

Dokumentationsrapport

Udvikling af metode til vurdering af grundvandsforekomsters kemiske tilstand for udvalgte uorganiske sporstoffer og salte

Mette Hilleke Mortensen, Vibeke Ernstsen, Denitza Voutchkova
& Lærke Thorling

Dokumentationsrapport

Udvikling af metode til vurdering af grundvandsforekomsters
kemiske tilstand for udvalgte uorganiske sporstoffer og salte

Udarbejdet af GEUS for Miljøstyrelsen

Mette Hilleke Mortensen, Vibeke Ernstsén, Denitza Voutchkova
& Lærke Thorling

Indholdsfortegnelse

1.	Resume	4
2.	Baggrund	5
3.	Introduktion	6
3.1	Sporstoffer og salte i den indledende tilstandsvurdering.....	6
3.2	Tilstandsvurderingens enkelte trin	9
4.	Formål og leverancer	11
5.	Tværgående dokumentation	14
6.	Datagrundlag	16
7.	Den konceptuelle forståelsesmodel	18
7.1	Baggrund for den konceptuelle forståelsesmodel.....	18
7.2	Naturlige baggrundsværdier for sporstoffer	19
7.3	Forekomstspecifikke tærskelværdier	24
8.	Principper for tilstandsvurderingen for sporstoffer og salte.	28
8.1	Maskinel tilstandsvurdering ved et beslutningstræ	28
8.2	Eksempler på maskinel tilstandsvurdering, sporstoffer	32
8.3	Håndtering af forskellige datakilder for sporstoffer og salte	37
8.4	Repræsentativitet af data og sikkerhed af vurderingerne.....	38
9.	Tilstandsvurderinger for sporstoffer og salte, samlet resultat	39
9.1	Sporstoffer	39
9.2	Salte	45
9.3	Oversigtskort over sporstoffer og salte på landsplan	46
10.	Ekspertvurdering af indtag med overskridelser af tærskelværdier for sporstoffer	55
11.	Sammenfatning og kommentarer	64
11.1	Sammenfatning	64
11.2	Kvalitetssikring.....	64
11.3	Kommentarer.....	65
12.	Litteratur	66
Bilag.		70
	Oversigt over bilag.....	70

1. Resume

Til brug for vandområdeplanerne for tredje planperiode 2021-27 er der udviklet og fastlagt en ny metode til en indledende vurdering af de danske grundvandsforekomsters generelle kemiske tilstand for sporstoffer og salte. Den indledende vurdering er foretaget for de 2.050 grundvandsforekomster med den afgrænsning af grundvandsforekomsterne, der forelå ved basisanalysen for de danske vandområdedistrikter i 2019. Metoden er udviklet og anvendt i perioden december 2019 til december 2020 med inddragelse af ny viden, der er tilvejebragt efter offentliggørelsen af vandområdeplanerne for 2015-21, og i overensstemmelse med vandrammedirektivet (EU, 2000), grundvandsdirektivet (EU, 2006) og EU-CIS Guidance document no. 18 'Guidance on groundwater status and trend assessment' (EU, 2009).

Nærværende slutrapportering udgør en dokumentation for den udviklede metode og efterfølgende anvendelse heraf i de gennemførte indledende tilstandsvurderinger. Dokumentationsrapporten præsenterer blandt andet de principper og metoder, der er anvendt i tilstandsvurderingen, og giver eksempler på, hvordan metoden konkret er gennemført for henholdsvis en grundvandsforekomst, der vurderes at være i 'God' tilstand og en grundvandsforekomst, der vurderes at være i 'Potentielt Ringe' tilstand.

For sporstoffer er der lavet en samlet maskinel tilstandsvurdering af 2.050 grundvandsforekomster. Heraf blev 336 grundvandsforekomster klassificeret i kategorien 'God' tilstand, mens 223 grundvandsforekomster blev klassificeret i kategorien 'Potentielt Ringe' tilstand. For 1.491 grundvandsforekomster forelå der ikke data for nogen af de udvalgte sporstoffer til at vurdere den kemiske tilstand, og disse grundvandsforekomster er tildelt kategorien 'Ukendt' tilstand.

For salte blev der udført en indledende vurdering af grundvandsforekomsternes kemiske tilstand for stofferne ammonium og klorid. Det viste sig efter projektets afslutning, at der var sket en fejl i indberetningen af ammoniumdata til Jupiter, den fællesoffentlige database for grundvand og boringer, idet der var indberettet for lave værdier (en faktor ca. 1,3). Tilstandsvurderingen for ammonium præsenteres derfor ikke yderligere i denne rapport, men kan dog ses i bilag 2. For klorid er 566 grundvandsforekomster maskinelt vurderet som værende i 'God' kemisk tilstand, mens 43 grundvandsforekomster vurderes at være i 'Potentielt Ringe' kemisk tilstand. Der var 1.441 grundvandsforekomster, hvor der ikke forelå data i Jupiterdatabasen til at udføre en maskinel tilstandsvurdering for klorid.

Alle grundvandsforekomster med klassificering 'Potentielt Ringe' tilstand efter den indledende maskinelle tilstandsvurdering kan efter en statistisk undersøgelse tildeles en endelig tilstand. Dette arbejde er udført af Miljøstyrelsen, se bilag 16, "Metode for beregning af kemisk tilstand for de danske grundvandsforekomster fsva sporstoffer og salt til VP3".

2. Baggrund

Denne rapport er udarbejdet i forbindelse med projektet "Metode for vurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand for sporstoffer og nye vurderinger af forekomsternes tilstand for sporstoffer" og "Tilstandsvurdering af de danske grundvandsforekomsters tilstand for saltene: Ammonium, nitrit, sulfat, fosfor og klorid til VP3 2021-2027". Derudover indgår leverancen 'Ekspertvurdering af overskridelser af uorganiske sporstoffer med henblik på at identificere tilfælde, der skyldes naturlige forhold' fra "Bidrag til udvikling af metode for vurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand for organiske miljøfarlige forurenende stoffer uden primær anvendelse som pesticid".

De nævnte projekter er gennemført af GEUS for Miljøstyrelsen i perioden dec. 2019 – dec. 2020, mens selve slutrapporteringen er udarbejdet i foråret 2021.

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

- At opsummere projektets forudsætninger og hovedresultater.
- At give en beskrivelse af de anvendte metoder i tilstandsvurderingen.
- Give eksempler på tilstandsvurderinger for udvalgte forekomster.
- Præsentere alle resultater som bilag. Bilagene omfatter alle udarbejdede noter 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
- Forekomst af sporstoffer og salte i jord og grundvand
- Tidligere gennemførte tilstandsvurderinger
- Evaluering af geologisk heterogenitet i forhold til geologiske modelkoncepter

3. Introduktion

I dette kapitel introduceres de stoffer, som indgår i den indledende tilstandsvurdering for sporstoffer og salte. I de efterfølgende kapitler beskrives metode, beslutningsgrundlag og resultater i detaljer.

Tilstandsvurderingerne udføres på grundvandsforekomstniveau. Som led i basisanalyserne for de danske vandområdedistrikter 2019, er der afgrænset grundvandsforekomster på basis af DK-modellen, og efterfølgende er der koblet indtag fra borer i Jupiter til disse grundvandsforekomster (Trolborg, 2020a,b & GEUS-notat 06-VA-20-01 (bilag 6)).

3.1 Sporstoffer og salte i den indledende tilstandsvurdering

3.1.1 Sporstoffer

I den indledende tilstandsvurdering for sporstoffer indgår 9 sporstoffer. De enkelte stoffer er kort beskrevet herunder, mens en mere uddybende beskrivelse findes i bilag 1.

Aluminium.

Aluminium er et letmetal, der findes vidt udbredt i undergrunden i aluminiumsilikater eller sekundære forvittringsprodukter som for eksempel lerminerale. Koncentrationen i grundvand er stærkt afhængig af pH, idet opløseligheden er størst ved høj eller lav pH, og mindst ved neutral pH.

Arsen.

Arsen er et ikke-metal og findes blandt andet i sulfidholdige mineraler. Arsen binder sig stærkt til lerminerale, jernoxid/hydroxider samt organisk stof. Koncentrationen i grundvand er især styret af redoxforholdene, da opløseligheden for As(III) er større end for As(V). Reduceret grundvand indeholder derfor typisk mere arsen end oxideret grundvand.

Bly.

Bly er et tungmetal og forekommer naturligt i sulfider, sulfater og karbonater. Desuden kan det indgå i feldspat og glimmerminerale. Bly binder sig til lerminerale, organisk stof og jern- og mangan oxid/hydroxider og har almindeligvis en lav opløselighed i grundvand.

Cadmium.

Cadmium er et relativt sjældent tungmetal, men optræder som bikomponent i for eksempel sulfidholdige mineraler. Koncentrationen i grundvand er typisk meget lav. Cadmium er relativt mobilt i grundvand under oxiderede forhold, hvis pH er under 8. Cadmium binder sig til organisk stof, lerminerale og udfælder med jern- og mangan-hydroxider.

Kobber.

Kobber er et tungmetal, som er indbygget i for eksempel pyroxener, amfiboler og biotit. Mobiliteten i grundvand afhænger af pH og redox-forhold og er størst under sure og oxiderede forhold. Kobber fælder ud med jern- og manganforbindelser.

Krom.

Krom er et overgangsmetal og findes naturligt enten som Cr^{3+} eller Cr^{6+} . Mobiliteten afhænger af pH og redox-forhold. Cr^{3+} opfører sig i grundvand som Fe^{3+} og Al^{3+} og udfælder med oxid/hydroxider og ler og anses for relativt harmløst. Cr^{6+} er væsentligt mere mobilt, stærkt oxiderende og meget toksisk. Cr^{6+} reduceres hurtigt i jordlagene ved tilstedeværelsen af organisk stof.

Kviksølv.

Kviksølv er et sjældent tungmetal, men optræder som bikomponent i for eksempel sulfidholdige mineraler. Koncentrationen i grundvand er typisk meget lavt. Mobiliteten i grundvand afhænger i høj grad af, hvordan kviksølv er bundet, hvor det ikke mindst bindes stærkt til organisk stof.

Nikkel.

Nikkel er et tungmetal, og findes blandt andet i sulfidholdige mineraler. Mobiliteten i grundvand afhænger af pH og redox-forhold, og ved neutrale pH forhold kan mobiliteten nedsættes ved sorption.

Zink.

Zink er et tungmetal, der findes i en række almindelige mineraler som pyroxener, amfiboler og glimmermineraler. Det binder sig til jern- og manganforbindelser, lermineraler og organisk stof. Mobiliteten i grundvand er størst under sure forhold.

3.1.2 Salte

I den indledende tilstandsvurdering for salte indgår 6 ioner. En kort beskrivelse af de enkelte stoffer gives herunder, og derudover er stofferne nærmere beskrevet i GEUS-notat 07-VA-2020-06, GEUS-notat 07-VA-2020-14 og GEUS-notat 07-VA-2020-18, se bilag 2, 3 og 4, for henholdsvis ammonium, klorid og øvrige stoffer.

For stofferne ammonium og klorid er der udført en indledende vurdering af grundvandsforekomsternes kemiske tilstand, mens der for de øvrige stoffer er udarbejdet en redegørelse for stoffernes naturlige tilstand i grundvandsmagasinerne.

Klorid.

Klorid (Cl) forekommer naturligt i alt grundvand. Nedbørens indhold af klorid afhænger i Danmark især af påvirkningen af aerosoler fra havet, der sammen med tørdeposition spiller en stor rolle for det naturlige baggrunds niveau. Menneskelige aktiviteter kan resultere i et forhøjet indhold, fx vejsaltning eller indvindingsbetinget saltvandsindtrængning. Et højt indhold kan også skyldes naturlige forhold som tilstedeværelsen af marint residualvand, eller havvand nær kysten.

Ammonium

Ammonium (NH_4) dannes naturligt under anaerobe forhold ved mikrobiel omsætning af kvælstofholdigt organisk stof, og er derfor en karakteristisk bestanddel i reduceret grundvand. Nogle grundvandsmagasiner kan have et naturligt særligt højt indhold af ammonium, hvilket er væsentligt at tage i betragtning, når der skal skelnes mellem naturligt høje ammoniumværdier og en eventuel forurening i grundvandsforekomsterne. Forurening med ammonium ses især i forbindelse med punktkilder som lossepladser, møddinger og utætte kloakker.

Efter udarbejdelsen af tilstandsvurderingen for ammonium er GEUS og Miljøstyrelsen blevet gjort opmærksom på, at indberettede data til Jupiter for perioden 2016-2020 er fejlbehæftede, idet de indberettede værdier fra et laboratorium i perioden systematisk er underestimerede med en faktor 14/18. Resultaterne af tilstandsvurderingen for ammonium er derfor fejlbehæftede og diskuteres ikke yderligere i denne rapport, men kan dog ses i bilag 2.

Sulfat

Den atmosfæriske deposition fra nedbør og partikler er sammen med svovlholdige gødninger de væsentligste kilder til udvaskning af sulfat fra de øvre jordlag. Sulfatindholdet stiger almindeligvis markant omkring redoxfronten, hvor de geokemiske forhold i jorden skifter fra oxideret til reduceret (Postma & Boesen, 1991). Dette skyldes, at udvaskning af nitrat fra landbrugsarealer sammen med opløst ilt oxiderer indlejret pyrit (FeS_2), hvilket forøger grundvandets sulfatindhold. Sulfatbidrag til grundvandet kan også stamme fra underliggende salt residualvand eller fra indtrængen af havvand, enten i form af naturlig diffusion eller som resultat af indvinding eller anden ændring af grundvandsstanden. Endelig kan et højt sulfatindhold være indikation på lokal forurening fra visse typer punktkilder.

Fosfor

Fosfor er naturligt forekommende i grundvand. Fosfor optræder især som fosfat, men kan også indgå i organiske forbindelser i grundvandet. Fosforindholdet afhænger i høj grad af den geologiske sammensætning af undergrunden, og lokale geologiske og geokemiske forhold resulterer i betydelige variationer selv inden for korte afstande. Generelt ses en lav koncentration i områder med kalkaflejringer, mens miocæne aflejringer typisk har en højere koncentration (Thorling mfl., 2019).

Det geologiske bidrag til det totale fosforindhold er størst i reduceret, nitratfrit grundvand. I oxideret grundvand binder fosfor sig til jernoxider på sedimenterne, hvilket resulterer i et markant lavere indhold af opløst fosfor (Thorling mfl., 2018).

Nitrit

Nitrit forekommer naturligt i grundvandsmagasinerne i nitratreducerende lag omkring redoxfronten. Nitrit er et ustabil mellemprodukt under omsætning af kvælstof i forbindelse med såvel nitrifikation, som denitrifikation (især i grundvand), og kan derfor bruges som indikator på disse processer. Nitritkoncentrationerne ligger typisk omkring 0,1 $\mu\text{g/l}$ under nitratreducerende forhold (vandtype B). Høje værdier af nitrit ses i forbindelse med forurening fra punktkilder, for eksempel fra spildevand, hvor tilførsel af kvælstof og organisk materiale kan give en ufuldstændig omsætning af ammonium med dannelse af nitrit som resultat (Thorling & Pedersen, 1992).

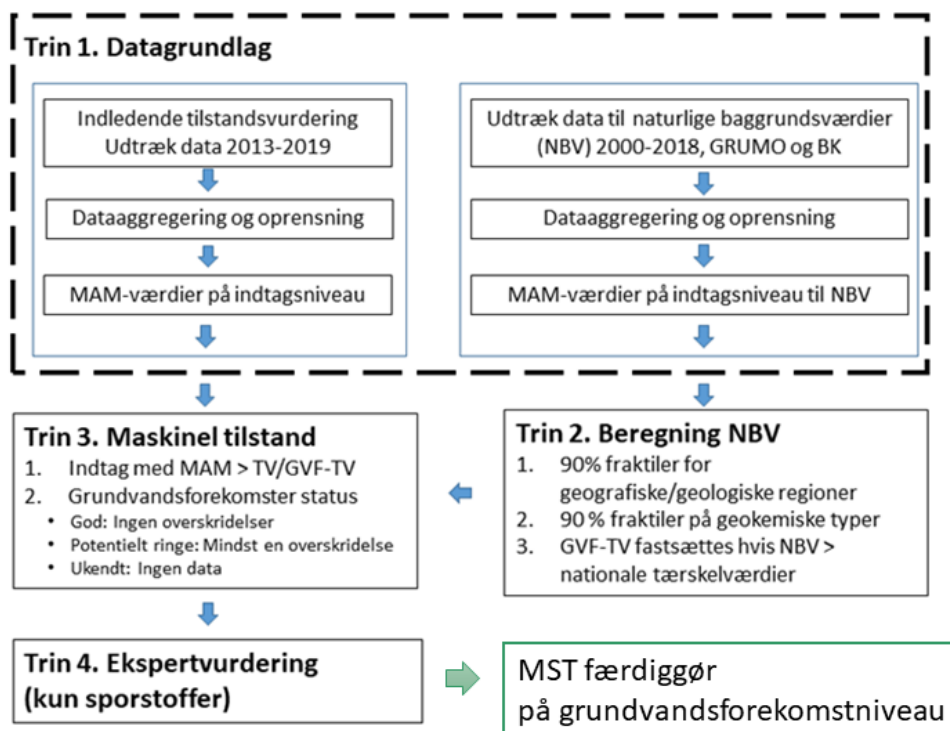
Ledningsevne

Ledningsevnen er et mål for vands elektriske ledningsevne, og er direkte proportional med koncentrationen af opløste ioner i vandet. En høj ledningsevne kan være tegn på infiltration af saltvand eller være en indikator på forurening, og har tidligere været benyttet som parameter til overvågning af disse.

3.2 Tilstandsvurderingens enkelte trin

For at udføre den maskinelle tilstandsvurdering er der udarbejdet en systematisk databehandling på de to datasæt, der skal bruges til henholdsvis beregning af den naturlige baggrundsværdi til brug for fastsættelse af forekomsts specifikke tærskelværdier og den indledende tilstandsvurdering. Der udarbejdes et udkast til forekomsts specifikke tærskelværdier som bidrag til Miljøstyrelsens beslutningsgrundlag.

De enkelte trin i den maskinelle tilstandsvurdering ses i Figur 3.1.



Figur 3.1 Procedure og metode for tilstandsvurdering af sporstoffer og salte, der alle er karakteriseret ved, at de dels er naturligt forekommende stoffer i grundvandet, dels har mulige bidrag fra humane påvirkninger.

Et overblik over de enkelte trin gennemgås nedenfor, mens en grundigere redegørelse ses i de efterfølgende kapitler.

I kapitel 6 gives indledningsvis et overblik over datagrundlaget benyttet i tilstandsvurderingerne, se også Figur 3.1, trin 1. Her redegøres for den tidsperiode, som de forskellige datasæt dækker, og for de nationalt gældende tærskelværdier for de enkelte sporstoffer og salte,

som Miljøstyrelsen har fastsat i denne vandplanperiode. Begrebet aggregerede data og MAM-værdier forklares.

I kapitel 7 beskrives den konceptuelle forståelsesmodel, der ligger til grund for arbejdet med de naturlige baggrundsværdier. Her præsenteres de faglige vurderinger, og de metoder, der er benyttet til beregningerne samt de resulterende forekomsts specifikke tærskelværdier, Figur 3.1, trin 2.

I kapitel 8 beskrives den indledende maskinelle tilstandsvurdering af grundvandsforekomsternes kemiske tilstand for sporstoffer og salte, se Figur 3.1, trin 3. Her gennemgås resultaterne fra to grundvandsforekomster.

I kapitel 9 præsenteres de samlede resultater af den indledende maskinelle tilstandsvurdering.

I kapitel 10 præsenteres ekspertvurderingen af udvalgte indtag, der er vurderet i 'Potentielt Ringe' kemisk tilstand på baggrund af den maskinelle tilstandsvurdering, se Figur 3.1, trin 4.

4. Formål og leverancer

Til brug for vandområdeplanerne for tredje planperiode 2021-27 er der udviklet og fastlagt en ny metode for indledende vurdering af grundvandsforekomsternes kemiske tilstand for sporstoffer og salte, der alle forekommer naturligt i grundvandet. Denne metode er udviklet i 2019/20 med inddragelse af ny viden, der er tilvejebragt efter offentliggørelsen af vandområdeplanerne for 2015-21 og efter regler og retningslinjer i Vandrammedirektivet, Grundvandsdirektivet og EU-CIS Guidance document no. 18 "Guidance on groundwater status and trend assessment" (EU, 2009). Ved metodeudviklingen er der taget højde for, at forurening fra sporstoffer i høj grad er forårsaget af punktkilder eller ikke bæredygtig indvinding fra geologisk sårbare magasiner. Derfor er der fokus på at identificere de naturlige baggrundsværdier for at muliggøre adskillelse af naturlige og antropogene kilder.

Formålet med projektet fsva sporstoffer fremgår af projektbeskrivelsen:

Projekts primære formål er dels at udvikle og fastlægge en ny metode for vurdering af grundvandsforekomsternes kemiske tilstand fsva sporstoffer dels at gennemføre indledende vurderingerne af den kemiske tilstand fsva sporstoffer til brug for vandplanlægningen og til vandområde-planerne for tredje planperiode 2021-27. Derudover har projektet til formål at tilvejebringe grundlaget for at fastsætte naturlige baggrundsværdier for relevante sporstoffer i de grundvandsforekomster, hvor de naturlige baggrundsværdier ligger over de nationalt fastsatte tærskelværdier.

Det er et selvstændigt formål med projektet, at grundlag for og metoder til vurderingerne og dermed vurderingernes validitet og begrænsninger er velbeskrevne (herunder i tilgængelig form) og gennemsigtige for interessenterne

For de uorganiske sporstoffer er der efterfølgende gennemført en ekspertvurdering af sporstofindholdet på indtagsniveau for indtag med overskridelser af de nationale tærskelværdier. Dette er sket i forbindelse med projektet for tilstandsvurdering for miljøfarlige forurenende stoffer.

Formålet med projektet fsva salte fremgår af projektbeskrivelsen:

Projekts formål er at udvikle og fastlægge en ny metode for vurdering af grundvandsforekomsternes kemiske tilstand for ammonium, nitrit, sulfat fosfor og klorid.

Projektet har til formål at tilvejebringe naturlige baggrundsværdier og sammenholde disse med tærskelværdier eller kvalitetskrav. Resultater af denne analyse skal anvendes til justering af tærskelværdier, hvis de nationale tærskelværdier er lavere end de naturlige baggrundsværdier.

Det er samtidigt et selvstændigt formål for projektet at benytte den fastlagte metode samt viden om naturlige baggrundsværdier og tærskelværdier til vurdering af forekomsternes kemiske tilstand.

Miljøstyrelsen fastlagde, at der skulle udarbejdes en indledende kemisk tilstandsvurdering for stofferne klorid og ammonium, mens der alene skulle udarbejdes en redegørelse for stofferne sulfat, nitrit, fosfor, og ledningsevne.

Oversigt over leverancer knyttet til de enkelte projekter:

Projekterne har resulteret i en lang række leverancer, som forekommer i elektronisk form (regneark med data og filer med den benyttede kode) og en række skriftlige notater. Notater mm. udarbejdet i tilknytning til leverancerne kan alle findes i bilagene.

Sporstoffer

Leverance 1. Det såkaldte datakildenotat, redegør for opdelingen i datatyper og de forskellige datatypers repræsentativitet og karakteristika. Leverancen består af GEUS-notat 07-VA-2020-02, bilag 5.

Leverance 2. Indstilling til fastsættelse af nationalt gældende tærskelværdier for sporstoffer. Udarbejdet af Miljøstyrelsen og er angivet i projektets projektinitialiseringsdokument og Tabel 6.1 i denne rapport.

Leverance 3. Der er fastlagt naturlige baggrundsværdier, der repræsenterer den koncentration, hvorunder sporstofferne i grundvandet kun i et ubetydeligt omfang er påvirket af menneskelige aktiviteter. Leverancen er beskrevet i datakildenotatet, bilag 1.

Leverance 4A. Notat om kobling af indtag til grundvandsforekomsterne og anvendelsen af data fra regionerne. Notatet indgår også i vandplanprojekterne "Udvikling af metode til vurdering og gennemførelse af vurderinger af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand fsva pesticider – del 2" og "Metode til vurdering af grundvandsforekomsternes kemiske tilstand fsva. MFS". Leverancen består af GEUS-notat 06-VA-20-01, bilag 6.

Leverance 4B. Samlet datagrundlag for den kemiske tilstandsvurdering af grundvandsforekomsterne. Miljøstyrelsen har udarbejdet et notat som et samlet notat for projekterne omhandlende MFS, pesticider og sporstoffer, bilag 7.

Leverance 5A. Dataudtræk af sporstoffer og metadata fra Jupiter. Etablering af rådatasæt og en række oversigter over antal indtag og grundvandsforekomster med sporstofanalyser for perioden 2013-2019. Leverancen er beskrevet i GEUS-notat 07-VA-2020-16, bilag 8.

Leverance 5B. Aggregering af data og oversigter over indtag med overskridelser af de nationalt gældende tærskelværdier, for de beregnede middelværdier af årlige middelværdier (MAM) på indtagsniveau. Leverancen er beskrevet i GEUS-notat 07-VA-2020-15, se bilag 9.

Leverance 5C. Rubricering af grundvandsforekomster i forhold til de nationalt gældende tærskelværdier. Grundvandsforekomsterne rubriceres i grupperne: "Ukendt kemisk tilstand fsva sporstoffer", "god kemisk tilstand fsva sporstoffer" og "potentielt ringe tilstand fsva sporstoffer". Leverancen indgår i GEUS-notat 07-VA-2020-15, se bilag 9.

Leverance 6. Den maskinelle opdeling af grundvandsforekomster efter beslutningstræet (se kapitel 8.1), hvor de forekomstspecifikke tærskelværdier inddrages i rubricering af grundvandsforekomsternes kemiske tilstand fsva sporstoffer på indtagsniveau. Leverancen er beskrevet i bilag 10.

Leverance 7. Projektet afsluttes med nærværende rapport, der opsummerer projektets forudsætninger og hovedresultater.

Ekspertvurdering. I forbindelse med projektet "bidrag til tilstandsvurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand for miljøfarlige forurenende stoffer uden primær anvendelse som pesticid samt for sporstoffer" er der udarbejdet en ekspertvurdering af indtag, hvor der er konstateret overskridelser af tærskelværdierne for en række konkrete sporstoffer, se kapitel 10 og bilag 11.

Salte

Leverance 1. Fordeling mellem metodisk tilstandsvurdering og redegørelse fsva ammonium, nitrit, fosfor, sulfat og klorid. Udarbejdet af Miljøstyrelsen og fremgår af projektinitieringsdokumentet.

Leverance 2. Udtræk af salte og støtteparametre fra Jupiter for perioden 2013-2019. Udtrækket er udført med samme procedurer som udtrækket i sporstofprojektet.

Leverance 3. Fastsættelse af grundvandsforekomst-specifikke tærskelværdier (naturlige baggrundsværdier) for klorid og ammonium. Leverancen er beskrevet i GEUS-notat 07-VA-2020-11, bilag 12.

Leverance 4. Dataaggregering og kvalitetssikring for klorid og ammonium, herunder beregninger af ionbytning og beskrivelse af metadata. Leverancen er beskrevet i GEUS-notat 07-VA-2020-12, bilag 13.

Leverance 5. Etablering af metode til maskinel konkret tilstandsvurdering på indtagsniveau, for ammonium og klorid, herunder anvendelse af forekomstspecifikke tærskelværdier. Leverancen er beskrevet i GEUS-notat 07-VA-2020-13, bilag 14.

Leverance 6. Rubricering af grundvandsforekomster i forhold til de nationalt gældende tærskelværdier for klorid og ammonium. Grundvandsforekomsterne rubriceres i grupperne 'Ukendt' kemisk tilstand, 'God' kemisk tilstand og 'Potentielt Ringe' kemisk tilstand. Leverancen er beskrevet i GEUS-notat 07-VA-2020-13, bilag 14.

5. Tværgående dokumentation

Til brug i forbindelse med de forskellige projekter til vandplan 3, er der udarbejdet en række tværgående dokumenter, der beskriver procedurer og beslutningsgrundlag, der er gældende for leverancerne på tværs af projekterne.

I forbindelse med projektet omhandlende sporstoffer og salte, er der benyttet følgende tværgående notater:

- GEUS-notat 07-VA-2020-02: Datakilder i form af vandanalyser, der anvendes ved vurdering af grundvandets tilstand i forbindelse med vandområdeplanerne 2021-2027, bilag 5.
- GEUS-notat 06-VA-20-01: Revision af indtagkobling til grundvandsforekomster, bilag 6.
- Leverance 3, MST. Samlet datagrundlag for den kemiske tilstandsvurdering, bilag 7.

GEUS-notat 07-VA-2020-02, datakildenotatet, beskriver anvendeligheden af de vandkemiske data, som er tilgængelige i Jupiter til brug for vandområdeplanerne. Kilder og repræsentativitet for forskellige datatyper for de enkelte stoffer gennemgås ligesom afgrænsningen af udtrækket præsenteres. Udfordringerne ved tildelingen af én datatype for de enkelte indtag diskuteres, da et indtag kan have været anvendt til adskillige formål i løbet af den periode der udtrækkes data fra. Der er opstillet en anbefalet koblingsliste med et nærmere beskrevet hierarki. Afslutningsvis beskrives fravalg af data og analyseresultater, som ellers ville give anledning til fejl i data i de efterfølgende geokemiske vurderinger.

GEUS-notat 06-VA-20-01 beskriver revisionen af boringers indtagkobling i forhold til grundvandsforekomsterne, der er udført i forbindelse med den 3. vandplansperiode. Som forberedelse af tilstandsvurderingerne i denne vandplansperiode er der indlæst data fra regionerne fra perioden 2013-2019, der bidrager med viden om punktkildeforurening. Kun indtag der er filtersat i vandførende lag, er medtaget i revisionen. Da alle indtag skal kobles til et lag i DK-modellen, er der taget højde for modellens forsimplede repræsentation af virkeligheden, når det vurderes om indtag er placeret i et vandførende lag. Desuden er der taget højde for, at indberettede data kan være mangelfulde eller upræcise. Notatet beskriver en række valg, der er foretaget for at håndtere disse problemstillinger.

Miljøstyrelsens notat om datagrundlaget for VP3, "Kvalitetssikring af datagrundlag og aggregering af data ved vurdering af grundvandsforekomsternes kemiske tilstand for pesticider, sporstoffer, chlorid og øvrige miljøfarlige forurenende stoffer" ses i udkast fra 20. maj 2021 i bilag 7. Notatet indeholder en beskrivelse af det regelgrundlag, der fastlægger, hvorledes vurdering af grundvandsforekomsters kemiske tilstand skal gennemføres, og hvilken betydning disse regler har for afgrænsning og kvalitetssikring af datagrundlaget for vurdering og betydningen for den efterfølgende aggregering af analysedata i datagrundlaget. Notatet refererer i vidt omfang til andre dele af afrapporteringerne (herunder bilag) af vurderingerne af

grundvandsforekomsternes kemiske tilstand for pesticider, sporstoffer og øvrige miljøfarlige forurenende stoffer (MFS).

6. Datagrundlag

For sporstoffer og salte er tilstandsvurderingen baseret på et dataudtræk fra Jupiter for 7 års perioden 1. jan. 2013 - 31. dec. 2019. De nærmere kriterier for dataudtrækket og aggregeringen af data fremgår af bilag 8 og 9. De naturlige baggrundsværdier blev fastlagt på baggrund af data fra perioden 2000-2018, med udgangspunkt i datatyperne GRUMO (grundvandsovervågning) og VF (vandforsyningsindtag, vandværkernes boringskontrol, BK) på baggrund af de standardiserede GRUMO-udtræk fra 2019 (Thorling mfl. 2019). Der forventes en lav påvirkningsgrad i disse to datatyper, se bilag 5, og den naturlige baggrundsværdi vil i højere grad være upåvirket af menneskelige aktiviteter end ved inddragelse af de øvrige datatyper.

Udvælgelse af stoffer til tilstandsvurdering

Miljøstyrelsen har ønsket, at følgende ni sporstoffer indgår i arbejdet med vandplanlægningen for planperioden 2021-2027

- Aluminium
- Arsen
- Bly
- Cadmium
- Krom
- Kobber
- Kviksølv
- Nikkel
- Zink

Af disse stoffer er arsen, bly, cadmium og kviksølv omfattet af grundvandsdirektivets bilag II (EU, 2006), der angiver hvilke stoffer, der skal vurderes i forbindelse med vandområdeplanerne.

Miljøstyrelsen har vurderet, at den nationalt gældende tærskelværdi for klorid vil blive fastholdt i den kommende vandplanlægning for planperiode 3 (2021-2027). For de øvrige salte i projektet, sulfat, nitrit, fosfor, og for ledningsevne, er der ønsket en redegørelse for stoffernes udbredelse og betydning i grundvandsforekomsterne. Behandlingen af ammonium er beskrevet i bilag 2.

Tabel 6.1 viser de udvalgte sporstoffer og salte med den tilknyttede nationalt gældende tærskelværdi.

Tabel 6.1 Nationalt gældende tærskelværdier for sporstoffer og salte, der indgår i tilstandsvurderingen til vandplan 3, som defineret i projektinitialiseringsdokumentet for sporstoffer og i bilag 3 for klorid. Stoffer omtalt i grundvandsdirektivet er vist med fed.

Tærskelværdier sporstoffer [$\mu\text{g/l}$]				
Aluminium	Arsen	Bly	Cadmium	Krom
100	5	1	0,5	25
Kobber	Kviksølv	Nikkel	Zink	
100	0,1	10	100	
Tærskelværdier salt [mg/l]				
Klorid				
250				

Aggregerede data, begrebet MAM

Data for sporstoffer fra perioden 2013-2019 er udtrukket af Jupiter d. 6. november 2020, og er efterfølgende klargjort og aggregeret, som detaljeret beskrevet i GEUS-notatet 07-VA-2020-15, se bilag 9.

