 23. marts. 2018. rev. 8. maj 2018

*Leverance 2:* GEUS notat 07-VA-2019-1, Leverance 2 i projektet ”Metode for vurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand og nye vurderinger af tilstanden fsva. Nitrat”

*Leverance 7:* Lærke Thorling, Ingelise Møller, Bertel Nilsson, Peter Sandersen og Lars Troldborg, 2019: Dokumentationsrapport. Miljøstyrelsens projekt ”Udvikling af metode for relevante undersøgelser for vurdering af nitratpåvirkning af grundvandsforekomsterne (GVF) – Leverance 7”

## *Datakilder, der kan anvendes ved vurdering af grundvandets tilstand for nitrat*

---

Udarbejdet af Lærke Thorling og Martin Hansen 23. marts. 2018. rev. 8. maj 2018

### **Problemstilling**

Dette notat skal dække Miljøstyrelsens (MST) ønsker i forbindelse med projektet: Metode for vurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand og nye vurderinger af tilstanden fsva. Nitrat, leverance 1: *"Beskrivelse af de datakilder, der er tilgængelige i Jupiter (karakter og anvendelighed af data fra indtag i LOOP, GRUMO, vandindvindingsboringer etc. – med afsæt i forskellige af Jupiters kodelister, såsom "projekt", "boringsanvendelse", "boringsformål)."*

Der er i dette notat taget udgangspunkt i de vandanalyser og tilknyttede indtag, der kan anvendes til beskrivelse af grundvandets tilstand i forhold til indholdet af nitrat.

Det er forudsat, at data anvendes med den kvalitet, de foreligger i Jupiter på tidspunktet for dataudtrækket.

Dette notat dækker problemstillingen gennem:

1. *En beskrivelse af de forskellige kilder til de nitratanalyser i Jupiter, der anvendes til tilstandsvurderingen af grundvandets nitratindhold jf. Vandrammedirektivet og Grundvandsdirektivet*
2. *En redegørelse for eventuelle bias forbundet med hver type datakilde*
3. *En redegørelse for hvordan hver type datakilde teknisk set afgrænses i udtræk fra Jupiter, gennem anvendelse af de metadata, der er knyttet til analyser, boringer og anlæg, herunder en diskussion af de væsentligste usikkerheder, der er knyttet til udtræksprocedurerne*
4. *En redegørelse for den nødvendige dataforberedelse før der kan laves udtræk til tilstandsvurderingen af nitrat*
5. *En anbefaling af hvilke datatyper fsva. nitratanalyser fra Jupiter, der bør indgå i tilstandsvurderingen for grundvandsforekomsterne mht. nitrat.*

Det fremgår af dette notat, at GEUS vurderer, at de bedst egnede kodelister til at karakterisere de forskellige datakilder, som er afgrænset i dette notat og tidligere i Thorling, L. og Kjølner, C., 2017, er knyttet til de enkelte vandanalyser og ikke til de enkelte boringsindtag, idet kodning på boringsindtag med den foreliggende datastruktur og datakvalitet i Jupiter ikke vurderes at give en tilstrækkelig sikker afgrænsning af datakilderne. Dette hænger sammen med, at mange boringer over tid anvendes til flere forskellige formål, fx drikkevand og markvanding, eller pejleboring og drikkevandsforsyning.

### **1. Datakilder:**

Tabel 1 angiver hvilken opdeling i datakilder (typer af boringsindtag i forhold til etablerings- og/eller anvendelsesformål), der kan foretages på de vandanalyser med tilhørende boringsindtag, som kan indgå i beskrivelse af grundvandsforekomsternes indhold af nitrat:

Tabel 1: Overordnet beskrivelse af datakilder (typer af boringsindtag), der kan anvendes til tilstandsvurdering for nitrat i grundvandet.

Datakilde	Beskrivelse af boringer og prøverne herfra
GRUMO-indtag	<p>Grundvandsovervågningen er en del af det nationale overvågningsprogram for vand og natur, NOVANA (Miljø- og Fødevarerministeriet, DCE og GEUS; 2017). Overvågningen finder sted i særlige overvågningsboringer, der er designet til at kunne give dybdespecifikke grundvandsprøver fra de såkaldte GRUMO-indtag. GRUMO-indtagene er derfor typisk 1 m lange. Prøvetagningshyppigheden i de enkelte indtag varierer afhængigt af den påvirkning, som et indtag afspejler, men alle indtag prøvetages mindst én gang i løbet af en seksårig programperiode. Stationsnettet har løbende udviklet sig efter de politisk prioriterede overvågningsbehov.</p> <p>Data fra Grundvandsovervågningen kvalitetssikres af MST. Alle data er tilgængelige i Jupiter-databasen. Der har indtil 2007 været udtaget prøver fra aktive indvindingsboringer i GRUMO, hvorefter data indsamlet i indvindingsboringer med prøveformål GRUMO ikke optræder.</p>
LOOP-indtag	<p>Grundvandsprøver fra landovervågningsprogrammet (LOOP) er også en del af NOVANA. Formålet med grundvandsdelen af LOOP er at overvåge det allerøverste grundvand lige under rodzonen. Boringerne har korte indtag (30 cm) i tre faste dybder hhv. ca. 1,5, 3 og 5 m u.t. Indtagene er alle placeret i områder, hvor grundvandsspejlet ligger meget højt, typisk blot ca. 1-1,5 m u.t. Der kan kun udtages prøver, når grundvandsspejlet ligger så højt, at det er muligt at pumpe vandet op fra indtagene.</p> <p>Der har siden overvågningens start i 1989 været tale om et fast stationsnet af ca. 100 LOOP-indtag, der ikke anvendes til andre formål. Alle indtag prøvetages om muligt op til seks gange årligt.</p> <p>Alle data fra grundvandsdelen af LOOP er tilgængelige i Jupiter. Data fra landovervågningsprogrammet kvalitetssikres af MST.</p> <p>I LOOP områderne overvåges vandkvaliteten også i sugeceller, der ligger i rodzonen. Data fra disse må IKKE forveksles med data fra LOOP-indtagene, og de anvendes heller IKKE til vurdering af grundvandets tilstand, ligesom de ikke indberettes til Jupiter.</p>
Vandforsyningsboringer	<p>I Bekendtgørelsen om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg (BEK nr. 1147 af 24/10/2017) er der krav om kontrol af kvaliteten af det grundvand, som de almene vandforsyninger indvinder. Denne såkaldte boringskontrol gennemføres af vandforsyningerne. Hyppigheden af kontrollen afhænger af den indvundne vandmængde med en prøvetagningshyppighed fra hvert 3. år til hvert 5. år.</p> <p>Data fra boringskontrollen kvalitetssikres af kommunerne. Alle indberettede data er tilgængelige i Jupiter-databasen.</p> <p>Ikke almene indvindinger til drikkevand (der forsyner fra 1 til 9 ejendomme) har en mere uregelmæssig prøvetagning og indberetning, og data fra disse indtag indgår i det omfang de foreligger.</p>



<p>Indtag i Grundvandskortlægningsboringer</p>	<p>Grundvandskortlægningen har til formål at kortlægge grundvandsmagasinerne udstrækning og beskyttelse inden for områder med særlige drikkevandsinteresser (OSD) og i indvindingsoplande udenfor OSD. Langt de fleste boringer er etableret i perioden 2000-2015. Mange af disse boringer har indtag til relativt stor dybde, idet man ønskede at kortlægge geologien i magasinerne i kortlægningsområdet. Der er typisk udtaget vandprøver fra indtag i flere dybder fra disse kortlægningsboringer.</p> <p>Kortlægningsboringer har ikke regelmæssig prøvetagning, idet formålet er kortlægning ikke overvågning. Der er typisk blot udtaget nogle få prøver fra hvert indtag.</p> <p>Data fra grundvandskortlægningen kvalitetssikres af MST. Alle data er tilgængelige i Jupiter-databasen.</p>
<p>Boringsindtag til Forureningsundersøgelser</p>	<p>Regionernes (og tidligere amternes) kortlægning og overvågning af forurenede grunde finder sted på lokaliteter, hvor der er en begrundet mistanke om, at punktkilder kan påvirke grundvandets kvalitet.</p> <p>Undersøgelserne finder sted i såvel særlige undersøgelsesboringer, etableret med det formål at undersøge en konkret forureningsrisiko, som i andre boringer, herunder vandforsyningsboringer.</p> <p>Regionernes undersøgelser i vandforsyningsboringer indgår som datakilde vandforsyningsboringer.</p> <p>Vandprøver fra forureningsundersøgelser i henhold til jordforureningsloven kvalitetssikres af dataeieren, der typisk er regioner, men de kan også stamme fra MST og kommuner mm.</p> <p>Data findes hovedsageligt i regionernes egne databaser, men nogle af disse data findes også i Jupiter-databasen.</p>
<p>Andre boringer</p>	<p>Andre kemidata i Jupiter-databasen er fx data fra lukkede vandforsyningsboringer og pejleboringer. Data kan stamme fra vandforsyningernes egne undersøgelser, specialundersøgelser fra amternes tid, mm. Langt hovedparten af de øvrige kemiske analyser, der er tilgængelige i Jupiter stammer fra indtag på lukkede vandværker og vandværkernes egne undersøgelser af vandressourcerne.</p> <p>Data fra indtag fra "andre boringer" kvalitetssikres af dataeieren.</p>

## 2. Repræsentativitet:

Alle nævnte datatyper i tabel 1 vurderes at være egnede til at indgå i tilstandsvurderingen i dette projekt. I tabel 2 er de forskellige datakilders generelle repræsentativitet på landsplan diskuteret.

Repræsentativiteten af nitratmålingerne på forekomstniveau vurderes først i forbindelse med de konkrete vurderinger i dette projekt., idet der i modsætning til den generelle repræsentativitet af nitratmålingerne på landsplan, i flere grundvandsforekomster kan være en begrænset repræsentativitet på grund af såvel antallet af indtag med målinger som den rumlige fordeling af disse indtag i forekomsten, herunder fordelingen i forhold til redoxfronten.

I forbindelse med en diskussion af indtagens repræsentativitet, er det vigtigt at være opmærksom på, at der i et geografisk område ikke nødvendigvis er en sammenhæng mellem andelen af nitratholdigt grundvand målt i m<sup>3</sup> (volumen) i en grundvandsforekomst og andelen af det overliggende areal målt i m<sup>2</sup> (projektions-areale) i forhold til grundvandsforekomstens samlede projektionsareal.

Dette skyldes, at mægtigheden af grundvandsforekomsterne varierer fra sted til sted og at grundvandsforekomsterne under et givet areal kan indeholde nitrat i visse dele, og være nitratfrit i andre dele. Hvis der er nitrat i en grundvandsforekomst, kan det generelt antages, at nitrat findes i de øverste dele, mens en del af de dybere dele er nitratfrie. Dvs. at der både er nitratholdigt og nitratfrit grundvand i samme geografiske område. Den rumlige repræsentativitet er således af en anden karakter end den arealmæssige. I forbindelse med tilstandsvurderingerne for grundvandsforekomsterne, lægges der vægt på rumlig repræsentativitet. Begrebet repræsentativitet er nærmere diskuteret i Thorling og Kjøller: GEUS notat 07-VA-2017-1.

*Tabel 2: Overordnet beskrivelse af repræsentativiteten af de datakilder (typer af boringsindtag), der kan anvendes til tilstandsvurdering for nitrat i grundvandet.*

Datakilde	Repræsentativitet
GRUMO-indtag	<p>GEUS har tidligere (Larsen m.fl., 2015) vurderet repræsentativiteten af data i grundvandsovervågningsrapporten i notatet: GRUMO 1989-2013 rapportens repræsentativitet med hensyn til forekomsten af nitrat i det danske grundvand. I dette notat blev det konkluderet:</p> <p><i>”På baggrund af den eksisterende viden, (indsamlet i GRUMO siden år 1990), og GEUS’ generelle geokemiske viden om grundvandets kemiske forhold i Danmark, er det GEUS’ vurdering, at selvom der således ikke kan gives en sådan stringent, geostatistisk vurdering af repræsentativiteten, er datagrundlaget (i GRUMO) tilstrækkeligt til at give et generelt billede af grundvandets indhold af nitrat. Med hensyn til landets geografiske og geologiske forhold (figur 1), er stationsnettet, sammen med oplysninger fra vandværksboringer (Fig. 2 i GRUMO 1989-2013 rapporten), tilnærmelsesvist jævnt fordelt i landet. Med hensyn til dybde, er der også en rimelig dækning, idet der er medtaget indtag fra dybder ned til 100 meter (figur 2), hvor langt hovedparten af landets grundvandsmagasiner findes. Andelen af grundvand uden nitrat for de fire typer data er også velbeskrevet (figur 4).”</i></p> <p>Derudover kan følgende tilføjes om repræsentativiteten af nitratdata fra GRUMO-indtag:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Med særligt henblik på at vurdere effekter af indsatsplanerne vurderer GEUS, at GRUMO-data giver et repræsentativt landsdækkende billede af nitratindholdet i grundvand, som kan være udsat for diffus forurening. Her tænkes særligt på forurening i form af nitrat fra landbruget.</li> <li>• Vurderingen af ovenstående er baseret på viden om den danske geologi, hydrogeologi og geokemi samt konceptuelle modeller.</li> <li>• Data fra den iltede del af grundvandet er repræsentative i forhold til at muliggøre en vurdering af udviklingen i nitratindholdet i den iltholdige del af grundvand, der kan være udsat for diffus forurening. Herved kan data anvendes til at vurdere effekter af reguleringer.</li> <li>• Rumlig repræsentativitet: Overvågningen er repræsentativ for den fordeling af dybder der overvåges, se GEUS notat Larsen m.fl. 2015. Datatætheden falder generelt med dybden. De dybeste GRUMO-indtag anvendes hovedsageligt til at vurdere, at antagelserne i de konceptuelle modeller med hensyn til udbredelsen af nitrat i dybden er rimelige.</li> <li>• De ændringer, der har været i stationsnettet, har ikke givet anledning til, at der er fundet højere nitratindhold i den nitratholdige del af grundvandet, på national skala. Der er således ikke en skævhed mod mere forurenede grundvand som følge af omlægningen af stationsnettet, se bilag 1 fra, Thorling m.fl. 2016.</li> </ul>

<p>LOOP-indtag</p>	<p>LOOP overvågning finder alene sted i landbrugsområder med højtliggende grundvandspejl.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Den geografiske repræsentativitet på landsplan er ringere for LOOP-data end for data fra GRUMO-indtag, da der blot er fem LOOP områder i hele landet. Nitratholdigt grundvand findes især i de mere sandede områder, således at det samlede datasæt på landsplan fra nitratholdigt grundvand i LOOP i højere grad afspejler landbrugsaktiviteter på sandjord.</li> <li>• Med LOOP-data er der alene tale om data fra dyrkede områder. Der er derfor kun én arealanvendelse (jordbrug/landbrug) for dette datasæt.</li> <li>• På grund af det højtliggende grundvandspejl vil nitratindholdet tæt ved terræn være påvirket af potentialet for denitrifikation på baggrund af udvaskning af organisk stof. LOOP-data er ikke repræsentative for grundvand på landsbasis, da der ikke indgår områder med dybtliggende grundvandspejl. Omvendt er der en stor lokal repræsentativitet.</li> <li>• En mindre andel (26 % af de nitratholdige indtag) overskrider grænseværdien på 50 mg/l for nitrat i LOOP-data sammenlignet med GRUMO-data (33 % af de nitratholdige indtag). Det er ikke undersøgt om dette skyldes, at vandet generelt er yngre i LOOP områderne og således kan være udtryk for en generelt faldende nitratbelastning, eller om det skyldes en større andel af delvist reduceret anoxisk vand på grund af det højtliggende grundvandspejl.</li> </ul>
<p>Vandforsyningsboringer</p>	<p>Vandforsyningsboringer er etableret og anvendes med det formål at indvinde vand, der så vidt muligt ikke skal nødvendiggøre avanceret vandbehandling. Dette betyder, at man især op gennem 1980'erne lukkede mange boringer med et nitratindhold over 50 mg/l.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vandværksboringerne/boringskontrollodata er ikke i stand til at give et repræsentativt billede af nitratindholdet i den <u>nitratholdige del af grundvandet</u>, da grundvand med høje nitratindhold over kvalitetskravet på 50 mg/l så vidt muligt ikke anvendes til indvinding, se fx Thorling m.fl. 2018 figur 24 og 25, og GEUS notat 2015.</li> </ul>
<p>Indtag i Grundvandskortlægningsboringer</p>	<p>Kortlægningsboringerne er især udført for at kortlægge hydrogeologien og vandkvaliteten i områder med særlige drikkevandsinteresser og i indvindingsområder udenfor OSD.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Data giver et repræsentativt billede af nitratindholdet i de nitratholdige dele af grundvandet i de undersøgte drikkevandsområder. Kortlægningsboringerne er udført for at bidrage til at afgøre, om områderne skal udpeges som indsatsområder i forhold til nitrat, ikke for at lede efter nogen særlig vandkvalitet.</li> <li>• Antallet af kortlægningsboringer betinger, at det samlede datasæt fra disse boringer ikke nødvendigvis er repræsentativt for hele landet, da de kun er udført i forbindelse med grundvandskortlægningen. Data giver dog et væsentligt supplement til tilstandsvurderingen, der hvor de optræder.</li> </ul>
<p>Boringsindtag til Forureningsundersøgelser</p>	<p>I forbindelse med forureningsundersøgelser er der ofte analyseret for nitrat. Det er ikke nitrat, der eftersøges i disse undersøgelser, men typisk organiske komponenter eller sporstoffer. Fra lossepladser udvaskes organisk stof, der vil kunne omsætte nitrat. Derfor er der en tendens til, at grundvand, der er påvirket af punktkilder, vil være mere reduceret, end det upåvirkede grundvand var før punktkilden blev introduceret på grund af et højt indhold af letomsætteligt organisk stof.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Der er en skævhed i data mod mindre nitrat i jordforureningsundersøgelser, hvor der er et højt indhold af organisk stof i prøverne.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"><li>• En del af jordforureningsboringerne er referenceboringer, udført med det formål at kortlægge/overvåge kvaliteten af grundvandet opstrøms punktkilden. Disse vil kunne give et repræsentativt billede af grundvandskvaliteten i de undersøgte dybder, herunder nitrat fra andre kilder end punktkilden.</li><li>• Data er <u>isoleret set</u> ikke repræsentative til at beskrive alt grundvand i en grundvandsforekomst, men har nyttige og vigtige bidrag til variationerne og især punktkilders betydning.</li></ul>
Andre boringer	<p>Lukkede vandforsyningsboringer vil ofte, men ikke altid, kunne vise en uønsket påvirkning i forhold til vandforsyningsbehovene. Fx højt nitratinhold.</p> <p>De vandværksboringer, der de sidste 20 år er lukket, er kun sjældent lukkede på grund af for højt nitratinhold. I analyser der skal indgå i tilstandsvurderingen for vandområdeplanerne medtages i udgangspunktet kun data, der højst er 6 år gamle. Derfor vurderes repræsentativiteten i forhold den samlede vurdering af grundvandets nitratinhold at være den samme som for aktive indvindingsboringer.</p>

### 3. Teknisk afgrænsning af datasæt og den dertil knyttede usikkerhed:

#### Periode:

MST forventer at anvende data for nitrat for perioden 2011-2016 eller 2015-2016 til tilstandsvurderingen. Derudover skal der være data til at lave tidsserieanalyser for vandforsyningsboringer, hvilket vurderes at kræve en længere periode fx 2000-2016.