Klargøring af data omfatter blandt andet, at data med uønsket høje detektionsgrænser fjernes, og at der ikke er anvendt ulovlige attributkoder. For sporstoffer er der derudover også behov for at sikre, at der er oplysninger om filtrering på stofniveau for alle prøver, specielt for GRUMO- og DEPOT-data (punktkildeforureninger), hvor prøvetagningen sker i borer, der henstår i lang tid mellem prøvetagningerne, da dette giver risiko for suspenderet stof i prøverne. Ved analyse for metaller tilsættes prøverne syre, der vil opløse metaller i det suspenderede stof. Dette vil medføre risiko for højere værdier i analyserne, end der reelt var opløst i grundvandet ud for indtaget (Thorling, 2017). Prøverne fra GRUMO var generelt filtreret efter de tekniske anvisninger gældende for grundvandsovervågningen, mens 10 % af data fra DEPOT-undersøgelser måtte frasorteres på grund af manglende filtrering (svarende til i alt 14.065 prøver).

For hvert indtag, der er tilknyttet en grundvandsforekomst, er der for hvert stof beregnet en stoffspezifisk MAM-værdi på baggrund af de kvalitetssikrede rådata. MAM er en betegnelse for middelværdien af de årlige middelværdier for et bestemt stof i et bestemt indtag. Det er denne MAM-værdi, der anvendes til den maskinelle beregning af grundvandsforekomsternes kemiske tilstand. Hvis ét indtag i en grundvandsforekomst har en MAM-værdi, der overskrider den nationalt gældende tærskelværdi eller en for forekomsten gældende forekomstspecifik tærskelværdi, vurderes grundvandsforekomsten som værende i 'Potentielt Ringe' tilstand.

Der er efterfølgende lavet en ekspertvurdering af de indtag, hvor MAM-værdien for sporstoffer resulterer i vurderingen 'Potentielt Ringe' tilstand. Ekspertvurderingen omfatter en manuel vurdering af udvalgte enkelte indtag, se kapitel 10.

Data for salte fra perioden 2013-2019 er udtrukket af Jupiter d. 20. oktober 2020, og er efterfølgende klargjort og aggregeret, som detaljeret beskrevet i GEUS-notat 07-VA-2020-12, se bilag 13.

7. Den konceptuelle forståelsesmodel

I dette kapitel beskrives den konceptuelle forståelsesmodel for forekomst af sporstoffer og salte i grundvand. Vi bruger betegnelsen "konceptuel forståelsesmodel" om en opsummering der inddrager den eksisterende viden om stofgrupperne og de fysiske-kemiske karakteristika af undergrunden. Viden om de væsentligste forureningskilder kan ligeledes inddrages. Den konceptuelle forståelsesmodel inkluderer viden om de enkelte stoffers forventede naturlige forekomst i grundvandsforekomsterne samt de væsentligste parametre, der har indvirkning på stoffernes koncentration og opløselighed i grundvand. Den konceptuelle forståelsesmodel ligger til grund for den maskinelle vurdering af grundvandsforekomstens tilstand, hvad angår sporstoffer og salte, samt den udførte ekspertvurdering, se EU-CIS Guidance document no. 18 (EU, 2009). Det nævnes derudover i EU-CIS Guidance document no. 26 (EU, 2010), at opstilling af en konceptuel forståelsesmodel ikke er en statisk proces. Der kan således være brug for iterative forløb, hvor for eksempel tilføjelse af nye data eller test af den konceptuelle forståelse ved datasammenstillingen har krævet en revurdering.

7.1 Baggrund for den konceptuelle forståelsesmodel

I medfør af grundvandsdirektivets artikel 4, stk. 2 litra b, vurderes en grundvandsforekomst for at være i 'God' kemisk tilstand, hvis der ikke er overskridelser af tærskelværdier eller grundvandskvalitetskrav i noget overvågningspunkt i forekomsten. Relevante tærskelværdier for sporstoffer og salte ses i Tabel 6.1.

I medfør af grundvandsdirektivets artikel 4, stk. 2, litra c, vurderes en grundvandsforekomst endvidere at være i god generel kemisk tilstand, uagtet at der er overskridelser af grundvandskvalitetskrav eller tærskelværdier i et eller flere overvågningspunkter, hvis det i en konkret undersøgelse af selve grundvandsforekomsten "*fastslås, at koncentrationerne af forurenende stoffer, der overskrider grundvandskvalitetskravene eller tærskelværdierne, ikke anses for at udgøre en væsentlig miljørisiko, idet der i relevant omfang tages hensyn til omfanget af den grundvandsforekomst, der berøres*" (EU, 2006). I medfør af direktivets artikel 4, stk. 2, litra c, jf. Bilag III "*foretager medlemsstaterne, hvor det er relevant og muligt, og på grundlag af passende aggregering af overvågningsresultaterne, eventuelt med udgangspunkt i skønnede koncentrationer baseret på en konceptuel model af grundvandsforekomsten eller gruppen af grundvandsforekomster, en vurdering af omfanget af den grundvandsforekomst, der har en årlig aritmetisk gennemsnitskoncentration af et forurenende stof, som ligger over grundvandskvalitetskravet eller en tærskelværdi*".

Den endelige tilstandsvurdering af den kemiske tilstand for sporstoffer i forekomster i 'Potentielt Ringe' generel kemisk tilstand er gennemført af Miljøstyrelsen som en statistisk vurdering af summen af indtag med MAM-værdier over de fastlagte tærskelværdier versus det totale antal indtag i forekomsten, se bilag 16. Som forberedelse hertil er der udført en ekspertvurdering for udvalgte indtag og sporstoffer med overskridelse af tærskelværdierne, se kapitel 10 og bilag 11.

7.2 Naturlige baggrundsværdier for sporstoffer

Alle sporstoffer og salte, der indgår i denne rapport, forekommer naturligt i grundvandet, i koncentrationer, der stedvist overskrider niveauet for de nationalt gældende tærskelværdier, der forventes fastsat for vandplanlægningen for 3. planperiode (2021-2027). Da vurderingen af grundvandsforekomsternes kemiske tilstand skal udtrykke konsekvenserne af eventuelle antropogene påvirkninger, er der behov for at skelne mellem naturlige koncentrationer og egentlige forureninger.

Til brug for den indledende maskinelle vurdering af grundvandsforekomsters kemiske tilstand for sporstoffer og salte skal der derfor fastlægges en naturlig baggrundsværdi for de enkelte stoffer. I de tilfælde, hvor den naturlige baggrundsværdi er højere end den nationalt gældende tærskelværdi for det specifikke stof, anvendes den beregnede naturlige baggrundsværdi som grundlag for at fastsætte forekomstsætspecifikke tærskelværdier. På grund af den store variation i grundvandets kemiske sammensætning som følge af variationer i redoxforhold, pH og geologi fastsættes de naturlige baggrundsværdier med udgangspunkt i data om disse forhold, se afsnit 7.2.1.

Den naturlige baggrundsværdi beregnes på basis af data fra indtag fra grundvandsovervågningen (GRUMO) og vandforsyningsboringer (VF) for perioden 2000-2018, idet der forventes en lav påvirkningsgrad fra forurening med de relevante stoffer for disse to datatyper, se bilag 5. Hermed fravælges samtidig datatyper med kendt risiko for forurening, og resultatet vil derfor i højere grad afspejle en naturlig baggrundsværdi, der er upåvirket af forurening.

Den naturlige baggrundsværdi er i arbejdet med projekterne i Vandplan 3 den beregnede MAM-værdi i 90 % fraktilen af indtagene, på baggrund af anbefaling fra EU-CIS Guidance document no. 18 (EU, 2009). Forekomstsætspecifikke tærskelværdier fastsættes i dette projekt kun på baggrund af naturlige baggrundsværdier, der er baseret på data fra mere end 20 indtag.

Når 90% fraktilen benyttes til fastlæggelsen af den naturlige baggrundsværdi betyder det, at op til 10% af de uforurenede indtag har koncentrationer, der ligger over den naturlige baggrundsværdi, skønt de kan forventes at repræsentere en naturlig koncentration, der er knyttet til særlige lokale forhold. Derfor er det nødvendigt med en konkret vurdering af indtag, hvor MAM-værdierne er højere end den naturlige baggrundsværdi, for at vurdere den faktiske tilstand af grundvandsforekomsten og eventuel forurening.

Det er muligt at beregne de naturlige baggrundsværdier på flere måder og en sammenligning af 3 metoder findes i (Voutchkova mfl., 2021). For datasæt med mere end 60 datapunkter i en grundvandsforekomst og med data i god kvalitet foreslås det at benytte 97% fraktilen til beregning af den naturlige baggrundsværdi (Hinsby mfl., 2008).

Nationalt gældende tærskelværdier og forekomstsætspecifikke tærskelværdier

Som konsekvens af stoffernes naturlige variationer i grundvandet anvendes der to typer tærskelværdier til den indledende vurdering af grundvandsforekomsternes kemiske tilstand.

Der er anvendt de nationalt gældende tærskelværdier samt de forekomstspezifiske tærskelværdier, der forventes fastsat for vandplanlægningen for 3. planperiode (2021-2027). Disse fremgår i nærværende rapport af Tabel 6.1.

Forekomstspezifiske tærskelværdier er kun angivet, hvis de beregnede naturlige baggrundsværdier er baseret på data fra mindst 20 indtag. Forekomstspezifiske tærskelværdier anvendes i de relevante forekomster, hvor der optræder indtag, der falder i de geokemiske klasser som tærskelværdierne gælder for.

Oprunding af naturlige baggrundsværdier

For at tage højde for den usikkerhed, der knytter sig til såvel selve analyseresultaterne som til beregningen af den naturlige baggrundsværdi, oprundes de beregnede værdier for den naturlige baggrundsværdi.

GEUS vurderer, at usikkerheden på de beregnede naturlige baggrundsværdier er på 20-30 %. Dette er vurderet på baggrund af, at der forventes en måleusikkerhed på 20 % på alle sporstoffer (Analysekvalitetsbekendtgørelsen, 2020). Samtidig er der en usikkerhed på fastsættelsen af den naturlige baggrundsværdi, som skyldes den store naturlige spredning for koncentrationerne i grundvandsforekomsterne, se for eksempel Figur 7.2.

På baggrund af denne usikkerhed blev det besluttet af Miljøstyrelsen og GEUS i fællesskab at benytte den oprunding af værdierne, som fremgår af Tabel 7.1 ved fastsættelse af de forekomstspezifiske tærskelværdier.

Tabel 7.1 Oprunding af naturlige baggrundsværdier i vandplan 3-projekterne omhandlende sporstoffer og salte. Oprundingsmetoden er besluttet i fællesskab mellem GEUS og Miljøstyrelsen.

Interval	Oprunding til
0,75-1	1
1-1,5	1,5
1,5-2	2
2-2,5	2,5
2,5-3	3
3-4	4
4-5	5
5-7,5	7,5
8-10	10

Geologiske og geografiske parametre

Den geologiske sammensætning af grundvandsforekomsterne har betydning for det naturlige indhold af uorganiske sporstoffer, idet koncentrationerne i grundvandet afspejler et samspil mellem kildebjergarterne og de processer, der bestemmer opløseligheden af sporstofferne. Den store variation i naturlige koncentrationsniveauer, der optræder i de danske grundvandsforekomster, hænger således sammen med de store variationer i geologi og geokemiske forhold som pH og redoxforhold.

Variationer i den naturlige baggrundsværdi er beskrevet med udgangspunkt i DK-modellens geologiske lag, der til vandplanerne er grupperet i fire hovedgrupper, kvartære- og prækvartære sandlag, kalk og lag på Bornholm. Det blev derudover besluttet at opdele Danmark i fire geografiske hovedområder, Jylland, Fyn, Sjælland og Bornholm for i tilstrækkelig grad at tilgodese lokale forhold.

Geokemiske parametre, konceptuel forståelse

Ud over kildebjergarten spiller en række kemiske parametre, herunder reaktive overflader i fx lerminerale og jernoxider en vigtig rolle for opløseligheden og transport af sporstoffer i grundvandet. De mineralogiske og kemiske egenskaber betydning for de uorganiske sporstoffers koncentrationsniveauer er sammenstillet i Tabel 7.2.

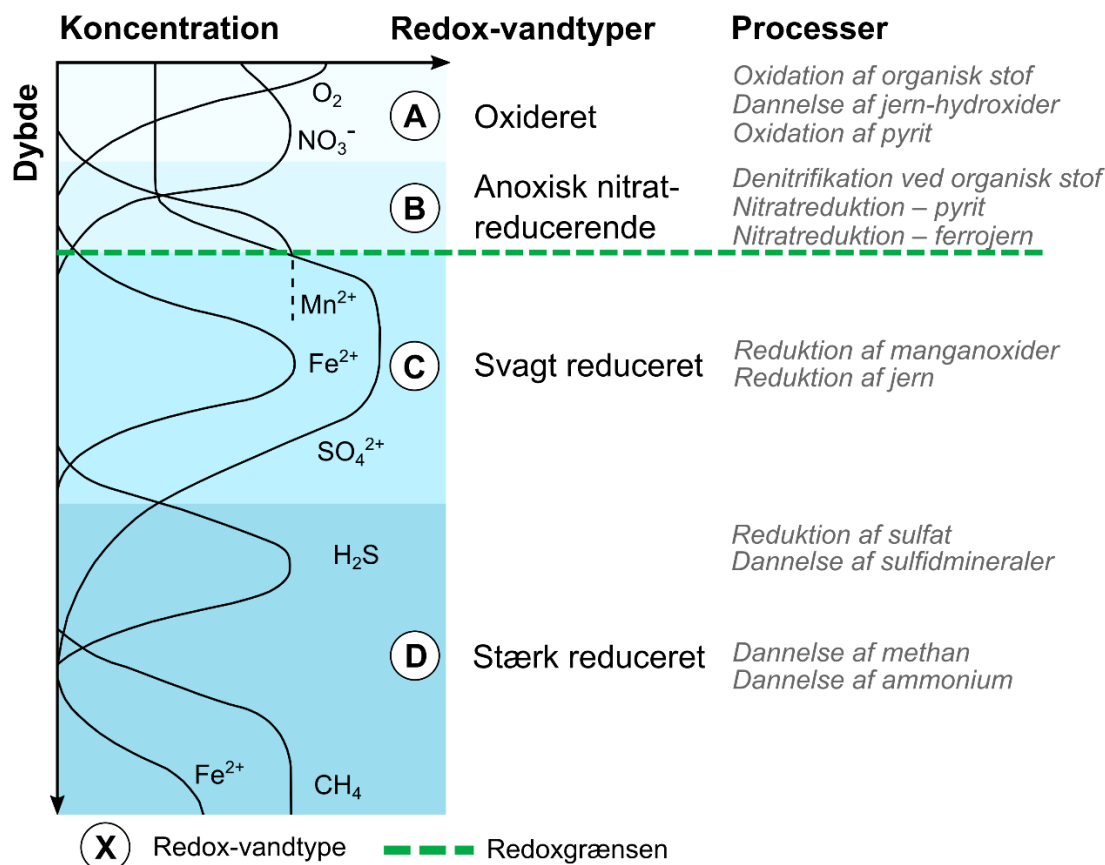
En uddybende redegørelse for de væsentligste geologiske og geokemiske parametre, der er bestemmende for sporstoffernes udbredelse i grundvandsforekomsterne og dermed for den naturlige baggrundsværdi, fremgår af bilag 1.

Tabel 7.2 De mineralogiske og geokemiske parametre, som har størst betydning for indholdet af sporstoffer i grundvandsforekomsterne, se også bilag 1.

Sporstof	Lerminerale	Organisk stof	Fe- og Mn - oxid/hydroxid	pH	Redox
Aluminium (Al)				X	
Arsen (As)	X	X	X		X
Bly (Pb)	X	X	X		
Cadmium (Cd)	X	X		X	
Kobber (Cu)		X	X	X	X
Krom (Cr)	X		X		X
Kviksølv (Hg)		X			
Nikkel (Ni)	X	X	X	X	X
Zink (Zn)	X	X	X	X	

Figur 7.1, viser, hvordan redox-forholdene kan karakteriseres ud fra en række opløste stoffer, der indgår i grundvandskemiske analyser for de fleste indtag, såsom nitrat, jern og sulfat. Det er derfor muligt på indtagniveau at karakterisere redoxforholdene.

For både pH og redoxforhold gælder, at der inden for samme grundvandsforekomst vil være indtag med meget forskellige kemiske forhold, idet afgrænsningen af grundvandsforekomsterne ikke tager hensyn til forsurningsfronter og redoxfronter. På samme måde vil også indholdet af opløst organisk stof kunne variere betydeligt inden for samme grundvandsforekomst.



Figur 7.1 Principskitse med redox-tilstand, redox-følsomme opløste stoffer i grundvandet samt tilhørende processer. (Modifieret fra Voutchkova mfl., 2021; Hansen, mfl., 2018; Appelo & Postma, 2005).

Fastlæggelse af geokemiske og geologiske/geografiske klassificeringer

Der blev lavet en indledende analyse af, hvordan man mest hensigtsmæssigt kunne opdele grundvandsforekomsterne i forhold til at fastlægge de naturlige baggrundsværdier. Her blev alle parametre, som kan have indflydelse, afprøvet i forhold til at give en operationel klassificering.

Analysen blev præsenteret for Miljøstyrelsen på en workshop afholdt d. 5. maj 2020, hvorefter de endelige kriterier for udarbejdelse af baggrundsværdierne blev fastlagt. Det blev besluttet at benytte nitrat som proxy for redoxforholdene, så der kunne opdeles i oxideret og reduceret tilstand for de enkelte indtag. Nitrat giver en bedre geografisk dækning end ilt, og samtidig er nitratmålinger mere robuste over for prøvetagningsfejl. Endelig er jernoxiderne i højere grad afhængige af om nitrat er reduceret, og optræder derfor også i de iltfrie nitratholdige lag.

Resultaterne af de første beregninger på stofniveau blev også gennemgået på mødet 5. maj 2020, og herefter blev det endelige arbejde med de naturlige baggrundsværdier fokuseret yderligere ved at designe individuelle geokemipakker for de enkelte sporstoffer. Ved at fokusere på de enkelte sporstoffers afhængighed af specifikke parametre, og udelade de parametre, som ikke har stor betydning for stoffets mobilitet i grundvandsmagasinerne, var det

muligt at optimere antallet af indtag i de forskellige geokemiske klasser og på den måde skabe et bedre datagrundlag for den videre vurdering.

De udvalgte parametre i forhold til geografisk og geokemisk vurdering af grundvandsforekomsterne samt de benyttede afskæringsværdier ses i Tabel 7.3.

Tabel 7.3 Udvalgte geografiske og geokemiske parametre benyttet til fastlæggelse af de naturlige baggrundsværdier med tilhørende afskæringsværdier.

Parameter	Klassificeringer
Geografi	Jylland, Fyn, Sjælland, Bornholm, mindre øer i samme pulje
Geologi i grundvandsmagasin	prækvartær sand (ps), kvartær sand (ks), kalkbjergarter (kalk), blandede bjergarter på Bornholm (uu)
NVOC	≤ 3 mg/l & > 3mg/l
pH	≤ 6 & > 6
Nitrat (redox)	≤ 2 mg/l & > 2mg/l

Udvælgelsen af specifikke geokemiske parametre til brug for beregning af naturlige baggrundsværdier for de enkelte sporstoffer ses i Tabel 7.4.

Tabel 7.4 Endelig sammensætning af specifikke geokemiske parametre for de enkelte sporstoffer til fastlæggelse af de naturlige baggrundsværdier.

Sporstof	NOVC	pH	Redox (NO3)
Aluminium (Al)		X	
Arsen (As)		X	X
Bly (Pb)			X
Cadmium (Cd)		X	X
Kobber (Cu)		X	X
Krom (total) (Cr)			X
Kviksølv (Hg)	X		
Nikkel (Ni)		X	X
Zink (Zn)		X	X

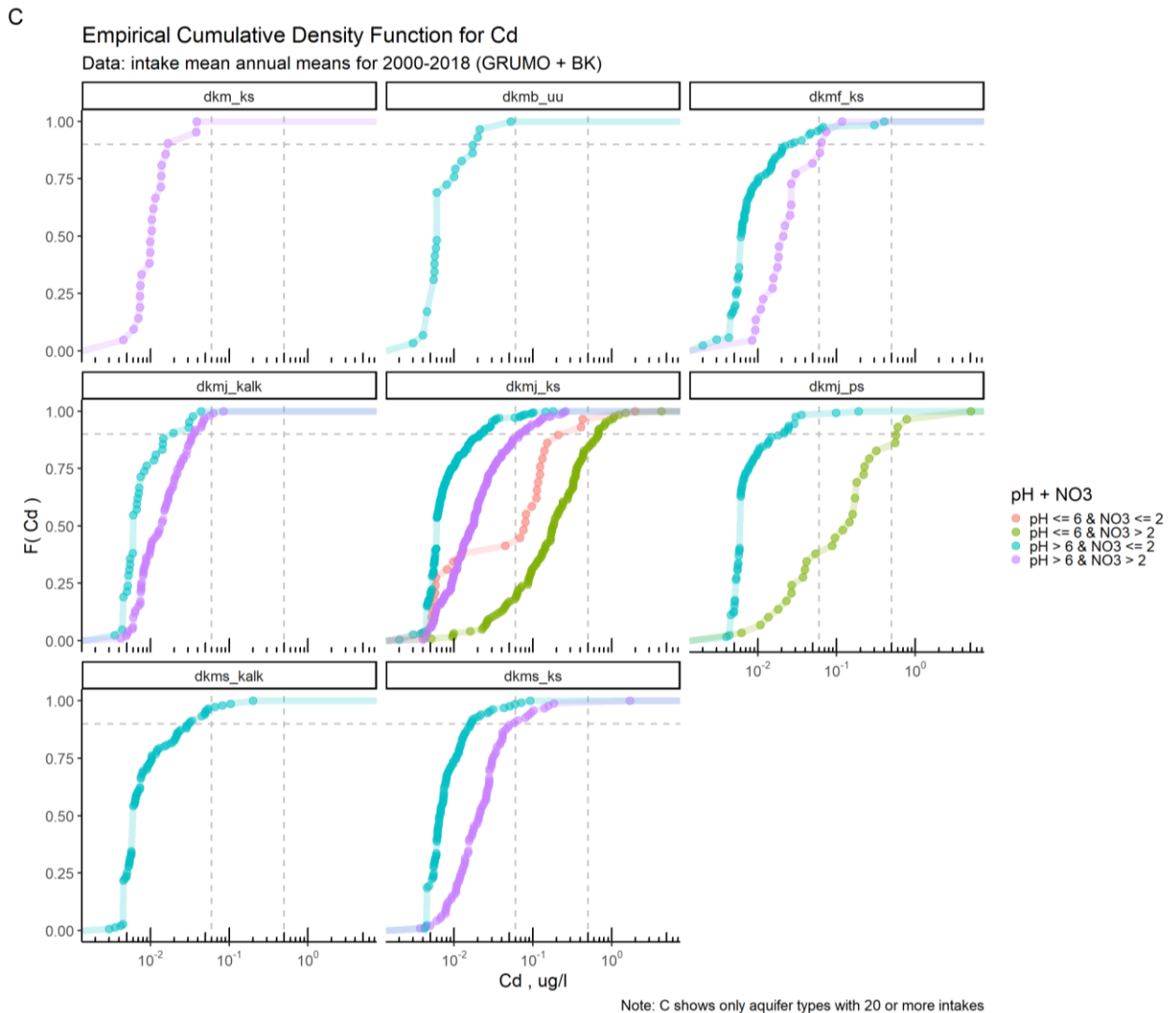
Fordelingskurver

Figur 7.2 viser fordelingskurver for det overvejende naturlige indhold i grundvandet for cadmium på baggrund af MAM-værdier for datatyperne GRUMO og VF. Fordelingskurverne er beregnet for de geokemiske grundvandsforekomstklasser underopdelt på geografi og lagtyper.

Fordelingskurverne anvendes til at fastlægge den naturlige baggrundsværdi for hver af de geokemiske klasser for de enkelte sporstoffer. Figur 7.2 viser også, hvordan koncentrationerne fordeler sig for de 10 % af indtagene, der overskrider den fastlagte naturlige baggrundsværdi (90% fraktilen). Kurveforløbet giver et indblik i repræsentativiteten og variationen af den naturlige baggrundsværdi, for hver type og på tværs af disse. Bemærk, hvor mange dekader koncentrationerne typisk fordeler sig over.

Fordelingskurver for de øvrige sporstoffer ses i bilag 1.

Efter samme principper som anvendt til Figur 7.2, er der lavet fordelingskurver, som viser variationerne i den naturlige baggrundsværdi, hvor der alene tages højde for de geografiske og geologiske klasser, se bilag 1.



Figur 7.2 Fordelingskurver for koncentrationen for cadmium på baggrund af MAM-værdier for datatyperne GRUMO (grundvandsovervågning) og VF (vandforsyningsboringer, benævnt BK i figuren for vandværkernes boringskontrol) for perioden (2000-2018). Fordelingskurverne er beregnet for de enkelte geokemiske grundvandsforekomstklasser opdelt efter geologi og geografi, se Tabel 7.3. Den naturlige baggrundsværdi er fastsat som 90 % fraktile, angivet med en stiple vandret streg. Fordelingskurver for de øvrige sporstoffer ses i bilag 1.

7.3 Forekomstspecifikke tærskelværdier

De naturlige baggrundsværdier for såvel de geografiske/geologiske grundvandsforekomstklasser som de geokemiske underklasser, blev efterfølgende anvendt til at fastlægge forekomstspecifikke tærskelværdier, som et supplement til de nationalt gældende tærskelværdier, se Tabel 7.5. Kun i de tilfælde, hvor de naturlige baggrundsværdier for et givet stof er

højere end de nationalt gældende tærskelværdier, anvendes de naturlige baggrundsværdier til at fastlægge en forekomstspecifik tærskelværdi.

Bemærk, at der inden for samme grundvandsforekomst kan optræde indtag med eksempelvis både høje og lave pH. Dette betyder eksempelvis for aluminium, at der inden for samme grundvandsforekomst gælder en forekomstspecifik tærskelværdi baseret på den naturlige baggrundsværdi på 1000 µg/l for indtag med lav pH (dkmj_ks & pH < 6), mens den nationalt gældende tærskelværdi på 100 µg/l gælder for indtag med høj pH. Hvis der for et indtag ikke er oplysninger om redoxforhold eller pH anvendes de geologiske/geografiske tærskelværdier¹.

¹ Der viste sig i analysen at være et fåtal af indtag i grundvandsforekomster, der blev vurderet efter de geologiske/geografiske tærskelværdier, og Miljøstyrelsen valgte efterfølgende ikke at tage dem i anvendelse, men alene benytte nationalt gældende tærskelværdier samt forekomstspecifikke tærskelværdier baseret på geografi, geologi & geokemi, se nærmere i bilag 16.

Tabel 7.5 Nationalt gældende tærskelværdier og udkast til forekomstspecifikke tærskelværdier for sporstoffer. De forekomstspecifikke tærskelværdier er opdelt i henholdsvis geografi-geologi og geografi-geologi-geokemi. Bemærk, der er kun fastlagt forekomstspecifikke tærskelværdier, hvis disse kan baseres på data fra mindst 20 indtag.

Uorganisk sporstof	Nationalt gældende tærskelværdi (µg/L)	Udkast til forekomstspecifik tærskelværdi (µg/L)	
		Geografi & geologi ¹	Geografi, geologi & geokemi
Aluminium (Al)	100		
dkmj_ks		150	
dkmj_ks & pH ≤ 6			1000
Arsen (As)	5		
dkmf_kalk		7,5	
dkmf_ks		15	
dkmj_ks			
dkms_ks		10	
dkmf_kalk pH > 6 & NO ₃ ≤ 2			7,5
dkmf_ks pH > 6 & NO ₃ ≤ 2			15
dkmj_ks pH > 6 & NO ₃ ≤ 2			7,5
dkms_ks pH > 6 & NO ₃ ≤ 2			15
Bly (Pb)	1		
Cadmium (Cd)	0,5		
dkmj_ks pH ≤ 6 & NO ₃ >2			0,75
Krom	25		
Kobber	100		
Kviksølv (Hg)	0,1		
Nikkel (Ni)	10		
dkmj_ks pH ≤ 6 & NO ₃ >2			30
Zink (Zn)	100		

Det viste sig i den konkrete tilstandsvurdering, at det langt overvejende er de nationalt gældende tærskelværdier og de geokemisk baserede forekomstspecifikke tærskelværdier der kom i anvendelse. Dette kan forklares ved:

- At hovedparten af de indtag, der overskred de nationalt gældende tærskelværdier lå i grundvandsforekomster, hvor der kunne knyttes en geokemisk forekomstspecifik tærskelværdi og, at disse indtag samtidig havde tilstrækkeligt med kemiske data, til at de geokemiske forekomstspecifikke tærskelværdier

kunne tages i brug. Dette betød omvendt, at der i mange tilfælde ikke var behov for de geografiske/geologiske baserede tærskelværdier.

- At en del indtag med overskridelser af de nationalt gældende tærskelværdier, lå i grundvandsforekomster, hvor de relevante beregnede naturlige baggrundsværdier var baseret på så få indtag, at der ikke kunne fastlægges en forekomstspecifik tærskelværdi.

For de grundvandsforekomstklasser, hvor der er fastlagt forekomstspecifikke tærskelværdier, er der udarbejdet oversigtskort, der viser den geografiske fordeling af de indtag, med angivelse af MAM-værdier, der danner grundlag for fastlæggelsen af de naturlige baggrundsværdier, se bilag 15.

Klorid

For klorid er der ikke fundet naturlige baggrundsværdier i nogen af grundvandsforekomstklasserne, der er højere end den nationale tærskelværdi på 250 mg/l, hvorfor den nationale tærskelværdi fastholdes for alle grundvandsforekomster.

Den naturlige tilstedeværelse af klorid i grundvandsforekomsterne er nærmere diskuteret i GEUS-notat 07-VA-2020-14, bilag 3. Nedenfor er givet et mindre uddrag af notatet.

"...Klorid forekommer naturligt i de danske grundvandsmagasiner. Naturlige koncentrationer over 250 mg/l stammer typisk fra marint infiltrationsvand eller marint residualvand. Marint infiltrationsvand findes udelukkende få hundrede meter fra kysten, hvor havvand kan strømme ind i magasinerne. Marint residualvand findes i store dele af landet, hvor tidligere marine sedimentter ses i undergrunden. Saltvand fra porerne i disse sedimentter kan diffundere til ferske magasiner med en overgangs-zone på flere hundrede meter. Indvinding fra lag som påvirker trykniveauet i magasiner med salt residualvand vil kunne påvirke strømmingen af saltvand mod indvindingsboringen (Kristiansen mfl., 2009).

I forhold til at vurdere den kemiske tilstand for klorid i GVF er det derfor nødvendigt at tage højde for placeringen af GVF i forhold til lag med marint residualvand, specielt i de dybere lag. Det samme gør sig gældende for de kystnære områder, hvor der kan være indtrængning af marint infiltrationsvand i varierende dybde. Ligeledes bør det undersøges, om der finder indvinding sted, som kan influere på saltvandsgrænsen i en GVF..."

Specielt for nikkel

Indvinding af vand og sænkning af vandspejlet kan medføre ændringer i redox-forholdene i grundvandsmagasinerne. Dette kan resultere i mobilisering af nikkel (Henriksen mfl., 2021), og der kan derfor ses et forhøjet indhold af nikkel i områder med stor vandindvinding som resultat af iltning af tidligere vandmættede reducerede lag ved vandspejlssænkning.

Nikkelanalyser fra GRUMO og vandforsyningsboringer fra områder med væsentlig grundvandssænkning er derfor uegnede til at fastsætte en naturlig baggrundsværdi. Dette er særligt en problemstilling i kalkforekomsterne Hovedstadsområdet, hvor grundvandssænkningen medfører forhøjede nikkelværdier i datatyperne GRUMO og VF. Derfor benyttes kalken i Nordjylland som model for upåvirkede kalkforekomster i hovedstadsområdet. Det resulterer i, at den naturligt forekommende koncentration af nikkel ligger under den nationalt gældende tærskelværdi og der er derfor ikke behov for at udpege en forekomstspecifik tærskelværdi. Mobilisering af nikkel i kalkmagasiner er beskrevet i Kjølner mfl., (2006).

8. Principper for tilstandsvurderingen for sporstoffer og salte.

Dette kapitel redegør for de grundlæggende metodiske principper for tilstandsvurdering. Dvs. hvordan den generelle konceptuelle forståelse, beskrevet i kapitel 7, udmøntes i tilstandsvurderingerne.

8.1 Maskinel tilstandsvurdering ved et beslutningstræ

Baseret på beslutningstræet vist i Figur 8.1 (sporstoffer) og Figur 8.2 (salte), blev alle 2.050 grundvandsforekomster maskinelt sorteret og tildelt de indledende maskinelle tilstandsvurderinger. Som nærmere beskrevet i GEUS-notat 07-VA-2020-15, bilag 9, og GEUS-notat 07-VA-2020-13, bilag 14, resulterede den indledende maskinelle tilstandsvurdering i hhv. 'Ukendt' kemisk tilstand, 'God' kemisk tilstand eller 'Potentielt Ringe' kemisk tilstand.

Principperne for den indledende maskinelle vurdering af grundvandsforekomsternes kemiske tilstand samt beslutningstræets anvendelse gennemgås herunder.

Datagrundlaget for tilstandsvurderingerne er beskrevet i kapitel 6, sammen med dataforberedelsen og dataaggregeringen, herunder ikke mindst etableringen af MAM-værdier (middel af årlige middelværdier) for alle relevante stoffer på indtagsniveau. Data dækker perioden 2013-2019, se bilag 9 og 13. Det aggregerede datasæt er benyttet i den efterfølgende data-behandling.