#### Felter i dataudtrækket

Der etableres et udtræk med nedenstående felter. Alle data i det færdige datasæt skal kunne knyttes til de angivne parametre. Hvis der ikke kan ske en sammenknytning for alle disse felter, vil en analyse ikke indgå i datasættet. Det gælder fx de indtag, hvortil der ikke kan knyttes en grundvandsforekomst.

- Analyseresultat inkl. attribut
- Dato
- DGU nr.
- Indtags nr.
- Koordinater, (x, y koordinater)
- Indtagstop m.u.t (z koordinat)
- Grundvandsforekomst
- Datakilde
- Mulig boring i brønd

#### Udtrækskriterier

Ved opdeling i datakilder er det nødvendigt at vælge det niveau, der teknisk set opdeles på. Dette skyldes, at en del indtag er anvendt til flere formål og har skiftet formål undervejs. Hvis der opdeles på prøveniveau, kan der være andre årsager til at en vandprøve er udtaget end boringens overordnede formål. Fx kan der være taget GRUMO prøver i indvindingsboringer, eller tidligere kortlægningsindtag er nu blevet til GRUMO-indtag.

Der findes i Jupiter kodelister med forskellige oplysninger om boringernes formål, men da der kun er indberetningspligt på boringsanvendelsen for boringer tilknyttet almene vandforsyninger er disse ikke vedligeholdt i et omfang, der gør dem anvendelige til at identificere hvilke boringer, der

er aktive indvindingsboringer, kortlægningsboringer mm. Og selv om de var opdaterede, ville der være den udfordring, at nogle boringer ændrer anvendelse i løbet af en periode, eller har flere samtidige anvendelser og således kan ændre status ift. hvilken datakildetype, den skal tildeles inden for den periode, der ønskes data fra. Det kan fx være et vandværk, der er lukket i dag, men som var aktivt i en del af perioden.

GEUS vurderer, at den sikreste metode at identificere datakilden er feltet "projekt" jf. PCJupiterXL kodeliste på analyserne, se nedenstående tabel. Denne kode er tilknyttet de enkelte vandprøver, og anvendes ikke på indtagsniveau.

*Tabel 3. Fastlæggelse af typen af datakilder (typer af boringsindtag), ud fra brug af prøveformål "projekt", på de prøver der er udtaget i de forskellige indtag.*

Datakilde	Identifikation af datakilden
GRUMO prøver	Alle GRUMO prøver er registreret med projekt "GRUMO" og har derudover tilknyttet et GRUMO nr. til boringsindtaget. MST er dataejer for GRUMO analyser.
LOOP prøver	Alle LOOP prøver har projekt "LOOP" og har derudover tilknyttet et LOOP nr. til boringsindtaget. MST er dataejer for LOOP analyser.
Vandværks prøver	Prøver fra vandforsyningernes indvindingsboringer er mærket med projekt Boringskontrol og har kommunerne som dataejer.
Grundvandskortlægnings prøver	Alle prøver i denne kategori har projekt mærket med Gebyrkortlægning og har MST som dataejer.
Prøver fra Forureningsundersøgelser	Prøver, der stammer fra en forureningsundersøgelse, er mærket som Depotkontrol MST, Depotkontrol Region eller Depotkontrol Kommune og har MST, Region og Kommunen som dataejer
Andre boringer	De af periodens vandanalyser, der ikke er fra et ovenstående typer af indtag, sættes i kategorien andre boringer

Til dette projekt er udvalgskriterierne for tildeling af datakilde fastlagt således, at hvis en boring på noget tidspunkt af perioden 2011-2016, vurderes at være anvendt til formålet vandforsyning, vil den indgå som datakildeattribut "vandforsyningsboring". Det samme princip gælder for GRUMO- og LOOP-indtag, se også figur 1.

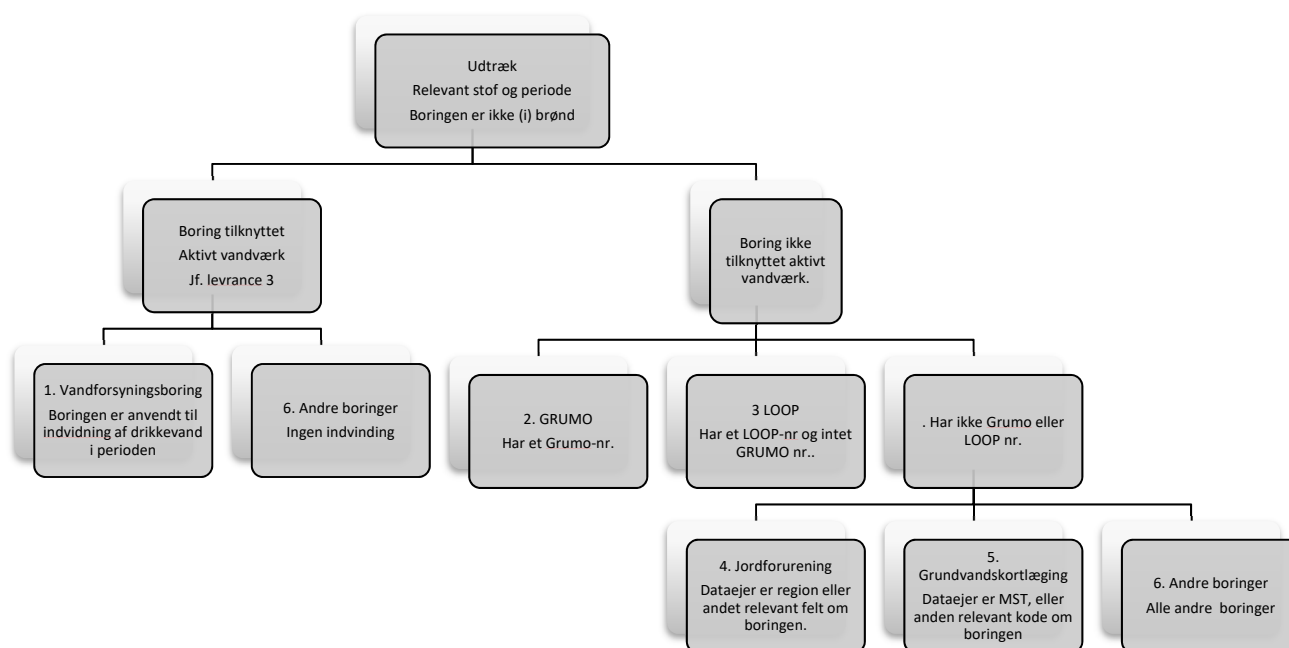
For langt de fleste boringer og indtag er der kun tilknyttet ét projekt, hvilket muliggør en relativ enkel tilknytning af datakildetype. Ud af ca. 11.000 indtag med kemidata er der på i alt 310 indtag (hvoraf 59 har et GRUMO nummer) registreret flere end et formål i løbet af perioden 2011-2016. For 99 boringer er der såvel en prøve med formål Boringskontrol som med Depotkontrol i perioden 2011-2016. Disse indtag skal tildeles en datakildetype manuelt efter en algoritme i stil med figur 1, men først efter den endelige kobling mellem indtag og grundvandsforekomster har fundet sted, idet nogle af disse indtag muligvis ikke kan tilknyttes en grundvandsforekomst.

Årsagen til, at der på samme indtag er prøver med forskelligt ”projekt”, skyldes dels reelle dobbelt-anvendelser som jordforureningsprøver udtaget i vandforsyningsboringer, men også fejl (fx GRUMO boringer, hvor MST har brugt koden Boringskontrol eller Gebyrkortlægning

### Frasortering af indtag der ligger i en brønd

En boring kan oprettes som en brønd og få *formål* = 'C', mens *anvendelsen* vil afspejle, hvad vandet bruges til. For at være på den sikre side i forhold til ikke at benytte data fra brønde, som kan være forurenede med overfladevand, fravælges alle indtag fra boringer med formål 'C'.

Der kan også forekomme boringer etableret i bunden af en brønd. En indberetning om en boring i bunden af en eksisterende brønd vil, nu om dage, udløse et nyt DGU nr., men det kan også risikeres, at det ikke sker/er sket. Disse boringer vil kunne give repræsentative prøver fra grundvandet, i det omfang de er korrekt udført og afsluttet ved terræn. Det er således ikke givet på forhånd, at data fra boringer i en brønd er uegnede til at indgå i tilstandsvurderingen. For fuldstændighedens skyld oprettes der derfor et bemærkningsfelt i tilknytning til hvert indtag, hvor der angives om indtaget vurderes at stamme fra en boring i en brønd.



Figur 1. Fastlæggelse af algoritme til at tilknytte datakilde-type til de indtag, hvor der foreligger vandprøver udtaget med flere forskellige formål, dvs. der optræder vandanalyser med forskellige ”projekt” koder til indtaget.

## 4. Nødvendig dataforberedelse

Før dataudtræk og databehandlingen kan igangsættes, skal den nødvendige dataforberedelse gennemføres. Det betyder, at alle indtag, hvor det er muligt, skal tilknyttes en grundvandsforekomst.

Dette gøres som led i leverance 2 og 3, idet der skal ske en sammenknytning af oplysninger i DK modellen med Jupiterdatabasen.

Det er ikke muligt at knytte en grundvandsforekomst til alle indtag, og derfor forventes der at være en række indtag svarende til ca. 15-20%, hvortil der ikke er tilknyttet en grundvandsforekomst. Dette skyldes, at grundvandsforekomsterne er knyttet til modellagene og magasinerne i DK-modellen, og kun der hvor den konkrete fysiske beliggenhed af et boringsindtag også samtidig ligger inden for den modellerede udstrækning af et magasin (med tilhørende fastlagte usikkerheder) vil indtaget kunne knyttes til en grundvandsforekomst. Boringsindtag, der ligger meget tæt på et magasin i DK modellen medtages dog i den grundvandsforekomst, det ligger tættest på, idet man her ved tager højde for modellens geometriske usikkerhed (Troldborg et al., 2014).

Før data kan udtrækkes af Jupiter, er det ligeledes nødvendigt at lave et programmel, der opdeler alle grundvandsanalyser, hvortil der er knyttet en grundvandsforekomst til indtaget, i de datatyper der er nævnt ovenfor. Dette gøres ud fra de udsorteringskriterier der er nævnt under afsnit 3.

## 5. Anbefalinger

På baggrund af ovenstående anbefales det, at:

- Alle vandanalyser, der kan knyttes til et indtag i en boring med en tilhørende grundvandsforekomst anvendes i tilstandsvurderingen.
- Alle boringer, hvorfra der indvindes vand betragtes som vandforsyningsboringer, idet der ikke i direktivet arbejdes med almene og ikke almene anlæg.
- Hvis der foreligger oplysninger om, at en prøve er fra en brønd, anvendes data ikke, da der er risiko for, at prøverne er forurenede med overfladevand.
- Der for alle indtag er oplysninger om, hvorvidt data stammer fra en boring etableret i brønd, så disse data kan indgå efter et aktivt valg.
- Der skal være indgå data i det producerede udtræk til at lave tidsserieanalyser for vandforsyningsboringer, hvilket vurderes at kræve længere periode fx 2000-2016.

## Referencer:

Flemming Larsen, Lærke Thorling Sørensen og Birgitte Hansen. (GEUS) Notat af 28. maj 2015: GRUMO 1989-2013 rapportens repræsentativitet med hensyn til forekomsten af nitrat i danske grundvand.

Mielby, S., Mahrt, J., Jensen & CW. (2009) Kobling af boringernes indtag til DK-modellens lag og til grundvandsforekomster. GEUS særudgivelse (ISBN 978-87-7871-263-9)

Miljø og Fødevarerministeriet, 2017: Bekendtgørelse nr. 1147 af 24/10/2017, Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med drikkevandsanlæg. Drikkevandsbekendtgørelsen.

Miljø og Fødevarerministeriet, DCE og GEUS; 2017: NOVANA Det nationale overvågningsprogram for vandmiljø og natur 2017-21. Programbeskrivelse, oktober 2017.

Troldborg, L. Sørensen, B.L., Kristensen, M. og Mielby, S., 2014 Tredje revision af grundvandsforekomster i Danmark. GEUS Rapport 2014/58

Troldborg, L., Børgesen, C.D., Thodsen, H. & Keur, P.V.D. 2016: National kvælstofmodel. Kvælstofpåvirkning af grundvand. Særudgivelse. GEUS, 47s. + 28 Bilag.

Thorling, L. og Kjøller, C., 2017: Datakilder til vurdering af grundvandets tilstand. GEUS notat 07-VA-2017-1

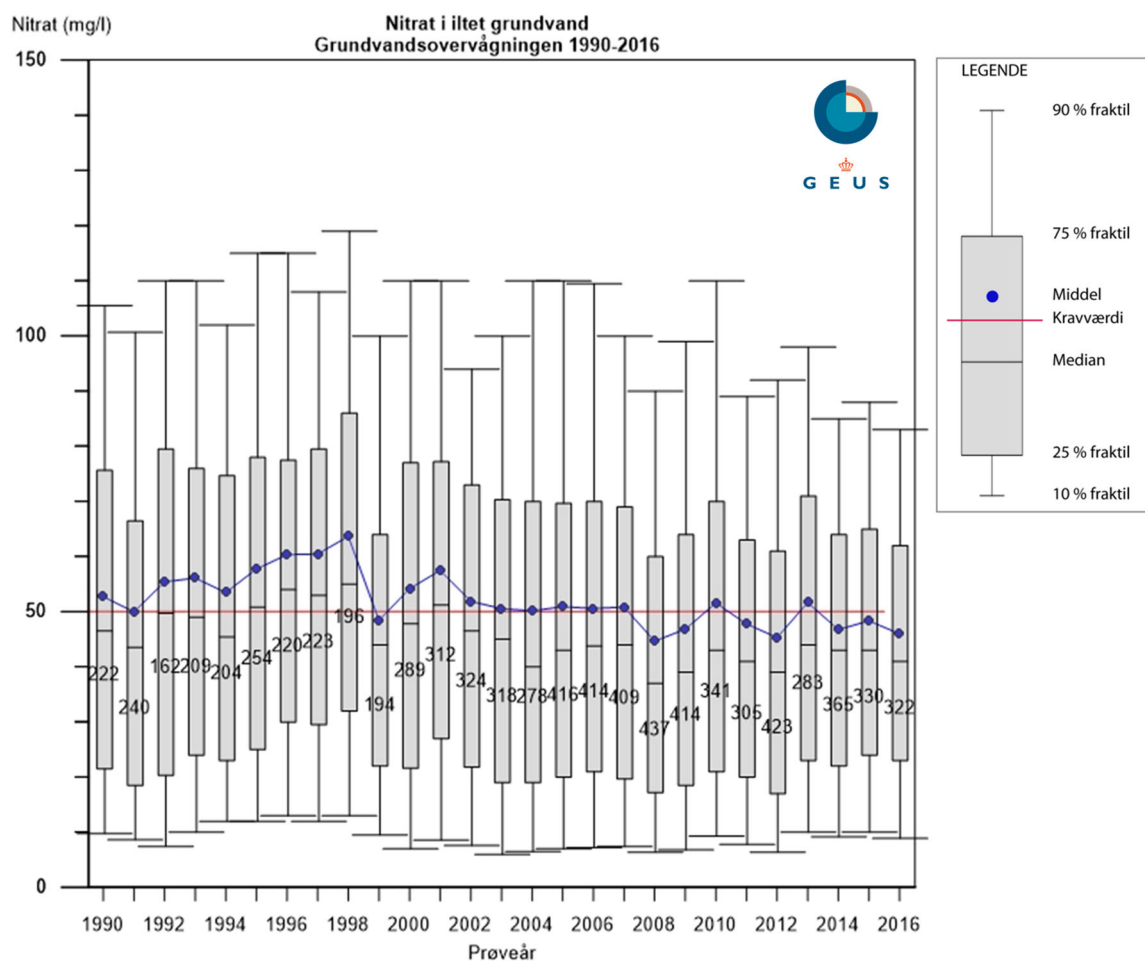
Thorling, L., Hansen, B., Larsen, C.L., Larsen, F., Mielby, S., Johnsen, A.R., & Troldborg, L. 2016: Grundvand. Status og udvikling 1989 – 2015. Teknisk rapport, GEUS 2016.

Thorling, L., Ditlefsen, C., Ernstsens, V. Hansen, B., Johnsen, A.R., & Troldborg, L. 2018: Grundvand. Status og udvikling 1989 – 2016. Teknisk rapport, GEUS 2018



## Bilag 1. Tidslig udvikling for nitratindholdet i grundvandsovervågningen.

Figur 1 i dette bilag viser den tidslige udvikling for nitrat i iltholdigt grundvand for perioden 1990-2016. Udbygningen af stationsnettet med flere indtag har fundet sted i perioden 2010-2016. Det fremgår af figuren, at det ikke har givet anledning til en væsentlig ændring i den udvikling der allerede var iagttaget for etableringen af disse indtag. Da grundvandets kvalitet kun langsomt ændrer sig, ville en ændret repræsentativitet af data, give en mere markant ændring i figurens forløb.



Figur 1. Tidsserie for nitrat i iltholdigt grundvand i GRUMO-indtag vist som boksdiagrammer for hvert prøvetagningsår i perioden 1990-2016. Figuren er baseret på det gennemsnitlige nitratindhold pr. indtag pr. år. Antal af indtag er angivet for hvert år.

**Til:** Miljøstyrelsen, Dirk-Ingmar Müller-Wohlfeil

**Fra:** GEUS, Lærke Thorling, Thomas Vangkilde-Pedersen, Lars Troldborg

Kopi til:

Fortroligt: Nej

Dato: 4. september 2019

GEUS-NOTAT nr.: 07-VA-2019-5

J.nr. GEUS: 218-00055

**Emne:** Opdateret Leverance 2 i projektet ”Metode for vurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand og nye vurderinger af tilstanden fsva. Nitrat”

---

Dette notat udgør sammen med nedenstående og medsendte excel-filer en revideret udgave af den i juni 2019 opdaterede leverance 2 i projektet ”Metode for vurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand og nye vurderinger af tilstanden fsva. Nitrat”. Revideringen skyldes en genudpegnings af grundvandsforekomster på Sjælland, Lolland, Falster og Møn som følge af en identificeret fejl i lag-justeringen for DK-modellen i disse områder. Dette notat erstatter det tidligere notat 07-VA-2019-03 af 24. juni 2019.

### **Baggrund**

Ifølge tillægskontrakten skal der ske en opdatering af leverance 2 for perioderne 2013-2018 og 2017-2018, med etablering af 2 oversigter med følgende oplysninger:

- En oversigt over fordelingen af analysedata fra årene 2017-18 mellem grundvandsforekomsterne. Oversigten skal etablere et overblik over hvor mange og hvilke forekomster, hvortil der er tilknyttet henholdsvis 0, 1, 2-4, 5-7 og 8 eller flere indtag. Det skal fremgå, hvilken karakter, det enkelte tilknyttede indtag har.

- En oversigt over fordelingen af analysedata fra årene 2013-18 mellem grundvandsforekomsterne. Oversigten skal etablere et overblik over hvor mange og hvilke forekomster, hvortil der er tilknyttet henholdsvis 0, 1, 2-4, 5-7 og 8 eller flere indtag. Det skal fremgå, hvilken karakter, det enkelte tilknyttede indtag har.

Bemærk: Tildeling af datatype følger proceduren i leverance 1 på basis af de oplysninger, der ligger i Jupiter. Her er datatypen tilknyttet de enkelte indtag, mens datatypekoden i databasen er tilknyttet de enkelte vandprøver. Derfor kan der under KS-arbejdet findes enkeltprøver med forkert/afvigende kode for datatype, uden det behøver at betyde at den datatype, der er tilknyttet indtaget er forkert.

## Den konkrete leverance

Leverance 2 består af Excel-filerne:

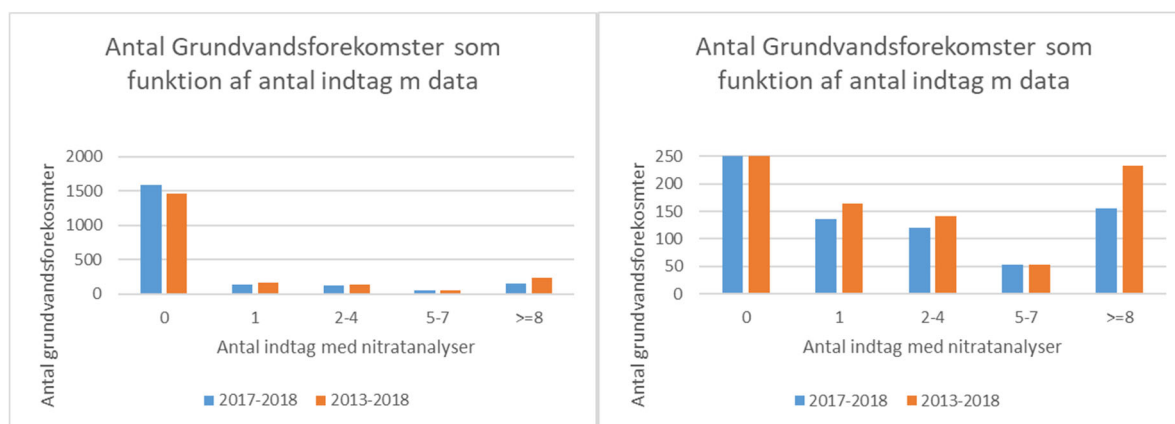
- Lev2\_PROEVERGVF\_2017\_2018\_sept2019.xlsx
- Lev2\_PROEVERGVF\_2013\_2018\_sept2019.xlsx
- Lev2\_Statistik-PROEVERGVF\_sept\_2019.xlsx

Der er i filerne "Lev2\_PROEVERGVF\_2017\_2018\_sept2019.xlsx" og "Lev2\_PROEVERGVF\_2013\_2018\_sept2019.xlsx" et ark over hvor mange indtag, der er i hver grundvandsforekomst med datatyperne BK (boringskontrol), GRUMO, LOOP, GEBKOR (grundvandskortlægning) og DEPOT (data punktkilder) og oversigten er dermed opdelt efter datakilder. Det skal bemærkes, at der ingen indtag var, som er knyttet til betegnelsen "Andet". Der henvises til definition og tildeling af disse datatyper i projektets leverance 1.

Filen "Lev2\_Statistik-PROEVERGVF\_sept2019.xlsx" indeholder statistik til to histogrammer. I arket "Histogram1" er der opgjort en statistik over hvor mange grundvandsforekomster, der er med hhv. 0, 1, 2-4, 5-7 og mindst 8 indtag med prøver for nitrat i de to perioder. Histogrammet er vist på Figur 1.

Derudover er der på arket "histogram" opgjort en statistik med fordelingen af antal tilgængelige indtag med nitratanalyser pr. grundvandsforekomst opdelt i flere koncentrationsintervaller, specielt når der er flere end 8. Statistikken supplerer Figur 1 med et overblik over hvor mange grundvandsforekomster for de to perioder, der har en god datadækning, med fx mere end 50 indtag i perioden.

Som supplement hertil kan det oplyses, at der var i alt 441 indtag i perioden 2013-2018, som har en eller flere nitratanalyser, men som ikke er knyttet til nogen grundvandsforekomst. Hovedparten af disse, 247 indtag, er boringskontrolanalyser, 41 af indtagene er fra grundvandskortlægningen, 41 fra GRUMO, og af de øvrige er 14 fra LOOP og endelig 98 indtag fra DEPOT. Antal indtag i de forskellige datatyper med nitratprøver, men uden tilknytning til en grundvandsforekomst i perioden 2013-2018 fremgår nederst af tabellen i Excel-filen "Lev2\_PROEVERGVF\_2013\_2018\_sept2019.xlsx".



Figur 1. Antal grundvandsforekomster som funktion af antal indtag med nitratanalyser i de to perioder 2013-2018 og 2017-2018, vist med to forskellige skalaer på y-aksen.

### Kvalitetssikring af udtræk

Kvalitetskravene til data (de kriterier der nævnes på siderne 3 og 4 i bilag 1 til rapporten om ”Grundvandets kemiske tilstandsvurdering, GEUS rapport 2014/78”) er programmeret direkte ind i koden til udtrækket. Det er således ikke muligt efterfølgende at tælle op, hvor mange data der er frasortet.

Udtrækskoden og udtrækket er kvalitetssikret på følgende måde:

- Alle GRUMO indtag er testet mod de standardiserede udtræk, der laves hvert år til Grundvandsrapporten under NOVANA programmet, for at teste, at de rent faktisk er GRUMO.
- Indtag med flere forskellige formål er i hånden slået op i JUPITER, hvorefter datatypen er fastlagt. En del af disse er GRUMO indtag, hvor der fejlagtigt er anvendt prøveprojekt BK. MST ved FKG grundvand er orienteret om disse, så de har mulighed for at rette data op.
- Det er testet ved opslag i JUPITER, at der ikke er GRUMO indtag, der anvendes til indvinding, og at indtag med GRUMO nr. der er knyttet til vandforsyningsanlæg (især i det tidligere Nordjyllands amt) ikke anvendes til indvinding af vand, men er pejleboringer/overvågningsboringer i tilknytning til vandforsyninger. Dette fremgår dels af kodninger for anvendelser, dels af de vedhæftede dokumenter fra borearbejdet mm.
- Der er frasortet data med kvalitetssikringskoder 4, 5, 6, 8, 12, 13, 14. Det er kontrolleret, at det er de rigtige koder ift. at undgå data, som nogen har vurderet ikke er valide.
- Der er frasortet data med prøvestatus 0, 2, 4, 6, 8, 10. Det er kontrolleret, at det er de rigtige koder ift. at undgå data, der ikke er godkendt af dataejer.
- Det er kontrolleret, at der ikke er værdien 0 for nogen nitratprøver i den pågældende periode, således, at der for alle data under detektionsgrænsen er såvel attributten ”<” og en talværdi i værdifeltet.
- Vi har talt op, at i alt 20 boringer er frasortet ud fra det kriterium, at de har en brønd i øverste lag, og at der samtidig enten ikke er gennemboret andre lag, eller der ikke er et velafgrænset lag herunder. Frasortering af brønde er diskuteret i projektets leverance 1.
- Enkelte af ”de kriterier der nævnes på siderne 3 og 4 i bilag 1 til rapporten om ”Grundvandets kemiske tilstandsvurdering, GEUS rapport 2014/78” er ikke længere relevante og er derfor ikke an-

vendt, da de knytter sig til GRUMO boringer, der blev udeladt af programmet i de første år af overvågningen (fx GRUMOUD koden, AG årsag). Det blev dog testet før vi udelod det fra kodningen, at det ikke var relevant, at anvende disse kriterier for data indsamlet i perioden 2013-18.

### **Anvendelse af data**

Det er i samråd med MST besluttet, at der til tilstandsvurderingerne i forbindelse med opstilling af de konceptuelle modeller anvendes periodegennemsnit beregnet som gennemsnittet af de årlige gennemsnitsværdier. De årlige gennemsnit på indtagsniveau for nitrat foreligger på tabelform, som fremsendt til MST i sammen med dette notat i mail af 5. sept. 2019.

**Til:** Miljøstyrelsen, Dirk-Ingmar Müller-Wohlfeil og Dorte Balle Harder

**Fra:** Lars Troldborg

Kopi til:

Fortroligt:

Dato: 18/6-2018

GEUS-NOTAT nr.: 06-VA-18-02

J.nr. GEUS: 218-0055

**Emne:** Afdækning af sammenhænge mellem almene vandforsyninger og grundvandsforekomster under ”kontrakt om metode for vurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand og nye vurderinger af tilstanden fsva. nitrat”.

---

## Notat om afdækning af sammenhænge mellem almene vandforsyninger og grundvandsforekomster

### Baggrund

Leverance 3, Afdækning af sammenhænge mellem almene vandforsyninger og grundvandsforekomster under ”kontrakt om metode for vurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand og nye vurderinger af tilstanden fsva. nitrat”.

Afdækningen sker ifølge kontrakten ”bl.a. med henblik på MSTs vurdering af, om der kan tilvejebringes supplerende analysedata, men også for at kunne gennemføre vurdering af, om der er konstateret risiko for kvaliteten af drikkevandet, der indvindes fra forekomsten, som følge af nitrat påvirkning”.

Arbejdet i forbindelse med leverancen har omfattet:

1. Algoritme for dannelse af tabel med kobling mellem indtag og grundvandsforekomster
2. Algoritme for dannelse af tabel med indvinding fordelt på indtag
3. Databearbejdning, kvalitetssikring og notat (nærværende dokument)

I bilag 1 til kontrakten er opgaveløsningen beskrevet som anvendelse af DK-modellens indvindingsfordeling til identifikation af aktive indtag, men som opgaven er skredet frem er det blevet mere og mere åbenlyst, at det for at sikre konsistens mellem indtagskoblingen til grundvandsforekomster, de kemiske opgørelser og denne opgave med fordeling af indvindingsmængder på indtag, ville være nødvendigt at inddrage de nye indtagskoblinger mere direkte i arbejdet end hvis det blev baseret på oprindelige koblinger i DK-modellen.

Som naturlig konsekvens heraf er der derfor dannet en tabel (view) i Jupiterdatabasen med GEUS' bud på hvordan indvindinger, der typisk er indberettet på anlægsniveau, kan opsplittes på indtagsniveau. Opsplitningen af indberettede indvindinger på anlægsniveau til indvinding på indtagsniveau er, sammen med koblingen af indtag til grundvandsforekomster, samlet set nødvendig for at kunne opgøre indvindingen for grundvandsforekomsterne, idet nogle anlæg ellers ikke kan knyttes til grundvandsforekomster. Dette notat beskriver kort metodikken for indtagskobling til grundvandsforekomster og metodikken for udvælgelse af

hvilke aktive indtag der er tilknyttet de enkelte anlæg. Hertil kommer en kort opsummering af de væsentligste resultater og en beskrivelse af de medfølgende dataark (Excelark).

## Kobling af indtag til grundvandsforekomster

### Eksisterende kobling mellem indtag og grundvandsforekomster

GEUS gennemførte en statistisk kobling mellem indtag i Jupiter databasen og grundvandsforekomster ifm. 3. revision af grundvandsforekomster i 2013. Baggrunden for koblingen var, at DK-modellen blev anvendt som datamæssig ramme til justering og udpegning af grundvandsforekomsterne. Det var dengang håbet, at DK-modellen på sigt skulle opdateres med den nyeste viden, der bl.a. fremkommer gennem den statsligt afgiftsfinansierede grundvandskortlægning dels til denne vandplan, men også frem mod næste planperiode. Anvendelse af en opdateret DK-model skulle sikre en sammenhæng mellem kortlægning, overvågning og vandplaner, for at sikre at arbejdet bygger på det samme faglige grundlag samlet i ét værktøj. Opgaven dengang (og nu) var, at associere en grundvandsforekomst ID til alle indtag i Jupiter, således at boringer med indvindingsoplysninger og vandkemi er koblet til DK-modellen via Jupiter databasen. Der var dengang særligt fokus på, at det ville blive nødvendigt at gentage arbejdet på en fremtidig opdateret DK-model, da man var særlig opmærksom på, at der forelå stor uudnyttet viden fra grundvandskortlægningens arbejde. Tilretningen blev gennemført med to værktøjer:

**Indtagsmodellen:** Dette er et databaseværktøj, udviklet af den daværende Naturstyrelse og GEUS i fællesskab, som kan kompensere for de mest almindelige mangler ved data i Jupiterdatabasen og den vertikale unøjagtighed i den geologiske model. Modellen hentede modelinformationer om de geologiske flader fra modeldatabasen og boringsinformationer direkte i Jupiter. Modellens resultat var et Excel ark med informationer om kobling af model lag (top og bund af flader) med indtag, samt en række beskrivende informationer (indtags-lithologi, utm-koordinater, DGU-numre osv.).

**ArcGIS værktøj:** GIS analyse af indtagsmodellens resultater på Excel ark format og grundvandsforekomsternes placering i planen udgjorde baggrunden for compensation ift. den horisontale unøjagtighed i den geologiske model.

En opgørelse af de koblede indtag viste, at ca. 25% ud af 146.769 indtag, som kunne defineres med top og bund, ikke umiddelbart kunne kobles til en grundvandsforekomst. En kvalitativ gennemgang af indtag anvendt til grundvandsovervågningen (GRUMO) viste, at ca. 350 (ud af 1300) GRUMO indtag ikke ved den maskinelle gennemgang var koblet til en grundvandsforekomst, men at disse alligevel kunne knyttes til en grundvandsforekomst ved manuel bearbejdning under hensyntagen til områdespecifikke model-unøjagtigheder:

1. Unøjagtighed på modellen er noget varierende fra område til område, og specielt for den jyske del af modellen er den vertikale unøjagtighed stor; op til 20-30 meter må vurderes realistisk. Tilsvarende vurderes det, at den horisontale unøjagtighed kan være op til 500-1000 meter specielt for Jylland og områder af Fyn, og ned til 100-500 meter for Fyn, Sjælland og Bornholm.
2. Grundvandsforekomst-afgrænsning. Det blev den gang nødvendigt at udvide/ændre afgrænsningen af et fåtal forekomster for så vidt angår Jylland. Ændringer i forekomst-afgrænsninger var en kvalitativ tung proces, primært med det formål, at kompensere for områder i modellen med DK-model-geologi fladedækning af lav kvalitet i forhold til områdernes geologiske heterogenitet.

Rutinen omkring boringstilknytning blev som konklusion herpå udvidet med følgende maskinelle håndtering af DK-model usikkerheden:

1. Indtag med indvinding, der ikke er associeret til et magasinlag, men hvor der eksisterer et overliggende magasinlag indenfor 25 meter herfra i vertikal retning re-associeres til dette.
2. Indtag med indvinding, der ligger indenfor eller associeret til et magasinlag med en forekomst og placeret i en horisontal radius herfra (1000 meter for Jylland og Fyn eller 500 meter for Sjælland og Øerne) knyttes til denne forekomst

Problemerne med indtagstilknytning kan således i første omgang primært henføres til DK-model unøjagtighed, hvilket i et vist omfang kunne håndteres maskinelt. Resultatet af den maskinelle gennemgang betød, at ca. 84% af de daværende 146.769 indtag, som kunne defineres med top og bund, kunne kobles til en grundvandsforekomst.

### Videreudvikling af koblingsmodel

Den eksisterende koblings-metodik medførte en statisk kobling baseret på et øjebliksbillede af data i Jupiter anno 2013. Der er siden 2013 blevet indlæst ganske mange nye boringer med indtag i Jupiter, hvorfor det er nødvendigt at gennemføre en ny kobling af indtag med grundvandsforekomster. GEUS har valgt at fokusere på at lave en løsning som 1) dels sikrer, at koblingen af disse indtag bliver tilgængelige direkte i Jupiter, 2) dels sikrer, at fremtidige indtag, når de bliver tilgængelige i Jupiter, vil blive (auto-)koblet til grundvandsforekomster med efterfølgende mulighed for manuel tilretning af denne kobling, og 3) dels sikrer, at en fremtidig opdatering af grundvandsforekomster nu "automatisk" kan blive reflekteret i indtagskoblingen. Denne metodik adresserer deslige de potentielle fejl, som kan opstå ved at flytte data fra databaseformat til Excel ark og dernæst videre igen til GIS format.