8.1.1 Sporstoffer

For de enkelte sporstoffer er der fastsat nationalt gældende tærskelværdier og forekomstspecifikke tærskelværdier som vist i Tabel 7.5. En grundvandsforekomst klassificeres som værende i 'God' kemisk tilstand når MAM-værdierne i alle indtag i grundvandsforekomsten ikke overskrider den nationalt gældende tærskelværdi eller en relevant forekomstspecifik tærskelværdi.

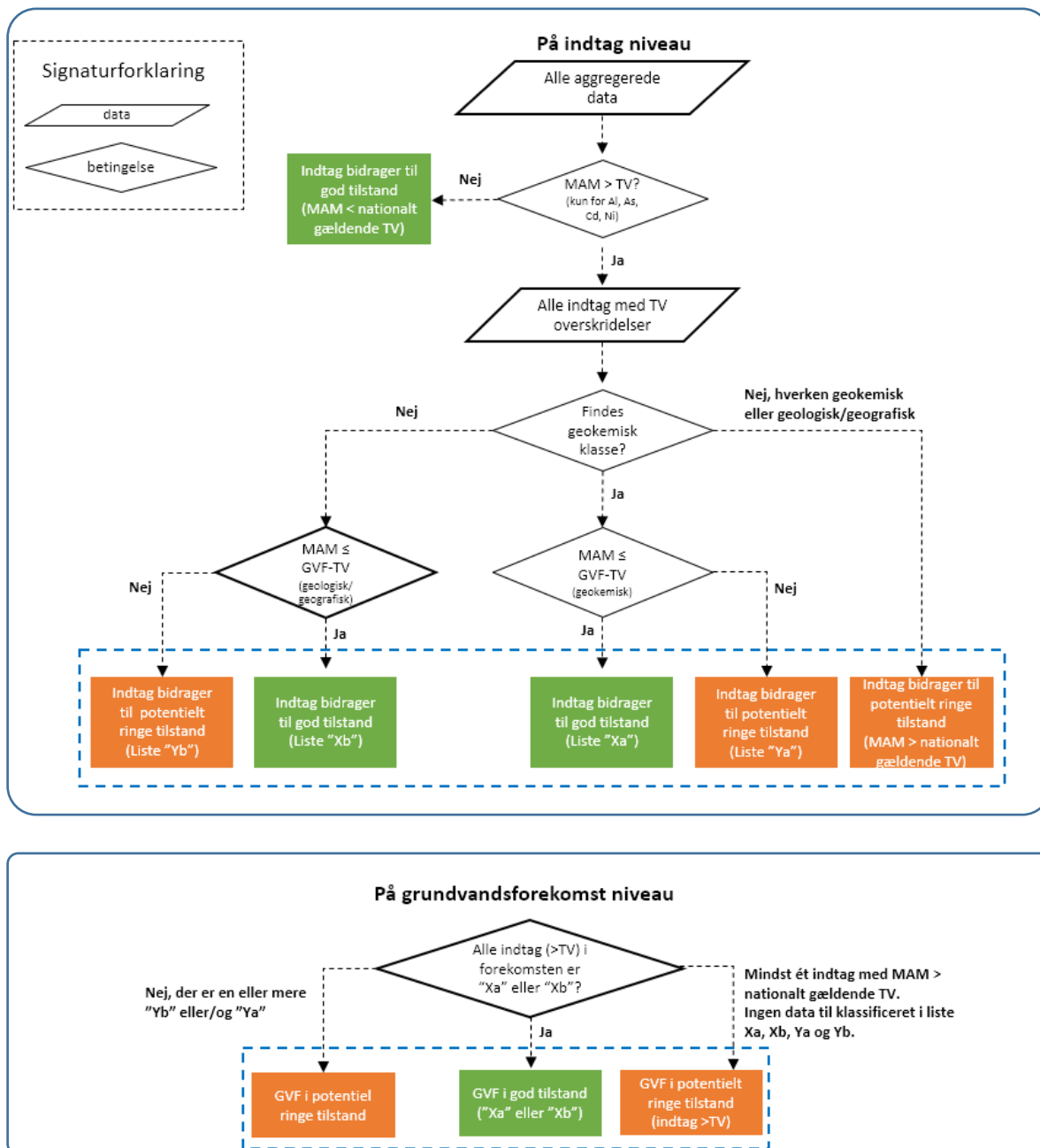
Beslutningstræets opbygning betyder, at den maskinelle vurdering af grundvandsforekomster har et forløb som en tragtanalyse.

Alle indtag vurderes indledningsvist, og indtag med MAM-værdier under nationalt gældende tærskelværdi tilskrives 'God' kemisk tilstand.

For de indtag, der overskrider den nationalt gældende tærskelværdi undersøges efterfølgende om der findes udpegede forekomstspecifikke tærskelværdier gældende for de enkelte indtag. Hvis de udpegede forekomstspecifikke tærskelværdier tages i anvendelse tilskrives indtaget 'God' kemisk tilstand, når MAM-værdien er under den forekomstspecifikke tærskelværdi og 'Potentielt Ringe' kemisk tilstand, når MAM-værdien er over den forekomstspecifikke tærskelværdi.

Indtag med MAM-værdier der overskrider en nationalt gældende tærskelværdi bidrager til klassifikationen 'Potentielt Ringe' kemisk tilstand.

Processen er illustreret på Figur 8.1 øverst. Efterfølgende tilstandsvurderes på forekomst niveau, som illustreret på Figur 8.1 nederst.



Figur 8.1 Beslutningstræ til brug ved den maskinelle tildeling af kemiske tilstand for sporstoffer. Øverst vises proceduren for vurdering af de indtag, som overskrider de nationalt gældende tærskelværdier (TV) eller de forekomstspecifikke tærskelværdier (GVF-TV). Nederst tildeling af maskinel tilstand på grundvandsforekomstniveau, se også bilag 9 og 10. Bemærk, et indtag kan ikke som sådan være i god eller ringe tilstand, den øverste del af figuren viser blot, hvilken tilstand det enkelte indtag bidrager til. Proceduren er udarbejdet i fællesskab mellem GEUS og Miljøstyrelsen.

Procedure ved overskridelse af nationalt gældende tærskelværdi

Indtag med en MAM-værdi, der overskrider den nationalt gældende tærskelværdi, bidrager til 'God' tilstand, hvis MAM-værdien samtidig ikke overskrider de forekomstspecifikke tærskelværdier. Derfor blev det i et næste trin undersøgt om, der eksisterer sådanne i den tilknyttede grundvandsforekomst, se Tabel 7.5 og Figur 8.1. Der var tre muligheder.

1. Det blev først undersøgt om der forelå analyser for de relevante kemiske parametre til en vurdering i forhold til forekomstspecifikke tærskelværdier baseret på de geokemiske klasser. I givet fald blev indtagene vurderet som bidragende til klassifikation af grundvandsforekomsterne som enten værende i 'God' kemisk tilstand, liste X_a, eller i 'Potentielt Ringe' kemisk tilstand, liste Y_a.

For de indtag, hvor der ikke var analyser af de relevante kemiske parametre til vurdering i forhold til de geokemiske klasser, blev det i stedet undersøgt, om indtaget tilhørte en geografisk/geologisk klasse, hvor der var foreslået en forekomstspecifik tærskelværdi.

2. I de tilfælde hvor MAM-værdien ikke overskred den forekomstspecifikke tærskelværdi for de geografiske/geologiske klasser, blev indtaget klassificeret som bidragende til grundvandsforekomster i 'God' kemisk tilstand, liste X_b. Hvis MAM-værdien for indtaget overskred den forekomstspecifikke tærskelværdi for de geografiske/geologiske klasser, bidrager indtaget til klassifikation af grundvandsforekomster i 'Potentielt Ringe' kemisk tilstand, liste Y_b.
3. Indtag som ikke opfyldte kriterierne for vurdering efter de forekomstspecifikke tærskelværdier (de geokemiske klasser eller de geografiske/geologiske klasser) bidrager til klassifikation af grundvandsforekomster i 'Potentielt Ringe' kemisk tilstand, se Figur 8.1.

Det resulterende antal af indtag i de forskellige lister ses i Tabel 8.1.

Table 8.1 Antal indtag klassificeret efter nationalt gældende tærskelværdier (TV). Indtag, hvor MAM-værdien overskrider TV vurderes efterfølgende i forhold til forekomsts specifikke tærskelværdier (GVF-TV) i hht. geokemiske og geografiske klasser for aluminium, arsen, cadmium og nikkel. Liste X_a: 'God' kemisk tilstand; Liste X_b: 'God' kemisk tilstand; Liste Y_a: 'Potentielt Ringe' kemisk tilstand; Liste Y_b: 'Potentielt Ringe' kemisk tilstand.

Antal indtag	Aluminium	Arsen	Bly	Cadmium	Kobber	Krom	Kviksølv	Nikkel	Zink
Nationalt gældende TV									
Antal indtag under nationalt gældende TV	2.041	7.773	1.882	1.797	2.240	842	186	8.681	2.350
Antal indtag over den nationalt gældende TV	128	960	82	30	6	6	6	480	108
Forekomsts specifikke TV									
Antal indtag under GVF-TV (liste X _a , geokemisk)	65	455		9				52	
Antal indtag under GVF-TV (liste X _b , geografisk)	1	1		0				0	
Antal indtag over GVF-TV (liste Y _a , geokemisk)	12	243		7				16	
Antal indtag over GVF-TV (liste Y _b , geografisk)	0	1		0				0	
Antal indtag over nationalt gældende TV uden data til vurdering i forhold til GVF-TV	50	260		14				412	
Samlede antal indtag under TV og/eller GVF-TV									
Samlede antal indtag under TV og/eller GVF-TV	2.107	8.229	1.882	1.806	2.240	842	186	8.733	2.350
Samlede antal indtag over TV og/eller GVF-TV	62	504	82	21	6	6	6	428	108

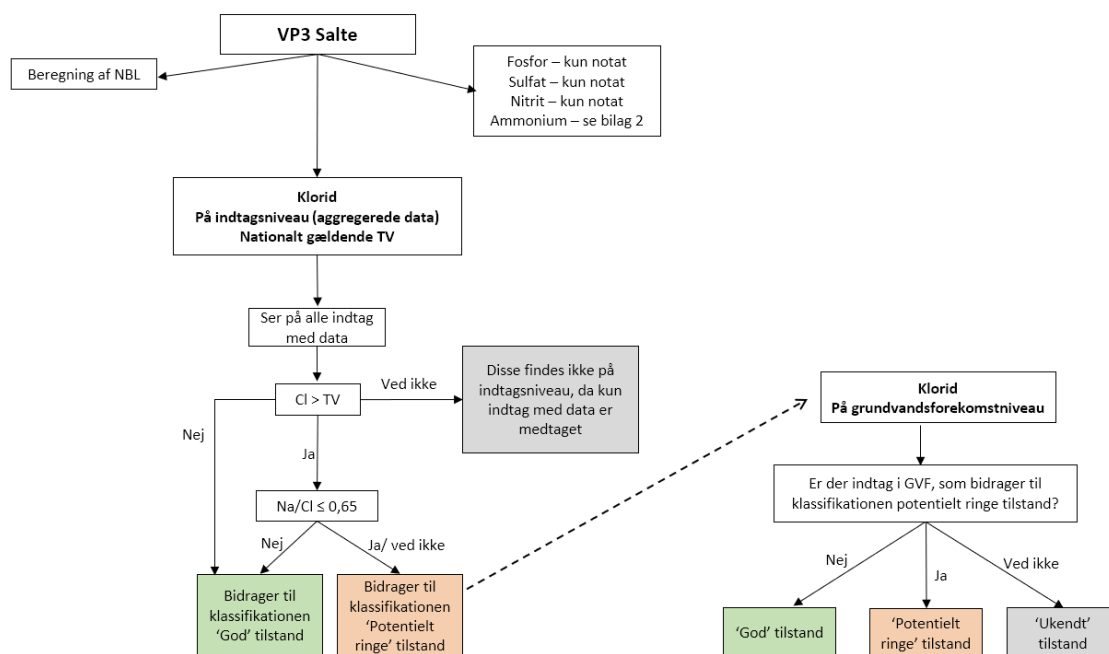
Forekomsts specifikke tærskelværdier for sporstoffer for de geokemiske klasser og geografiske klasser ses i Tabel 7.5, kapitel 7.2.

På baggrund af ovenstående analyse blev grundvandsforekomsterne, hvor MAM-værdien overskred den nationalt gældende tærskelværdi, herefter tildelt klassificeringen 'God' kemisk tilstand, hvis alle indtag i grundvandsforekomsten var klassificeret enten i liste X_a eller X_b. Hvis ét eller flere indtag i en grundvandsforekomst var klassificeret som enten liste Y_a, Y_b eller indgik i listen med de resterende indtag (> national TV), blev grundvandsforekomsten klassificeret som 'Potentielt Ringe' kemisk tilstand. Klassifikationen af grundvandsforekomsterne er gennemgået i kapitel 8.2.

Indtag, hvor MAM-værdien overskred tærskelværdierne blev efterfølgende underkastet en ekspertvurdering i forhold til at vurdere, om overskridelsen af tærskelværdierne kunne skyldes naturlige forhold og ikke forurening, se kapitel 10.

8.1.2 Salte

Figur 8.2 viser beslutningstræet for tilstandsvurderingen i salte-projektet. Det er udarbejdet efter samme principper som beslutningstræet for sporstoffer, hvor MAM-værdier for de enkelte indtag evalueres i forhold til de nationale og forekomsts specifikke tærskelværdier. Beslutningstræet er anvendt for klorid-indtag, og der foretages en indledende maskinel tilstandsvurdering på baggrund af overskridelser i forhold til den nationalt gældende tærskelværdi før der tildes klassifikationen 'God' kemisk tilstand eller 'Potentielt Ringe' kemisk tilstand. Alle naturlige baggrundsværdier for klorid var mindre end den nationalt gældende tærskelværdi, og derfor er der ingen forekomsts specifikke tærskelværdier for klorid, se kapitel 7.3.



Figur 8.2 Beslutningstræ udarbejdet i fællesskab mellem GEUS og Miljøstyrelsen til brug ved den maskinelle tildeling af grundvandsforekomsternes kemiske tilstand for salte.

8.2 Eksempler på maskinel tilstandsvurdering, sporstoffer

Til gennemgang af metoden bag den maskinelle tilstandsvurdering gives her 2 eksempler på tilstandsvurderingen for sporstoffer.

Grundvandsforekomst i god kemisk tilstand

Som eksempel på en grundvandsforekomst i god tilstand præsenteres dkmf_1304_ks. Grundvandsforekomsten er et kvartært magasin beliggende på Fyn, og har et volumen på

ca. 3 km³. Der er data for sporstofferne aluminium (7 indtag), arsen (13 indtag), bly (2 indtag), nikkel (24 indtag) og zink (2 indtag).

Data er først aggregeret og sorteret efter metoden beskrevet i bilag 9, og MAM-værdien for de enkelte stoffer er beregnet. Herefter er indtagene vurderet i forhold til den nationalt gældende tærskelværdi, se Tabel 7.5.

Resultatet af den maskinelle tildeling af tilstandsvurdering på indtagsniveau ses i Tabel 8.2.

Tabel 8.2 Eksempel på den maskinelle tilstandsvurdering på indtagsniveau for grundvandsforekomst dkmf_1304_ks. MAM-værdi vurderes i forhold til de nationalt gældende tærskelværdier (TV) og de forekomsts specifikke tærskelværdier (GVF-TV). Grøn: Indtagene bidrager til klassifikationen 'God' kemisk tilstand, Orange: Indtagene bidrager til klassifikationen 'Potentielt Ringe' kemisk tilstand.

dkmf_1304_ks	Aluminium	Arsen	Bly	Nikkel	Zink
Antal indtag i alt	7	24	2	24	2
Nationalt gældende TV					
Antal indtag under nationalt gældende TV	7	11	2	24	2
Antal indtag over den nationalt gældende TV	0	13	0	0	0
Forekomsts specifikke TV					
Antal indtag under GVF-TV (X _a og X _b)		13			
Antal indtag over GVF-TV (Y _a & Y _b)		0			
Resultat af indledende maskinelle status/antal indtag over relevant TV.					
	0	0	0	0	0
Samlet stofs specifik status for GVF					
	God	God	God	God	God

Da grundvandsforekomsten har 13 indtag, hvor MAM-værdien overskrider den nationalt gældende tærskelværdi for arsen på 5 µg/l, undersøges i næste trin om indtagene opfylder kriterierne for de forekomsts specifikke tærskelværdier for arsen.

Den forekomsts specifikke tærskelværdi for arsen i grundvandsforekomster af typen tilhørende dkmf_ks (kvartært sandmagasin på Fyn som i dette eksempel) er udpeget for den geokemiske klasse hvor pH > 6 og NO₃ ≤ 2 (reduceret neutralt vand).

Da alle MAM-værdier fra de 13 indtag har en koncentration, der er lavere end den forekomstspecifikke tærskelværdi for arsen på 15 µg/l, er den resulterende tilstand i grundvandsforekomsten 'God' kemisk tilstand.

Grundvandsforekomst i potentielt ringe kemisk tilstand

Som eksempel på en grundvandsforekomst i 'Potentielt Ringe' kemisk tilstand bruges grundvandsforekomsten dkmj_1105_ks. Grundvandsforekomsten er et kvartært sandmagasin beliggende i Jylland med et volumen på ca. 18,5 km³. Der er data for sporstofferne aluminium (24 indtag), arsen (42 indtag), bly (25 indtag), cadmium (25 indtag), kobber (28 indtag), krom (17 indtag), kviksølv (6 indtag), nikkel (48 indtag) og zink (34 indtag).

Data fra perioden 2013-2019 er først aggregeret og sorteret efter metoden beskrevet i bilag 9, og MAM-værdien for de enkelte stoffer er beregnet på indtagsniveau. Herefter er indtagene vurderet i forhold til den nationalt gældende tærskelværdi, som ses i Tabel 7.5.

Resultatet af den maskinelle tildeling af tilstandsvurdering på indtagsniveau ses i Tabel 8.3 øverst. Ud af de 9 sporstoffer med data i grundvandsforekomsten er der 8, som har mindst ét indtag, hvor MAM-værdien overskrider de nationalt gældende tærskelværdier. Derfor undersøges det i næste trin om de forekomstspecifikke tærskelværdier finder anvendelse.

Der er fastlagt forekomstspecifikke tærskelværdier for aluminium, arsen, cadmium og nikkel på baggrund af geokemiske kriterier, gældende for grundvandsforekomster i Jylland i kvartært sand (alle forekomster med 'dkmj_ks' i deres navn), se kapitel 7.2 og Tabel 7.5.

Tabel 8.3 midt viser vurderingen for de fire sporstoffer hvor det er muligt at anvende forekomstspecifikke tærskelværdier, og resultaterne for de enkelte stoffer er beskrevet hver for sig i det følgende.

Tabel 8.3 Eksempel på den maskinelle tilstandsvurdering på indtagsniveau og for enkeltstoffer for grundvandsforekomst dkmj_1105_ks. MAM-værdi vurderes i forhold til de nationalt gældende tærskelværdier (TV) og de forekomstspecifikke tærskelværdier (GVF-TV). Grøn: Indtag bidrager til 'God' kemisk tilstand, Orange: Indtag bidrager til 'Potentielt Ringe' kemisk tilstand; Datatype for indtag med overskridelser i den resulterende tilstandsvurdering: *DEPOT, **GRUMO. N/A: Sporstof ikke vurderet på dette niveau.

dkmj_1105_ks	Aluminium	Arsen	Bly	Cadmium	Kobber	Krom	Kviksølv	Nikkel	Zink
Antal indtag i alt	24	42	25	25	28	17	6	48	34
Nationalt gældende TV									
Antal indtag under nationalt gældende TV	16	36	21	21	27	16	6	32	28
Antal indtag over den nationalt gældende TV	8	6	4	4	1	1	0	16	6
Forekomstspecifikke TV									
Antal indtag under GVF-TV (X _a og X _b)	8	0	N/A	1	N/A	N/A	N/A	7	N/A
Antal indtag over GVF-TV (Y _a & Y _b)	0	0	N/A	3	N/A	N/A	N/A	9	N/A
Resultat af indledende maskinelle status/antal indtag over relevant TV.									
Ekspertvurdering (indtag over relevant TV)	0	6*	3*	1**	N/A	N/A	N/A	7*	2*
Samlet stofs specifik status for GVF	God	Pot. ringe	Pot. ringe	Pot. ringe	Pot. ringe	Pot. ringe	God	Pot. ringe	Pot. ringe

I dkmj_1105_ks er der 8 indtag, hvor aluminium blev vurderet i forhold til den forekomstspecifikke tærskelværdi for pH ≤ 6 (surt vand) i grundvandsforekomster i Jylland i kvartært sand (dkmj_ks). Når denne forekomstspecifikke tærskelværdi benyttes til vurdering af MAM-værdierne i de 8 indtag, vurderes grundvandsforekomsten i 'God' kemisk tilstand for aluminium.

Arsen overskrider de nationalt gældende tærskelværdier i 6 indtag, men da der ikke er data for indtagets generelle kemiske sammensætning tilknyttet disse indtag, der kunne muliggøre anvendelsen af den forekomstspecifikke tærskelværdi, vurderes grundvandsforekomsten samlet set i 'Potentielt Ringe' kemisk tilstand for arsen.

Cadmium har 4 indtag med MAM-værdier der overskrider den nationalt gældende tærskelværdi, og det vurderes derfor for disse indtag, om den forekomstspecifikke tærskelværdi kan

finde anvendelse. Den forekomstspecifikke tærskelværdi for cadmium i grundvandsforekomster af typen dkmj_ks (kvartært sandmagasin i Jylland) er udpeget for den geokemiske klasse, hvor $\text{pH} \leq 6$ (surt vand) & $\text{NO}_3 > 2$ (oxideret vand). Der er 3 indtag, som har MAM-værdier, der overskrider denne forekomstspecifikke tærskelværdi. Grundvandsforekomsten er derfor samlet set vurderet i 'Potentielt Ringe' kemisk tilstand for cadmium.

Nikkel har 16 indtag med en MAM-værdi, der overskrider den nationalt gældende tærskelværdi, og det vurderes om den forekomstspecifikke tærskelværdi kan finde anvendelse. Den forekomstspecifikke tærskelværdi for nikkel i grundvandsforekomster af typen dkmj_ks (kvartært sandmagasin i Jylland) er udpeget for den geokemiske klasse, hvor $\text{pH} \leq 6$ (surt vand) & $\text{NO}_3 > 2$ (oxideret vand). Af de 16 indtag er MAM-værdien i 7 indtag under denne forekomstspecifikke tærskelværdi. De resterende 9 indtag har enten MAM-værdier, der overskrider den forekomstspecifikke tærskelværdi eller mangler data til at vurdere MAM-værdierne i forhold til de geokemiske kriterier, hvorfor de stadig vurderes at bidrage til klassifikationen 'Potentielt Ringe' kemisk tilstand på baggrund af den nationalt gældende tærskelværdi. Samlet set vurderes grundvandsforekomsten i 'Potentielt Ringe' kemisk tilstand for nikkel på baggrund af de 9 indtag, som enten overskrider den nationalt gældende tærskelværdi eller den forekomstspecifikke tærskelværdi, se Tabel 8.3.

Den endelige maskinelle tilstandsvurdering for grundvandsforekomsten dkmj_1105_ks bliver 'Potentielt Ringe' kemisk tilstand, på baggrund af, at 7 sporstoffer har indtag med MAM-værdier, der overskrider enten den nationalt gældende tærskelværdi eller den forekomstspecifikke tærskelværdi, se Tabel 8.3 nederst.

Efter den maskinelle tilstandsvurdering er der udført en ekspertvurdering af de indtag, hvor MAM-værdien overskrider tærskelværdierne. Resultaterne af ekspertvurderingen er ikke inddraget i denne rapport, da det ligger uden for rapportens genstandsområde, men den er inddraget i dette eksempel for at vise de ændringer, det gav anledning til. Det ses af Tabel 8.3, at der for denne forekomst er enkelte indtag, som indledningsvist bidrog til klassifikationen 'Potentielt Ringe' kemisk tilstand på baggrund af den maskinelle tilstandsvurdering, men som i stedet bidrager til klassifikationen 'God' kemisk tilstand på baggrund af ekspertvurderingen, da der er færre indtag med overskridelser af tærskelværdier efter ekspertvurderingen sammenlignet med den indledende maskinelle vurdering. Det ændrer dog ikke status i forhold til de enkelte sporstoffer, som grundvandsforekomsten er vurderet i 'Potentielt Ringe' kemisk tilstand overfor, og den samlede status for grundvandsforekomsten forbliver 'Potentielt Ringe' kemisk tilstand.

Forekomstspecifikke tærskelværdier på baggrund af geografi/geologi.

Det fremgår af kapitel 7.2, Tabel 7.5, at der er fastlagt geografiske/geologiske tærskelværdier for sporstofferne aluminium og arsen. Disse tærskelværdier benyttes jævnfør beslutningstræet, Figur 8.1, hvis der ikke foreligger data for de enkelte indtag til brug for de geokemiske tærskelværdier. Ved gennemgang af den samlede maskinelle tilstandsvurdering for alle grundvandsforekomster fremgik det, at de geografiske/geologiske tærskelværdier kun fandt anvendelse i en enkelt grundvandsforekomst, hvor den resulterede i vurderingen 'Potentielt Ringe' kemisk tilstand. De geografiske/geologiske tærskelværdier fandt desuden anvendelse i to grundvandsforekomster, hvor de resulterede i vurderingen 'God' kemisk tilstand.

Miljøstyrelsen har efterfølgende ikke indstillet forekomstspecifikke tærskelværdier på baggrund af geografi/geologi, se nærmere i bilag 16.

8.3 Håndtering af forskellige datakilder for sporstoffer og salte

Datatyperne og deres definition og tekniske afgrænsninger er præsenteret i datakildenotatet: 07-VA-2020-02, bilag 5. I dette notat redegøres der også for den repræsentativitet, der er tilknyttet de forskellige datatyper. Herunder opsummeres kort de aktuelle datatyper.

Grundvandsovervågningen (GRUMO)

Data fra GRUMO repræsenterer især påvirkninger fra det åbne land, og indtagene er rumligt og geografisk repræsentative. Datatætheden for GRUMO er lav ved dybder under 60-70 meter under terræn (m u.t.). Påvirkninger fra punktkilder og bebyggede områder er underrepræsenteret i GRUMO-data. Det forventes, at GRUMO-data generelt giver et retvisende billede af den naturlige forekomst af sporstoffer i grundvandet, da overvågningen har som delformål at fastlægge de naturlige baggrundsværdier for sporstoffer.

Grundvandskortlægning (GKO)

I grundvandskortlægningen i Danmark undersøges kvaliteten af grundvandet i relation til drikkevandsinteresser. Indtagene ligger derfor ofte dybere end GRUMO, og der er bias mod magasiner, der potentielt kan udnyttes til drikkevandsindvinding. Det begrænsede antal kortlægningsboringer medfører, at datasættet ikke nødvendigvis er repræsentativt for hele landet, og samtidig er der ofte ikke analyseret for sporstoffer. Derimod indgår saltene som regel i analysepakkerne anvendt til grundvandskortlægningen.

Vandforsyningsindtag (VF)

VF-datasættet repræsenterer påvirkningen i den del af grundvandet, der indvindes til drikkevand. VF-indtag er ofte placeret tæt på bebyggede områder. Mange VF-indtag er lange og blander vand fra flere dybder med forskellig kemisk sammensætning. Vandforsyningsboringer lukkes ofte når der optræder uønskede stoffer i grundvandet, og nye boringer placeres i videst muligt omfang i områder, hvor vandkemien forventes ikke at overskride drikkevandskvalitetskravene. Det forventes derfor, at sporstoffer og salte, der optræder i koncentrationer over tærskelværdierne, og som samtidig ikke nemt fjernes ved vandbehandling, sjældent vil indgå i data fra vandforsyningsindtag i forhold til stoffernes generelle udbredelse. I nogle vandforsyningsboringer kan sporstofindholdet være påvirket af ikke bæredygtig indvinding.

DEPOT

DEPOT-datasættet repræsenterer data indsamlet omkring erkendte punktkildeforureninger og indeholder ofte analyser for sporstoffer og salte. De ofte korte forureningsboringer er repræsentative for det øvre forurenede grundvand, og typen af analyserede stoffer varierer alt efter hvilken forurening, der undersøges for. Data er derfor især repræsentative for punktkilder.

Andet

Disse data kan stamme fra en lang række andre kilder, og der kan være behov for opslag i Jupiter for at vurdere data, afhængig af hvor stor en andel af de samlede data, de udgør i en

grundvandsforekomst. Til denne gruppe hører for eksempel vandværkernes overvågningsboringer, som kan bidrage med vigtig viden om de sporstoffer og salte, der findes i vandværkernes indvindingsopland.

8.4 Repræsentativitet af data og sikkerhed af vurderingerne

Sikkerheden af tilstandsvurderingerne er knyttet til både repræsentativiteten og kvaliteten af de data, der foreligger for en given grundvandsforekomst. 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 såvel som geografisk og rumlig udbredelse af indtag med sporstof- og salteanalyser, datatyper (Vandforsyning/GRUMO/DEPOT etc.), omfanget af analyser for de valgte stoffer, osv.

Med udgangspunkt i den metoderapport, der er udarbejdet i forbindelse med tilstandsvurderingen for nitrat (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.

Der bør skelnes mellem repræsentativiteten af de tilgængelige data og sikkerheden for vurderingen (bias og konfidens). Eksempelvis kan der være få vandanalyser fra de øvre lag af en grundvandsforekomst med stor mægtighed og mange data fra den dybere del. I det tilfælde er der vandanalyser med en ringe rumlig repræsentativitet.

Det har ikke været forsøgt at opstille kvantitative kriterier for at vurdere repræsentativiteten af de enkelte datatyper, idet fordelingen af de forskellige typer af data er meget 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.

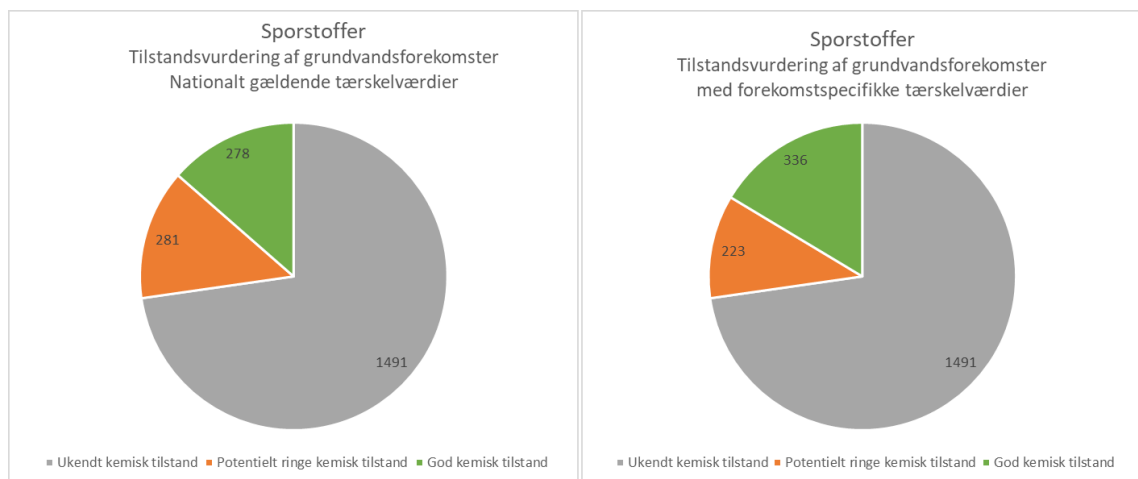
Det har ikke været en del af nærværende projekt om sporstoffer og salte, at foretage en gennemgående vurdering af sikkerheden og repræsentativiteten af data.

9. Tilstandsvurderinger for sporstoffer og salte, samlet resultat

9.1 Sporstoffer

I Figur 9.1 sammenlignes resultatet af den maskinelle tilstandsvurdering for sporstoffer efter den indledende vurdering i forhold til den nationalt gældende tærskelværdi, med den samlede vurdering, hvor der også er inddraget de forekomstspecifikke tærskelværdier. Af i alt 2.050 grundvandsforekomster er der 559 grundvandsforekomster med data for mindst ét af de undersøgte sporstoffer, svarende til 27 %. I de resterende 1.491 grundvandsforekomster er der ingen indtag med data for nogen af de undersøgte sporstoffer i perioden 2013-2019.

Figur 9.1(venstre) viser resultatet af den indledende vurdering, hvor der kun benyttes de nationalt gældende tærskelværdier. Figur 9.1(højre) viser resultatet af den indledende vurdering, hvor både de nationalt gældende tærskelværdier og de forekomstspecifikke tærskelværdier benyttes i vurderingen.



Figur 9.1 Venstre: Indledende registrering af overskridelser af den nationalt gældende tærskelværdi for ét eller flere sporstoffer til den maskinelle tilstandsvurdering af 2.050 grundvandsforekomster. Der er ikke taget højde for de forekomstspecifikke tærskelværdier. **Højre:** Indledende maskinel tilstandsvurdering af 2.050 grundvandsforekomster for sporstoffer på baggrund af de nationalt gældende tærskelværdier og de forekomstspecifikke tærskelværdier.