### Procesbeskrivelse af koblingsmetodik

Metodikken følger i overvejende grad metodikken anvendt i "Indtagsmodellen", men adskiller sig primært ved, at der ikke inddrages estimater for hydraulisk ledningsevne i de enkelte modellag, og ved, at der nu laves en samtidig vurdering af den vertikale og horisontale afstand. Brugen af hydrauliske egenskaber er i stedet afløst af en vurdering af indtagsoverlap og en vurdering af indtags-lithologi. Brugen af hydrauliske egenskaber vil muligvis gøre metodikken mere generelt anvendelig, men vil samtidigt være følsom overfor tildeling af hydrauliske egenskaber til de enkelte lithologier. I det konkrete tilfælde vurderes det dels, at forskellen er af underordnet betydning som følge af homogene magasin-antagelser og dels, at den valgte metodik vil være mere transparent.

Overordnet set er koblingen af indtag i Jupiter til grundvandsforekomster udfordret af to primære årsager:

- 1) dels er en geologiske model, som fx den der ligger til grund for udpegningen af grundvandsforekomsterne, en forsimpning af virkeligheden og vil derfor ofte være upræcis/mindre detaljeret, når man sammenligner den med information på boringsniveau og
- 2) dels kan indberetninger til Jupiter være upræcise og mangelfulde. I forbindelse med programmeringen af koblingen mellem indtag og grundvandsforekomster er der således truffet en række valg, som der kort vil blive redegjort for i nedenstående Tabel 1:



Tabel 1 Procedurevalg for indtagkobling til grundvandsforekomster

Beregn indtag top og bund i kote (INDTAG_TOP, INDTAG_BUND)	Beregner INDTAG_TOP og INDTAG_BUND	
	Udvælgelseskriterie	Beregning af INDTAG_TOP
	1) Både INTAKTOP OG INTAKBOT eksisterer	JUPKOTE -INTAKE-TOP
	2a) INTAKETOP eksisterer, men ikke INTAKBOT	JUPKOTE -INTAKE-TOP
	2b) INTAKEBOT eksisterer, men ikke INTAKTOP	JUPKOTE -(INTAKE-BOT - 2)
	3) Kun DRILLDEPTH og CASIBOT eksisterer, men er ens	JUPKOTE - (DRILL-DEPTH - 2)
	4) Kun DRILLDEPTH og CASIBOT eksisterer og er forskellige	JUPKOTE - CASIBOT
	5) Kun DRILLDEPTH eksisterer	JUPKOTE - (DRILLDEPTH - 2)
Vurdering og anvendelse af borings lithologi for indtagsinterval	Beregner % fordeling af indtagsbjergarten	
	Litholog analyse	Konsekvens
	Bidrag fra en af koderne: bk, dk, k, kk, lk, nw, pk, sk, tk, wk eller zk	Indtaget kan kun associeres med en grundvandsforekomst med magasin bjergarten "DK" (kalk, kridt o.lign.)
	100% bidrag fra en delmængde af koderne: as, bs, bv, gf, gs, js, kg, ks, os, rg, rs, rv, us eller vs	Indtaget kan kun associeres med en grundvandsforekomst med magasin bjergarten "PS" (prekvartært sand/grus)
	100% bidrag fra en delmængde af koderne: al, bl, cl, di, dl, dv, ed, el, ev, fi, fl, fp, ft, gi, gl, hi, hl, hp, ht, hv, ii, ij, il, ip, it, iv, jl, l, ll, mi, ml, ms, mv, nl, ol, pl, qi, ql, qp, qt, qv, rl, sl, ti, tl, tp, tt, tv, yi, yl, yp, yv, zi eller zl	Indtaget antages at være placeret i en ikke vandførende enhed og associeres ikke aktivt til en grundvandsforekomst, og vil kun blive koblet hvis indtag er placeret direkte i en forekomst (markeret med "inkl. Lith. ler" i tabellen herunder)
	Del bidrag fra alle andre koder	Indtaget kan associeres til alle grundvandsforekomster uanset magasinets bjergart
	Hvor JUPKOTE ikke eksisterer anvendes data fra den digitale terrænmodel	
	Vurdering af afstand fra indtag til en associeret grundvandsforekomst	Kobling af indtags id med magasin id
Afstands analyse (prioriteret rækkefølge)		Konsekvens
Indtag vertikalt placeret med del af indtag i ét og kun ét magasin indenfor horisontal magasin afgrænsning		Indtags id (inkl lith. ler) kobles med magasin id, BORAFSTANDTILMAGASIN = 0, INDTAGSAFSTANDTILLAG = 0

	Indtag vertikalt placeret med del af indtag i flere magasin indenfor horisontal magasin afgrænsning	Indtags id (inkl lith. ler) kobles med det magasin id hvor der er det største overlap, BORAFSTANDTILMAGASIN = 0, INDTAGSAFSTANDTILLAG = 0
	Indtag vertikalt placeret mindre end 25 m fra top eller bund af indtaget fra et magasin, men indenfor horisontal magasin afgrænsning.	Indtags id kobles med det magasin id hvor der er den korteste afstand, BORAFSTANDTILMAGASIN = 0, INDTAGSAFSTANDTILLAG = den mindste vertikale afstand til magasinets top eller bund
	Indtag vertikalt placeret med del af indtag i ét og kun ét magasin og indenfor 500m afstand til horisontal magasin afgrænsning	Indtags id kobles med magasin id, BORAFSTANDTILMAGASIN = horisontal afstand fra boring til magasin afgrænsning, INDTAGSAFSTANDTILLAG = 0
	Indtag vertikalt placeret med del af indtag i flere magasin indenfor 500 m afstand til horisontal magasin afgrænsning	Indtags id kobles med det magasin id hvor der er den korteste afstand, BORAFSTANDTILMAGASIN = horisontal afstand fra boring til magasin afgrænsning, INDTAGSAFSTANDTILLAG = 0
	Indtag vertikalt placeret med del af indtag i ét magasin indenfor 2000 m afstand til horisontal magasin afgrænsning	Indtags id kobles med magasin id, BORAFSTANDTILMAGASIN = horisontal afstand fra boring til magasin afgrænsning, INDTAGSAFSTANDTILLAG = 0
	Indtag vertikalt placeret med del af indtag i flere magasin indenfor 2000 m afstand til horisontal magasin afgrænsning	Indtags id kobles med det magasin id hvor der er det største overlap, BORAFSTANDTILMAGASIN = horisontal afstand fra boring til magasin afgrænsning, INDTAGSAFSTANDTILLAG = den mindste vertikale afstand til magasinets top eller bund
	Indtag vertikalt placeret uden for et magasin, men indenfor 2000 m afstand til horisontal magasin afgrænsninger.	Indtags id kobles med det magasin id hvor der er den korteste vertikale afstand, BORAFSTANDTILMAGASIN = horisontal afstand fra boring til magasin afgrænsning, INDTAGSAFSTANDTILLAG = den mindste vertikale afstand til magasinets top eller bund
Efter justering ift. horisontal og vertikal afstand	Justeringer ift afstand og formål	
	Afstands analyse	Konsekvens
	BORAFSTANDTILMAGASIN > 1000 m og boringen er IKKE markeret som "GRUMOBORING"	Indtag koblet til magasiner i meget stor horisontal afstand fra indtaget frasorteres, på nær i borerer som på et eller andet tidspunkt har været den del af GRUMO.
	INDTAGSAFSTANDTILLAG > 25 m frasorteres og boringen er IKKE markeret som "GRUMOBORING"	Indtag koblet til magasiner i stor vertikal afstand fra indtaget frasorteres, på nær i borerer som på et eller andet tidspunkt har været den del af GRUMO.

## Koblingsresultat

Resultatet af koblingen ligger som en tabel (et view) i Jupiterdatabasen med information om borings- og indtags-id, boringskoordinater, top- og bundkote for indtaget, lokations top- og bundkote for koblet magasin, magasin-id (som kan kobles til GVF-id), afstanden fra boringen til magasinet (BORAFSTANDTILMAGASIN), afstanden fra indtagets kote til magasinets kote (INDTAGSAFSTANDTILLAG), procentvis opgørelse af indtaglithologi og et kommentarfelt (fx indtag top = bund af forerør). Tabellen kan opdateres dynamisk, men er i nærværende udgave opdateret via manuel afvikling af en kode med en række SQL-forespørgsler. Tabellen er pt. ikke udstillet offentligt, men en kopi vil indtil videre kunne rekvireres ved henvendelse til GEUS.

Antallet af indtag som i tabellen er koblet til en grundvandsforekomst er via den nye procedure opgjort til 220.304 indtag. Den meget store stigning i antal koblede indtag (ca.100.000 ekstra indtag) skyldes primært tilvækst i Jupiter (bl.a. mange geotekniske boringer, men også nye boringer med indtag etableret ifm. grundvandsovervågningen) og sekundært ændringer i koblingsmetodikken. Grundet Jupiter databasens dynamiske natur er det ikke umiddelbart muligt, at lave en mere kvantitativ vurdering af ændringerne. Det skal bemærkes, at det langt fra er alle indtag, der er tilgængelige for monitoring, særligt ikke i den store gruppe af indtag, hvor top og bundkote er vurderet ud fra sekundære oplysninger (svarende til ca. 2/3 af alle indtag). Ud af de godt 120.000 indtag, hvor det lykkedes at lave en kobling i 2013, er godt 110.000 koblet til samme magasin med den nye procedure. Størstedelen af de godt 10.000 indtag, der afviger fra 2013 koblingen, skal findes blandt indtag, hvor lithologien udgøres af ikke vandførende materiale, kalk eller prækvartært sand.

Kvantitativt er der pt. dannet kobling mellem mindst et indtag og et magasin for i alt 389 grundvandsforekomster, se Tabel 2. Langt hovedparten af grundvandsforekomsterne er koblet til mere end 10 indtag.

*Tabel 2 Optælling af indtag pr. grundvandsforekomst*

Antal indtag	Antal GVF
> 1000	47
100 - 1000	137
10 - 100	140
1 - 10	49
0	29

## Opgørelse af indvindingsmængder pr. indtag

Selvom koblingen af anlægs-id og indtags-id allerede ligger i Jupiterdatabasen, kræver det alligevel en vis bearbejdning af data for at danne en opgørelse af indvindingsmængder pr. indtag.

- Selve indvindingen er typisk indberettet på anlægsniveau, dvs. ikke på indtags niveau,
- ikke alle indtag, som er koblet til et givet anlæg, udnyttes til indvinding,
- koblingen af anlæg og indtag er ikke konstant i tid
- For nogle anlæg mangler der en indtagstilknytning.

For at imødegå disse udfordringer er der udviklet en algoritme, der dels identificerer alle indtag knyttet til et anlæg bortset fra de indtag som har et formål der ikke kan være indvinding, dels danner en ligelig indvindingsfordeling pr indtag, dels overskriver denne ligelige fordeling i de tilfælde for indtag, hvor der er indberettet indvinding på indtagsniveau og endeligt frasorterer indberetninger

med negativ indvinding på anlægsniveau, og indberetninger der resulterer i en indvinding større end 5 mio. m<sup>3</sup>/år pr. indtag (i begge tilfælde justeres indvindingen til nul). Ved opgørelse af indvinding pr. GVF er kun indvinding fra de indtag, der er koblet til en GVF medregnet, og ved opgørelse af indvinding der kan knyttes til almene vandforsyninger er kun anlæg med HOVEDTYPE = 'VV' medtaget. Konsekvensen af disse justeringer er opsummeret i nedenstående Tabel 3.

*Tabel 3 betydning af algoritme for fordeling af (grundvands) indvinding til indtagsniveau og data justeringer*

<i>Forklaring</i>	<i>Middel 1993-2017</i>
A. Samlet indvinding i Jupiter	658.368.951
B. Samlet indvinding efter fordeling til indtagsniveau	651.117.538
C. Indvinding summeret på indtagsniveau efter justeringer	640.142.142
Justeret difference	18.226.809
D. Samlet indvinding fra indtag der kan knyttes til en GVF	591.186.002
Indvinding som ikke kan knyttes til en GVF (C – D + (A-B))	56.207.553
<i>do i procent</i>	9%
Heraf indvinding som ikke kan indtags placeres (B-A)	7.251.413
<i>do i procent</i>	13%
E. Samlet indvinding fra almene vandforsyninger summeret på forekomstniveau (andel af D)	377.488.943

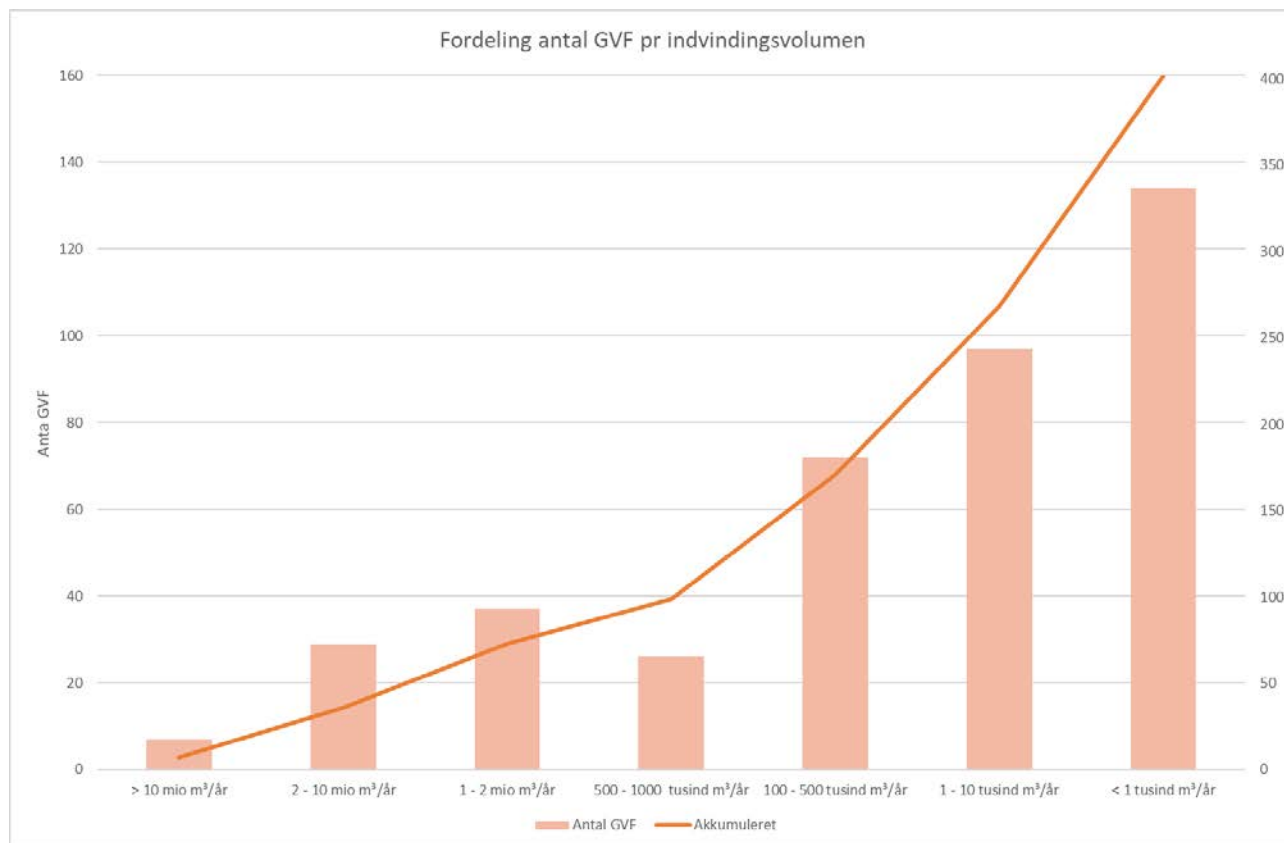
I den medfølgende datafil/Excel mappe er data til Tabel 3 desuden opgjort for de enkelte år i perioden 1993-2017 (arket "Opsummering"). Datafilen indeholder herudover et ark med samlet indvinding fra almene vandforsyninger fordelt på grundvandforekomster og fordelt på årene 1990 – 2017 (arket "Leverance 3"). Det samlede resultat af indvindingsalgoritmen ligger som en tabel (et view) i Jupiterdatabasen, med information om borings- og indtags-id, boringskoordinater, anlægs-id (som kan kobles til formålsnummer), og magasin-id fra koblingstabellen (som kan kobles til GVF-id) samt tilknyttet indvinding pr. år (fra år 1990 og frem). Tabellen kan opdateres dynamisk, men er i nærværende udgave opdateret via manuel afvikling af en kode med en række SQL-forespørgsler. Tabellen er tilsvarende indtagkoblingen pt. ikke offentligt udstillet, men en kopi (udtrykket pr. 8 juni 2018) er indsat i den medfølgende datafil.

Fordelingen af indvinding til almene vandforsyninger på grundvandsforekomster er opsummeret i nedenstående Tabel 4 og Figur 1.

*Tabel 4 Statistik for indvinding til almene vandforsyninger fordelt på grundvandsforekomster*

<i>Indvindings Volumen pr. GVF pr. år</i>	<i>Antal GVF</i>	<i>Samlet indvinding [mio m<sup>3</sup>/år]</i>
> 10 mio m <sup>3</sup> /år	7	168
2 - 10 mio m <sup>3</sup> /år	29	116
1 - 2 mio m <sup>3</sup> /år	37	56
500 - 1000 tusind m <sup>3</sup> /år	26	18
100 - 500 tusind m <sup>3</sup> /år	72	17
1 - 10 tusind m <sup>3</sup> /år	97	4
< 1 tusind m <sup>3</sup> /år	134	0

Som det fremgår af Tabel 4 er mere end halvdelen af den samlede indvinding til almene vandforsyninger knyttet til mindre end 10 % af grundvandsforekomsterne, mens ca. 1/3 af alle grundvandsforekomster har en tilknyttet indvinding til almene vandforsyninger på mindre end 10.000 m<sup>3</sup>/år (samlet set mindre end 1 mio. m<sup>3</sup>/år). Figur 1 viser fordelingen af grundvandsforekomster med forskellig indvindingsvolumen til almene vandforsyninger. Såvel Tabel 4 som Figur 1 og tilsvarende figur, bare opgjort med samlet indvinding, kan genfindes i den medfølgende datafil, der isoleret set udgør data for Leverance 3.