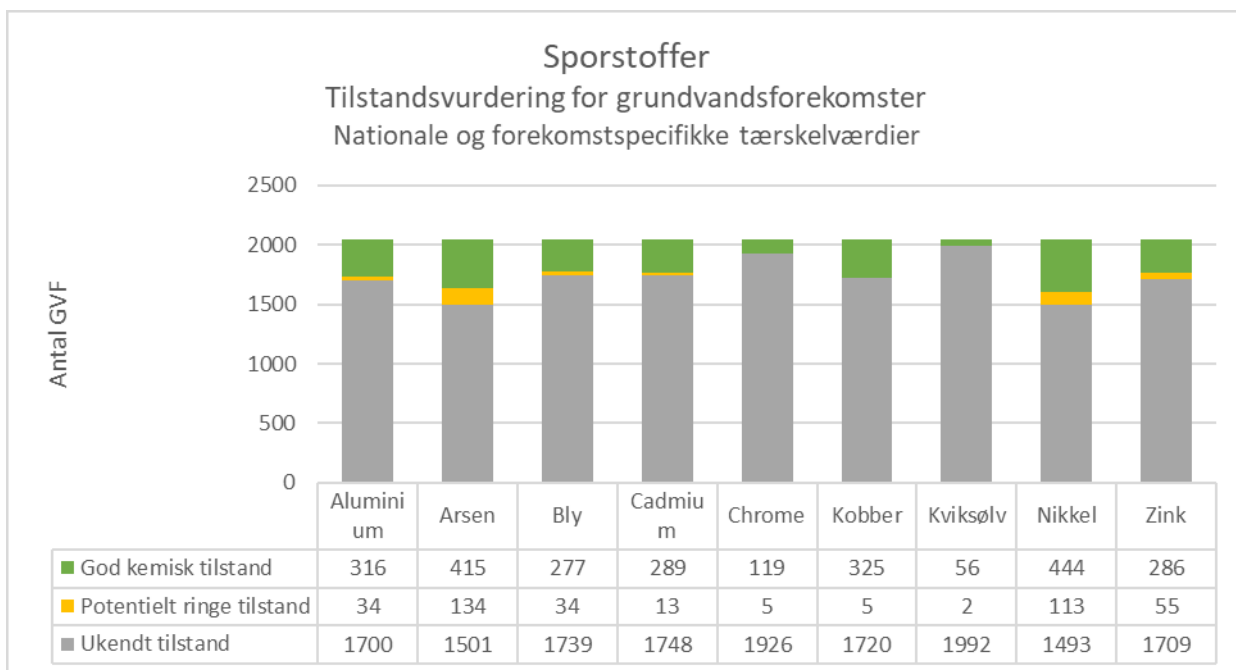
Der er fastsat forekomstspecifikke tærskelværdier på baggrund af de naturlige baggrundsværdier for de fire sporstoffer aluminium, arsen, cadmium og nikkel. Tabel 9.1 viser for de fire sporstoffer antallet af de grundvandsforekomster med MAM-værdier over de nationalt gældende tærskelværdier, der efterfølgende kan klassificeres som værende i 'God' kemisk tilstand på baggrund af de forekomstspecifikke tærskelværdier, se også bilag 10. Liste X_a og Y_a henviser til geokemiske/geografiske/geologiske kriterier, mens X_b og Y_b henviser til de geografiske/geologiske kriterier. Hvis den forekomstspecifikke tærskelværdi ikke finder anvendelse, resulterer den maskinelle tilstandsvurdering af grundvandsforekomsten i klassifikationen 'Potentielt Ringe', på baggrund af MAM-værdiens overskridelse af den nationalt gældende tærskelværdi, angivet i kolonnen med overskrift NA.

Tabel 9.1 Resultat af den maskinelle tilstandsvurdering for hver af de sporstoffer, hvor der er forekomstspecifikke tærskelværdier og hvor der samtidig er overskridelse af de nationalt gældende tærskelværdier i mindst ét indtag. Tabellen viser hvilke tærskelværdier, der var afgørende for tilstandsvurderingen på grundvandsforekomstniveau. Liste X_a og Y_a henviser til geokemiske/geografiske/geologiske kriterier, mens X_b og Y_b henviser til de geografiske/geologiske kriterier. NA: Grundvandsforekomster, uden forekomstspecifikke tærskelværdier, hvor indtagene kun vurderes i forhold til de nationalt gældende tærskelværdier.

Antal grundvandsforekomster	Grundvandsforekomster; indledende vurdering		Grundvandsforekomster; indledende vurdering		Total
	God tilstand, (Liste X_a)	God tilstand, (Liste X_b)	Potentielt ringe tilstand (Liste Y_a og Y_b)	NA	
Element					Alle gvf
Aluminium	14	-	7	27	48
Arsen	61	1	85	49	196
Cadmium	5	-	5	8	18
Nikkel	6	-	10	103	119

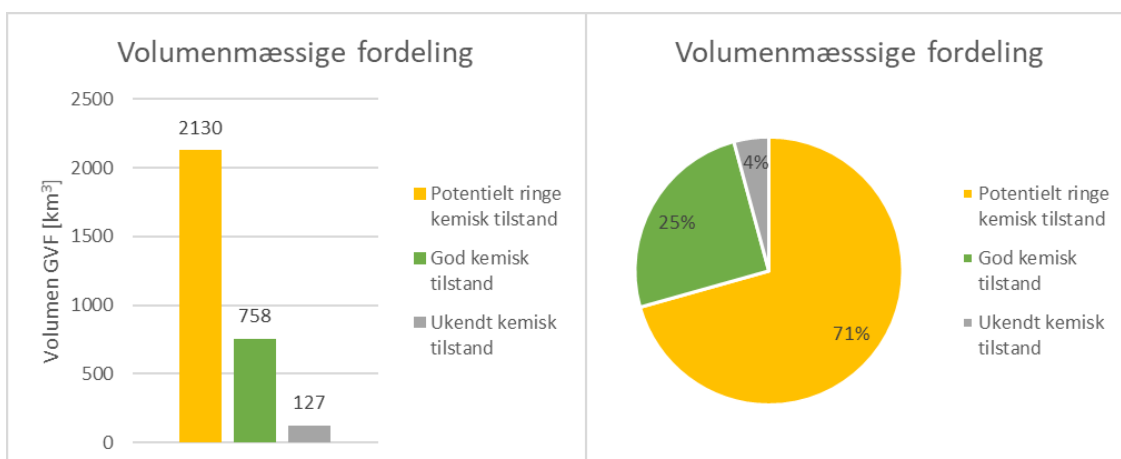
Bemærk, når den indledende maskinelle tilstandsvurdering for en grundvandsforekomst for ét enkelt af de fire sporstoffer klassificeres som værende i 'God' kemisk tilstand som følge af brug af de forekomstspecifikke tærskelværdier, betyder det ikke nødvendigvis, at grundvandsforekomsten samlet set ændrer tilstand til 'God' kemisk tilstand for sporstoffer. Hvis et andet sporstof i samme grundvandsforekomst stadig overskrider den relevante tærskelværdi, vil grundvandsforekomsten stadig samlet set klassificeres som 'Potentielt Ringe' kemisk tilstand.

Figur 9.2 viser fordelingen af de maskinelle tilstandsvurderinger af grundvandsforekomster for de enkelte sporstoffer, med antal grundvandsforekomster fordelt på 'God', 'Potentielt Ringe' og 'Ukendt' tilstand. Indtag som bidrager til klassifikationen 'Potentielt ringe' kemisk tilstand er efterfølgende ekspertvurderet i forhold til muligt naturligt indhold over tærskelværdierne, se kapitel 10.



Figur 9.2 Grundvandsforekomsters kemiske tilstand for sporstoffer efter vurdering i forhold til de nationalt gældende tærskelværdier og de forekomstspecifikke tærskelværdier.

Figur 9.3 viser den volumenmæssige fordeling af grundvandsforekomster efter den maskinelle tilstandsvurdering i 'God' kemisk tilstand, 'Potentielt Ringe' kemisk tilstand og 'Ukendt' kemisk tilstand. Det fremgår, at 71 % af grundvandsforekomsternes samlede volumen er i 'Potentielt Ringe' kemisk tilstand for sporstoffer, mens 25 % er vurderet i 'God' kemisk tilstand og 4 % er i 'Ukendt' tilstand på grund af manglende data.

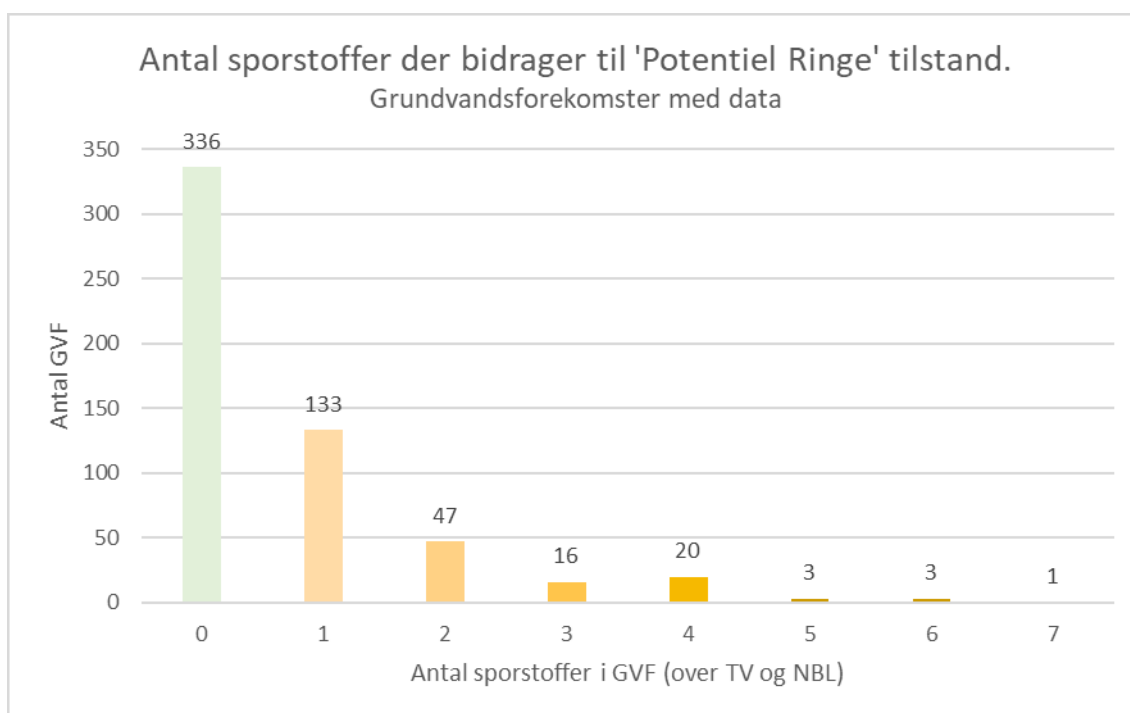


Figur 9.3 Den volumenmæssige fordeling af grundvandsforekomsters kemiske tilstand; maskinelt vurderet på baggrund af de nationalt gældende tærskelværdier og de forekomstspecifikke tærskelværdier.

Da vurderingen 'Potentielt Ringe' kemisk tilstand tildeles ved overskridelse i bare ét indtag af de nationalt gældende tærskelværdi eller den forekomstspecifikke tærskelværdi må det antages, at mange store grundvandsforekomster med mange indtag er klassificeret som værende i 'Potentielt ringe' kemisk tilstand, uden at dette nødvendigvis er dækkende for hele

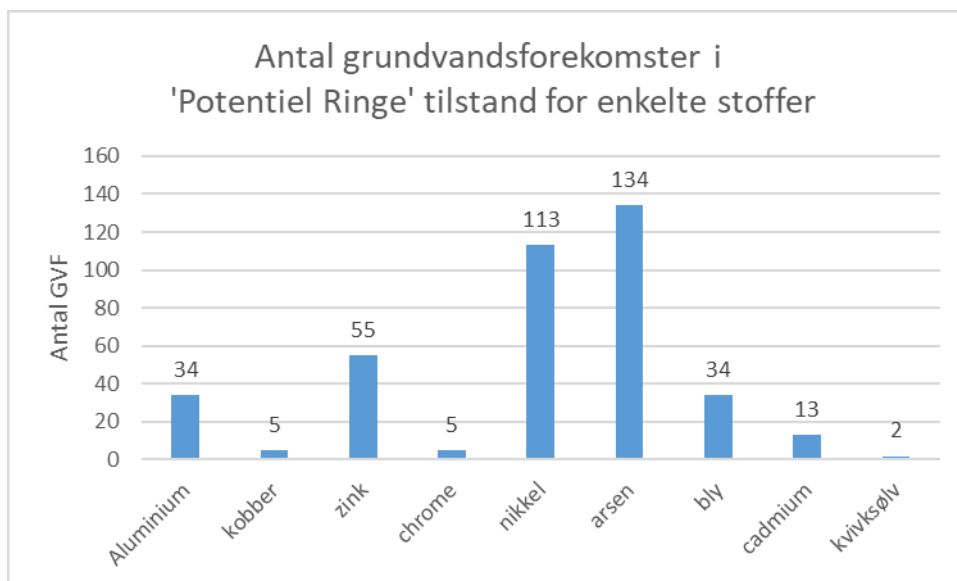
forekomsten. Det kræver imidlertid en konkret undersøgelse af den enkelte grundvandsforekomst at afgøre dette. Vurderingen 'Ukendt' kemisk tilstand tildeles grundvandsforekomster uden indtag med data for de relevante stoffer i perioden 2013-2019. Det høje antal af grundvandsforekomster i 'Ukendt' tilstand sammenholdt med den lille volumenmæssige andel viser, at det overvejende er små grundvandsforekomster i denne gruppe, og at der er data for sporstoffer i hovedparten af det samlede volumen af grundvandsforekomster.

Figur 9.4 viser en oversigt over antallet af forskellige sporstoffer, som overskrider en tærskelværdi i en grundvandsforekomst, og dermed resulterer i 'Potentielt Ringe' tilstand. I hovedparten af grundvandsforekomster i 'Potentielt Ringe' tilstand er det forårsaget af ét sporstof, idet 133 grundvandsforekomster har ét sporstof, hvor tærskelværdien er overskredet, svarende til ca. 25 % af de grundvandsforekomster der har data, og 60 % af grundvandsforekomster i 'Potentielt Ringe' tilstand. Der er blot én grundvandsforekomst, hvor der er fundet 7 forskellige sporstoffer, der overskrider tærskelværdierne. For 336 grundvandsforekomster med data er der ingen sporstoffer, der overskrider en tærskelværdi, hvilket resulterer i 'God' tilstand.



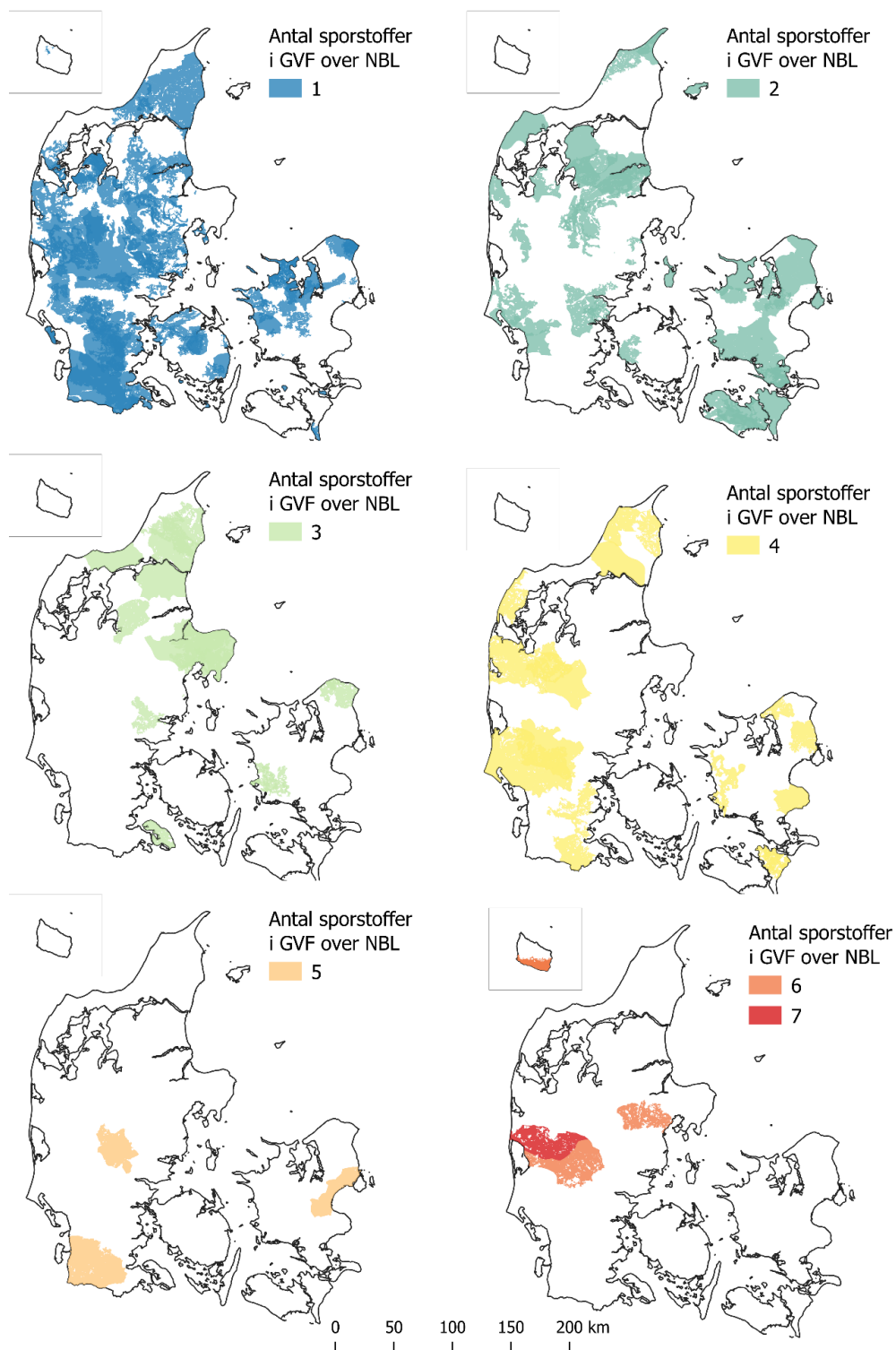
Figur 9.4 Antal af forskellige sporstoffer, der overskrider en tærskelværdi og resulterer i en grundvandsforekomst i 'Potentielt Ringe' tilstand for sporstoffer. Antal grundvandsforekomster er angivet over søjlen. Når ingen sporstoffer overskrider en tærskelværdi, er grundvandsforekomsten i 'God' tilstand, vist med grønt.

Figur 9.5 viser hvor mange grundvandsforekomster, der for de enkelte sporstoffer har mindst ét indtag med overskridelser af tærskelværdierne. Det ses, at arsen giver anledning til det største antal grundvandsforekomster i 'Potentiel Ringe' tilstand, mens kviksølv giver det laveste antal.



Figur 9.5 Antallet af grundvandsforekomster, hvor der ses overskridelser af de fastsatte tærskelværdier for de enkelte sporstoffer.

Figur 9.6 viser den geografiske fordeling af grundvandsforekomsterne med angivelse af antallet af sporstoffer, der overskrider en tærskelværdi.



Figur 9.6 Den geografiske fordeling af grundvandsforekomster i 'Potentielt Ringe' kemisk tilstand. Kortet viser antal af sporstoffer i grundvandsforekomsten (GVF), der overskrider de nationalt gældende tærskelværdier og de forekomstspecifikke tærskelværdier (NBL).

9.2 Salte

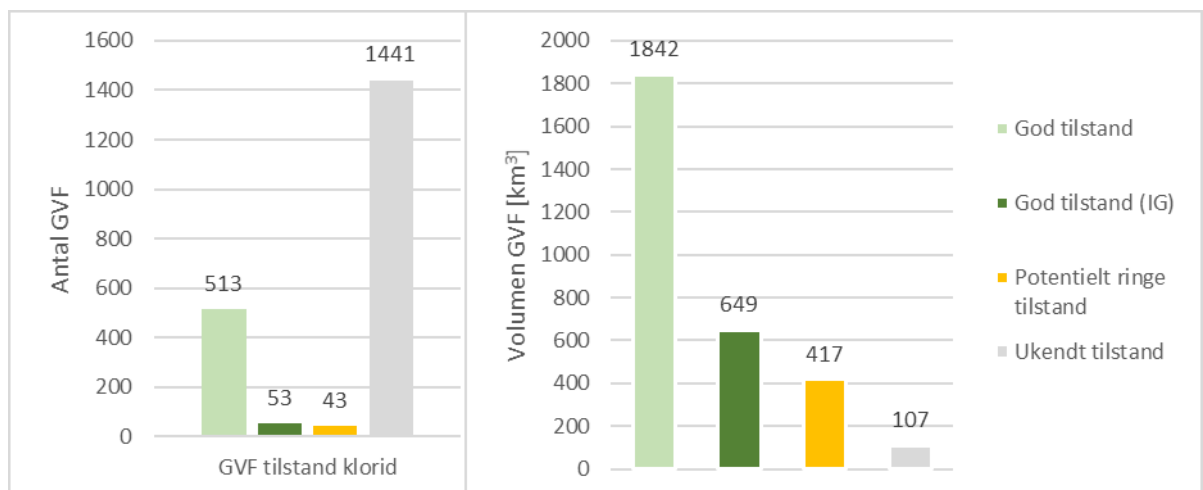
Der er udarbejdet en maskinel tilstandsvurdering for klorid, som er udførligt dokumenteret i GEUS-notat 07-VA-2020-14, se bilag 3, mens der for de øvrige salte er udarbejdet en samlet redegørelse i GEUS-notat 07-VA-2020-18, se bilag 4. Ammonium er dokumenteret i bilag 2.

Tilstandsvurderingerne for salte er udført efter de samme principper som tilstandsvurderingerne for sporstoffer, hvor der maskinelt tildeles vurderingen 'Potentielt Ringe' tilstand, hvis MAM-værdien i ét indtag i en grundvandsforekomst overskrider de fastsatte tærskelværdier (den nationalt gældende tærskelværdi eller den forekomstspezifiske tærskelværdi). Hvis ingen indtag har MAM-værdier, der overskrider tærskelværdierne tildeles grundvandsforekomsten tilstanden 'God'. Hvis der ikke foreligger kemiske analyser for de relevante ioner i perioden 2013-2019, tildeles grundvandsforekomsten tilstanden 'Ukendt'.

Klorid

For klorid blev der ikke fundet naturlige baggrundsværdier over den nationalt gældende tærskelværdi. Der er derfor ikke behov for at fastsætte forekomstspezifiske tærskelværdier for klorid. Klorid er derfor alene vurderet i forhold til den nationalt gældende tærskelværdi, der er fastsat til 250 mg/l. Som støtteparameter til vurdering af grundvandets kemiske tilstand for klorid anvendes ionbytningsgraden (IG), fordi denne viser om saltholdigheden har været konstant gennem længere tid eller er stigende eller faldende (Hansen & Thorling, 2018). En lav ionbytningsgrad indikerer et stigende saltindhold.

På baggrund af dette er det besluttet, at grundvandsforekomster tildeles tilstanden "God (IG)" når tærskelværdien for klorid er overskredet i et indtag, men ionbytningsgraden samtidig er større end 0,65. Hermed kan der skelnes mellem grundvandsforekomster i god tilstand med kun lave kloridkoncentrationer og grundvandsforekomster med høje naturlige kloridindhold. Resultatet af den maskinelle tilstandsvurdering for klorid ses i Figur 9.7.

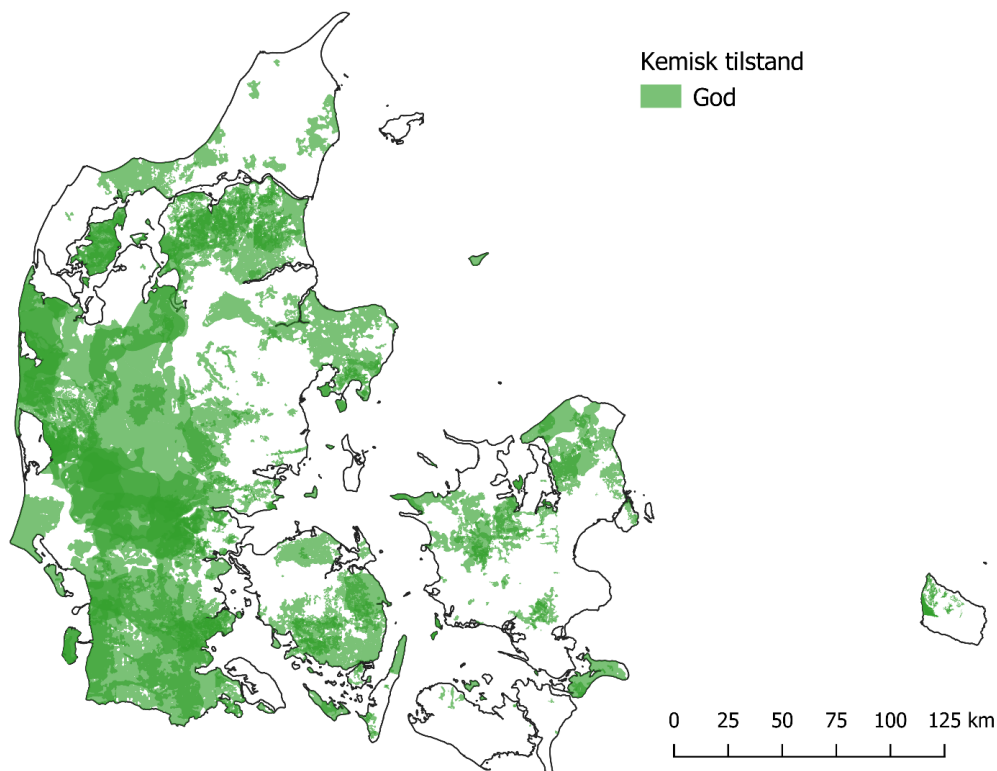


Figur 9.7 Tilstandsvurdering for klorid fordelt på antal (venstre) og volumen (højre) af grundvandsforekomster. Bemærk, et relativt stort volumen af grundvandsforekomster er i god tilstand, hvor ionbytningen peger på et naturligt højt kloridindhold.

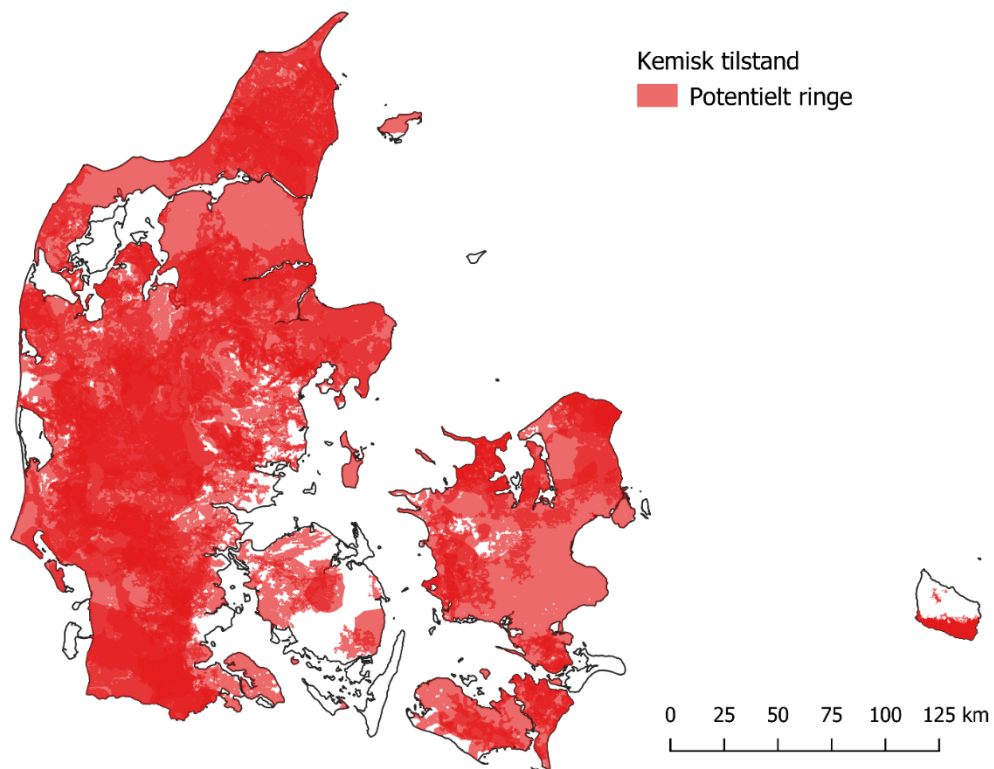
Klorid forekommer naturligt i de danske grundvandsmagasiner. Naturlige koncentrationer over den nationale tærskelværdi på 250 mg/l skyldes typisk kystnære forhold eller marint residualvand. I forhold til at vurdere den kemiske tilstand for klorid i grundvandsforekomsterne, hvor der er overskridelse af tærskelværdierne, og der er en lav ionbytningsgrad, der peger på et stigende saltindhold, er det derfor nødvendigt at tage højde for den geografiske placering af grundvandsforekomsterne, ligesom det bør undersøges, om der finder indvindingssted, der kan påvirke den lokale saltvandsbalance. Denne vurdering ligger uden for dette projekt.

9.3 Oversigtskort over sporstoffer og salte på landsplan

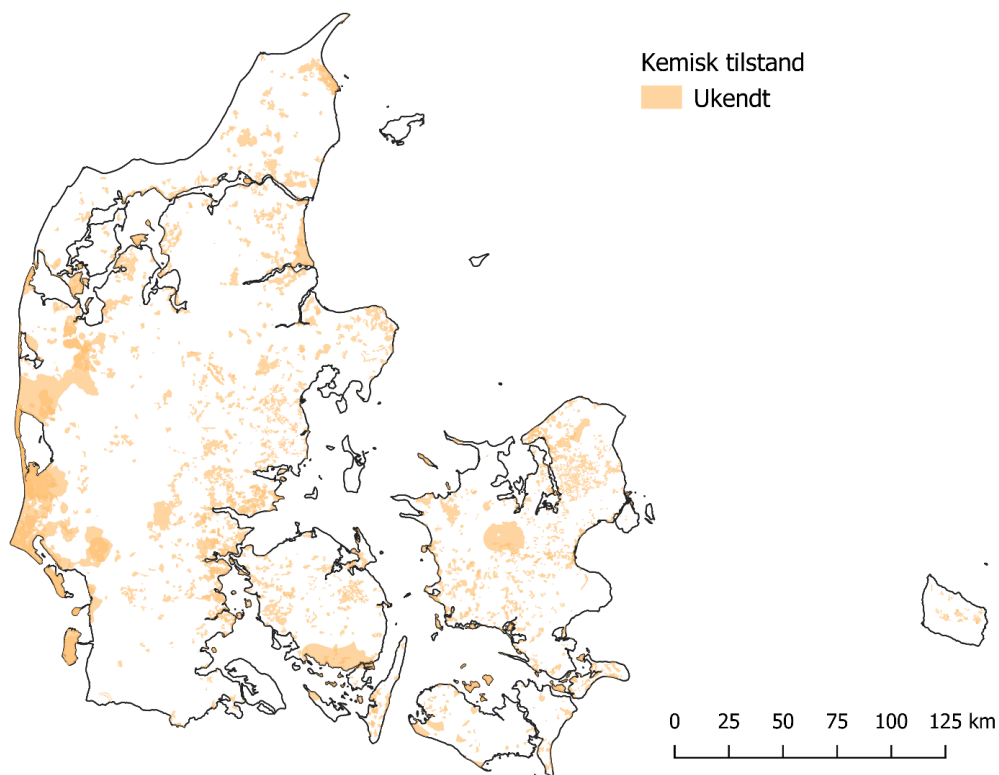
I det efterfølgende vises først oversigtskort over den geografiske fordeling af den samlede tilstandsvurdering for sporstoffer på Figur 9.8 til Figur 9.10. Herefter vises oversigtskort over den geografiske fordeling af grundvandsforekomster i 'Potentielt Ringe' kemisk tilstand for de enkelte sporstoffer, se Figur 9.11 til Figur 9.19. Den geografiske fordeling af den samlede tilstandsvurdering for klorid er vist på Figur 9.20 til Figur 9.22



Figur 9.8 Den geografiske fordeling af grundvandsforekomster, som er vurderet i 'God' tilstand i forhold til sporstoffer. Mørkere farve indikerer, at flere grundvandsforekomster ligger over hinanden i det samme område.



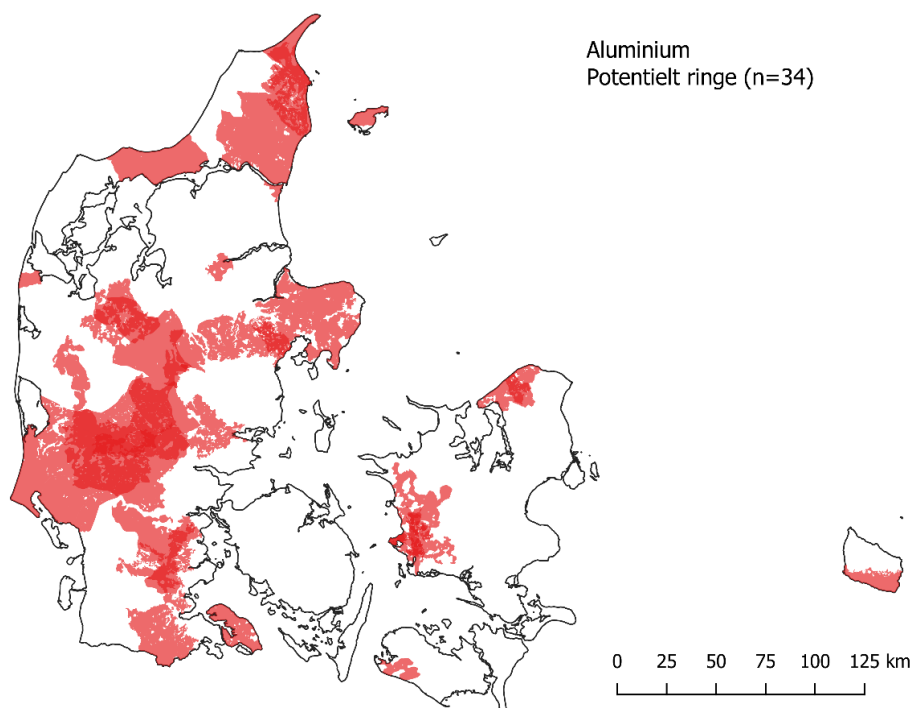
Figur 9.9 Den geografiske fordeling af samtlige grundvandsforekomster, som er vurderet i 'Potentielt Ringe' tilstand i forhold til ét eller flere sporstoffer. Mørkere farve indikerer, at flere grundvandsforekomster ligger over hinanden i det samme område.



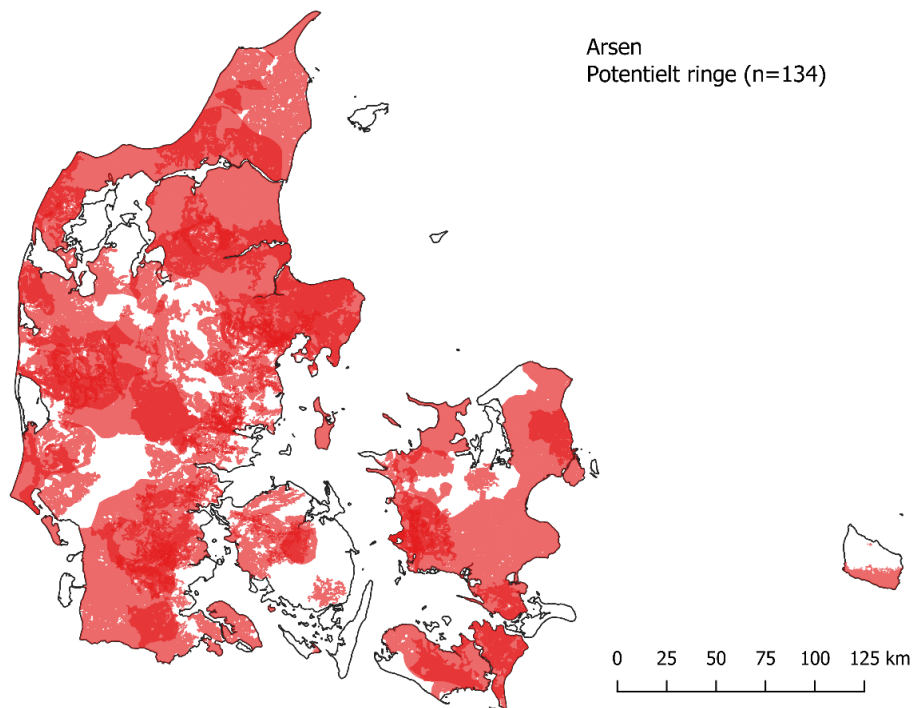
Figur 9.10 Den geografiske fordeling af grundvandsforekomster, som er vurderet i 'Ukendt' tilstand i forhold til sporstoffer. Mørkere farve indikerer, at flere grundvandsforekomster ligger over hinanden i det samme område.

Figur 9.9 viser, at der i det meste af landet forekommer grundvandsforekomster, som er i 'Potentielt ringe' kemisk tilstand for ét eller flere sporstoffer.

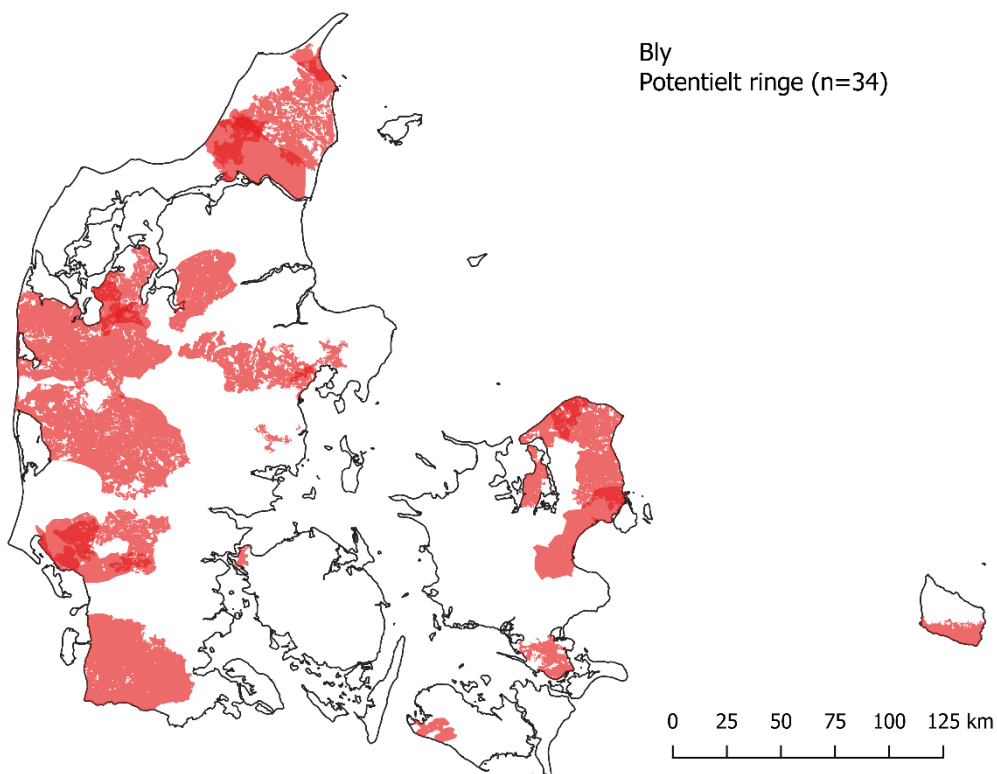
Derfor er der udarbejdet kort over grundvandsforekomster i 'Potentielt Ringe' kemisk tilstand for de enkelte sporstoffer for at visualisere den geografiske fordeling på stofniveau, se Figur 9.11 til Figur 9.19.



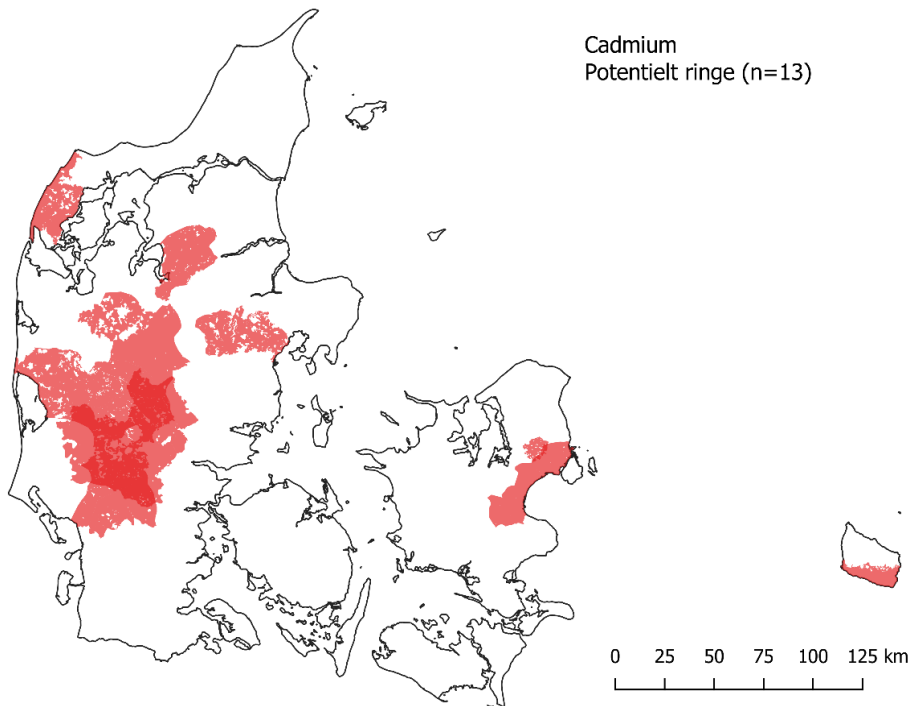
Figur 9.11 Aluminium. Den geografiske fordeling af grundvandsforekomster, som er vurderet i 'Potentielt Ringe' kemisk tilstand for aluminium (34 grundvandsforekomster). Mørkere farve indikerer, at flere grundvandsforekomster ligger over hinanden i det samme område.



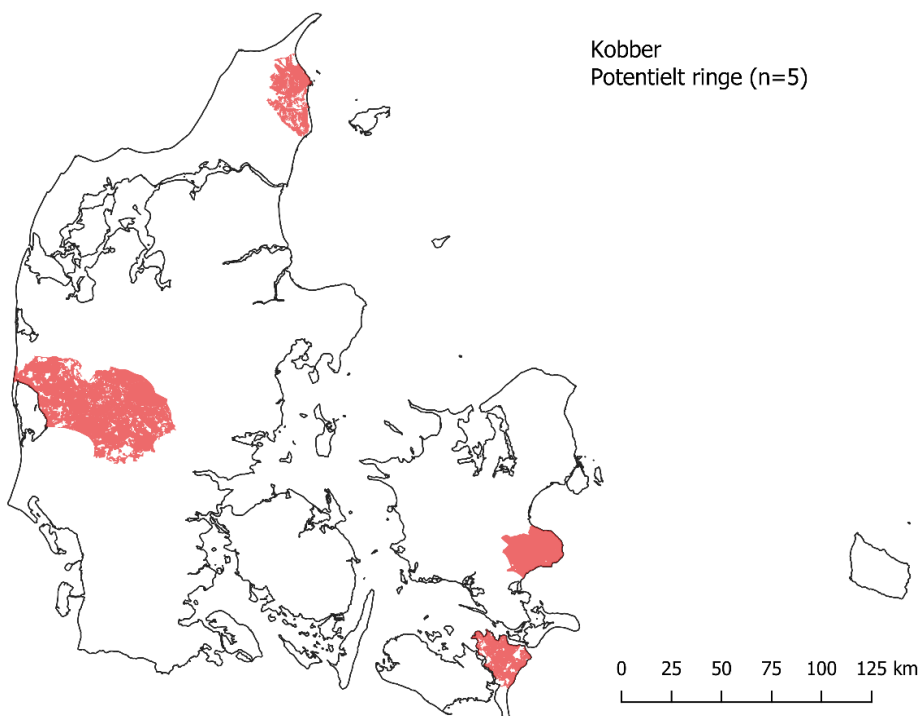
Figur 9.12 Arsen. Den geografiske fordeling af grundvandsforekomster, som er vurderet i 'Potentielt Ringe' kemisk tilstand for arsen (134 grundvandsforekomster). Mørkere farve indikerer, at flere grundvandsforekomster ligger over hinanden i det samme område.



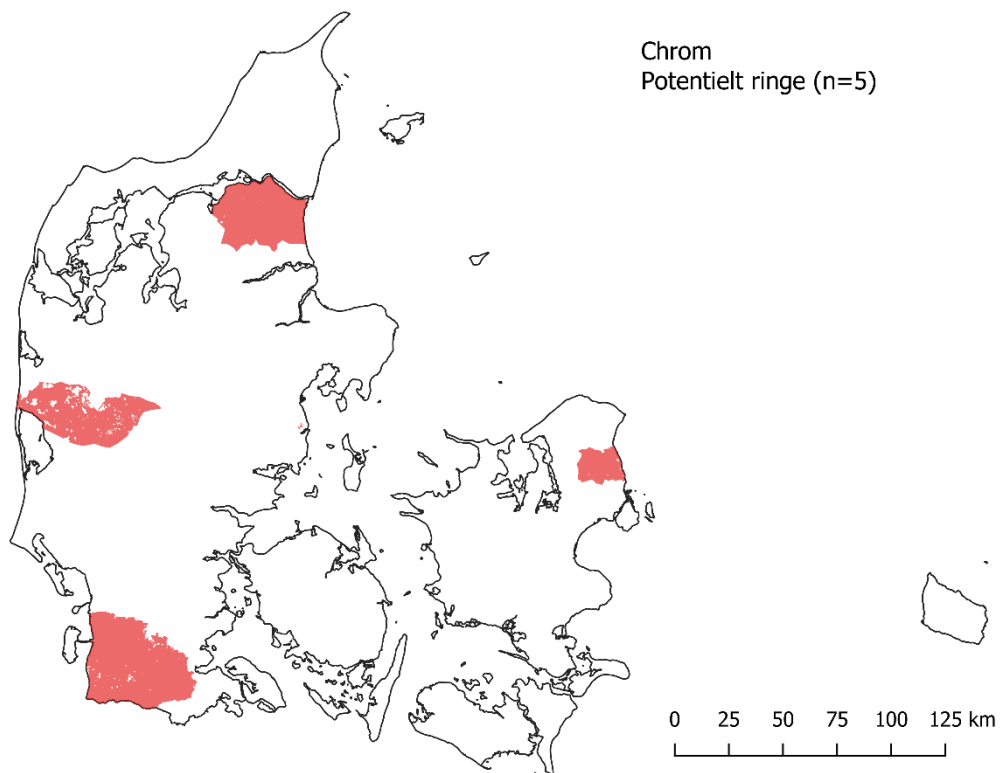
Figur 9.13 Bly. Den geografiske fordeling af grundvandsforekomster, som er vurderet i 'Potentielt Ringe' kemisk tilstand for bly (34 grundvandsforekomster). Mørkere farve indikerer, at flere grundvandsforekomster ligger over hinanden i det samme område.



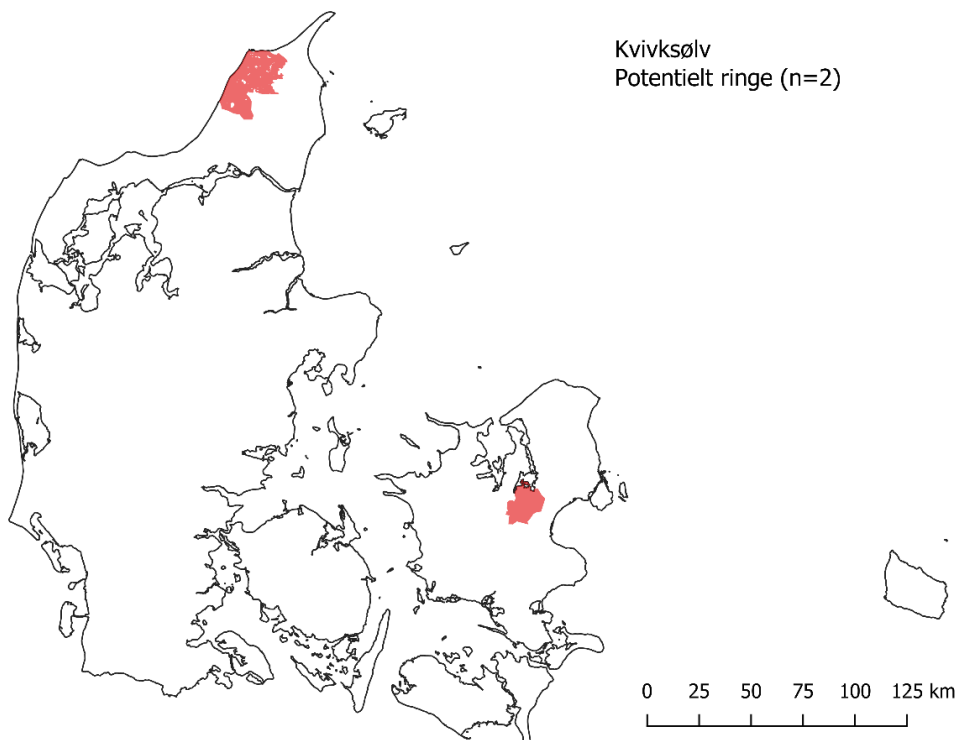
Figur 9.14 Cadmium. Den geografiske fordeling af grundvandsforekomster, som er vurderet i 'Potentielt Ringe' kemisk tilstand for cadmium (13 grundvandsforekomster). Mørkere farve indikerer, at flere grundvandsforekomster ligger over hinanden i det samme område.



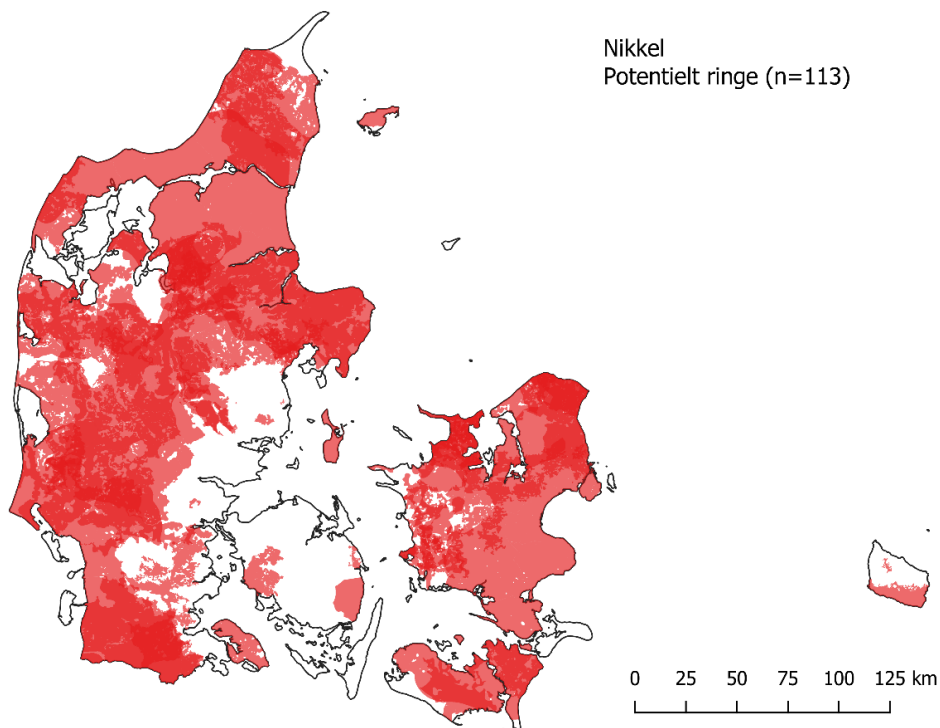
Figur 9.15 Kobber. Den geografiske fordeling af grundvandsforekomster, som er vurderet i 'Potentielt Ringe' kemisk tilstand for kobber (5 grundvandsforekomster). Mørkere farve indikerer, at flere grundvandsforekomster ligger over hinanden i det samme område.



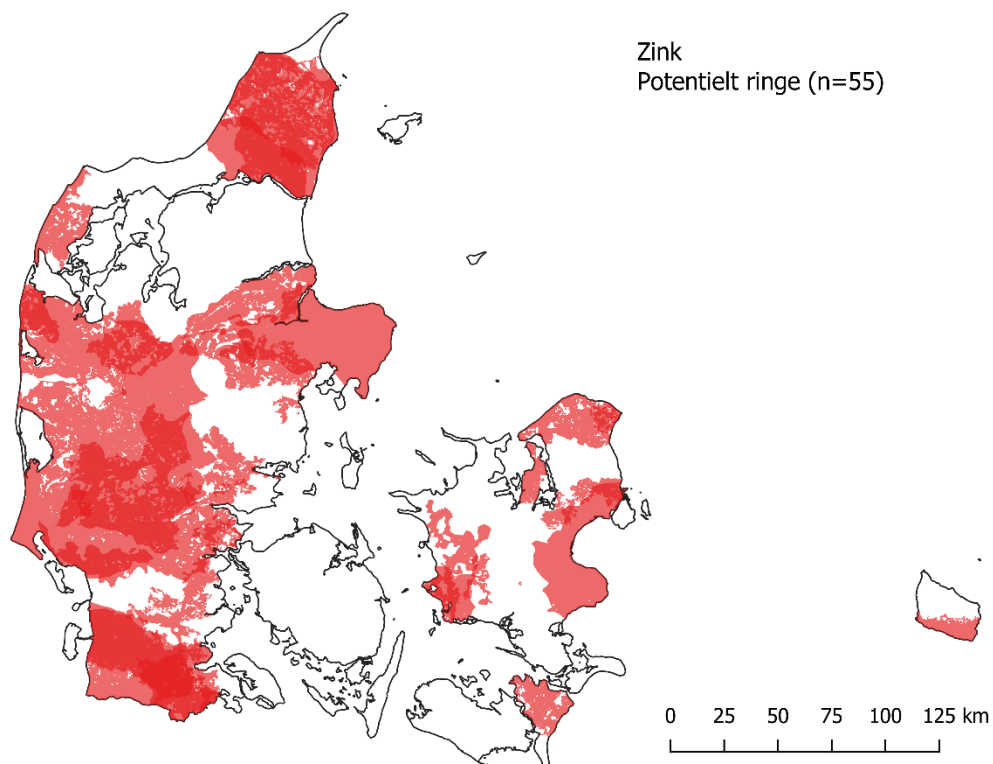
Figur 9.16 Krom. Den geografiske fordeling af grundvandsforekomster, som er vurderet i 'Potentielt Ringe' kemisk tilstand for krom (5 grundvandsforekomster). Mørkere farve indikerer, at flere grundvandsforekomster ligger over hinanden i det samme område.



Figur 9.17 Kviksølv. Den geografiske fordeling af grundvandsforekomster, som er vurderet i 'Potentielt Ringe' kemisk tilstand for kviksølv (2 grundvandsforekomster). Mørkere farve indikerer, at flere grundvandsforekomster ligger over hinanden i det samme område.



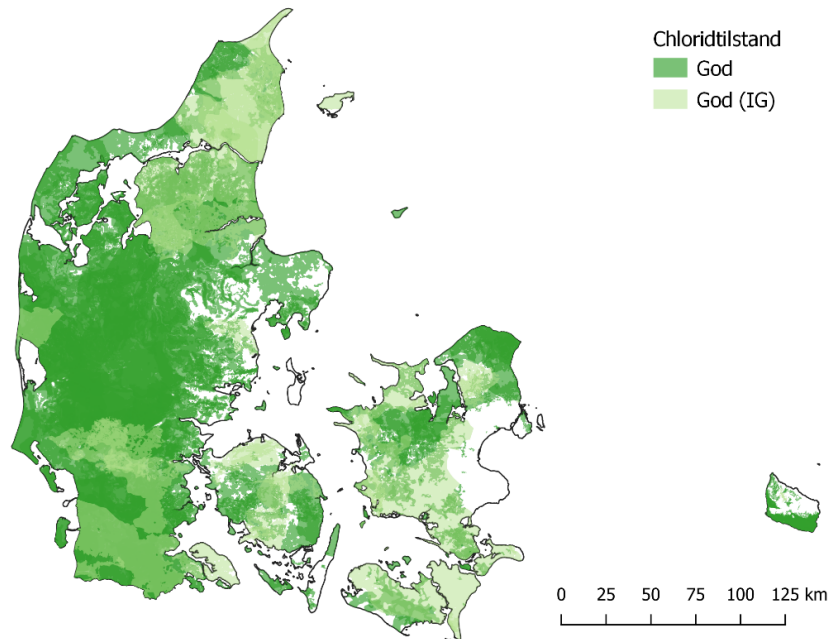
Figur 9.18 Nikkel. Den geografiske fordeling af grundvandsforekomster, som er vurderet i 'Potentielt Ringe' kemisk tilstand for nikkel (113 grundvandsforekomster). Mørkere farve indikerer, at flere grundvandsforekomster ligger over hinanden i det samme område.



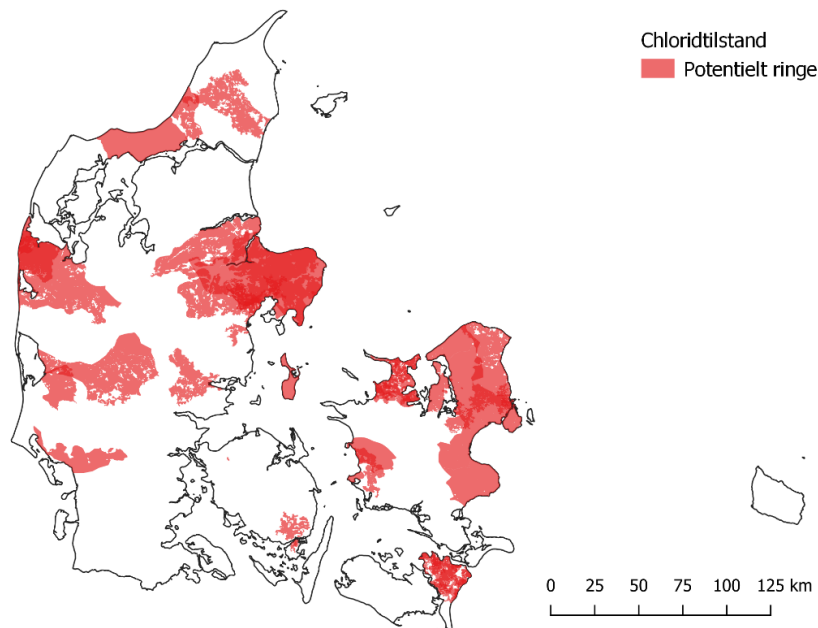
Figur 9.19 Zink. Den geografiske fordeling af grundvandsforekomster, som er vurderet i 'Potentielt Ringe' kemisk tilstand for zink (55 grundvandsforekomster). Mørkere farve indikerer, at flere grundvandsforekomster ligger over hinanden i det samme område.

Salte

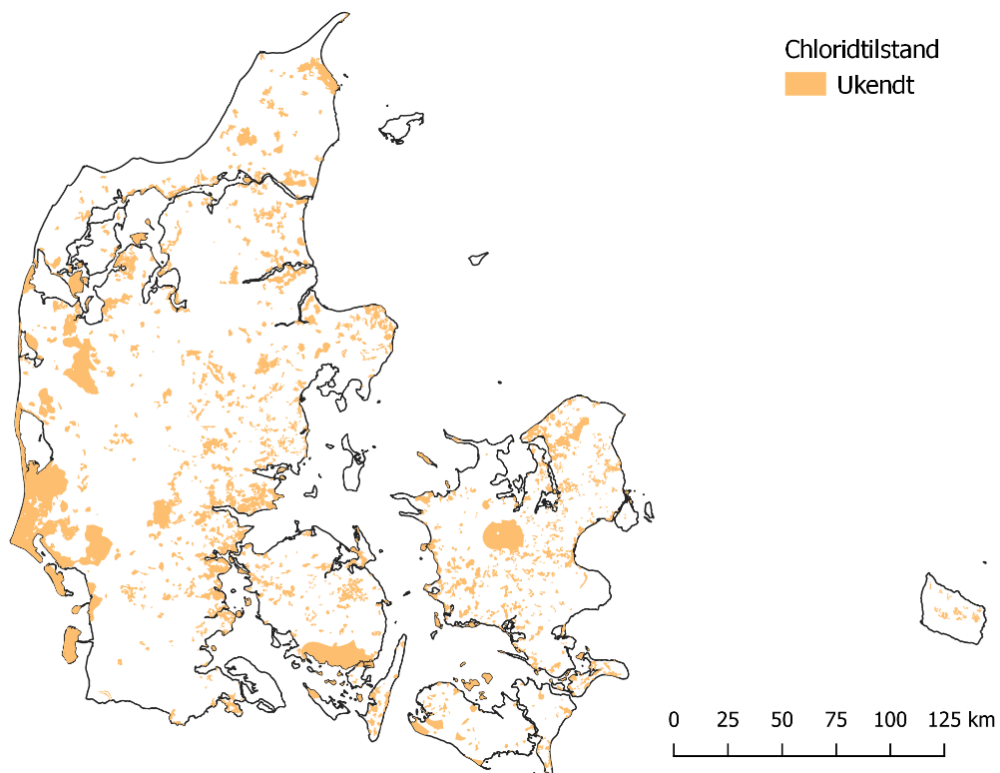
Den geografiske fordeling af tilstandsvurderingerne for klorid er vist i Figur 9.20 til Figur 9.22



Figur 9.20 Klorid. Den geografiske fordeling af 566 grundvandsforekomster, som er vurderet i 'God' tilstand i forhold til klorid. Mørkere farve indikerer, at flere grundvandsforekomster ligger over hinanden i det samme område.



Figur 9.21 Klorid. Den geografiske fordeling af 43 grundvandsforekomster, som er vurderet i 'Potentielt Ringe' tilstand i forhold til klorid. Mørkere farve indikerer, at flere grundvandsforekomster ligger over hinanden i det samme område.



Figur 9.22 Klorid. Den geografiske fordeling af 1.441 grundvandsforekomster, som er vurderet i 'Ukendt' tilstand i forhold til klorid. Mørkere farve indikerer, at flere grundvandsforekomster ligger over hinanden i det samme område.

10. Ekspertvurdering af indtag med overskridelser af tærskelværdier for sporstoffer

I forbindelse med projektet "Bidrag til tilstandsvurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand for miljøfarlige forurenende stoffer uden primær anvendelse som pesticid samt for sporstoffer" er der udarbejdet en ekspertvurdering af de indtag, hvor MAM-værdien for sporstoffer overskrider de anvendte tærskelværdier, se bilag 11.

Ekspertvurderingen er udarbejdet for følgende sporstoffer: Aluminium, arsen, bly, cadmium, nikkel og zink, idet det blev vurderet, at der for disse stoffer ville være en del tilfælde, hvor lokale konkrete geokemiske forhold kunne betinge et særligt højt naturligt indhold. Miljøstyrelsen ønskede derfor belyst, om der kunne være naturlige forhold i de enkelte indtag, der resulterede i MAM-værdier over en tærskelværdi.

Projektet blev gennemført på indtagsniveau, hvor overskridelser af tærskelværdier blev vurderet i forhold til kriterierne i Tabel 10.1. Herudover er der taget højde for dybden til indtagene og de generelle vandkemiske forhold for de enkelte indtag.

Tabel 10.1 Ekspertvurdering af enkeltindtag. Kriterier for vurdering af overskridelser af tærskelværdier for enkeltstoffer.

Sporstof	Kriterie for at et indtag bidrager til god tilstand ved høje MAM-værdier
Aluminium	Naturlig overskridelse som følge af lav pH
Arsen	Overskridelse relateret til geologiske forhold, f.eks. tertiært ler
Bly	Er MAM-værdien repræsentativ
Cadmium	Naturlig overskridelse som følge af lav pH
Nikkel	Naturlig overskridelse som følge af lav pH/redox
Zink	Naturlig overskridelse som følge af lav pH/redox

Ekspertvurderingen tager udgangspunkt i de indtag, der bidrager til 'Potentielt Ringe' tilstand, hvor MAM-værdien overskrider den nationalt gældende tærskelværdi, og de forekomstspeficikke tærskelværdier (liste Y_a og Y_b).

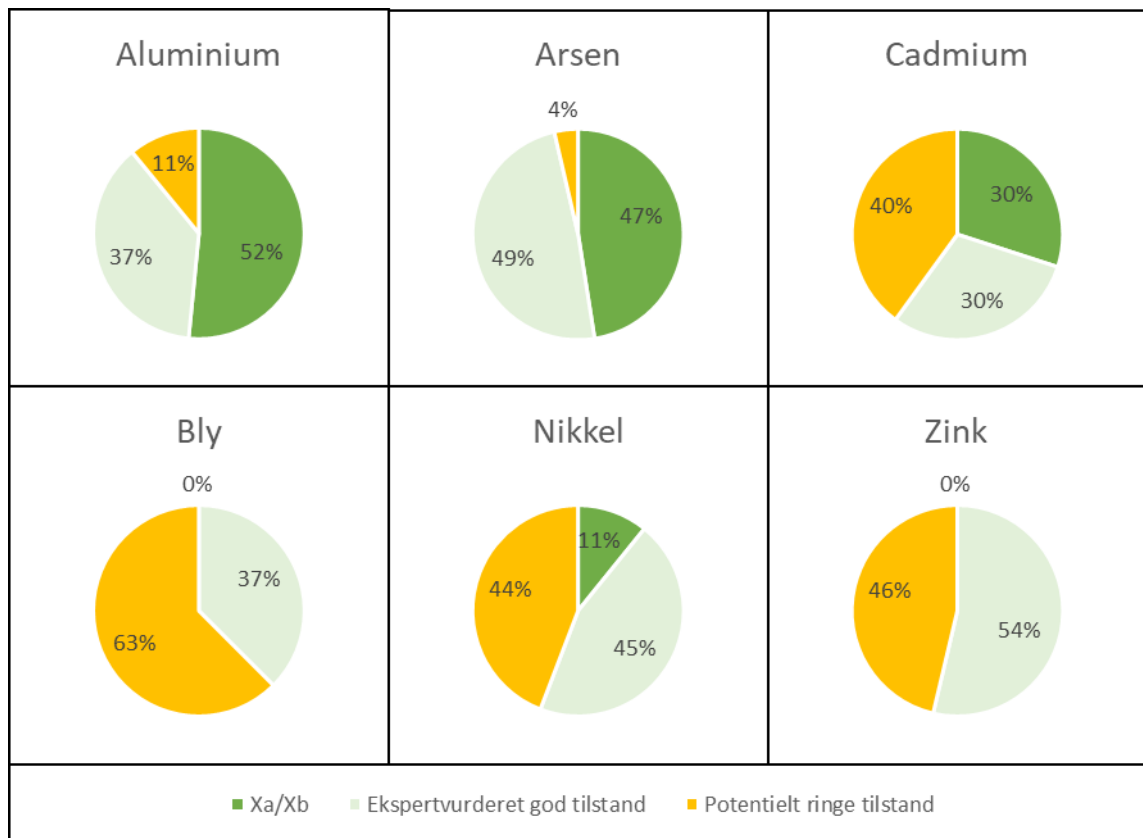
Disse indtag er gennemgået manuelt og vurderet i forhold til de lokale geologiske og geokemiske forhold. Der er redegjort for indtag, hvor MAM-værdien ifølge GEUS vurderes at skyldes naturlige forhold, og derfor ikke bør bidrage til klassificeringen 'Potentielt Ringe' kemisk tilstand for en grundvandsforekomst. Indtag, hvor der ikke var naturlige forhold, der kunne forklare MAM-værdiens overskridelse af tærskelværdierne, blev vurderet til fortsat skulle bidrage til klassificeringen 'Potentielt Ringe' kemisk tilstand i de grundvandsforekomster, hvor de er placeret.