Figur 1 Fordeling af antal GVF pr. indvindingsvolumen

Medfølgende datafil: V3\_Indvindingsfordeling.xlsx



**GEUS**

Til: Miljøstyrelsen, Dirk-Ingmar Müller-Wohlfeil  
Fra: Lars Trolborg

Hydrologisk afdeling  
J.nr. GEUS 218-00055  
Ref. LTR

18.12.2019

## **GEUS Notat 06-VA-19-02 2019 opdateret leverance 3 i projektet ”Metode for vurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand og nye vurderinger af tilstanden fsva. Nitrat”**

Dette notat er en del af en opdateret leverance 3 jf. tillægskontrakten for projektet ”Metode for vurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand og nye vurderinger af tilstanden fsva. Nitrat”, som følge af en ny udpegning af grundvandsforekomster. Leverance 3 udført i 2018 er oprindeligt formelt overleveret i forbindelse med GEUS notat 06-VA-2018-2 af 18. jun. 2018.

### **Baggrund**

GEUS notat 06-VA-2018-2 indeholder beskrivelse af metodik for kobling af indtag i Jupiter og grundvandsforekomster, samt en opsummering af indtag og indvindingsmængder koblet til daværende afgrænsning af grundvandsforekomster (Tredje revision af grundvandsforekomster i Danmark, GEUS rapport 2014/58).

I foråret 2019 blev der gennemført ny udpegning af grundvandsforekomster i Danmark og nærværende notat (06-VA-2019-2) indeholder en opdateret opsummeringen af indtag og indvindingsmængder koblet til den nye udpegning af grundvandsforekomster. For beskrivelse af metodik for kobling af indtag i Jupiter og grundvandsforekomster henvises til tidligere notat (06-VA-2018-2). Opdateringen af koblede indtag og grundvandsforekomster ligger som en tabel i den ikke-offentlige del af Jupiter.

### **Den konkrete opdaterede leverance 3**

Leverance 3 består dels af nærværende notat og dels af Excel-filen Lev3\_IndvPrGVF\_29aug2019.xlsx, som indeholder flere ark:

- ”MiddelIndv2011-2017” viser den gennemsnitlige indvinding pr grundvandsforekomst opdelt på anlægs hovedkategorier
- ”IndvindingPrGVF” viser samlet indvinding pr grundvandsforekomst og fordelt på årene 1990 – 2018
- ”IndvindingPrIndtag” viser den samlede indvinding pr indtag fordelt på årene 1990-2018 [ligger også som en tabel (et view) i den ikke offentlige del af Jupiterdatabasen]

GEUS  
De Nationale Geologiske  
Undersøgelser for Danmark  
og Grønland  
Øster Voldgade 10  
1350 København K

Tlf. 38 14 20 00

CVR-nr. 55 14 50 16  
EAN-nr. 5798000866003

geus@geus.dk  
www.geus.dk

*GEUS er en forsknings-  
og rådgivningsinstitution  
i Klima-, Energi- og  
Forsyningsministeriet*

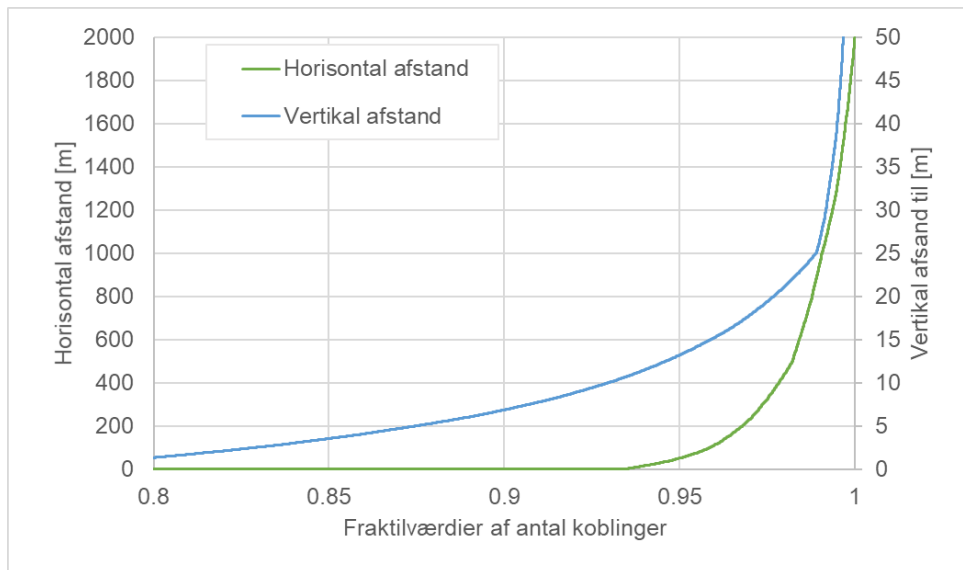
- ”Indtagskobling” viser alle relevante indtag fra Jupiter med koblingsinformation til magasinid,

Herudover indeholder filen data til figurer og tabeller til nærværende notat.

## **Koblingsresultat**

Antallet af indtag som er koblet til et magasin/grundvandsforekomst er opgjort til 216.478 indtag, mens 29.859 indtag ikke er koblet. For denne opgørelse er indtag med formålene: *Brunkulsboring, Dybdeboring/dybhulsproduktion, Frederikshavn gasboring, Shot hole/Dapco, Jordvarme op/ned, Oprensning, Sparging/termisk oprensning (iltningsbor.), Marin geoteknisk og Råstofboring f.eks. efter ler/sand/bentonit*, eller boringer med *større dybde* end 1000m ikke medregnet. Den manglende kobling af 29.859 indtag kan primært tilskrives to årsager: for 16.304 af indtagene var det ikke muligt at komme med et kvantitativt bud på top og bund af indtag, og for 12.930 af indtagene er lithologien i indtagsintervallet opgjort til rent ler. Den resterende del skyldes primært at litologien i indtagsintervallet ikke kan matches i den geologiske model indenfor en radius af 2000 meter.

Af de koblede indtag (216.478) er 156.484 indtag placeret direkte i et magasin/forekomst. Under accept af usikkerhed på den geologiske model kan 162.318 indtag (5.834 ekstra) kobles indenfor en vertikal afstand på 0 m og en horisontal afstand af 500 m, eller 189.060 indtag (32.576 ekstra) indenfor en vertikal afstand af 25 m og horisontal afstand af 0 m. Samlet set ligger 201.509 indtag (45025 ekstra), svarende til 93% af de koblede indtag indenfor 25 m i vertikal afstand og mindre end 500 m i horisontal afstand. Det resterende antal indtag (14.969) er koblet med større afstande end 25 m vertikal og 500 m horisontal). Af Figur 1 fremgår hvor stor en andel af indtagene som er koblet med mindre end en given horisontal eller vertikal afstand. Den vertikale kobling har et tydeligt knæpunkt ved 25 meter, hvor antallet af indtag der kobles ved afstande større end 25 meter ikke øges væsentligt. Den horisontale kobling har ikke et tilsvarende tydeligt knæpunkt.



Figur 1: Andele af indtag som kan kobles til en GVF indenfor en given horisontal og vertikal afstand

Kvantitativt er der pt. dannet kobling til mindst ét indtag for i alt 1910 grundvandsforekomster (GVF). Knap halvdelen af grundvandsforekomsterne er koblet til mere end 10 indtag, se Tabel 1.

Tabel 1: Antal indtag tilknyttet GVF

Antal indtag	Antal GVF
> 1000	56
100 - 1000	219
10 - 100	563
1 - 10	1072
0	140

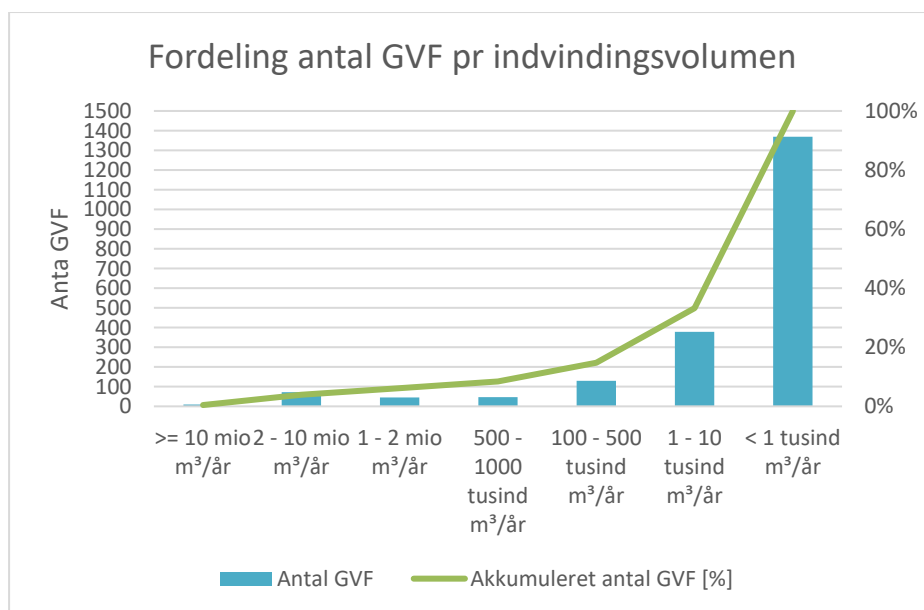
Fordelingen af indvinding til almene vandforsyninger på grundvandsforekomster er opsummeret i nedenstående Tabel 2 og Figur 2.

Tabel 2: Fordeling af indvindingsvolumen på GVF

Indvindings Volumen pr. GVF pr. år	Antal GVF	Samlet indvinding [mio m <sup>3</sup> /år]
≥ 10 mio m <sup>3</sup> /år	9	95
2 - 10 mio m <sup>3</sup> /år	72	128
1 - 2 mio m <sup>3</sup> /år	45	67
500 - 1000 tusind m <sup>3</sup> /år	47	37
100 - 500 tusind m <sup>3</sup> /år	130	29
1 - 10 tusind m <sup>3</sup> /år	378	8
< 1 tusind m <sup>3</sup> /år	1369	<1



Som det fremgår af Tabel 2, er mere end halvdelen af den samlede indvinding til almene vandforsyninger knyttet til mindre end 4 % af grundvandsforekomsterne (de to øverste rækker), mens ca. 85% af alle grundvandsforekomster (de to nederste rækker) har en tilknyttet indvinding til almene vandforsyninger på mindre end 10.000 m<sup>3</sup>/år (samlet set mindre end 10 mio. m<sup>3</sup>/år). Nedenstående figur viser fordelingen af grundvandsforekomster med forskellig indvindingsvolumen til almene vandforsyninger.



Figur 2: Fordeling af indvindingsvolumen på GVF

**Til:** Miljøstyrelsen, Dirk-Ingmar Müller-Wohlfeil

**Fra:** Lærke Thorling, Ingelise Møller

Kopi til:

Fortroligt: Nej

Dato: 4. september 2019

GEUS-NOTAT nr.: 07-VA-2019-6

J.nr. GEUS: 218-00055

**Emne:** Opdateret leverance 5 og 6 i projektet ”Metode for vurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand og nye vurderinger af tilstanden fsva. Nitrat”

---

Dette notat udgør sammen med nedenstående og medsendte 7 Excel-filer en revideret udgave af leverance 5 og 6 for projektet ”Metode for vurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand og nye vurderinger af tilstanden fsva. Nitrat”. Revideringen skyldes en genudpegning af grundvandsforekomster på Sjælland, Lolland, Falster og Møn som følge af en identificeret fejl i lagjusteringen for DK-modellen i disse områder. Dette notat erstatter det tidligere notat 07-VA-2019-04 af 1. juli 2019.

### **Baggrund**

Iflg. projektets kontrakt og tillægskontrakt udgør leverance 5:

Etablering af 2 oversigter:

A) Grundvandsforekomster, hvor der ikke er analysedata.

B) Grundvandsforekomster, hvor der er data, således at der kan begyndes en vurdering af forekomsten på grundlag af analysedata.

Iflg. projektets kontrakt og tillægskontrakt udgør leverance 6:

Etablering af 3 oversigter på grundlag af oversigt B):

C) Grundvandsforekomster, hvor der ikke er overskridelser af grundvandskvalitetskravet for nitrat i noget overvågningspunkt (inkl. boringskontroldata), og hvor det efter beregninger i Den Nationale Kvælstofmodel kan antages, at mindre end eller lig med 20 % af forekomsten er oxideret

D) Grundvandsforekomster, hvor der er ikke er overskridelser af grundvandskvalitetskravet for nitrat i noget overvågningspunkt, men hvor det efter beregninger i Den Nationale Kvælstofmodel kan antages, at mere end 20 % af forekomsten er oxideret.

E) Grundvandsforekomster med overskridelser af grundvandskvalitetskravet for nitrat i et eller flere overvågningspunkter.

Etablering af 2 oversigter på grundlag af oversigt A):

F) Grundvandsforekomster, hvor det efter beregninger i Den Nationale Kvælstofmodel kan antages, at mindre end eller lig med 1 % af forekomsten er oxideret.

G) Grundvandsforekomster, hvor det efter beregninger i Den Nationale Kvælstofmodel kan antages, at mere end 1 % af forekomsten er oxideret.

Disse tabeller leveres i følgende filer:

Lev\_5\_GVF\_liste\_A\_rev\_20190902.xlsx

Lev\_5\_GVF\_liste\_B\_rev\_20190902.xlsx

Lev\_6\_GVF\_liste\_C\_rev\_20190902.xlsx

Lev\_6\_GVF\_liste\_D\_rev\_20190902.xlsx

Lev\_6\_GVF\_liste\_E\_rev\_20190902.xlsx

Lev\_6\_GVF\_liste\_F\_rev\_20190902.xlsx

Lev\_6\_GVF\_liste\_G\_rev\_20190902.xlsx

### **Datagrundlag**

Leverance 5-6 er beregnet ud fra *datasættet* : \Leverance 5-6\databearbejdning-2019-sjælland\nitrat-middel2013-2018.xlsx

Beregningen er baseret på dataudtrækket til leverance 2, med udgangspunkt i på middelværdier af årlige middelværdier af nitrat på indtagningsniveau.



**GEUS**

Til: Miljøstyrelsen, Dirk-Ingmar Müller-Wohlfeil  
Fra: Lærke Thorling, Thomas Vangkilde-Pedersen

Grundvands- og kvartærgeologisk afdeling  
J.nr. GEUS 218-00055  
Ref. LTS/TVP

25.10.2019

**GEUS notat 07-VA-2019-07  
Resultat af nitrattilstands-vurdering i projektet ”Metode for  
vurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske  
tilstand og nye vurderinger af tilstanden fsva. Nitrat”**

GEUS  
De Nationale Geologiske  
Undersøgelser for Danmark  
og Grønland  
Øster Voldgade 10  
1350 København K

Tlf. 38 14 20 00

CVR-nr. 55 14 50 16  
EAN-nr. 5798000866003

geus@geus.dk  
www.geus.dk

*GEUS er en forsknings-  
og rådgivningsinstitution  
i Klima-, Energi- og  
Forsyningsministeriet*

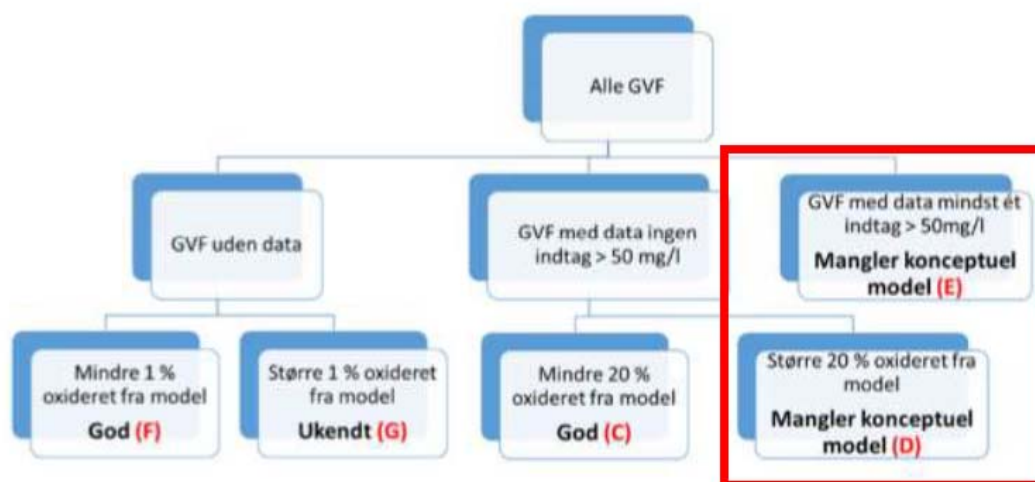
# NOTAT

Side 2 af 15

## Baggrund

GEUS har i projektet ”Metode for vurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand og nye vurderinger af tilstanden fsva. Nitrat” udarbejdet og dokumenteret en ny metode til vurdering af nitrattilstand for grundvandsforekomster (GVF) og gennemført en ny vurdering som en del af det forberedende arbejde til Vandplan 3 (VP3).

Metoden er baseret på et beslutningstræ, hvor grundvandsforekomster inddeles i God, Ringe eller Ukendt tilstand på baggrund af forekomst af nitratdata, overskridelser af grænseværdien for nitrat på 50 mg/l og den modellerede oxiderede zones volumenmæssige andel af grundvandsforekomsten, se Figur 1 herunder.



Figur 3.2: Inndeling af grundvandsforekomsterne på baggrund af forekomst af nitratdata (med/uden data); nitratkoncentrationer under eller over grundvandskvalitetskravet for nitrat på 50mg/l; samt den modellerede oxiderede zones volumenmæssige andel af grundvandsforekomsten (<1%, 1-20% og >20%).

Figur 1. Illustration af beslutningstræ i den udviklede metode (Figur 3.2 fra metoderapport, leverance 7 i projektet) om opdeling i henholdsvis GVF, hvor der foretages en direkte tildeling af tilstand (vurderingsklasse C, F og G) og GVF, hvor der opstilles en konceptuel model som grundlag for vurderingen (Vurderingsklasse D og E).

Grundvandsforekomster uden nitratdata tildeles direkte tilstanden God, hvis det modellerede oxiderede volumen er mindre end 1% og tilstanden Ukendt, hvis det er større end 1%. Grundvandsforekomster med nitratdata tildeles direkte tilstanden God, hvis der ikke er overskridelser af grænseværdien og det modellerede oxiderede volumen er mindre end 20%. Hvis der er overskridelser af grænseværdien eller hvis det modellerede oxiderede volumen er større end 20% udarbejdes en konceptuel model for forekomsten som grundlag for vurdering af tilstanden på en faglig workshop.