Resultatet af ekspertvurderingen er opsummeret i Tabel 10.2.

Tabel 10.2 Oversigt over: Antal indtag, hvor MAM-værdien overskrider de nationalt gældende tærskelværdier; Antal indtag, der godkendes på baggrund af forekomstspecifikke tærskelværdier; Antal af indtag, der er ekspertvurderet; Antal af indtag, hvor ekspertvurderingen har konkluderet, at der er tale om en naturlig overskridelse af tærskelværdierne; Antal indtag, hvor ekspertvurderingen konkluderer, at overskridelse ikke kan begrundes i naturlige forhold, og indtaget stadig klassificeres med overskridelse af tærskelværdierne. For aluminium er 12 ud af de 14 indtag, som overskrider tærskelværdierne, ikke ekspertvurderet, idet de ligger uden for Jylland.

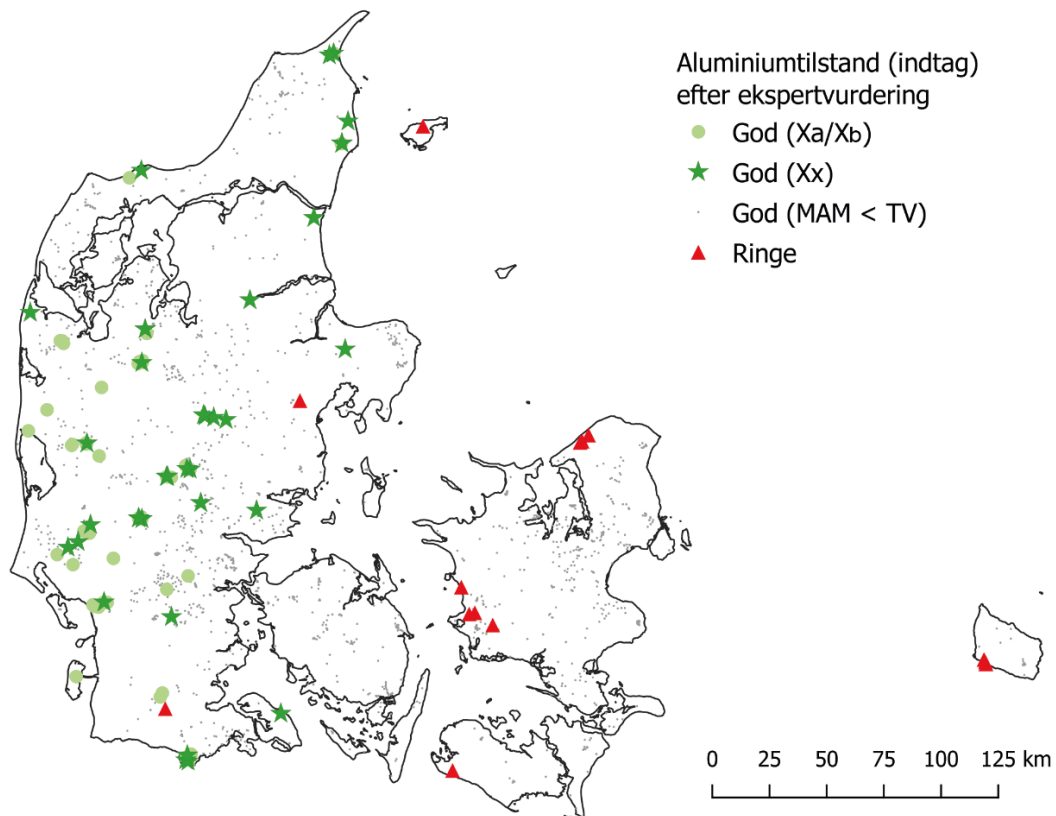
	Aluminium	Arsen	Bly	Cadmium	Nikkel	Zink
Antal indtag med MAM-værdier over den nationalt gældende tærskelværdi	128	960	82	30	480	108
Antal indtag heraf som er under de forekomstspecifikke tærskelværdier (liste Xa/Xb)	66	456		9	52	
Antal indtag ekspertvurderet	62	504	82	21	428	108
Antal indtag ekspertvurderet naturligt indhold	48	469	30	9	216	58
Antal indtag ekspertvurderet over tærskelværdierne	14	35	52	12	212	50

For at vise hvor mange indtag, der blev vurderet til at bidrage til 'God' tilstand som følge af ekspertvurderingen viser Figur 10.1 den procentvise fordeling for alle indtag der overskrider de nationalt gældende tærskelværdier. Indtagene er opdelt efter om de bidrager til hhv. 'God' og 'Potentielt Ringe' tilstand, ud fra om de ligger under de forekomstspecifikke tærskelværdier (vist med grønt, liste X_a og X_b), om ekspertvurderingen peger på, at høje koncentrationer er naturlige (lysegrøn), eller om indtagene efter ekspertvurderingen forsat bidrager til 'Potentielt Ringe' tilstand.

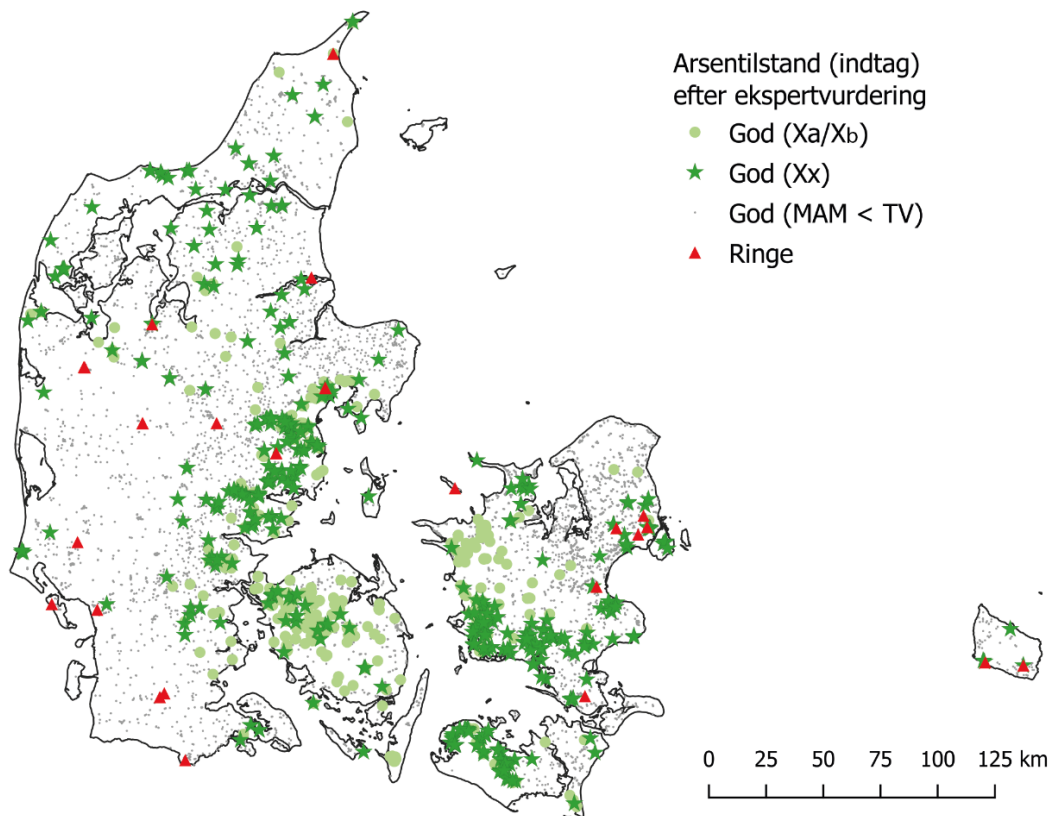


Figur 10.1 Resultat af ekspertvurderingen. Den procentvise fordeling for alle indtag der overskrider de nationalt gældende tærskelværdier for sporstoffer. Grøn: X_a/X_b angiver indtag, hvor den maskinelle vurdering viser, at indtagene bidrager til 'God' tilstand, idet MAM-værdien er mindre end de forekomstspecifikke tærskelværdier. Lys grøn: "Ekspertvurderet god tilstand". Indtag, hvor MAM-værdierne overskrider en tærskelværdi, men koncentrationerne er vurderet til at være af naturlig oprindelse. Gul: 'Potentielt Ringe' tilstand. Indtag som bidrager til vurderingen 'Potentielt Ringe' kemisk tilstand, hvor klassifikationen er bibeholdt efter ekspertvurderingen.

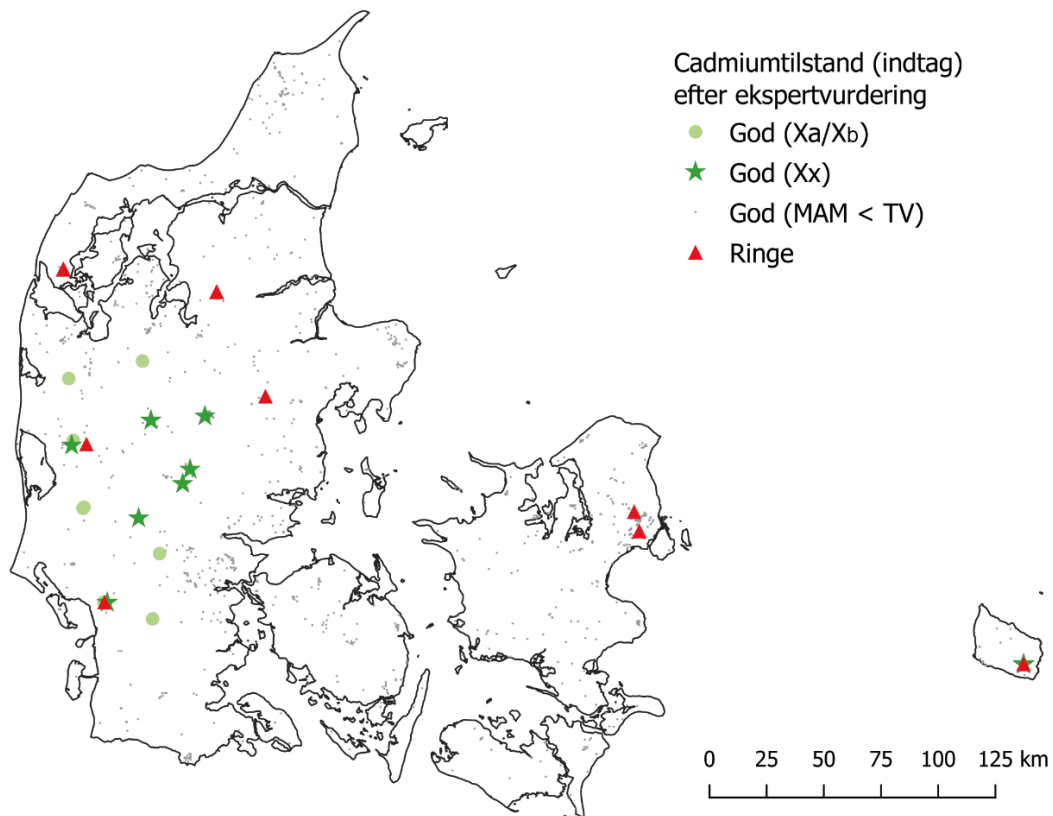
Den geografiske fordeling og tilstandsvurdering af de indtag, der er ekspertvurderet, ses i Figur 10.2 til Figur 10.7.



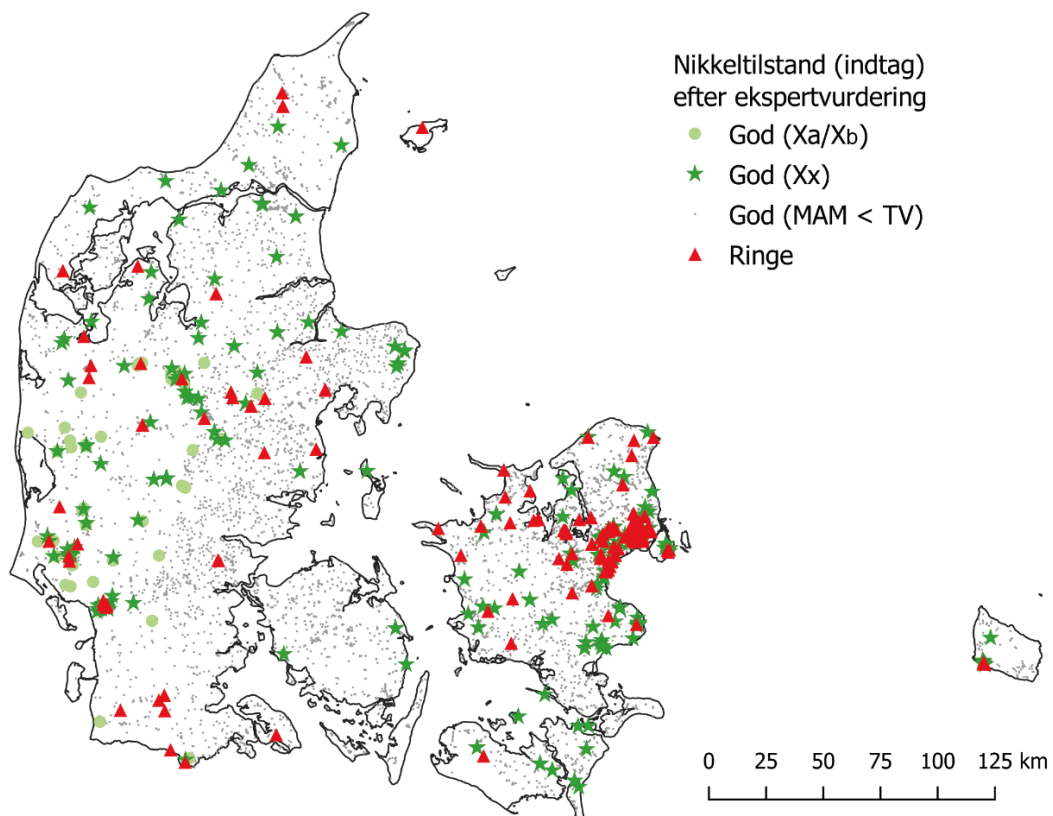
Figur 10.2 Tilstandsvurdering for aluminium efter ekspertvurdering af indtag, hvor MAM-værdien overskrider tærskelværdierne. "God (X_a/X_b)": Indtag, som bidrager til klassificeringen 'God' kemisk tilstand" på baggrund af de forekomstspecifikke tærskelværdier. "God (X_x)": Indtag, hvor ekspertvurderingen klassificerer indtaget som bidragende til 'God' kemisk tilstand. "God (MAM < TV)": Indtag, der bidrager til klassificeringen 'God' kemisk tilstand på baggrund af de nationalt gældende tærskelværdier. "Ringe": Indtag, som efter ekspertvurderingen stadig bidrager til 'Potentielt Ringe' kemisk tilstand. For aluminium gælder dog, at 12 indtag uden for Jylland ikke er ekspertvurderet.



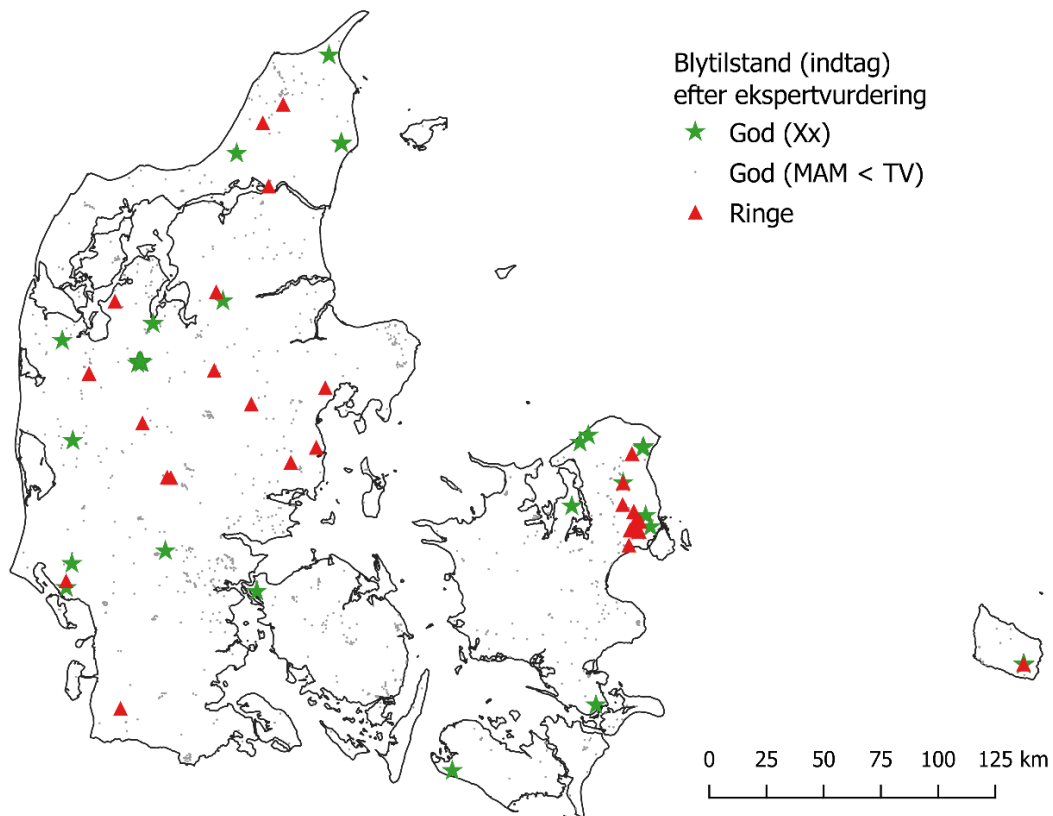
Figur 10.3 Tilstandsvurdering for arsen efter ekspertvurdering af indtag, hvor MAM-værdien overskrider tærskelværdierne. "God (X_a/X_b)": Indtag, som bidrager til klassificeringen 'God' kemisk tilstand" på baggrund af de forekomstspecifikke tærskelværdier. "God (X_x)": Indtag, hvor ekspertvurderingen klassificerer indtaget som bidragende til 'God' kemisk tilstand. "God (MAM < TV)": Indtag, der bidrager til klassificeringen 'God' kemisk tilstand på baggrund af de nationalt gældende tærskelværdier. "Ringe": Indtag, som efter ekspertvurderingen stadig bidrager til 'Potentielt Ringe' kemisk tilstand.



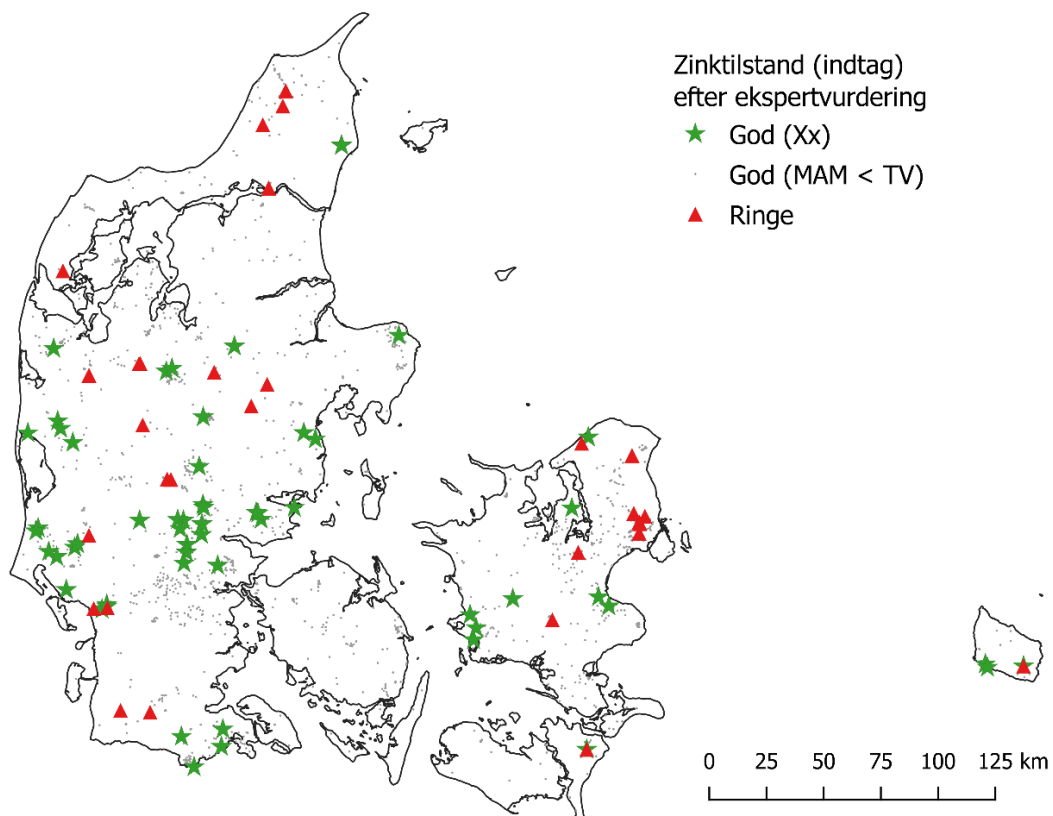
Figur 10.4 Tilstandsvurdering for cadmium efter ekspertvurdering af indtag, hvor MAM-værdien overskrider tærskelværdierne. "God (X_a/X_b)": Indtag, som bidrager til klassificeringen 'God' kemisk tilstand" på baggrund af de forekomstspecifikke tærskelværdier. "God (X_x)": Indtag, hvor ekspertvurderingen klassificerer indtaget som bidragende til 'God' kemisk tilstand. "God (MAM < TV)": Indtag, der bidrager til klassificeringen 'God' kemisk tilstand på baggrund af de nationalt gældende tærskelværdier. "Ringe": Indtag, som efter ekspertvurderingen stadig bidrager til 'Potentielt Ringe' kemisk tilstand.



Figur 10.5 Tilstandsvurdering for nikkel efter ekspertvurdering af indtag, hvor MAM-værdien overskrider tærskelværdierne. "God (X_a/X_b)": Indtag, som bidrager til klassificeringen 'God' kemisk tilstand" på baggrund af de forekomstspecifikke tærskelværdier. "God (X_x)": Indtag, hvor ekspertvurderingen klassificerer indtaget som bidragende til 'God' kemisk tilstand. "God (MAM < TV)": Indtag, der bidrager til klassificeringen 'God' kemisk tilstand på baggrund af de nationalt gældende tærskelværdier. "Ringe": Indtag, som efter ekspertvurderingen stadig bidrager til 'Potentielt Ringe' kemisk tilstand.



Figur 10.6 Tilstandsvurdering for bly efter ekspertvurdering af indtag, hvor MAM-værdien overskrider den nationalt gældende tærskelværdi. Der er ikke fastlagt forekomstspecifikke tærskelværdier for bly. "God (Xx)": Indtag, hvor ekspertvurderingen klassificerer indtaget som bidragende til 'God' kemisk tilstand. "God (MAM < TV)": Indtag, der bidrager til klassificeringen 'God' kemisk tilstand på baggrund af de nationalt gældende tærskelværdier. "Ringe": Indtag, som efter ekspertvurderingen stadig bidrager til 'Potentielt Ringe' kemisk tilstand.



Figur 10.7 Tilstandsvurdering for zink efter ekspertvurdering af indtag, hvor MAM-værdien overskrider den nationalt gældende tærskelværdi. Der er ikke fastlagt forekomstspecifikke tærskelværdier for zink. "God (Xx)": Indtag, hvor ekspertvurderingen klassificerer indtaget som bidragende til 'God' kemisk tilstand. "God (MAM < TV)": Indtag, der bidrager til klassificeringen 'God' kemisk tilstand på baggrund af de nationale tærskelværdier. "Ringe": Indtag, som efter ekspertvurderingen stadig bidrager til 'Potentielt ringe' kemisk tilstand.

11. Sammenfatning og kommentarer

11.1 Sammenfatning

Denne rapport dokumenterer arbejdet udført i forbindelse med tilstandsvurdering af grundvandsforekomsterne for sporstoffer og salte.

Den indledende maskinelle tilstandsvurdering for alle udvalgte sporstoffer giver 336 grundvandsforekomster klassificeret i 'God' kemisk tilstand, mens 223 grundvandsforekomster er klassificeret som værende i 'Potentielt Ringe' kemisk tilstand. Der er 1.491 grundvandsforekomster, hvor der ikke var data til at vurdere den kemiske tilstand for de udvalgte stoffer. Disse er klassificeret som 'Ukendt' tilstand. Den samlede tilstand for de enkelte grundvandsforekomster er 'Potentielt Ringe' kemisk tilstand når mindst ét sporstof, har overskridelser af MAM-værdien i forhold til de anvendte tærskelværdier.

For klorid er 566 grundvandsforekomster vurderet i 'God' kemisk tilstand, mens 43 er i 'Potentielt Ringe' kemisk tilstand. Der var 1.441 grundvandsforekomster, hvor der ikke var data til at vurdere den kemiske tilstand for salt (klorid).

Der er for sporstoffer fastlagt naturlige baggrundsværdier i grundvandsforekomsterne. De naturlige baggrundsværdier er beregnet ud fra datatyperne GRUMO (grundvandsovervågning) og VF (vandforsyningsindtag), som antages at være upåvirket af menneskelig aktivitet. De naturlige baggrundsværdier er på baggrund af EU-CIS Guidance document no. 18 (EU, 2009) beregnet som 90% fraktilen af disse indtags middelkoncentration (MAM-værdien).

Der er udarbejdet en maskinel metode til vurdering af grundvandsforekomsternes kemiske tilstand for sporstoffer og salte. Den maskinelle metode følger de beslutningstræer, der er udarbejdet i samarbejde mellem Miljøstyrelsen og GEUS, og på baggrund heraf, er grundvandsforekomsterne tildelt klassifikationen 'God' kemisk tilstand, 'Potentielt Ringe' kemisk tilstand eller 'Ukendt' tilstand.

For sporstoffer er der efterfølgende udført en ekspertvurdering af GEUS for et udvalg af indtag, som bidrager til klassifikationen 'Potentielt Ringe' kemisk tilstand. Indtagene er vurderet på baggrund af yderligere tilgængelige data i Jupiterdatabasen. Resultatet af ekspertvurderingen indgår i Miljøstyrelsens arbejde med den endelige tilstandsvurdering for sporstoffer, se bilag 16.

11.2 Kvalitetssikring

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

De mange dataleverancer, tekniske notater samt GEUS-notater har gennemgået fagfælle kvalitetssikring. Herudover har der i løbet af projektet været en meget omfattende kommunikation med Miljøstyrelsen, både som møder og skriftligt, hvilket har ført til løbende justering

og præcisering af projekterne. Dette gælder fx fastlæggelse af udtrækskriterier, beslutnings-træer, afrundingsprincipper mm., således som det er beskrevet i denne rapport.

11.3 Kommentarer

Det videre arbejde med udarbejdelse af de endelige tilstandsvurderinger har fundet sted i Miljøstyrelsen, se også bilag 16.

Den forventede høje kvalitet og det store omfang af data benyttet til beregning af de naturlige baggrundsværdier betyder, at det til næste vandplan bør overvejes om 97% fraktilen skal benyttes i stedet ved beregning af naturlige baggrundsværdier som grundlaget til udpegelse af forekomstspekifikke tærskelværdier. Dette vil resultere i færre indtag, der bidrager til klassificeringen 'Potentielt Ringe' kemisk tilstand, på trods af naturlige forhold i grundvandsforekomsterne, se kapitel 10.

Der kan til kommende arbejder med vandområdeplaner være et behov for at arbejde videnskabeligt videre med at udbygge og konsolidere den konceptuelle forståelsesmodel for sporstoffer og salte.

Der har været udført et stort arbejde for at inddrage nye data fra ikke mindst regionerne og koble dem korrekt til grundvandsforekomsterne. Der er dog fortsat et omfattende arbejde med at få denne datatype (DEPOT) korrekt ind i Jupiter, ikke mindst med de relevante metadata som oplysninger om filtrering, indtagsdybder mm.

12. Litteratur

Litteraturlisten dækker såvel selve rapporten som bilagene.

Analysekvalitetsbekendtgørelsen, 2020: Gældende BEK nr. 1770 af 28/11/2020. Bekendtgørelse om kvalitetskrav til miljømålinger

Andersen, H. E. & Heckrath, G. (redaktører), 2020: Fosforkortlægning af dyrkningsjord og vandområder i Danmark. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 338 s. - Videnskabelig rapport nr. 397. <http://dce2.au.dk/pub/SR397.pdf>

Appelo, C.A.J., Postma, D., 2005: Geochemistry, Groundwater and Pollution, second ed. A.A. Balkema Publishers.

Borggaard, O. K. & Elberling, B., 2004: Pedological Biogeochemistry. Institute of geography, University of Copenhagen. ISBN: 87-989450-0-9.

Drikkevandsbekendtgørelsen, 2019: BEK nr. 1070 af 28/10/2019. Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. (Retsinformation: <https://www.retsinformation.dk/eli/lt/2019/1070>).

Ernstsen, V., 2020: Naturlige baggrundsværdier. Metode og faglige forudsætninger. Bilag 1 i nærværende rapport.

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, 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.

GEUS-notat 06-VA-18-02: 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”.

GEUS-notat 07-VA-2020-16: Udtræk fra Jupiter, Leverance 5A i projektet ”Metode for vurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand for sporstoffer og nye vurderinger af forekomsternes tilstand for sporstoffer”.

Hansen B. & Larsen F., 2016: Faglig vurdering af nitratpåvirkningen i iltet grundvand ved udfasning af normreduktion for kvælstof i 2016-18. <https://www.geus.dk/media/6845/bhansen-2016-4ny.pdf>

Hansen, B. & Thorling, L., 2018: Kemisk grundvandskortlægning. Geo-vejledning 2018/2. GEUS. ISBN: 978-7871-493-0.

Henriksen, H. J., Voutchkova, D., Troldborg, L., Ondracek, M., Schullehner, J. & Hansen, B., 2019: National Vandressource model. Beregning af udnyttelsesgrader, afsækning og vandløbspåvirkning med DK-model 2019. GEUS-rapport 2019/32.

Henriksen, H. J., Voutchkova, D., Ondracek, M., Troldborg, L., Thorling, T., 2021: Konsolidering af kvantitativ tilstandsvurdering for danske grundvandsforekomster i potentielt ringe tilstand på basis af ekspertvurdering. Danmarks og Grønlands geologiske undersøgelser Rapport 2021/2.

Kjøller, C., Jessen, S., Larsen, F., Postma, D., Jakobsen, R., 2006: Binding af nikkel til og frigivelse fra naturlige kalksedimenter. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 8. <https://www2.mst.dk/udgiv/publikationer/2006/87-7614-997-8/pdf/87-7614-998-6.pdf>

Kristiansen, S. M., Christensen, F. D. & Hansen, B., 2009: Vurdering af danske grundvandsmagasiners sårbarhed overfor vejsalt. GEUS. ISBN 978-87-7871-264-6.

Miljøstyrelsen, 2000: Zonering. Vejledning nr. 3, 2000 (Zoneringsvejledningen).

Miljøstyrelsen, 2003: Renere luft – den danske indsats. Udarbejdet af Fenger, J., DMU. ISBN: 87-7972-389-6.

Miljøstyrelsen, 2020: Projektinitieringsdokument (PID). Tilstandsvurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand for saltene: Ammonium, nitrit, sulfat, fosfor og klorid til VP3 2021-2027. DD 10-11-2020.

Mortensen, M. H., 2020a: Resultat af ammoniumtilstandsvurdering i projektet "Tilstandsvurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand for saltene: Ammonium, nitrit, sulfat, fosfor og klorid til VP3 2021-2027". GEUS-notat 07-VA-2020-06.

Mortensen, M. H., 2020b: Resultat af kloridtilstandsvurdering i projektet "Tilstandsvurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand for saltene: Ammonium, nitrit, sulfat, fosfor og klorid til VP3 2021-2027". GEUS-notat 07-VA-2020-14.

Mortensen, M. H., 2020c: Redegørelse for grundvandsforekomsternes kemiske tilstand for fosfor, sulfat, nitrit og ledningsevne i projektet "Tilstandsvurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand for saltene: Ammonium, nitrit, sulfat, fosfor og klorid til VP3 2021-2027". GEUS-notat 07-VA-2020-18.

Mortensen, M. H. & Voutchkova, D., 2020a: Leverance 3 i projektet "Tilstandsvurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand for saltene: ammonium, nitrit, sulfat, fosfor og klorid til VP 3 2021-2027". GEUS-NOTAT nr.: 07-VA-2020-11.

Mortensen, M. H. & Voutchkova, D., 2020b: Leverance 4 i projektet "Tilstandsvurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand for saltene: ammonium, nitrit, sulfat, fosfor og klorid til VP 3 2021-2027". GEUS-NOTAT nr.: 07-VA-2020-12.

Mortensen, M. H. & Voutchkova, D., 2020c: Leverance 5 og 6: Opdeling i tilstand efter beslutningstræ (leverance 5), i projektet "Tilstandsvurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand for saltene: ammonium, nitrit, sulfat, fosfor og klorid til VP 3 2021-2027", samt rubricering af grundvandsforekomster (leverance 6). GEUS-NOTAT nr.: 07-VA-2020-13.

Postma, D. & Boesen, C., 1991: Nitrate reduction in an unconfined sandy aquifer: Water chemistry, reduction processes, and geochemical modeling. Water resources research, vol 27, No. 8, pages 2027-2045.

Reimann, C., Birke, M. (eds), 2010: Geochemistry of European bottled water. Borntraeger Science Publishers, Stuttgart.