# NOTAT

Side 3 af 15

Forud for tilstandsvurderingen er der sket en omfattende opdatering af det geologiske grundlag i DK-modellen baseret på modeller fra grundvandskortlægningen og herunder især resultaterne af Miljøstyrelsens FOHM-projekt med sammenlægning af modeller fra grundvandskortlægningen i Jylland.

Som følge af det opdaterede geologiske grundlag er desuden foretaget en ny udpegning af grundvandsforekomster i forhold til udpegningen i forbindelse med Vandplan 2 (VP2), og i den forbindelse er der justeret i principperne for udpegning af grundvandsforekomster med udpegning af væsentligt flere selvstændige grundvandsforekomster til følge.

## Samlet resultat af tilstandsvurderingen

I alt er der udpeget 2050 grundvandsforekomster til VP3. Af disse er der for 1879 grundvandsforekomster foretaget en direkte tildeling af tilstand (God eller Ukendt) jf. den opstillede metode og for 171 forekomster er der jf. beslutningstræet udarbejdet en konceptuel model som grundlag for vurdering af tilstanden på en tværfaglig workshop.

I et enkelt tilfælde (GVF DK108\_dkmj\_231\_ks) blev det vurderet, at den underliggende geologiske model ikke var retvisende, og at der ikke med rimelighed kunne siges at være en grundvandsforekomst i de pågældende lag, hvorfor der for denne forekomst ikke er foretaget en bedømmelse af tilstanden. Der er således foretaget en bedømmelse af 170 grundvandsforekomster på en række tværfaglige workshops og i Tabel 1 gives en oversigt over både direkte tildeling af tilstand (Vurderingsklasse C, F og G, se også beslutningstræet i Figur 1) og bedømmelse af tilstand baseret på en opstillet konceptuel model (Vurderingsklasse D og E) fremhævet med gråt.

Antalsmæssigt er fordelingen af de nye tilstandsvurderinger for nitrat, at 66 % er i God tilstand, 2 % er i Ringe tilstand og 32 % er i Ukendt tilstand.

Tabel 1. Overblik over nye nitrattilstandsvurderinger ifm. VP3.

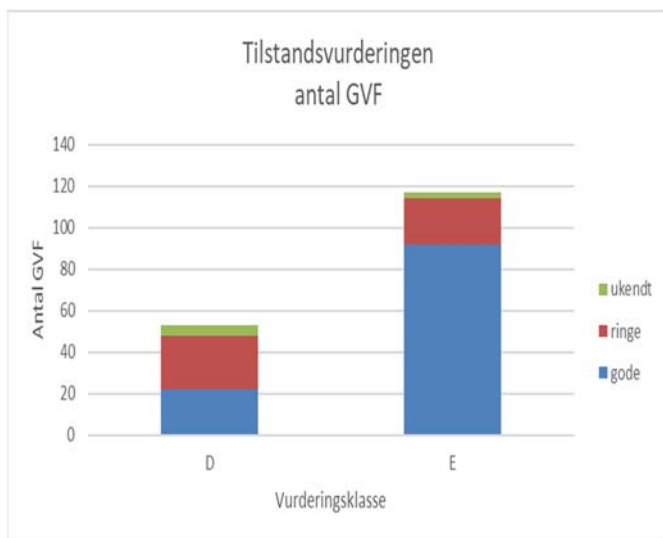
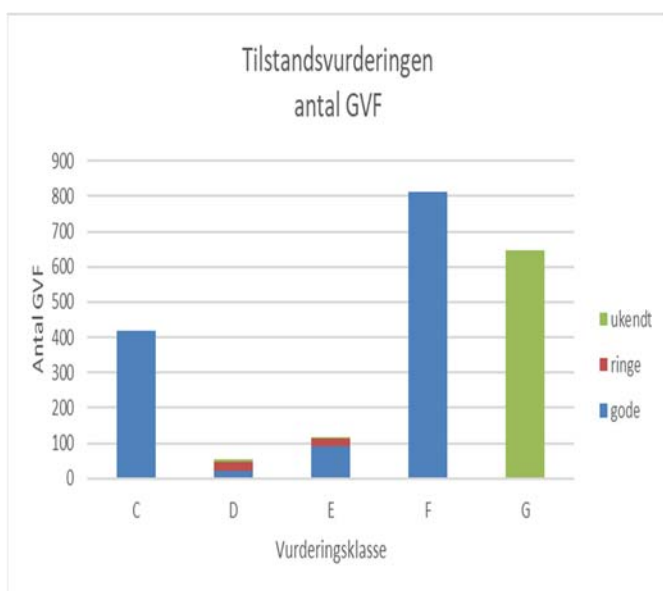
Vurderingsklasse	GOD	Ringe	Ukendt	Hovedtotal
C	420			420
D	22	26	5	53
E	92	22	3	117
F	811			811
G			648	648
Hovedtotal	1345	48	656	2049

For vurderingsklasser se Figur 1.

# NOTAT

Side 4 af 15

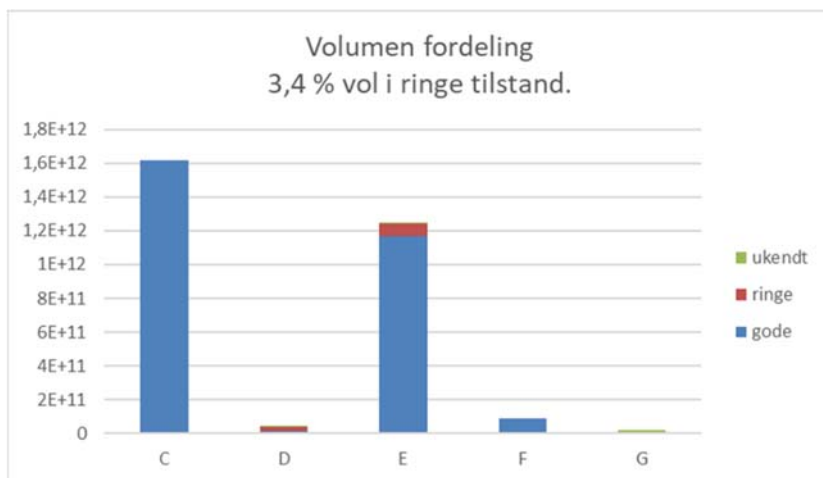
I Figur 2 herunder er vist den antalsmæssige fordeling af grundvandsforekomster i henholdsvis God, Ringe og Ukendt tilstand fordelt på vurderingsklasser (se Figur 1), og i Figur 3 er vist den tilsvarende volumenmæssige fordeling af grundvandsforekomster i henholdsvis God, Ringe og Ukendt tilstand for vurderingsklasserne.



Figur 2. Antalsmæssig fordeling af nitrattilstand opdelt på vurderingsklasser. Øverst samtlige GVF, nederst kun de GVF hvor der er opstillet en konceptuel model.

# NOTAT

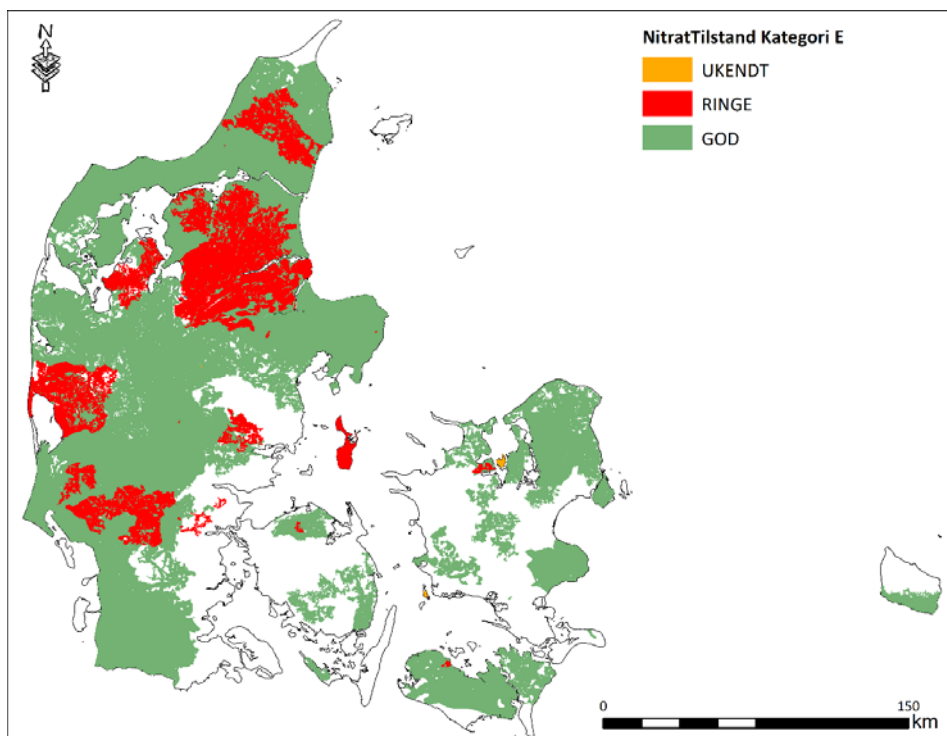
Side 5 af 15



Figur 3. Den volumenmæssige fordeling af nitrattilstand for GVF opdelt på vurderingsklasser.

## Geografisk fordeling

Den geografiske fordeling af tilstandsvurderingerne for vurderingsklasse E er vist i Figur 4 og for vurderingsklasse D i Figur 5. Den samlede tilstandsvurdering for alle 2050 (2049) GVF er vist i Figur 6.

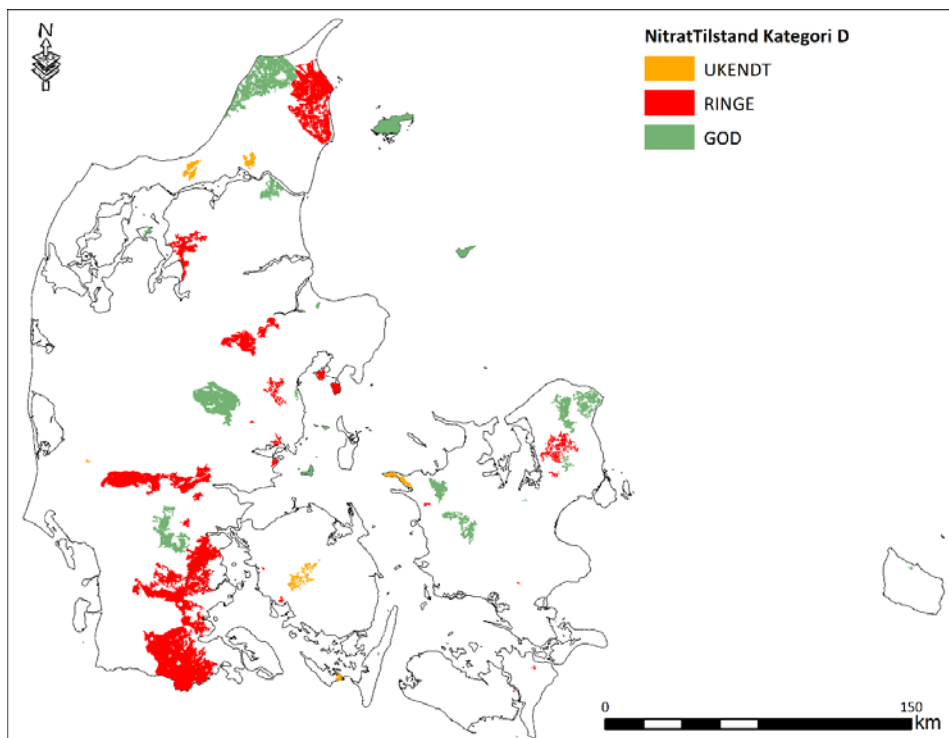


Figur 4. Geografisk fordeling af nitrattilstanden for vurderingsklasse E, hvor der er mindst et indtag med overskridelse af kravværdien på 50 mg/l nitrat.

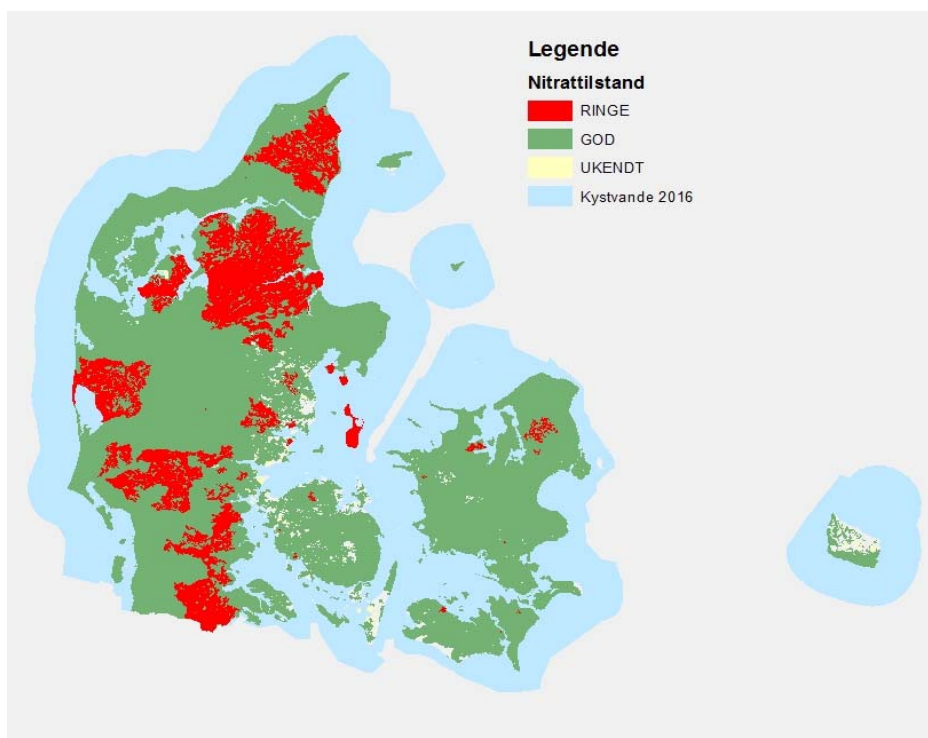


# NOTAT

Side 6 af 15



Figur 5. Geografisk fordeling af nitrattilstanden for vurderingsklasse D, hvor ingen indtag overskrider kravværdien på 50 mg/l nitrat, men det modellerede oxiderede volumen er større end 20%.



Figur 6. Geografisk fordeling af nitrattilstanden for alle GVF. GVF med ringe tilstand ligger øverst (figuren udarbejdet af Miljøstyrelsen baseret på resultater fra GEUS).

# NOTAT

Side 7 af 15

## Sikkerhed af vurderingerne

Som en del af den udviklede metode vurderes sikkerheden af den bedømmelse af nitrattilstand, der foretages på baggrund af konceptuelle modeller for vurderingsklasser D og E på de tværfaglige workshops.

Sikkerheden er knyttet til både repræsentativiteten og kvaliteten af de data, der foreligger for en given grundvandsforekomst, men også til kvaliteten af den konceptuelle model. Der kan ikke opstilles en simpel ligning for vurdering af sikkerheden, da omfanget og kvaliteten af tilgængelige data og datatyper varierer betragteligt fra forekomst til forekomst. Det være sig antal af indtag med nitratanalyser, de boringstyper de er knyttet til (VV/GRUMO/DEPOT etc.), omfanget af geofysik, kvaliteten af den geologiske model, osv. osv.

Med baggrund i den metoderapport, som udgør leverance 7 i projektet, gives her en beskrivelse af sikkerhedsbegrebet:

Datatætheden for de bedømte grundvandsforekomster varierer meget fra forekomst til forekomst for de forskellige datatyper. Det er derfor vigtigt at kunne vurdere repræsentativiteten af data for at kunne give en bedømmelse af kvaliteten af den resulterende tilstandsvurdering. I denne rapport arbejdes der med tre niveauer for den samlede bedømmelse af repræsentativiteten for data: ”god”, ”mellem” og ”ringe”, hvilket resulterer i en sikkerhed for vurderingerne, der kan være: ”stor”, ”mellem”, ”ringe”. Bemærk, repræsentativiteten for de forskellige datatyper er som regel forskellig.

Der skelnes således mellem repræsentativiteten af de tilgængelige data og sikkerheden for vurderingen (bias og konfidens). Eksempelvis kan vi jo have få vandanalyser fra de øvre lag af en grundvandsforekomst med stor mægtighed og mange data fra det dybere magasin. I det tilfælde er der vandanalyser med en ringe rumlig repræsentativitet. Hvis der imidlertid i øvrigt er en god konceptuel model for området, kan det alligevel være muligt at lave en vurdering med stor eller mellem sikkerhed.

Kravene til datas repræsentativitet hænger sammen med den forventede heterogenitet, jf. den konceptuelle model. Jo mere ensartet geologisk opbygning, jo færre data kræves for at kunne give et repræsentativt billede af forekomsten. Den konceptuelle model, der støtter sig på alle tilgængelige datatyper, har således betydning for vurderingen af repræsentativiteten af de enkelte datatyper, idet den konceptuelle model udtaler sig om systemets samlede heterogenitet, som påvirker repræsentativiteten af de enkelte datatyper hver for sig.

Det er derfor ikke muligt at opstille kvantitative kriterier for at vurdere repræsentativiteten af data, da fordelingen af de forskellige datatyper er umådeligt uensartet fra forekomst til forekomst.

# NOTAT

Side 8 af 15

Endelig har de forskellige datatyper en forskellig rumlig dækningsgrad, som er en konsekvens af det design, som datatyperne indsamles efter. Dette har betydning for deres repræsentativitet og ikke mindst mulighederne for at interpolere mellem data:

- Vandanalyser stammer som hovedregel fra et ret begrænset rumfang af forekomsten, og kan derfor betragtes som punktmålinger.
- Boringsoplysninger er som regel vertikale linjemålinger, idet jordlagsbeskrivelserne stammer fra flere dybder.
- Den modellerede nitratfront er en flade, der er fastlagt på basis af boringsoplysningerne, og som giver et første bud på hvor stor en andel af forekomsten, der ligger over/under nitratfronten. Repræsentativiteten af nitratfronten testes under vurderingen mod de målte vandprøver.
- Geofysiske data er, ikke mindst for SkyTEM data, ofte fortolket således, at man opnår en rumlig beskrivelse af de elektriske modstandsforhold og dermed en indikation på den rumlige geologi. De geofysiske data har af den grund meget stor betydning for fortolkning af den rumlige geologi, og vil derfor have meget stor betydning for vurdering af repræsentativiteten af de indsamlede vandanalyser.

Vurderingen af sikkerheden i bedømmelsen af nitrattilstand foretaget på de tværfaglige workshops skal således opfattes som en subjektiv ekspertvurdering baseret på det samlede foreliggende datagrundlag for en given grundvandsforekomst, og med forskelle i, hvad der har være betydende for vurderingen af sikkerheden fra forekomst til forekomst.

Sammenfattende kan siges at:

- Stor sikkerhed i tilstandsvurderingen afspejler, at der er gode og/eller repræsentative kemidata og/eller en god og sikker konceptuel model for forekomsten og/eller god overensstemmelse mellem det modellerede oxiderede volumen og kemidata/vurderingen af oxideret volumen ud fra den konceptuelle model og/eller brugbar viden om f.eks. arealanvendelsen eller fra andre datatyper.
- Mellem sikkerhed i tilstandsvurderingen afspejler, at en eller flere af ovenstående parametre er for ringe til at give stor usikkerhed i vurderingen.

# NOTAT

Side 9 af 15

- Ringe sikkerhed i tilstandsvurderingen afspejler, at der er ringe kemidata og/eller ringe repræsentativitet af kemidata og/eller en ringe og usikker konceptuel model for forekomsten og/eller ringe overensstemmelse mellem det modellerede oxiderede volumen og kemidata/vurderingen af oxideret volumen ud fra den konceptuelle model og/eller manglende viden om f.eks. grundvandsspejlets beliggenhed. Der kan også være tale om, at de forskellige datatyper, herunder resultater fra DK-modellen ikke peger entydigt på, hvorledes der skal opstilles en konceptuel model.

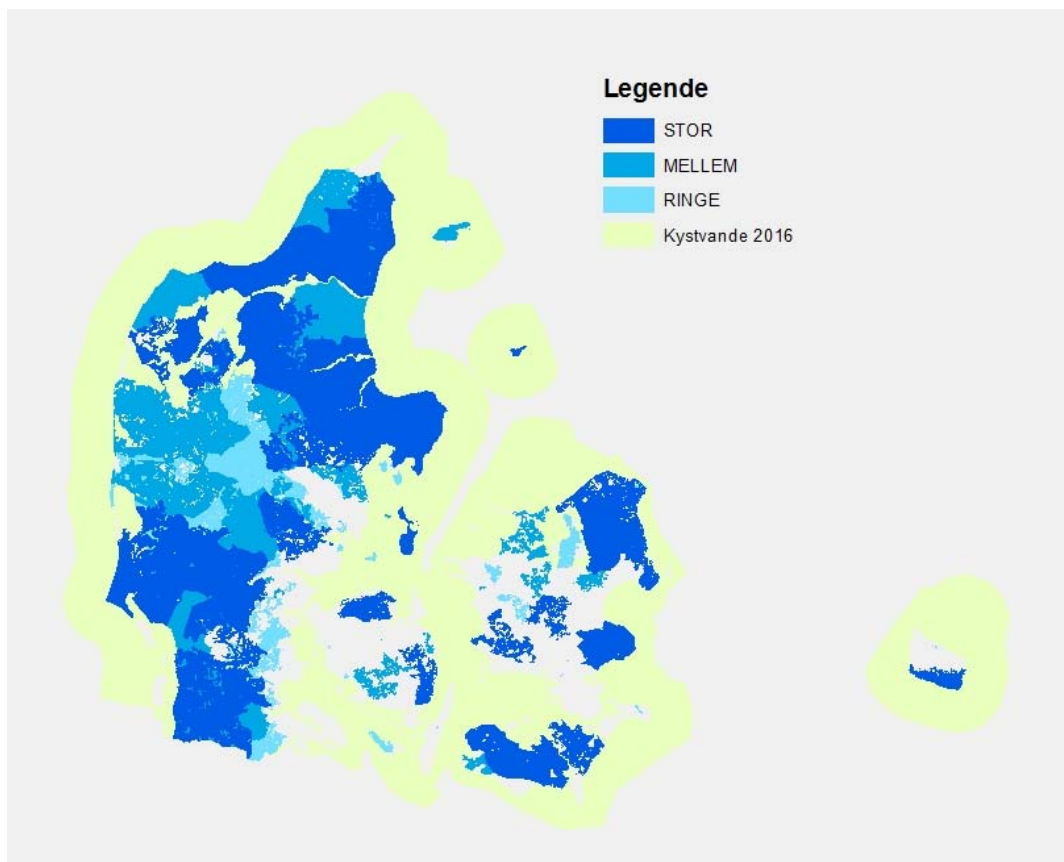
En forekomst i God eller Ringe tilstand, men med ringe sikkerhed i vurderingen er således et udtryk for ekspertgruppens bedst mulige vurdering på det foreliggende grundlag, men vurderingen er usikker på grund af et usikker eller dårligt datagrundlag.

En særlig udfordring ligger i, at jo mindre en grundvandsforekomst er, jo større betydning får usikkerheden i de geologiske modeller, idet der i små grundvandsforekomster med lille mægtighed, f.eks. er en stor følsomhed i forhold til, hvor præcist den modellerede redoxfront ligger. Her er der ofte en usikkerhed på nogle meter, men har forekomsten blot en mægtighed på 5 meter, har dette naturligvis en stor betydning for sikkerheden af vurderingerne. I små forekomster vil der endvidere ofte kun være ganske få kemidata til rådighed og kun få borer til at fastlægge den geologiske lagfølge.

Figur 7 herunder viser den sikkerhed, der er knyttet til vurderingerne for vurderingsklasse D og E. Kortet er udtegnet så vurderinger med høj sikkerhed ligger øverst og vurderinger med lav sikkerhed ligger nederst, og derfor ikke er synlige, hvis der ligger flere forekomster over hindanden med forskellig sikkerhed i vurderingerne.

# NOTAT

Side 10 af 15



Figur 7. Kort over sikkerheden af tilstandsvurderingerne for vurderingsklasse D og E (figuren udarbejdet af Miljøstyrelsen baseret på resultater fra GEUS).

## Sammenligning med tilstandsvurdering foretaget i forbindelse med Vandplan 2

Der er betydelige forskelle på nærværende tilstandsvurderinger foretaget i forbindelse med VP3 i forhold til vurderingerne ved VP2, hvilket særligt afspejler sig i hvilke konkrete arealer, der ligger over grundvandsforekomster i ringe tilstand. Det skyldes især forskelle i metodisk tilgang, men også at der, som tidligere beskrevet, er sket en omfattende opdatering af den geologiske model, der ligger til grund for DK-modellen, især i Jylland. Endelig er der justeret i principperne for udpegning af grundvandsforekomster og foretaget en ny udpegning af væsentlig flere forekomster end for VP2 (402 GVF til VP2 og 2050 GVF til VP3), hvor mindre magasiner som ikke er i hydraulisk kontakt, i mindre grad er samlet i større grundvandsforekomster.

# NOTAT

Side 11 af 15

I forhold til den metodiske tilgang er der for VP2:

- Foretaget en direkte tildeling af tilstand baseret på om 20 % af indtag viser > 50 mg/l nitrat uden inddragelse af anden viden
- Anvendt en periodelængde på op til 13 år
- Ingen hensyn taget til bias i data

Mens der for VP3:

- Er udarbejdet en konceptuel model for alle GVF med mindst et indtag > 50 mg/l nitrat (obligatorisk jf. VRD)
- Er foretaget en undersøgelse for alle GVF med > 20 % Oxideret volumen (ekstra risikovurdering)
- Anvendt en periodelængde på 6 år
- Inkluderet information om den modellerede redoxfront
- Er håndteret mange forskellige slags bias i data i forbindelse med den konceptuelle model

Samtidig resulterer det opdaterede geologiske grundlag og den nye udpegning af grundvandsforekomster især i et langt større summeret projektionsareal af de udpegede grundvandsforekomster, men også et større volumen af forekomsterne. Især i Jylland har den opdaterede geologi givet ny viden og udpegning af forekomster i flere lag ovenpå hinanden.

Den store forskel i antal grundvandsforekomster (402 GVF til VP2 og 2050 GVF til VP3) betyder, at det ikke giver mening at sammenligne det nominelle antal forekomster i God, Ringe og Ukendt tilstand for vurderingerne i forbindelse med henholdsvis VP2 og VP3, men herunder er angivet nogle tal for forskelle i udpeget areal og volumen (tallene er opgjort af Miljøstyrelsen).

Areal:

- Det summerede projektionsareal af GVF i VP3 er 120.873 km<sup>2</sup> mod 69.663 km<sup>2</sup> i VP2 og er således ca. 51.210 km<sup>2</sup> eller ca. 74% større
- Heraf udgør det summerede projektionsareal af GVF for Jylland og Fyn i VP3 101.432 km<sup>2</sup> mod 54.155 km<sup>2</sup> i VP2 og er således 47.277 km<sup>2</sup> større, dvs. næsten hele stigningen i samlet projektionsareal (ca. 92%) vedrører Jylland og Fyn

Mange grundvandsforekomster ligger imidlertid over hinanden og der er derfor store overlap mellem projektionsarealerne for de enkelte forekomster og herunder er derfor angivet de tilsvarende aggregerede projektionsarealer, dvs. hvor overlappende arealer kun tælles med én gang:

# NOTAT

Side 12 af 15

- Det aggregerede projektionsareal af GVF i VP3 er 44.020 km<sup>2</sup> mod 38.939 km<sup>2</sup> i VP2 og er således 5.081 km<sup>2</sup> eller ca. 13% større
- Heraf udgør det aggregerede projektionsareal af GVF for Jylland og Fyn i VP3 34.568 km<sup>2</sup> mod 29.585 km<sup>2</sup> i VP2 og er således 4.983 km<sup>2</sup> større, dvs. næsten hele stigningen i aggregeret projektionsareal (ca. 98%) vedrører Jylland og Fyn

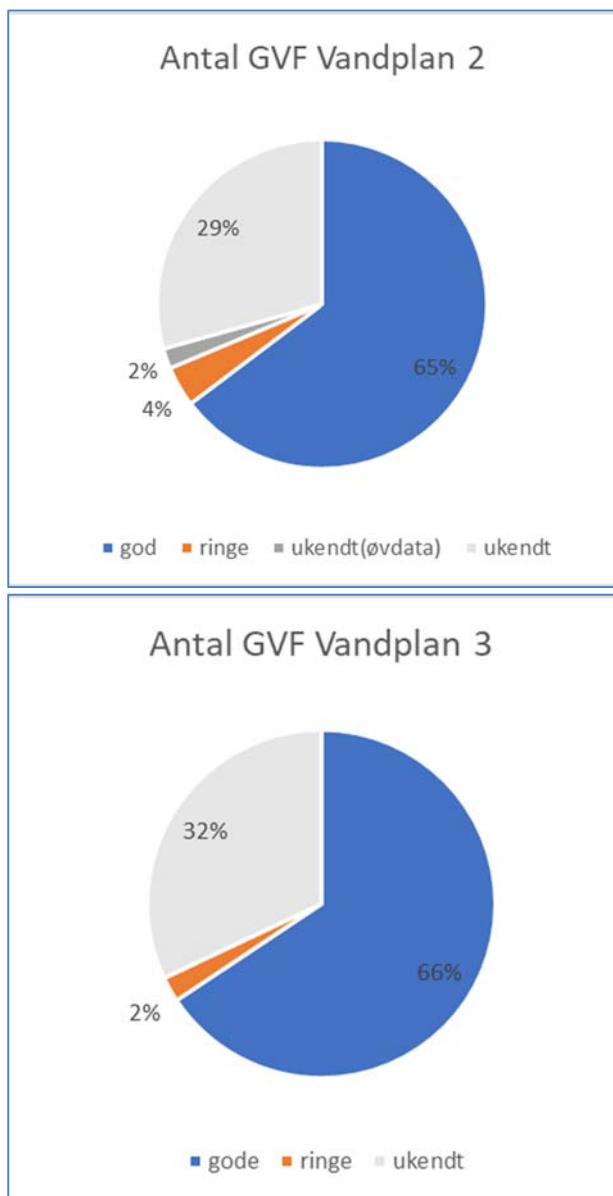
Volumen:

- Det samlede udpegede volumen af GVF i VP3 er  $3,01 \cdot 10^{12}$  m<sup>3</sup> mod  $2,28 \cdot 10^{12}$  m<sup>3</sup> i VP2 og er således  $0,73 \cdot 10^{12}$  m<sup>3</sup> eller ca. 32% større
- Heraf udgør det samlede volumen af GVF for Jylland og Fyn i VP3  $2,46 \cdot 10^{12}$  m<sup>3</sup> mod  $1,79 \cdot 10^{12}$  m<sup>3</sup> i VP2 og er således  $0,67 \cdot 10^{12}$  m<sup>3</sup> større, dvs. næsten hele stigningen i volumen (ca. 91%) vedrører Jylland og Fyn

I Figur 8 herunder er vist den procentvise fordeling af antal forekomster i henholdsvis God, Ringe og Ukendt tilstand for VP2 og VP3 og i Figur 9 er vist den procentvise fordeling af volumen af forekomster i God, Ringe og Ukendt tilstand.

# NOTAT

Side 13 af 15

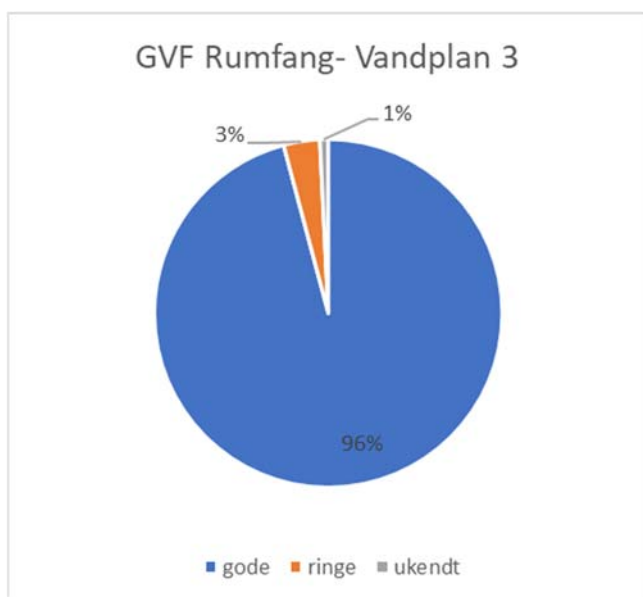
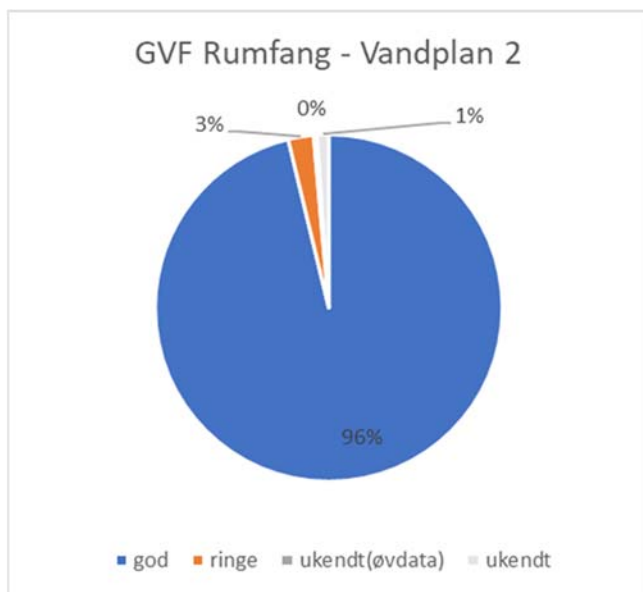


*Figur 8. Procentvis andel af antal GVF i God, Ringe og Ukendt nitrattilstand for henholdsvis VP2 og VP3.*



# NOTAT

Side 14 af 15



Figur 9. Procentvis fordeling af volumen af GVF i God, Ringe og Ukendt nitrattilstand for henholdsvis VP2 og VP3.

Figur 8 viser, at procentvis er kun 2% af grundvandsforekomsterne i Ringe tilstand ved VP3 mod 4% ved VP2, men som nævnt ovenfor er der ved VP3 udpeget væsentligt flere forekomster end ved VP2.

Figur 9 viser, at både i VP3 og VP2 er ca. 3% af det udpegede volumen af grundvandsforekomster i Ringe tilstand, men hertil hører, at det samlede udpegede volumen af grundvandsforekomster er 32% større ved VP3 end ved VP2.

I tabel 2 herunder er angivet en sammenligning mellem det aggregerede projektionsareal af grundvandsforekomster i Ringe tilstand ved henholdsvis VP3 og VP2.

# NOTAT

Side 15 af 15

*Tabel 2. Sammenligning mellem det aggregerede projektionsareal af grundvandsforekomster i Ringe tilstand ved henholdsvis VP3 og VP2 (arealerne er opgjort af Miljøstyrelsen).*

GVF i Ringe tilstand	Aggregeret projektionsareal km <sup>2</sup>
kun Ringe i VP3	7199
Ringe i både VP2 og VP3	1170
kun Ringe i VP2	932
Samlet Ringe i VP2	2102
Samlet Ringe i VP3	8369

Som det fremgår af Tabel 2 er det aggregerede projektionsareal (dvs. overlappende arealer tælles kun med én gang) af grundvandsforekomster i Ringe tilstand næsten 4 gange større ved VP3 end ved VP2. Den væsentligste årsag hertil vurderes at være, at der ved VP3 i de konceptuelle modeller er inddraget viden om beliggenheden af redoxfronten og det oxiderede volumen af en given grundvandsforekomst, og ikke som tidligere blot gennemført en direkte tildeling af tilstand ud fra nitratmålingerne, uden hensyn til evt. bias fra datatyper m.m., samtidig med en udpegning af væsentligt flere og ofte mindre grundvandsforekomster i forbindelse med VP3 i forhold til VP2.

Der er således ikke tale om, at udbredelsen af nitrat i grundvandet generelt har ændret sig væsentligt for de danske grundvandsforekomster mellem vurderingen foretaget ved VP2 og nærværende vurdering i forbindelse med VP3 og de observerede forskelle vurderes, at hænge sammen med ny viden om forekomsternes beliggenhed og en ny metode til vurdering af tilstanden.