Reimann, C., Birke, M., Demetriades, A., Filzmoser, P., O'Connor, P. (eds), 2014: Chemistry of Europe's agricultural soils. Part A. Methodology and interpretation of the GEMAS data set. Geologisches Jahrbuch, Reihe B, Regionale Geologie Ausland und Angewandte Geowissenschaften, heft 102. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR). E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.

Thorling, L., Hansen, B. & Magid, J. 2010: Opløst organisk fosfor i grundvand?. Vand og Jord. 17. årgang, nr. 1. 20-23.

Thorling, L., Brüsch, W., Hansen, B., Larsen, C.L., Mielby, S., Troldborg, L. og Sørensen, B. L., 2013: Grundvand. Status og udvikling 1989 – 2012. Teknisk rapport, GEUS 2013. <https://www.geus.dk/Media/F/8/g-o-2012.pdf>

Thorling, L., Ernstsens, V., Hansen, M., Thomsen, C.T., Wandall, T., Sørensen, E.N., 2014: Data-tekniske anvisning for kemidata – GRUNDVAND. DG02.

Thorling, L., Ernstsens, V., Hansen, B., Larsen, F., B., Mielby, S., Johnsen, A.R., og Troldborg, L. 2015: Grundvand. Status og udvikling 1989 – 2014. Teknisk rapport, GEUS 2015. <https://www.geus.dk/Media/A/7/g-o-2014.pdf>

Thorling, L., 2017: Prøvetagning af grundvand i felten. Teknisk anvisning. GEUS 2017. <https://www.geus.dk/media/6775/g02-proevetagning-version-12.pdf> (21-1-2021).

Thorling, L., Ditlefsen, C., Ernstsens, E., Hansen, B., Johnsen, A.R., & Troldborg, L., 2018: Grundvand. Status og udvikling 1989 – 2016. Teknisk rapport, GEUS 2018. <https://www.geus.dk/media/7921/grundvand1989-2016-endelig-momslag.pdf>

Thorling, L. og Hansen, M., 2018: Datakilder, der kan anvendes ved vurdering af grundvandets tilstand for nitrat. Notat af 23. marts. 2018. rev. 8. maj 2018.

Thorling, L., Ditlefsen, C., Ernstsens, V., Hansen, B., Johnsen, A.R., & Troldborg, L., 2019: Grundvand. Status og udvikling 1989 – 2018. Teknisk rapport, GEUS 2019. <https://www.geus.dk/media/8321/grundvand1989-2018-rettet.pdf>

Thorling, L. & Johnsen A. R., 2020: Datakilder i form af vandanalyser, der anvendes ved vurdering af grundvandets tilstand i forbindelse med vandområdeplanerne 2021-2023. GEUS-NOTAT nr.: 07-VA-2020-02. For Miljøstyrelsen.

Troldborg, L., 2020a: Afgrænsning af de danske grundvandsforekomster. GEUS-rapport 2020/1, København.

Troldborg, L., 2020b: Revision af indtagskobling til grundvandsforekomster. GEUS-Notat 06-VA-20-01.

Voutchkova, D.D.; Ernstsén, V.; Schullehner, J.; Hinsby, K.; Thorling, L.; Hansen, B., 2021: Roadmap for Determining Natural Background Levels of Trace Metals in Groundwater. Water 2021, 13, 1267. <https://doi.org/10.3390/w13091267>

Voutchkova, D. D., Schullehner, J., Rasmussen, P., Hansen, B., 2021: A high-resolution nitrate vulnerability assessment of sandy aquifers (DRASTIC-N), Journal of Environmental Management 277, 111330, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111330>

World Health Organization, 2017: Guidelines for drinking-water quality. Fourth edition.

Bilag.

Alle bilag foreligger kun som PDF-filer.

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

Oversigt over bilag

Bilag 1	Naturlige baggrundsværdier. Metode og faglige forudsætninger. Ernstsens, V., december 2020. <ul style="list-style-type: none">- Naturlige baggrundsværdier. Metode og faglige forudsætninger.- Bilag 1: Resultat af den første beregning af NBV.- Bilag 2: Resultat af den anden beregning af NBV (> 50 indtag).- Bilag 2: Resultat af den anden beregning af NBV (> 20 indtag).- Bilag 3: Workflow document (2020-06-20).- Compiled workflow documentation (2021-05-28).
Bilag 2	GEUS-notat 07-VA-2020-06. Notat vedrørende den kemiske tilstandsvurdering af grundvandsforekomster fsva ammonium. <ul style="list-style-type: none">- Cover GEUS-notat 07-VA-2020-06.- GEUS-notat 07-VA-2020-06.
Bilag 3	GEUS-notat 07-VA-2020-14. Notat vedrørende den kemiske tilstandsvurdering af grundvandsforekomster fsva klorid.
Bilag 4	GEUS-notat 07-VA-2020-18. Notat vedrørende redegørelse for saltene fosfor, nitrit, sulfat og ledningsevne.
Bilag 5	GEUS-notat 07-VA-2020-02. Datakildenotatet: Datakilder i form af vandanalyser, der anvendes ved vurdering af grundvandets tilstand i forbindelse med vandområdeplanerne 2021-2027.
Bilag 6	GEUS-notat 06-VA-20-01. Revision af indtagskobling til grundvandsforekomster.
Bilag 7	MST juni 2021. Kvalitetssikring af datagrundlag og aggregering af data ved vurdering af grundvandsforekomsternes kemiske tilstand for pesticider, sporstoffer, klorid og øvrige miljøfarlige forurenende stoffer (MFS).
Bilag 8	GEUS-notat 07-VA-2020-16. Udtræk fra Jupiter, Leverance 5A i projektet "Metode for vurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand for sporstoffer og nye vurderinger af forekomsternes tilstand fsva sporstoffer". <ul style="list-style-type: none">- GEUS-notat nr.: 07-VA-2020-16.- Appendiks 1: Bestilling af udtræk og overblikstabeller.- Bilag 1: Sporstoffer til tilstandsvurdering.- Bilag 2: Uddrag af projektbeskrivelse pr. 24. april 2020.

	<ul style="list-style-type: none"> - Appendiks 2: Bestilling af nyt udtræk og overblikstabeller, nov. 2020.
Bilag 9	<p>GEUS-notat 07-VA-2020-15. Leverance 5B og 5C: Aggregering af data og udarbejdelse af datasæt til brug for tilstandsvurderingen for sporstoffer.</p> <ul style="list-style-type: none"> - GEUS-notat nr.: 07-VA-2020-15. - Bilag 1: Procedure for leverance 5B. - Bilag 2: Procedure for leverance 5C. - Bilag 3: Uddrag af projektbeskrivelsen, leverance 5B og 5C.
Bilag 10	Assessment exceedance based on the NBV for Al, As, Cd and Ni for the VP3-Sporstof project. Voutchkova, D., Version dated December 8 th , 2020.
Bilag 11	Ekspertvurdering af overskridelser af uorganiske sporstoffer med henblik på at identificere tilfælde, der skyldes naturlige forhold. Ernstsén, V., December 2020.
Bilag 12	<p>GEUS-notat 07-VA-2020-11. Leverance 3 i projektet "Tilstandsvurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand for saltene: ammonium, nitrit, sulfat, fosfor og klorid til VP 3 2021-2027".</p> <ul style="list-style-type: none"> - GEUS-notat nr.: 07-VA-2020-11. - Bilag 1: Dokumentation for fastsættelse af grundvandsforekomstspecifikke tærskelværdier (naturlige baggrundsværdier) for ammonium og klorid.
Bilag 13	<p>GEUS-notat 07-VA-2020-12. Leverance 4 i projektet "Tilstandsvurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand for saltene: ammonium, nitrit, sulfat, fosfor og klorid til VP 3 2021-2027".</p> <ul style="list-style-type: none"> - GEUS-notat nr.: 07-VA-2020-12. - Bilag 1: Metodebeskrivelse og dokumentation for dataaggregering og beregning af ionbytning.
Bilag 14	<p>GEUS-notat 07-VA-2020-13. Leverance 5 og 6: Opdeling i tilstand efter beslutningstræ (leverance 5) i projektet "Tilstandsvurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand for saltene: ammonium, nitrit, sulfat, fosfor og klorid til VP 3 2021-2027", samt rubricering af grundvandsforekomster (leverance 6).</p> <ul style="list-style-type: none"> - GEUS-notat nr.: 07-VA-2020-13. - Bilag 1: Metodebeskrivelse for tildeling af tilstand efter beslutningstræ, leverance 5 og 6.
Bilag 15	Oversigtskort over geografiske/geologiske grundvandsforekomstklasser, hvor der er udarbejdet forekomstspecifikke tærskelværdier.
Bilag 16	Miljøministeriet. Notat: Metode for beregning af kemisk tilstand for de danske grundvandsforekomster fsva sporstoffer og salt til VP3. Juni 2021.

Bilag 1

**Naturlige baggrundsværdier. Metode og faglige forudsætninger.
Ernstsen, V., december 2020.**

Bilaget består af:

- Naturlige baggrundsværdier. Metode og faglige forudsætninger.
- Bilag 1: Resultat af den første beregning af NBV.
- Bilag 2: Resultat af den anden beregning af NBV (> 50 indtag).
- Bilag 2: Resultat af den anden beregning af NBV (> 20 indtag).
- Bilag 3: Workflow document (2020-06-20).
- Compiled workflow documentation (2021-05-28).

Naturlige baggrundsværdier. Metode og faglige forudsætninger

Metode for vurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand for uorganiske sporstoffer og nye vurderinger af forekomsternes tilstand for uorganiske sporstoffer

Vibeke Ernstsén, december 2020

Dette notat indeholder først en generel beskrivelse af de geokemiske forhold for de sporstoffer der indgår i tilstandsvurderingen. Derefter præsenteres principperne for den indledende dataanalyse som præsenteret for MST 5. maj 2020 og sluttelig redegøres for de principper, der skal anvendes ved den endelige fastsættelse af forkomstsærlige baggrundsværdier.

Projektindhold

Til brug for en vurdering af grundvandsforekomsternes kemiske tilstand for sporstoffer har Miljøstyrelsen (MST) formuleret følgende opgaver:

- Udvikling og fastlæggelse af ny metode for vurdering af grundvandsforekomsters kemiske tilstand for så vidt angår sporstoffer.
- Anvendelse af ny metode til vurdering af forekomsternes kemiske tilstand fsva. sporstoffer

MST har valgt, at arbejdet skal omfatte følgende ni uorganiske sporstoffer; aluminium (Al), arsen (As), bly (Pb), cadmium (Cd), nikkel (Ni), kobber (Cu), krom (Cr), kviksølv (Hg) og zink (Zn).

De valgte uorganiske sporstoffer beskrives indledningsvis med henblik på geologisk forekomst, betydende mineralogiske - og geokemiske forhold/parametre for deres mobilitet og hvilke grundvandskemiske parametre, der bedst beskriver deres udbredelse i grundvandsmagasinerne for vurderingen af grundvandsforekomsternes kemiske tilstand.

For yderlig beskrivelse af de uorganiske sporstoffer henvises til Reimann og Birke (eds) (2010), Reimann m.fl. (eds) (2014) og World Health Organization (2017) samt bilag 6.4-6.10 i den datatekniske anvisning for kemidata – GRUNDTVAND (Thorling m.fl. 2014) (www.geus.dk/media/20445/kemidata-grundvand.pdf).

Uorganiske sporstoffer, geologiske og geokemiske forhold

I det følgende beskrives kort geologiske og mineralogiske forhold af betydning for sporstofferne tilgængelighed og mobilitet i jordlagene.

Disse forhold sammenstilles i tabel 1, sammenfattes i tabel 2 til brug for den indledende dataanalyse af tilgængelige grundvandskemiske parametre, og fokuseres yderligere i tabel 3 med henblik på den endelige analyse og fastlæggelse af baggrundsværdier for de ni udvalgte uorganiske sporstoffer.

Aluminium (Al)

Aluminium er et letmetal, der findes i naturen med oxidationstrin +3. Aluminium findes i aluminiumsilikater som f.eks. feltspat, glimmer og amfibol. Det findes også i sekundære forvittringsprodukter så som kaolinit og andre lermineraller. Indholdet af aluminium er normalt lavt i kalkbjergarter.

Aluminium oxider og -hydroxider er amfolytter, der kan reagere både som syre og som base. Aluminium danner mange forskellige forbindelser og komplekse ioner og opløseligheden heraf er stærkt pH-afhængige. Aluminium har en ringe opløselighed ved neutral pH, men er langt mere opløselig ved lav eller høje pH-værdier.

Arsen (As)

Arsen er et sporstof med ikke-metalliske egenskaber, som i naturen optræder som arsenate (+5) eller arsenit (+3). Arsen har en stor affinitet over for svovl og forekommer naturligt og mest almindeligt som arsenopyrit (arsenkis FeAsS) samt i andre sulfider. As^{3+} kan erstatte Fe^{3+} og Al^{3+} og forekommer i almindelige silikater så som eksempelvis feltspat. Desuden kan As^{5+} erstatte P^{5+} i fosfatminerale, eksempelvis apatit ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3$), der er et almindeligt anvendt gødningsstof i landbruget.

Arsen binder stærk til lerminerale, jernoxid/hydroxider og organisk stof og mobiliteten af arsen er stærkt styret af oxidation/reduktionsprocesser i jordlagene. I grundvandsmagasinerne kan arsen frigives hvis jernoxiderne reduceres og går i opløsning under dannelse af ferrojern. Modsat vil iltning af vandet bevirke at arsen sorberer og fælder med ud sammen med ferrojern, når det omdannes til jernoxid/hydroxider. Indholdet af arsen i grundvandet afhænger derfor af bl.a. grundvandets redox status. Reduceret grundvand indeholder som hovedregel mere arsen end oxideret grundvand.

Bly (Pb)

Bly er et sporstof med metalegenskaber som optræder med oxidatinstriin +2 og +4, hvor +2 er det mest almindelige i naturen. Bly findes naturligt bl.a. som sulfider (galena også kaldet blyglans, PbS), sulfater og carbonater samt i almindelige minerale så som feltspat og glimmer.

Bly binder sig til lerminerale, organisk stof, jern- og mangan oxid/hydroxider og danner sekundære blyminerale med lav opløselighed, eksempelvis fosfater, karbonater og sulfater.

Cadmium (Cd)

Cadmium har er et tungmetal og findes i naturen med oxidationstrin +2. Cadmium findes bl.a. i det almindelige sulfid-mineral, zinkblende (ZnS) hvor cadmium delvis erstatter zink.

Cadmium er ret mobilt under oxiderende forhold ved pH-værdier under 8. Ved højere pH-værdier i eksempelvis i kalkbjergarter/kalkholdige sedimente, fælder cadmium ud med karbonater. Cadmium binder sig til organisk stof, lerminerale, og fælder ud sammen med jern- og mangan-hydroxider.

Kobber (Cu)

Kobber er et overgangsmetal, der findes naturligt i bl.a. chalcopyrit (kobberkis, CuFeS_2), og chalcosit (kobberglans, Cu_2S) og indbygget i en række almindelige minerale så som pyrozeener, amfibole og biotit.

Mobiliteten af kobber er bestemt af pH og redox-forhold med største mobilitet under sure og oxiderende forhold. Kobber har en stor affinitet for organisk stof og fælder ud med jern-oxid/hydroxider.

Krom (Cr)

Krom er et overgangsmetal, der findes naturligt med oxidationstrin +3 og +6. Krom findes bl.a. i mineralet chromit (FeCr_2O_4), der er stort set uopløseligt under normale forhold. Kalksten indeholder normalt meget lidt krom.

Kroms mobilitet afhænger af pH og redox-forhold. Trivalent krom (Cr^{3+}) opfører sig meget som Fe^{3+} og Al^{3+} og fælder ud med oxid/hydroxider og ler, mens Cr^{6+} er langt mere mobilt. Cr^{6+} reduceres ret hurtigt i jordlagene ved tilstedeværelse af organisk stof. Cr^{6+} er stærkt oxiderende og meget toksisk, mens Cr^{3+} anses for at være ret harmløst.

Kviksølv (Hg)

Kviksølv er et sjældent overgangsmetal, der bl.a. findes indbygget i sulfidholdige minerale som eksempelvis sphalerit (ZnS). I langt de fleste bjergartstyper er indholdet af kviksølv meget lavt.

Mobiliteten af kviksølv afhænger i høj grad af, hvorledes det findes bundet. Kviksølv bindes kraftigt til organisk stof.

Nikkel (Ni)

Nikkel er et overgangsmetal, der findes i mange nikkelholdige mineraler i naturen heriblandt sulfidholdige mineraler som bl.a. pyrit (FeS_2). Indholdet af nikkel varierer meget for forskellige mineraler og med de laveste indhold i bl.a. kalkbjergarter.

Mobiliteten af nikkel er bestemt ved pH og redox forhold. Ved neutrale pH-forhold vil nikkels mobilitet kunne nedsættes ved sorption til bl.a. lerminerale, organisk stof og jernoxid/hydroxider

Zink (Zn)

Zink er et overgangsmetal, der findes naturligt i en række zinkminerale bl.a. sphalerit (zinkblende, ZnS), og indbygget i en række almindelige mineraler så som pyrozoener, amfiboler og glimmer.

Mobiliteten af zink er størst under sure forhold. Zink kan immobiliseres i sulfider og atter mobiliseres/frigives når disse forbindelser oxideres. Zink binder sig til jern- og manganoxid/hydroxider, lerminerale og organisk stof.

[Fra geologiske/mineralogiske forhold i jordlagene til geologisk/geokemiske forhold i grundvandsforekomster](#)

Uorganiske sporstoffer i grundvandsmagasiner - geologiske forhold

Indholdet af uorganiske sporstoffer afhænger bl.a. af hvilke mineraler, der findes i jordlagene. Indholdet af uorganiske sporstoffer er således ofte lavt i kalkbjergarter og kalkholdige sedimente. Med stigende indhold af ler i sedimenterne ses indholdet af sporstoffer ofte at tiltage. Samme trend er typisk også gældende for organisk stof.

I beregningen af baggrundsværdier for uorganiske sporstoffer inddrages grundvandsforekomsternes geologiske opbygning og deres geografiske udbredelse. Beregningerne er baseret på DK-modellens geologiske lag og disses udbredelse og omfatter sand- og kalkmagasiner i Jylland, på Fyn og Sjælland samt sandede grundvandsmagasiner for kategorien "øer" (Anholt, Læsø og Samsø) samt blandede geologier for Bornholm, bilag 3.

Uorganiske sporstoffer i grundvandsmagasiner - geologiske og geokemiske forhold

Beregningerne af baggrundsværdier baseret på geologiske og geografiske data blev efterfølgende gennemført efter relevante geokemiske data, bilag 3.

Tabel 1 opsummerer kemiske og mineralogiske egenskaber af jordlagene, der påvirker tilgængeligheden af de relevante uorganiske sporstoffer. Aluminium og bly er primært styret af en enkelt parameter. For aluminium er det pH og for bly er det organisk stof, mens dynamikken for de resterende syv sporstoffer bedst beskrives ved flere parametre.

Tabel 1. Sammenstilling af mineralogiske og kemiske egenskaber af betydning for uorganiske sporstoffer skæbne i jordlag.

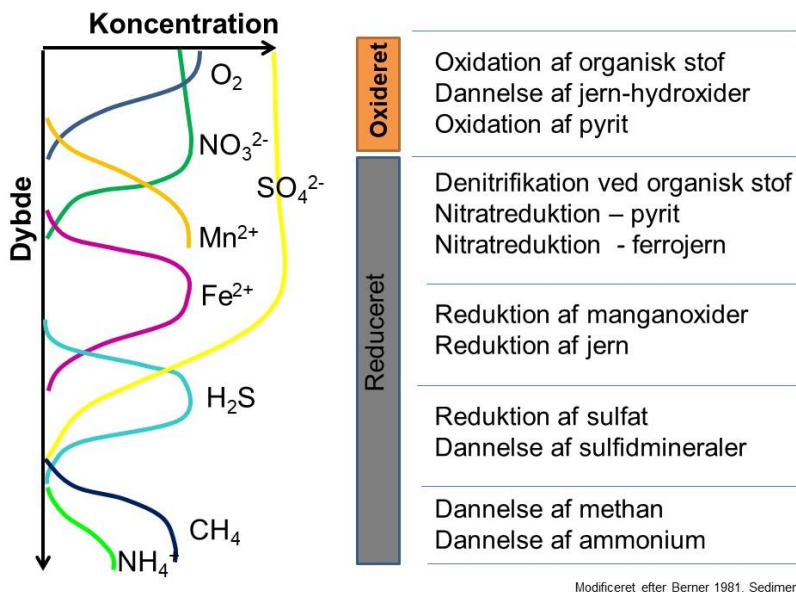
Sporstof	Lerminerale	Organisk stof	Fe- og Mn-oxid/hydroxid	pH	Redox
Aluminium (Al)				X	
Arsen (As)	X	X	X		X
Bly (Pb)	X	X	X		
Cadmium (Cd)	X	X		X	
Kobber (Cu)		X	X	X	X
Krom (Cr)	X		X		
Kviksølv (Hg)		X			
Nikkel (Ni)	X	X	X	X	X
Zink (Zn)	X	X	X	X	

De styrende mineralogiske og geokemiske parametre for jordlagene er gennemgået og "oversat" til grundvands-relevante parametre, der kunne anvendes i beregningerne af baggrundsværdier. Beregningerne baseres på data indsamlet i GRUMO og vandværkernes boringskontrol og tilgængelige i JUPITER.

Baggrundsværdierne beregnes for sandede og kalkholdige grundvandsforekomster med forholdsvis lave indhold af ler/lerminerale og denne parameter indgår derfor ikke i beregningen af baggrundsværdier.

De uorganiske sporstoffers ofte store affinitet over for organisk stof er "oversat" til koncentrationer af kulstof målt som NVOC (Non Volatile Organic Carbon) i grundvandet. Det blev besluttet at opdele grundvandsmagasinerne i to grupper, den ene med grundvandsmagasiner med et lavt (≤ 3 mg/l NVOC) og den anden med grundvandsmagasiner med et højt indhold af organisk stof (> 3 mg/l NVOC). Opdelingen blev foretaget på baggrund af figurer vist i bilag 6.4-6.10 i Datatekniske anvisning for kemidata – GRUNDVAND (Thorling m.fl. 2014) (www.geus.dk/media/20445/kemidata-grundvand.pdf).

Fordelingen af jern- og mangan-oxid/hydroxider giver ligesom redoxforholdene oplysninger om bl.a. oxiderende og reducerende forhold ved tilstedeværelse af/mangel på ilt og oxiderende stoffer. Således vil ilt og mangan normalt ikke være til stede samtidigt, ligesom nitrat og ferrojern normalt ikke vil være til stede samtidigt i grundvandsmagasinerne. Således vil redox-parret ilt og mangan afløse hinanden ligesom redox-parret nitrat og ferrojern afløser hinanden, figur 1.



Figur 1. Principskitse med redoxforhold, redoxfølsomme stoffer samt tilhørende processer.

Ved at sammenholde processer og fordelingen af redoxfølsomme parametre blev det besluttet at anvende grundvandets indhold af ilt til at beskrive oxiderende ($> 2\text{ mg/l O}_2$) og reducerende ($\leq 2\text{ mg/l O}_2$) forhold i grundvandsmagasinerne.

Beregninger viste imidlertid, at der kunne opnås en bedre geografisk dækning af redoxforholdene, hvis der i stedet for iltdata blev anvendt nitratdata.

Tilstedeværelse af ilt beskriver iltede forhold mens tilstedeværelse af nitrat beskriver moderat reducerende forhold, der dog beskriver tilstedeværelsen/manglen på jern- og mangan-oxider. Nitrat-koncentrationer $> 2\text{ mg/l}$ bruges som en tilnærmet værdi for oxiderende forhold og nitrat-koncentrationer $\leq 2\text{ mg/l}$ bruges til at beskrive reducerende forhold i grundvandsforekomster. Grænsen for nitrat blev sat ved 2 mg/l for at sikre at den målte nitratkoncentration ikke var fremkommet ved iltning af mindre mængder ammonium efter prøvetagning og derfor fejlagtig kom i det "oxiderede miljø".

pH-forholdene i grundvandsmagasinerne er den primære forklarende geokemiske parameter til at beskrive mobiliteten og tilgængeligheden af aluminium, men pH-forholdene påvirker også en række andre uorganiske sporstoffer, tabel 1.

Det blev besluttet at opdele grundvandsmagasinerne i to grupper efter pH, den ene med grundvandsmagasiner med et lav pH (≤ 6) og den anden med grundvandsmagasiner med et høj pH (> 6). Opdelingen blev foretaget i henhold til bilag 6.4-6.10 i Datatekniske anvisning for kemidata – GRUNDVAND (Thorling m.fl. 2014) (www.geus.dk/media/20445/kemidata-grundvand.pdf).

Parametre til brug for vurderingen af baggrundsværdier for uorganiske sporstoffer

Tabel 2 summerer de parametre – geografi, geologi og geokemi – der indgår i den første beregning af baggrundsværdierne for de enkelte uorganiske sporstoffer. For at simplificere beregningerne pålægges hvert af de uorganiske sporstoffer de samme kombinationer af geografi, geologi og geokemi, selv om det er velkendt, at det er forskellige parametre, der er styrende for mobiliteten af de forskellige uorganiske, tabel 1.

De omfattende beregninger giver imidlertid et godt indblik i hvor mange indtag, der findes for de forskellige data-kombinationer og hvor mange indtag, det er muligt at inddrage i fastsættelsen af forekomstspecifikke tærskelværdier, hvis den fulde geokemiske pakke (NVOC, redox og pH) ønskes anvendt. Resultaterne af den første beregning fremgår af bilag 1.

Tabel 2. Anbefalede egenskaber og parametre til brug for den første beregning af naturlige baggrundsværdier for uorganiske sporstoffer i grundvandsforekomster.

Egenskab	Parameter
Geografi	Jylland, Fyn, Sjælland, Bornholm, mindre øer i samme pulje
Geologi i grundvandsmagasin	prækvartær sand (ps), kvartær sand (s), kalkbjergarter (kalk), blandede bjergarter på Bornholm (uu)
NVOC	≤ 3 mg/l & > 3mg/l
pH	≤ 6 & > 6
Nitrat (redox)	≤ 2 mg/l & > 2mg/l

Resultaterne af beregningerne af de mange datakombinationer for hvert sporstof blev gennemgået og individuel tilpasset. Den næste, anden beregningen blev gennemført med blot én geokemisk parameter for fire uorganiske sporstoffer; aluminium (pH), bly (redox), kobber (redox) og kviksølv (NVOC). For arsen, cadmium, nikkel og zink blev anvendt to parametre (pH og redox), tabel 3.

Fordelen ved at designe individuelle geokemipakker for hvert af de uorganiske sporstoffer var 1) en mere fokuseret beregning, 2) at et større antal indtag forventeligt ville kunne honorere datakravet til beregningerne af de forekomstspecifikke tærskelværdier og 3) et mere fokuseret resultat.

Resultaterne af 2. beregning med geografi, geologi og geokemi fremgår af bilag 2 og beregninger med geografi og geologi fremgår af bilag 3 (fil: NBV_14082020 final_final.xlsx).

De nationale (givet af MST) og de beregnede forekomstspecifikke tærskelværdier er sammenstillet i tabel 4.

Tabel 3. Anbefalede geokemiske parametre til brug for anden beregning af naturlige baggrundsværdier for uorganiske sporstoffer i grundvandsforekomster.

Sporstof	NOVC	pH	Redox (NO3)
Aluminium (Al)		X	
Arsen (As)		X	X
Bly (Pb)			X
Cadmium (Cd)		X	X
Kobber (Cu)		X	X
Krom (total) (Cr)			X
Kviksølv (Hg)	X		
Nikkel (Ni)		X	X
Zink (Zn)		X	X

Bilag 4. Nationale og forekomstspecifikke tærskelværdier. Disse værdier indgik efterfølgende i beregninger/vurderinger af indtag-specifikke MAM-værdier.

Uorganisk sporstof	National tærskelværdi (µg/L)	Forekomstspezifisk tærskelværdi (µg/L)	
		Geografi & geologi	Geografi, geologi & geokemi
Aluminium (Al)	100		
dkmj_ks		150	
dkmj_ks & pH < 6			1000
Arsen (As)	5		
dkmf_kalk		7,5	
dkmf_ks		15	
dkmj_ks		5	
dkms_ks		10	
dkmf_kalk & pH >6 & NO3<=2			7,5
dkmf_ks >6 & NO3<=2			15
dkmj_ks >6 & NO3<=2			7,5
dkms_ks >6 & NO3<=2			15
Bly (Pb)	1		
Cadmium (Cd)	0,5		
dkmj_ks <=6 & NO3>2			0,75
Krom	25		
Kobber	100		
Kviksølv (Hg)	0,1		
Nikkel (Ni)	10		30
dkmj_ks <=6 & NO3>2			
Zink (Zn)	100		

Litteratur

Reimann, C., Birke, M. (eds). 2010. Geochemistry of European bottled water. Borntraeger Science Publishers, Stuttgart.

Reimann, C., Birke, M., Demetriades, A., Filzmoser, P., O'Connor, P. (eds). 2014. Chemistry of Europe's agricultural soils. Part A. Methodology and interpretation of the GEMAS data set. Geologisches Jahrbuch, Reihe B, Regionale Geologie Ausland und Angewandte Geowissenschaften, heft 102. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR). E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.

Thorling, L., Ernsten, V., Hansen, M., Thomsen, C.T., Wandall, T., Sørensen, E.N. 2014. Datatekniske anvisning for kemidata – GRUNDTVAND. DG02.

World Health Organization. 2017. Guidelines for drinking-water quality. Fourth edition.

Bilag 1. Resultatet af den første beregning af baggrundsværdier i grundvandsforekomster under anvendelse af de i tabel 2 oplyste parametre.

Signaturforklaring: geologi og geokemi. pH: grønne nuancer, redox-forhold: okker/grå farver og kulstof: brunlige nuancer.