# NOTAT

GEUS notat 07-VA-2019-08-Usikkerheder på afgrænsning af grundvandsforekomster

Bilag8



**GEUS**

Til: Miljøstyrelsen, Dirk-Ingmar Müller-Wohlfeil  
Fra: Lars Trolborg, Peter Sandersen, Anders Juhl Kallesøe, Ingelise Møller Balling, Thomas Vangkilde-Pedersen

Grundvands- og kvartærgeologisk  
kortlægning  
J.nr. GEUS 218-00055  
Ref. LTR/TVP

21.11.2019

## **GEUS notat 07-VA-2019-08 Usikkerheder på afgrænsning af grundvandsforekomster**

GEUS  
De Nationale Geologiske  
Undersøgelser for Danmark  
og Grønland  
Øster Voldgade 10  
1350 København K

Tlf. 38 14 20 00

CVR-nr. 55 14 50 16  
EAN-nr. 5798000866003

geus@geus.dk  
www.geus.dk

*GEUS er en forsknings-  
og rådgivningsinstitution  
i Klima-, Energi- og  
Forsyningsministeriet*

# NOTAT

Side 2 af 7

## Baggrund

Miljøstyrelsen har i forbindelse med projektet ”Metode for vurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand og nye vurderinger af tilstanden fsva. Nitrat” ønsket GEUS’ overordnede betragtninger omkring mulige usikkerheder på den afgrænsning af grundvandsforekomster som ligger forud for projektet.

## Generelle betragtninger og usikkerhed på geologiske modeller

Opstilling af geologiske og hydrostratigrafiske modeller i forbindelse med blandt andet den Nationale Grundvandskortlægning er sket over en lang årrække. Baseret på den opsamlede erfaring i branchen er procedurer i forbindelse med geologisk modellering løbende blevet udviklet. Fælles retningslinjer og anbefalinger er undervejs samlet i først Geovejledning 3 (Jørgensen m.fl. 2008) og senest Geovejledning 2018/1 (Sandersen m.fl. 2018), som begge omhandler anbefalinger til opstilling af geologiske og hydrostratigrafiske modeller til brug ved grundvandsmodellering. Generelt anbefaler Geovejledningerne opstilling af en geologisk model som efterfølgende simplificeres til en hydrostratigrafisk model, men i praksis er der tidligere ofte kun opstillet en hydrostratigrafisk model.

Data fra kortlægninger af undergrunden er samlet i de landsdækkende databaser hos GEUS (Jupiter- og Gerda-databaserne), og den stadigt stigende mængde af tilgængelige data danner løbende grundlag for nye modelprojekter. Hvert datasæt er behæftet med usikkerhed og selve modellerings-processen er ligeledes præget af usikkerhed. Usikkerhederne omfatter f.eks. specifik usikkerhed på målte data, usikkerheder på metoder, processerings- og beregningsusikkerheder og usikkerhed på de udførte tolkninger. Heraf er nogle af objektiv karakter, f.eks. en teoretisk usikkerhed på en specifik måling, mens andre har subjektiv karakter, f.eks. geologisk tolkning. En geologisk models usikkerhed vil derfor ikke kunne udregnes objektivt og entydigt, men vil afhænge af en række faktorer som f.eks. omfang og typer af data, geologiske kompleksitet, den opstillede models type og detaljeringsgrad samt modellens fokus (såvel fagligt som geografisk), og usikkerheden på en given model vil typisk variere indenfor modellens afgrænsning.

## Generelle betragtninger om FOHM samlingen af geologiske modeller for Jylland

Som det er beskrevet i den nye geovejledning (Sandersen m.fl. 2018), så er der ikke udarbejdet fælles koncepter for usikkerhedsvurderinger af geologiske og hydrostratigrafiske modeller. Flere af de modeller, som i FOHM-projektet er koblet sammen, indeholder generelle/subjektive vurderinger af data og/eller modelusikkerhed, som var målrettet formål og fokus for den enkelte model. Andre modeller, specielt af ældre dato, indeholder ikke egentlige usikkerhedsbetragtninger. Ved sammenkobling af modellerne var resultatet lagserier, som hang sammen over større områder, men da de opstillede lokalmodeller ofte har haft deres

# NOTAT

Side 3 af 7

fokus centralt i modelområdet, vil randområderne ofte være dér, hvor datamængden er mindst og hvor modellerne har størst usikkerhed. Som en del af FOHM projektet, blev de eksisterende modeller "værdi" gennemgået og vægtet og vægtningen benyttet til hvilke tolkninger der skulle have præference i overlappende områder. I områder uden modeloverlap, blev modeller medtaget uden værdi-vurdering, og efter sammenkoblingen af modellerne er der så vidt vides ikke foretaget yderligere usikkerhedsvurderinger. Konsekvensen er, at usikkerheden på den samlede FOHM model (og dermed modellen anvendt til afgrænsning af grundvandsforekomster for Jylland) er varierende og meget afhængig af det lokale datagrundlag (reelt modellens alder) og den geologiske kompleksitet.

## **Generelle betragtninger om afgrænsning af grundvandsforekomster**

Grundvandsforekomsterne er afgrænset på baggrund af den hydrostratigrafiske model, som er indbygget i DK-modellen. For Jyllands vedkommende omfatter denne FOHM hydrostratigrafien for kvartæret og en forsimplet udgave af FOHM hydrostratigrafien for prækvartæret. Forsimplingen af FOHM betyder, at antallet af hydrostratigrafiske lag i prækvartæret er reduceret fra 32 enheder til 14 enheder, mens antallet af hydrostratigrafiske enheder i kvartæret er uændret (13). Forsimplingen er primært foretaget for at samle spredte magasiner til samme hydrostratigrafiske lag med fokus på at repræsentere de mest markante ler/silt horisonter i prækvartæret, samt at samle kalk og kridt til ét hydrostratigrafisk lag. Den horisontale opløsning er som i FOHM modellen (100mx100m). Forsimplingen er sket i praksis ved at tilknytte alle FOHM tolkningspunkter til den forsimplede hydrostratigrafi, samt i mindre omfang indsætte ekstra tolkningspunkter for at sikre realistiske fladeforløb i prækvartæret. Interpolation af tolkningspunkterne til lagflader og efterfølgende fladejusteringer følger metodikken fra "FOHM-protokollen" for interpolation og fladejustering. For Fyn og øerne, samt Sjælland, Lolland, Falster og Møn er den hydrostratigrafiske model i DK-modellen opbygget på baggrund af tolkningsdata fra grundvandskortlægningen, og med tilsvarende detaljeringsgrad som i kortlægningsmodellerne (samme eller flere antal geologiske enheder og 100mx100m grid). Interpolation og efterfølgende fladejustering for Fyn og øerne samt Sjælland, Lolland, Falster og Møn følger en tilsvarende stringent logik som "FOHM-protokollen" (for Jylland). Den geologiske model for Bornholm afviger fra den resterende del af landet ved ikke at være opbygget af hydrostratigrafiske lag. I stedet for lag er den primært opbygget som en voxelmodel, hvor der for hver 250mx250mx5m er lavet en tolkning af den dominerende geologi og disse 250mx250mx5m "lego-klodser" dækker hele øen fra terræn til 150 m under havniveau. Herudover er der lavet en 6-lags tolkning (beregnings-lag), som følger de overordnede magasinstrukturer fra voxel-tolkningen. De seks lag er interpoleret til et 50mx50m grid.

# NOTAT

Side 4 af 7

Afgrænsningen af grundvandsforekomsterne er gennemført i fire etaper. Først dannes et brutto-sæt af magasiner ved at danne tykkelsesgrids ud fra de vandførende dele af de hydrostratigrafiske lag og afgrænse magasiner, som de dele af griddet der har tykkelser større end en minimumstykkelse. Bestemmelse af minimumstykkelse baseres primært på en vurdering af, hvor små lagtykkelser det har været realistisk at repræsentere med tolkninger i den hydrostratigrafiske model, og hvor stor afvigelse der er mellem de udarbejdede flader og tolkningspunkterne. Ved sidste revision af grundvandsforekomster i forbindelse med Vandplan 2 vurderedes den realistiske minimumstykkelse til at være 3 m, men siden da er der gjort en stor indsats med at indarbejde de typisk mere detaljerede modeller fra grundvandskortlægningen. På projekt-workshops med deltagelse af GEUS og Miljøstyrelsen (Vandplaner, Grundvandskortlægning og Grundvandsovervågning) er det således besluttet at anvende en minimumstykkelse på 2 m til grundvandsforekomst afgrænsningen i forbindelse med Vandplan 3 basisanalysen.

Efter dannelse af dette brutto-sæt af magasinafgrænsninger er der fraserteret magasiner mindre end en fastlagt minimumsstørrelse. Tilsvarende minimumstykkelsen er minimumsstørrelsen en afvejning af, hvor små arealer det har været realistisk at repræsentere i den geologiske model. Ved sidste revision af grundvandsforekomster vurderedes den realistiske minimumsstørrelse til 50 ha, men igen er der siden da gjort en stor indsats med at indarbejde de typisk mere detaljerede modeller fra grundvandskortlægningen. På projekt-workshops med deltagelse af GEUS og Miljøstyrelsen (Vandplaner, Grundvandskortlægning og Grundvandsovervågning) er det således besluttet, at anvende en minimumsstørrelse på 25 ha til grundvandsforekomstafgrænsningen, men samtidigt blev det besluttet at alle magasiner mellem 25 ha og 500 ha skulle testes for, om der var tolkningspunkter tilknyttet magasinafgrænsningen eller om der var boringsindtag placeret i magasinet. I de tilfælde, hvor der hverken var tolkningspunkter eller indtag tilknyttet magasinet, er det vurderet, at magasinerne er opstået tilfældigt som et artefakt af interpolations- og justeringsprocessen, og de enkelte magasiner er derfor fjernet fra det netto-sæt af magasiner som indgår i grundvandsforekomst afgrænsningen.

Herefter er alle enkeltmagasiner større end 1000 km<sup>2</sup> manuelt blevet opbrudt til grupper af mindre magasiner. Opbrydningen af store magasiner til mindre enheder er sket efter tre hovedprincipper. Dels skulle opbrydningen på overordnet niveau følge vandløbsoplandene, dels skulle opbrydningen på overordnet niveau følge geomorfologiske enheder (f.eks. hedesletter, bakkeøer o.lign.) og dels skulle opbrydningen på overordnet niveau følge forskelle i magasintykkelse (skæres i områder af magasinet med mindst tykkelse).

Slutteligt er der lavet en vurdering af hydraulisk kontakt mellem magasinerne i netto-magasinsættet undtagen gruppen af manuelt opbrudte

# NOTAT

Side 5 af 7

magasiner. Kontakten mellem magasinerne er vurderet på tilsvarende vis som selve magasinafgrænsningen, dvs. potentiel kontakt ved tykkelser af vandstandsede lag mellem magasinerne på mindre end 2 m og ved et overlap areal mellem magasiner på mere end 25 ha. Hvis der er vurderet kontakt mellem magasiner, samles disse som udgangspunkt til grundvandsforekomster. Der er kun vurderet kontakt mellem magasiner indenfor geologiske hovedtyper (kvartære magasiner, tertiære magasiner, kalk-kridt magasiner) og for Jylland er Kvartæret desuden underopdelt i lag som primært er hedeslette eller marine aflejringer (ks1+ks2), lag som primært er dalmagasiner (ks5+ks6) og andre lag (ks3+ks4), dvs. det er så vidt muligt forsøgt at undgå at afgrænse forekomster, som går på tværs af disse hovedtyper. Herudover bliver hvert magasin i gruppen af manuelt opbrudte enkeltmagasiner til en grundvandsforekomst.

Usikkerheden på afgrænsningen af forekomsterne afhænger med andre ord primært af usikkerheden på den hydrostratigrafiske model. I selve afgrænsningen er der lavet en generel vurdering af nedre grænse for præcision af magasiner som kan afgrænses rent teknisk i den hydrostratigrafiske model. I den konkrete afgrænsning er denne nedre grænse vurderet til at være mellem 25-500 ha i fladen og 2 m i vertikal retning. Denne generelle vurdering omfatter således ikke en egentlig usikkerhedsvurdering af den bagvedliggende geologiske tolkningsmodel. Usikkerheden af de hydrostratigrafiske tolkninger påvirker dels selve fladeforløbene, som bruges direkte til magasinafgrænsningen, dels opdelingen af hydrostratigrafiske/geologiske hovedtyper, som særligt i kvartæret for Jylland vil påvirke den vertikale afgrænsning af, hvilke magasiner som kan kobles sammen til grundvandsforekomster og dels i sidste ende om der kan afgrænses magasiner eller ej.

## **Erfaringer fra nitrattilstandsprojektet om usikkerhed på forekomst afgrænsningen**

I forbindelse med afholdelse af nitrattilstandsvurderings-workshops er der lavet kvalitativ nitrattilstandsvurdering for 171 grundvandsforekomster. For enkelte forekomster var der specifikt lokalkendskab til geologiske forhold, som tilsyneladende ikke kan genfindes i den anvendte geologiske model, hvilket er blevet fremhævet og viderebragt til Miljøstyrelsen. Men overordnet set omfattede formålet med nitrattilstandsvurderingen ikke vurdering af den geologiske model og/eller sammenhængene mellem de geologiske data for området og grundvandsforekomstafrænsningen, og det udvalgte datagrundlag, som blev inddraget på de enkelte workshops, er således kun i begrænset omfang velegnet til vurdering af usikkerheden på den hydrostratigrafiske model.

Efter arbejdet med nitrattilstandsvurderinger er der lavet en overordnet gennemgang af grundvandsforekomster af Type E som er vurderet i ringe tilstand. Gennemgang af dokumentationsskemaernes konklusioner

# NOTAT

Side 6 af 7

og basisinformation viser, overordnet set, at des tyndere en grundvandsforekomst des mere usikker er afgrænsningen. Ud af de 22 forekomster af Type E vurderet i ringe tilstand, vurderer GEUS kvalitativt, at der er mest usikkerhed i udstrækningen af 3 af forekomsterne, nogen usikkerhed for 13 af forekomsterne og lille usikkerhed i udstrækningen af 6 forekomster (der foreligger en tabel som grundlag for vurderingen).

## **Konklusion og muligheder for specifikke undersøgelser af udvalgte forekomster**

Den hydrostratigrafiske model i DK-modellen er blevet opdateret med indarbejdelse af sammenlagte kortlægningsmodeller fra grundvandskortlægningen, som på landsplan udgør det bedst mulige hydrostratigrafiske grundlag baseret på eksisterende modeller. Men med de hidtidige og nuværende arbejdsmetoder og –processer i forbindelse med opstilling af geologiske og hydrostratigrafiske modeller og efterfølgende afgrænsning af grundvandsforekomster, er det generelt ikke muligt at kvantificere usikkerheden på udstrækningen af de afgrænsede grundvandsforekomster udover ovenstående mere kvalitative vurdering. Udstrækningen og beliggenheden af grundvandsforekomsterne er behæftet med en usikkerhed som varierer og især knytter sig til forskellige usikkerheder i den hydrostratigrafiske model og de data der indgår i denne.

Såfremt der ønskes yderligere vurderinger af specifikke grundvandsforekomsters usikkerhed, kan det overvejes at undersøge følgende, som dog kan være mere eller mindre tidskrævende:

### **I. Baggrundsinformation og modelgrundlag**

- Genbesøg de udarbejdede kvalitetsvurderinger for de lokalmodeller, der ligger til grund for tolkning af magasinenhed. I forbindelse med FOHM Jylland er der f.eks. udarbejdet kvalitetsvurderinger for lokalmodeller, der vil kunne give oplysninger omkring pålideligheden af den geologiske/hydrostratigrafiske tolkning og det bagvedliggende datagrundlag. Det samme kan undersøges for Fyn og Sjælland.
- Overordnede vurderinger af geologisk kompleksitet for det område som grundvandsforekomsten dækker ift. simplificeringerne i den hydrostratigrafiske model.

### **II. Statistisk gennemgang af dataelementer**

- Antal tolkningspunkter per km<sup>2</sup> indenfor grundvandsforekomstafgrænsningen. Eventuelt med udbygning af information om, hvorvidt tolkningspunkterne er knyttet til data eller er støttepunkter uden reel datatilknytning. Antallet af tolkningspunkter, eventuelt sammenholdt med den overordnede vurdering af geologisk kompleksitet kan give indikationer for den hydrostratigrafiske models præcision i horisontal plan.



# NOTAT

Side 7 af 7

- Præcision i tilknytningen af filterindtag til grundvandsforekomsten, f.eks. indtag placeret direkte i forekomsten ift. indtag placeret tæt ved forekomsten. Mange indtag tilknyttet forekomsten uden at være direkte placeret i forekomsten kan give indikationer af den hydrostratigrafiske models præcision, vertikalt som horisontalt.

### III. Indbyggede usikkerhedselementer i den valgte udpegning af grundvandsforekomster

- Vurdering af forholdet mellem areal og tykkelse af en forekomst. Erfaringerne fra nitrattilstandsprojektet tyder på, at des tyndere et grundvandsmagasin og des større områder det dækker, evt. over områder hvor datagrundlaget er sparsomt, jo større forventes usikkerheden på afgrænsningen umiddelbart at være. Kan evt. udbygges med beregninger af betydningen af vertikal parallelforskydning af top- og bund af forekomst i forhold til udstrækning af forekomst, hvis teknisk og beregningsmæssigt muligt.
- Vurdering af forekomstforskelle i det tilfælde, at en forekomst er beliggende umiddelbart over en anden forekomst og der tilsyneladende er kontakt mellem forekomsterne. Burde de to forekomster være slået sammen til en forekomst, eller er der f.eks. begrundet forventning om geokemiske eller hydrogeologiske forskelle mellem de to forekomster, og/eller skyldes opdelingen i to forekomster, at den ene f.eks. stammer fra gruppen af opbrudte meget store magasiner.

### Referencer

Jørgensen, F., Kristensen, M., Højbjerg, A.L., Klint, K.E.S., Hansen, C., Hjort, B.E., Richardt, N. & Sandersen, P., 2008: Opstilling af geologiske modeller til grundvandsmodellering. GEO-VEJLEDNING 3, GEUS Særudgivelse, 175 sider, ISBN 978-87-7871-227-1.

Sandersen, P.B.E., Jørgensen, F., Kallesøe, A.J., Møller, I., 2018. Opstilling af geologiske modeller til grundvandsmodellering. GEO-VEJLEDNING 2018/1. GEUS Særudgivelse. De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland, GEUS. [www.geovejledning.dk](http://www.geovejledning.dk).