Kvartært sand
Kalk
Prækvartær sand

lav	høj	Lav
høj	lav	Høj

- for Al (19 classes): 100 µg/l

<i>nbl_pH_NO3_NVOC_type</i>	<i>Al_n</i>	<i>Al_nbl</i>	pH	Redox	Carbon
<i>dkm_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	21	3			
<i>dkmf_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	25	44			
<i>dkmf_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	147	15			
<i>dkmf_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3</i>	41	24			
<i>dkmf_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	32	18			
<i>dkmj_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	38	11			
<i>dkmj_kalk & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	63	5			
<i>dkmj_ks & pH <= 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	24	241			
<i>dkmj_ks & pH <= 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	110	870			
<i>dkmj_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	322	11			
<i>dkmj_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3</i>	34	65			
<i>dkmj_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	207	11			
<i>dkmj_ps & pH <= 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	28	1500			
<i>dkmj_ps & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	143	11			
<i>dkms_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	91	11			
<i>dkms_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3</i>	36	12			
<i>dkms_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	115	12			
<i>dkms_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3</i>	37	11			
<i>dkms_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	85	9			

• for As (25 classes): 5 µg/l

<i>nbl_pH_NO3_NVOC_type</i>	<i>As_n</i>	<i>As_nbl</i>			
<i>dkmj_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	22	0,7			
<i>dkmb_uu & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	65	1,3			
<i>dkmb_uu & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	21	0,3			
<i>dkmf_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	60	6,0			
<i>dkmf_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	424	11,7			
<i>dkmf_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3</i>	60	6,6			
<i>dkmf_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	56	3,4			
<i>dkmj_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	246	3,7			
<i>dkmj_kalk & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	226	2,3			
<i>dkmj_ks & pH <= 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	26	1,6			
<i>dkmj_ks & pH <= 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	113	0,5			
<i>dkmj_ks & pH <= 6 & NO3 > 2 & NVOC > 3</i>	20	0,7			
<i>dkmj_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	1152	6,7			
<i>dkmj_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3</i>	114	3,6			
<i>dkmj_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	406	1,8			
<i>dkmj_ps & pH <= 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	25	2,9			
<i>dkmj_ps & pH <= 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	31	0,6			
<i>dkmj_ps & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	442	3,3			
<i>dkmj_ps & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	26	2,3			
<i>dkms_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	915	6,2			
<i>dkms_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3</i>	260	2,9			
<i>dkms_kalk & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	102	1,5			
<i>dkms_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	441	11,4			
<i>dkms_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3</i>	174	10,0			
<i>dkms_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	136	1,4			

• **for Cd (17 classes): 0,5 µg/l**

<i>nbl_pH_NO3_NVOC_type</i>	<i>Cd_n</i>	<i>Cd_nbl</i>			
<i>dkmj_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	21	0,02			
<i>dkmb_uu & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	29	0,02			
<i>dkmf_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	102	0,03			
<i>dkmj_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	37	0,02			
<i>dkmj_kalk & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	95	0,03			
<i>dkmj_ks & pH <= 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	22	0,39			
<i>dkmj_ks & pH <= 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	103	0,68			
<i>dkmj_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	322	0,02			
<i>dkmj_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3</i>	36	0,01			
<i>dkmj_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	192	0,06			
<i>dkmj_ps & pH <= 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	27	0,58			
<i>dkmj_ps & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	121	0,02			
<i>dkms_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	111	0,05			
<i>dkms_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3</i>	40	0,02			
<i>dkms_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	99	0,02			
<i>dkms_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3</i>	35	0,01			
<i>dkms_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	86	0,05			

• **for Hg (9 classes) 0,1 µg/l**

<i>nbl_pH_NO3_NVOC_type</i>	<i>Hg_n</i>	<i>Hg_nbl</i>			
<i>dkmf_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	31	0,008			
<i>dkmj_kalk & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	21	0,002			
<i>dkmj_ks & pH <= 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	44	0,008			
<i>dkmj_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	104	0,008			
<i>dkmj_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	52	0,008			
<i>dkmj_ps & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	49	0,008			
<i>dkms_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	47	0,007			
<i>dkms_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	45	0,005			
<i>dkms_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	21	0,002			

• **for Ni (25 classes): 10 µg/l**

<i>nbl_pH_NO3_NVOC_type</i>	<i>Ni_n</i>	<i>Ni_nbl</i>			
<i>dkm_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	22	5,5			
<i>dkmb_uu & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	65	2,1			
<i>dkmb_uu & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	21	7,8			
<i>dkmf_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	60	1,0			
<i>dkmf_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	424	1,4			
<i>dkmf_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3</i>	60	2,3			
<i>dkmf_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	56	5,7			
<i>dkmj_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	246	2,4			
<i>dkmj_kalk & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	226	6,5			
<i>dkmj_ks & pH <= 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	26	42,9			
<i>dkmj_ks & pH <= 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	113	29,7			
<i>dkmj_ks & pH <= 6 & NO3 > 2 & NVOC > 3</i>	20	8,6			
<i>dkmj_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	1152	1,7			
<i>dkmj_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3</i>	114	1,9			
<i>dkmj_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	406	4,2			
<i>dkmj_ps & pH <= 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	25	11,6			
<i>dkmj_ps & pH <= 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	31	8,3			
<i>dkmj_ps & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	442	2,0			
<i>dkmj_ps & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	26	5,8			
<i>dkms_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	916	6,6			
<i>dkms_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3</i>	260	3,1			
<i>dkms_kalk & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	102	25,9			
<i>dkms_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	441	2,4			
<i>dkms_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3</i>	174	3,0			
<i>dkms_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	136	5,2			

• **for Pb (18 classes): 1 µg/l**

<i>nbl_pH_NO3_NVOC_type</i>	<i>Pb_n</i>	<i>Pb_nbl</i>			
<i>dkmj_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	21	0,1			
<i>dkmb_uu & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	29	0,3			
<i>dkmf_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	118	0,3			
<i>dkmf_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3</i>	21	1,5			
<i>dkmj_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	37	0,1			
<i>dkmj_kalk & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	76	0,2			
<i>dkmj_ks & pH <= 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	22	1,2			
<i>dkmj_ks & pH <= 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	103	0,7			
<i>dkmj_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	324	0,2			
<i>dkmj_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3</i>	37	0,2			
<i>dkmj_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	190	0,3			
<i>dkmj_ps & pH <= 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	27	0,3			
<i>dkmj_ps & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	119	0,2			
<i>dkms_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	109	0,4			
<i>dkms_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3</i>	40	0,2			
<i>dkms_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	98	0,2			
<i>dkms_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3</i>	35	0,2			
<i>dkms_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	86	1,1			

• **for Cu (16 classes): 100 µg/l**

<i>nbl_pH_NO3_NVOC_type</i>	<i>Cu_n</i>	<i>Cu_nbl</i>			
<i>dkmj_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	21	1,1			
<i>dkmf_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	85	1,0			
<i>dkmj_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	27	0,6			
<i>dkmj_kalk & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	59	1,2			
<i>dkmj_ks & pH <= 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	22	8,3			
<i>dkmj_ks & pH <= 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	103	5,4			
<i>dkmj_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	234	1,1			
<i>dkmj_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3</i>	35	0,7			
<i>dkmj_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	182	4,5			
<i>dkmj_ps & pH <= 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	27	1,5			
<i>dkmj_ps & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	85	0,9			
<i>dkms_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	99	1,6			
<i>dkms_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3</i>	39	2,2			
<i>dkms_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	98	1,0			
<i>dkms_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3</i>	36	0,8			
<i>dkms_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	85	18,0			

• **for Cr (10 classes): 25 µg/l**

<i>nbl_pH_NO3_NVOC_type</i>	<i>Cr_n</i>	<i>Cr_nbl</i>			
<i>dkmf_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	55	0,4			
<i>dkmj_kalk & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	36	1,0			
<i>dkmj_ks & pH <= 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	81	1,2			
<i>dkmj_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	150	0,6			
<i>dkmj_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	107	1,0			
<i>dkmj_ps & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	61	0,7			
<i>dkms_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	81	0,6			
<i>dkms_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3</i>	23	0,2			
<i>dkms_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	70	0,5			
<i>dkms_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	55	1,2			

- for Zn (18 classes): 100 µg/l

<i>nbl_pH_NO3_NVOC_type</i>	<i>Zn_n</i>	<i>Zn_nbl</i>			
dkmj_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3	21	3			
<i>dkmb_uu & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	28	17			
dkmf_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3	114	13			
dkmf_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3	27	10			
<i>dkmj_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	37	11			
<i>dkmj_kalk & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	75	20			
dkmj_ks & pH <= 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3	22	119			
<i>dkmj_ks & pH <= 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	103	69			
<i>dkmj_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	325	14			
<i>dkmj_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3</i>	39	10			
dkmj_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3	190	25			
<i>dkmj_ps & pH <= 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	27	68			
<i>dkmj_ps & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	126	9			
<i>dkms_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	110	37			
<i>dkms_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3</i>	42	23			
dkms_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3	99	17			
<i>dkms_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3</i>	39	35			
dkms_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3	86	54			

Bilag 2. Resultatet af den anden beregning af baggrundsværdier for uorganiske sporstoffer i grundvandsforekomster ved anvendelse af geografi, geologi og de i tabel 3 oplyste geokemiske parametre. Kun kombinationer med > 50 indtag fremgår af tabellen.

De forekomstspecifikke tærskelværdier – beregnet og oprundet - er fremhævet med grå farve.

Bilag 1: Naturlige baggrundsværdier. Metode og faglige forudsætninger.

Signaturforklaring:				Geologi, geografi og geokemi (> 50 indtag)		
Geologi	pH	Redox	NVOC			
Kvartær sand	høj	høj	høj			
Kalk	lav	lav	lav			
Prækvartær sand						
UU - Bornholm						
nbl_pH (100 µg/l)				Al_n	Al_nbl	Oprundet værdi
dkmf_ks & pH > 6				225	18	
dkmj_kalk & pH > 6				109	9	
dkmj_ks & pH <= 6				160	765	1000
dkmj_ks & pH > 6				578	12	
dkmj_ps & pH > 6				159	11	
dkms_kalk & pH > 6				138	11	
dkms_ks & pH > 6				244	12	
nbl_pH_NO3_type (5 µg/l)				As_n	As_nbl	
dkmb_uu & pH > 6 & NO3 <= 2				66	1,7	
dkmf_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2				69	5,9	7,5
dkmf_ks & pH > 6 & NO3 <= 2				484	11,4	15
dkmf_ks & pH > 6 & NO3 > 2				61	3,2	
dkmj_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2				253	3,5	
dkmj_kalk & pH > 6 & NO3 > 2				231	2,3	
dkmj_ks & pH <= 6 & NO3 > 2				133	0,5	
dkmj_ks & pH > 6 & NO3 <= 2				1266	6,4	7,5
dkmj_ks & pH > 6 & NO3 > 2				424	1,9	
dkmj_ps & pH > 6 & NO3 <= 2				448	3,3	
dkms_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2				1175	4,9	
dkms_kalk & pH > 6 & NO3 > 2				106	1,6	
dkms_ks & pH > 6 & NO3 <= 2				615	11,2	15
dkms_ks & pH > 6 & NO3 > 2				148	1,5	
nbl_pH_NO3_type (0,5 µg/l)				Cd_n	Cd_nbl	
dkmf_ks & pH > 6 & NO3 <= 2				121	0,03	
dkmj_kalk & pH > 6 & NO3 > 2				99	0,04	
dkmj_ks & pH <= 6 & NO3 > 2				122	0,68	0,75
dkmj_ks & pH > 6 & NO3 <= 2				358	0,02	
dkmj_ks & pH > 6 & NO3 > 2				207	0,07	
dkmj_ps & pH > 6 & NO3 <= 2				124	0,02	
dkms_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2				151	0,03	
dkms_ks & pH > 6 & NO3 <= 2				134	0,02	
dkms_ks & pH > 6 & NO3 > 2				95	0,06	
nbl_NVOC (0,1 µg/l)				Hg_n	Hg_nbl	
dkmj_ks & NVOC <= 3				210	0,008	
dkmj_ps & NVOC <= 3				70	0,006	
dkms_kalk & NVOC <= 3				51	0,006	
dkms_ks & NVOC <= 3				66	0,005	

Bilag 1: Naturlige baggrundsværdier. Metode og faglige forudsætninger.

nbl_pH_NO3_type (10 µg/l)			Ni_n	Ni_nbl	
dkmb_uu & pH > 6 & NO3 <= 2			66	2,1	
dkmf_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2			69	1,0	
dkmf_ks & pH > 6 & NO3 <= 2			484	1,6	
dkmf_ks & pH > 6 & NO3 > 2			61	6,5	
dkmj_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2			253	2,4	
dkmj_kalk & pH > 6 & NO3 > 2			231	6,6	
dkmj_ks & pH <= 6 & NO3 > 2			133	27,8	30
dkmj_ks & pH > 6 & NO3 <= 2			1266	1,7	
dkmj_ks & pH > 6 & NO3 > 2			424	4,4	
dkmj_ps & pH <= 6 & NO3 <= 2			27	11,1	
dkmj_ps & pH > 6 & NO3 <= 2			448	2,0	
dkms_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2			1176	5,7	
dkms_kalk & pH > 6 & NO3 > 2			106	26,6	30
dkms_ks & pH > 6 & NO3 <= 2			615	2,5	
dkms_ks & pH > 6 & NO3 > 2			148	5,5	
nbl_NO3 (1 µg/l)			Pb_n	Pb_nbl	
dkmf_ks & NO3 <= 2			139	0,5	
dkmj_kalk & NO3 > 2			80	0,2	
dkmj_ks & NO3 <= 2			390	0,2	
dkmj_ks & NO3 > 2			327	0,5	
dkmj_ps & NO3 <= 2			140	0,2	
dkms_kalk & NO3 <= 2			149	0,4	
dkms_ks & NO3 <= 2			134	0,2	
dkms_ks & NO3 > 2			95	1,0	1
nbl_pH_NO3_type (100 µg/l)			Cu_n	Cu_nbl	
dkmf_ks & pH > 6 & NO3 <= 2			104	1,1	
dkmj_kalk & pH > 6 & NO3 > 2			63	1,6	
dkmj_ks & pH <= 6 & NO3 > 2			122	10,7	
dkmj_ks & pH > 6 & NO3 <= 2			269	1,0	
dkmj_ks & pH > 6 & NO3 > 2			197	5,9	
dkmj_ps & pH > 6 & NO3 <= 2			88	0,9	
dkms_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2			138	1,8	
dkms_ks & pH > 6 & NO3 <= 2			134	0,9	
dkms_ks & pH > 6 & NO3 > 2			92	16,4	
nbl_NO3 (25 µg/l)			Cr_n	Cr_nbl	
dkmf_ks & NO3 <= 2			66	0,5	
dkmj_ks & NO3 <= 2			186	0,7	
dkmj_ks & NO3 > 2			206	1,1	
dkmj_ps & NO3 <= 2			69	0,8	
dkms_kalk & NO3 <= 2			104	0,5	
dkms_ks & NO3 <= 2			86	0,6	
dkms_ks & NO3 > 2			59	1,2	
nbl_pH_NO3_type (100 µg/l)			Zn_n	Zn_nbl	
dkmf_ks & pH > 6 & NO3 <= 2			141	13	
dkmj_kalk & pH > 6 & NO3 > 2			79	19	
dkmj_ks & pH <= 6 & NO3 > 2			122	72	
dkmj_ks & pH > 6 & NO3 <= 2			364	13	
dkmj_ks & pH > 6 & NO3 > 2			205	24	
dkmj_ps & pH > 6 & NO3 <= 2			129	9	
dkms_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2			152	35	
dkms_ks & pH > 6 & NO3 <= 2			138	26	
dkms_ks & pH > 6 & NO3 > 2			95	56	

Bilag 3. Resultatet af den anden beregning af baggrundsværdier for uorganiske sporstoffer i grundvandsforekomster ved anvendelse af geografi og geologi. Kun kombinationer med > 20 indtag fremgår af tabellen.

De forekomstspecifikke tærskelværdier – beregnet og oprundet - for aluminium og arsen er fremhævet med gul farve. De beregnede tærskelværdier for de øvrige uorganiske sporstoffer er alle lavere end den nationale TV, der er vist allerøverst i tabellen.

Geologi og geografi (> 20 indtag)																													
Nationale tærskelværdier:																													
			100			5			0,5			0,1			10			1			100			25			100		
nbl_unit	Al			As			Cd			Hg			Ni			Pb			Cu			Cr			Zn				
	n	nbl	oprundet værdi	n	nbl	oprundet værdi	n	nbl	n	nbl	n	nbl	n	nbl	n	nbl	n	nbl	n	nbl	n	nbl	n	nbl	n	nbl			
dkm_ks	25	6		43	2,4		25	0,02	11		43	3,9	25	0,1	25	1,1	16		25	3									
dkmb_uu	23	6		91	1,1		46	0,11	0		91	3,9	46	0,5	26	4,6	17		45	64									
dkmf_kaik	34	45		73	5,9	7,5	14		4		73	1,0	20	0,2	14		6		23	12									
dkmf_ks	225	18		545	11,0	15	143	0,04	37	0,008	545	2,0	161	0,5	124	2,2	76	0,6	163	14									
dkmj_kalk	109	9		484	3,1		141	0,03	31	0,002	484	5,3	122	0,2	94	1,2	55	0,9	121	17									
dkmj_ks	738	110	150	1856	5,0	5	716	0,18	221	0,008	1856	4,0	717	0,3	617	4,0	392	0,9	720	30									
dkmj_ps	206	67		534	3,0		186	0,11	72	0,006	534	3,2	184	0,2	145	1,2	88	0,9	191	28									
dkms_kaik	138	11		1281	4,5		165	0,05	58	0,007	1282	8,3	163	0,3	152	2,2	118	0,5	167	37									
dkms_ks	245	13		764	9,5	10	230	0,04	77	0,004	764	3,2	229	0,4	227	7,0	145	1,0	234	36									

Bilag 3. Workflow document: NBV for trace elements.

Revideret udgave ses sidst i dokumentet

Denitza Voutchkova (DV): 2020-06-26 12:02:40

Revisions of Workflow, Part 2 for calculating the NBV for trace elements

Table of Contents

Introduction	19
Part 2: trace elements data preparation	20
Part 3: calculation of 90th percentile and data-visualization	23
Appendix 1 Detection limits present in the dataset (before exclusion)	43

Introduction

Purpose: to revise and document the NBV calculations.

Changes from the previous version: only the workflow part 2 and 3 are affected by the following changes:

1. The elements Cr(tot), Zn, and Cu are added to the list (previously only Al, As, Cd, Hg, Ni, and Pb)
2. The TV for Vandplan 3 are used here (before BEK 1001 values were used).
3. The exclusion of high detection limits is changed, due to the changes in the TV. WE follow the rule from "Analysekvalitetskravdirektivet, artikel 4 stk 1":

"Medlemsstaterne stiller som mindstekrav til alle anvendte analysemetoder, at deres måleusikkerhed er højst 50 % ($k = 2$) ved værdien af det pågældende miljøkvalitetskrav, og at deres kvantifikationsgrænse er 30 % af værdien af det pågældende miljøkvalitetskrav eller lavere."

Thus, the limit of quantification (QL) should be equal to or lower than 30% of the TVs. Here are the TVs we work with in the Vandplan 3:

- Aluminium (Al) → 100 µg/l
- Arsen (As) → 5 µg/l
- Bly (Pb) → 1 µg/l
- Cadmium (Cd) → 0.5 µg/l
- Krom III + VI (Cr³⁺ + Cr⁶⁺) → 25 µg/l
- Kobber (Cu) → 100 µg/l
- Kviksølv (Hg) → 0.1 µg/l

- Nikkel (Ni) → 10 µg/l
 - Zink (Zn) → 100 µg/l
-

Part 2: trace elements data preparation

This part includes all necessary data pre-treatment and quality checks.

Samples < DL will be substituted with 1.5DL (this is = 0.5QL, where QL=3DL), where DL is the sample-specific detection limit

Loading the output from Part 1 and source files 3 & 4

Keep only the information we need (both GRUMO and BK datasets)

- Intake identification: BORID & INDTNR (used as key for linking with the classification)
- Sample info: year, date, ID
- Chemical analysis info:
 - Al attribute and concentration: *X1501_Aluminium_A, X1501_Aluminium*
 - As attribute and concentration: *X1511_Arsen_A, X1511_Arsen*
 - Pb attribute and concentration: *X1531_Bly_A, X1531_Bly*
 - Cd attribute and concentration: *X1546_Cadmium_A, X1546_Cadmium*
 - Hg attribute and concentration: *X2071_Kviksølv_A, X2071_Kviksølv*
 - Ni attribute and concentration: *X2101_Nikkel_A, X2101_Nikkel*
 - Cr(6+) is not retained in the dataset, because there were no analyses in the GRUMO dataset & only 19 analyses in the BK dataset. Thus, not enough data.

Edit: After a skype meeting on 22 June 2020 (VE, LTS, MRN from MST), the chemical analyses for Cu, Zn, and Cr(tot) were to be added to the NBV assesment. So, the following are also added:

- Cr(tot) attribute and concentration: *X2002_Chrom_A, X2002_Chrom*
- Cu attribute and concentration: *X2061_Kobber_A, X2061_Kobber*
- Zn attribute and concentration: *X2251_Zink_A, X2251_Zink*

Filter the period

- keep only samples taken in the period 2000-2018 (incl.)
- used field: *PROEVE_AAR*

Append the GRUMO and BK datasets and exclude duplicates

Join with the classified intakes (*intakes*) with the trace elements data (*chem*)

- retain only analyses that are associated with classified intakes
- export the file, if someone needs to see the samples before the clean-up

Split the dataset into subsets for each of the trace elements

The rest of the workflow (Part 2) is done for each trace element separately

Keep only essential fields

- Exclude the rest of the chemical elements (variables), e.g. the subset about Al has only the Al attribute and concentration from the chemical analysis info, the rest of the elements are removed;
- This is done so we can keep the max amount of samples in the cleaning procedures, so clean-up for one element doesn't affect the rest of the elements.

Exclude samples with NA for the specific element (keep only actual analyses)

Samples below the detection limit (DL)

- Check the detection limits present in each subset (attribute "<"); Because we are substituting the samples <DL with 1.5*DL, first we evaluated if we need to exclude samples <DL because of high DL (high DL is indicative for low-precision of the lab. method, and in the substitution will introduce bias in the dataset). (See Appendix 1)
- Detection limits to exclude (samples <DL are removed):
 - Al: everything > 7 ug/l (e.g. 20, 100 ug/l)
 - As: everything > 0.5 ug/l (e.g. 1, 2, and 7 ug/l)
 - Cd: 0 (error) and everything > 0.04 ug/l (e.g. 0.1, 0.15, 0.2, 0.3, 0.5 ug/l)
 - Hg: 0 (error) and everything > 0.01 ug/l (e.g. 0.04, 0.05, 0.2, 0.1 ug/l)
 - Ni: everything > 1 ug/l (e.g. 2, 3, 4, 5 ug/l)
 - Pb: 0 (error) and everything > 0.1 ug/l (0.2, 0.4, 1, 1.5, 2, 3, 4, 5 ug/l)
 - Cu: 0 (error), no need to exclude DL since max DL = 10 ug/l (QL = 30 = 3*TV)
 - Cr: no need to exclude DL since max DL = 2 ug/l (QL = 6 < 7.5 = 3*TV)
 - Zn: everything above 10 ug/l (e.g. 50 ug/l)
- Next to 0 DL, we also exclude the rest of the 0 values from this dataset (=0, but not <DL):
 - Hg: 1 such sample
 - Ni: 1 such sample
- Overview of the dataset before and after the sample-removals

	Al	As	Cd	Hg	Ni	Pb	Cu	Cr	Zn
All samples (n)	8023	26575	7886	836	30496	7903	7453	2094	7932
Samples < DL (n)	1095	1488	2973	562	5950	3454	1408	857	1213
Removed < DL & 0s (n)	34	133	85	64	1698	111	1	0	7
Removed samples (%)	0.42	0.5	1.08	7.66	5.57	1.4	0.01	0	0.09
All after removal (n)	7989	26442	7801	772	28798	7792	7452	2094	7925
< DL after removal (n)	1061	1355	2888	499	4253	3343	1407	857	1206
< DL after removal (%)	13.3	5.1	37	64.6	14.8	42.9	18.9	40.9	15.2

- Substitute < DL with 1.5*DL

Aggregation for each element for each intake

- First calculate annual means (arithmetic average of all samples taken within a specific year)
- Then, calculate mean of the annual means (MAM), so for each intake we have one value for each element
- Join the MAM values to the classified intakes info (*intakes*) (intakes that had no trace elements data have no MAM calculated, i.e. there is missing value)

Save files (export as .csv)

All six subsets contain 5673 intakes, however there are missing values for the intakes which had no trace elements data. There are 23 variables/columns, but only two are new (the rest are the same as in the output from Part 1, see description there):

Column name	Data type	Description
For Al_cLean:		
Al_MAM	num	Mean of the annual mean for Al for each intake
n_years	int	Number of years with data for Al ¹
For As_cLean:		
As_MAM	num	Mean of the annual mean for As for each intake
n_years	int	Number of years with data for As ²
For Cd_cLean:		
Cd_MAM	num	Mean of the annual mean for Cd for each intake
n_years	int	Number of years with data for Cd ³
For Hg_cLean:		
Hg_MAM	num	Mean of the annual mean for Hg for each intake
n_years	int	Number of years with data for Hg ⁴
For Ni_cLean:		
Ni_MAM	num	Mean of the annual mean for Ni for each intake
n_years	int	Number of years with data for Ni ⁵
For Pb_cLean:		
Pb_MAM	num	Mean of the annual mean for Pb for each intake
n_years	int	Number of years with data for Pb ⁶
For Cu_cLean:		
Cu_MAM	num	Mean of the annual mean for Cu for each intake

¹ shows how many values were used to calculate Al_MAM; can be used to evaluate the uncertainty for individual intakes

² shows how many values were used to calculate As_MAM; can be used to evaluate the uncertainty for individual intakes

³ shows how many values were used to calculate Cd_MAM; can be used to evaluate the uncertainty for individual intakes

⁴ shows how many values were used to calculate Hg_MAM; can be used to evaluate the uncertainty for individual intakes

⁵ shows how many values were used to calculate Ni_MAM; can be used to evaluate the uncertainty for individual intakes

⁶ shows how many values were used to calculate Pb_MAM; can be used to evaluate the uncertainty for individual intakes

n_years	int	Number of years with data for Cu ⁷
For Cr_cLean:		
Cr_MAM	num	Mean of the annual mean for Cr for each intake
n_years	int	Number of years with data for Cr ⁸
For Zn_cLean:		
Zn_MAM	num	Mean of the annual mean for Zn for each intake
n_years	int	Number of years with data for Zn ⁹

Note: there was no outlier removal in this part

If after **Part 3** it is found that it is crucial to remove an outlier, Part 2 should be revised. First the sample(s) should be removed (manually or by setting a criteria), and then the MAM should be re-calculated.

Identifying samples as “outliers” due to high concentrations is, however debatable:

- Here we only work with BK and GRUMO intakes (all other wells, which are potentially polluted are not included in the work), thus all potential polluted known sites are already excluded;
- Extreme values (very high concentrations) are not necessarily errors. If error is identified, it must be removed. For the rest of the “extreme” concentrations, first we have to define what is a “pollution level”, or to introduce a criteria that distinguishes *in an objective way* what is an outlier; Such criteria has not been set (status: 2020-06-26).
- Single extreme value has no major impact on the 90th percentile calculation, when there is large enough dataset (e.g. for small datasets, single high value will have an impact)

Based on this, and the fact that we have to complete this work ASAP, I have continued with Part 3 *without* removing any other samples, except for the ones excluded in the QA/QC procedures described above.

End of Part 2

Part 3: calculation of 90th percentile and data-visualization

The 90th percentile (NBV) are calculated for two of the well classifications:

- only taking into account the geography and geology (*nbl_unit*)

⁷ shows how many values were used to calculate Cu_MAM; can be used to evaluate the uncertainty for individual intakes

⁸ shows how many values were used to calculate Cr_MAM; can be used to evaluate the uncertainty for individual intakes

⁹ shows how many values were used to calculate Zn_MAM; can be used to evaluate the uncertainty for individual intakes

- taking into account also the pH, NO₃, and NVOC

It was decided that 90th percentiles are going to be calculated only for the classes with 20 or more intakes.

The calculations were done in the following order:

- For each subset (trace element), count the number of intakes with MAM and the 90th percentile for:
 - *nbl_unit*: this means we group the data by this classification and do the calculations for each group
 - *nbl_pH_NO3_NVOC_type*: similar to above, but the grouping is done based on the pH, NO₃, NVOC as well
- Join all trace elements results together.
- Delete the NBV for the classes with < 20 intakes

The output of Part 3 of the workflow results in the following two tables. The column names are following the convention:

- *X_n*, where X is the specific element, provides information on the number of intakes with MAM for the specific trace element;
- *X_nbl*, where X is the specific element, provides the 90th percentile results (the NBV);

The first one shows results for the *nbl_unit* aquifer types:

nbl_unit	Al		As		Cd		Hg		Ni		Pb		Cu		Cr		Zn	
	n	nbl	n	nbl	n	nbl	n	nbl	n	nbl	n	nbl	n	nbl	n	nbl	n	nbl
dkm_ks	25	5.86	43	2.37	25	0.016	11		43	3.88	25	0.11	25	1.079	16		25	2.85
dkmb_uu	23	6.13	91	1.11	46	0.106	0		91	3.94	46	0.45	26	4.603	17		45	64.09
dkmf_kalk	34	45.05	73	5.93	14	NA	4		73	1.02	20	0.16	14		6		23	11.92
dkmf_ks	225	17.75	545	10.96	143	0.043	37	0.0078	545	2.02	161	0.52	124	2.221	76	0.555	163	13.63
dkmj_kalk	109	9.06	484	3.14	141	0.033	31	0.0020	484	5.29	122	0.19	94	1.236	55	0.929	121	16.72
dkmj_ks	738	110.39	1856	4.98	716	0.175	221	0.0075	1856	4.00	717	0.29	617	3.957	392	0.880	720	30.31
dkmj_ps	206	67.40	534	3.00	186	0.106	72	0.0062	534	3.23	184	0.22	145	1.156	88	0.907	191	28.00
dkms_kalk	138	10.50	1281	4.50	165	0.045	58	0.0073	1282	8.33	163	0.32	152	2.246	118	0.536	167	36.74
dkms_ks	245	12.74	764	9.52	230	0.038	77	0.0036	764	3.22	229	0.38	227	7.001	145	1.100	234	35.91

It can be seen that, **NBV** based on geography and geology classification alone (*nbl_unit*) **cannot be calculated** for:

- Cd: for the kalk on Fyn (15 intakes only)
- Hg: for the Islands (KS, n=11), Bornholm (UU, n=0), and Fyn (KALK, n=4)
- Cu: for the kalk on Fyn (14 intakes only)
- Cr: for the Islands (KS, n=17), Bornholm (UU, n=17), and Fyn (KALK, n=6)

For all other classes there is sufficient amount of data, so the 90th percentiles (NBVs are shown in the table)

The second table shows the results for *nbl_pH_NO3_NVOC_type* aquifer types:

nbl_pH_NO3_NVOC_type	Al		As		Cd		Hg		Ni		Pb		Cu		Cr		Zn	
	n	nbl	n	nbl	n	nbl	n	nbl	n	nbl	n	nbl	n	nbl	n	nbl	n	nbl
dkm_ks & pH <= 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3	0		1		0		0		1		0		0		0		0	
dkm_ks & pH <= 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3	1		9		1		0		9		1		1		0		1	
dkm_ks & pH <= 6 & NO3 > 2 & NVOC > 3	0		2		0		0		2		0		0		0		0	
dkm_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3	1		3		1		0		3		1		1		0		1	
dkm_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3	2		6		2		0		6		2		2		0		2	

Bilag 1: Naturlige baggrundsværdier. Metode og faglige forudsætninger.

nbl_pH_NO3_NVOC_type	Al		As		Cd		Hg		Ni		Pb		Cu		Cr		Zn	
	n	nbl	n	nbl	n	nbl	n	nbl	n	nbl	n	nbl	n	nbl	n	nbl	n	nbl
<i>dkm_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	21	3.41	22	0.68	21	0.017	11		22	5.45	21	0.11	21	1.101	16		21	2.86
<i>dkmb_uu & pH <= 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	0		1		1		0		1		1		0		0		1	
<i>dkmb_uu & pH <= 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	1		1		1		0		1		1		1		1		1	
<i>dkmb_uu & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	8		65	1.34	29	0.018	0		65	2.08	29	0.25	11		7		28	16.84
<i>dkmb_uu & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3</i>	0		1		0		0		1		0		0		0		0	
<i>dkmb_uu & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	12		21	0.33	13		0		21	7.80	13		12		8		13	
<i>dkmb_uu & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC > 3</i>	2		2		2		0		2		2		2		1		2	
<i>dkmf_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	25	43.90	60	5.95	9		3		60	1.02	15		10		4		16	
<i>dkmf_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3</i>	8		9		2		1		9		2		3		2		3	
<i>dkmf_kalk & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	0		3		3		0		3		3		0		0		3	
<i>dkmf_kalk & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC > 3</i>	1		1		0		0		1		0		1		0		1	
<i>dkmf_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	147	15.20	424	11.67	102	0.026	31	0.0082	424	1.40	118	0.26	85	1.040	55	0.40	114	13.04
<i>dkmf_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3</i>	41	24.00	60	6.59	19		5		60	2.30	21	1.50	19		11		27	10.14
<i>dkmf_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	32	17.99	56	3.43	18		1		56	5.70	18		16		9		18	
<i>dkmf_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC > 3</i>	5		5		4		0		5		4		4		1		4	
<i>dkmj_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	38	10.50	246	3.72	37	0.017	8		246	2.35	37	0.09	27	0.560	16		37	10.88
<i>dkmj_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3</i>	4		7		5		0		7		5		4		0		5	
<i>dkmj_kalk & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	63	4.50	226	2.31	95	0.033	21	0.0016	226	6.46	76	0.21	59	1.177	36	0.98	75	19.65
<i>dkmj_kalk & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC > 3</i>	4		5		4		2		5		4		4		3		4	
<i>dkmj_ks & pH <= 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	24	240.64	26	1.63	22	0.386	10		26	42.85	22	1.24	22	8.337	18		22	119.39

Bilag 1: Naturlige baggrundsværdier. Metode og faglige forudsætninger.

nbl_pH_NO3_NVOC_type	Al		As		Cd		Hg		Ni		Pb		Cu		Cr		Zn	
	n	nbl	n	nbl	n	nbl	n	nbl	n	nbl	n	nbl	n	nbl	n	nbl	n	nbl
<i>dkmj_ks & pH <= 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3</i>	7		7		7		2		7		7		7		5		7	
<i>dkmj_ks & pH <= 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	110	870.29	113	0.47	103	0.676	44	0.0075	113	29.69	103	0.69	103	5.395	81	1.20	103	68.87
<i>dkmj_ks & pH <= 6 & NO3 > 2 & NVOC > 3</i>	19		20	0.70	19		2		20	8.59	19		19		11		19	
<i>dkmj_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	322	10.50	1152	6.69	322	0.024	104	0.0075	1152	1.66	324	0.19	234	1.068	150	0.63	325	14.12
<i>dkmj_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3</i>	34	64.94	114	3.62	36	0.013	6	NA	114	1.93	37	0.18	35	0.714	13	NA	39	9.82
<i>dkmj_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	207	10.50	406	1.84	192	0.056	52	0.0075	406	4.22	190	0.25	182	4.498	107	0.99	190	24.67
<i>dkmj_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC > 3</i>	15		18		15		1		18		15		15		7		15	
<i>dkmj_ps & pH <= 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	15		25	2.92	16		6		25	11.56	16		15		6		16	
<i>dkmj_ps & pH <= 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3</i>	2		2	A	2		1		2		2		2		2		2	
<i>dkmj_ps & pH <= 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	28	1500.00	31	0.56	27	0.577	9		31	8.30	27	0.31	27	1.466	10		27	67.91
<i>dkmj_ps & pH <= 6 & NO3 > 2 & NVOC > 3</i>	2		2		2		1		2		2		2		1		2	
<i>dkmj_ps & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	143	10.50	442	3.27	121	0.021	49	0.0075	442	2.00	119	0.19	85	0.922	61	0.73	126	8.95
<i>dkmj_ps & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3</i>	5		6		3		0		6		3		3		0		3	
<i>dkmj_ps & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	11		26	2.31	15		6		26	5.79	15		11		8		15	
<i>dkms_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	91	10.50	915	6.16	111	0.045	47	0.0067	916	6.57	109	0.42	99	1.621	81	0.58	110	36.95
<i>dkms_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3</i>	36	12.11	260	2.90	40	0.020	7		260	3.05	40	0.16	39	2.152	23	0.21	42	22.97
<i>dkms_kalk & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	11		102	1.51	14		4		102	25.90	14		14		14		14	
<i>dkms_kalk & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC > 3</i>	0		4		0		0		4		0		0		0		1	
<i>dkms_ks & pH <= 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3</i>	1		1		1		0		1		1		1		0		1	
<i>dkms_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	115	12.18	441	11.44	99	0.017	45	0.0046	441	2.43	98	0.18	98	1.005	70	0.47	99	17.02

Bilag 1: Naturlige baggrundsværdier. Metode og faglige forudsætninger.

nbl_pH_NO3_NVOC_type	Al		As		Cd		Hg		Ni		Pb		Cu		Cr		Zn	
	n	nbl	n	nbl	n	nbl	n	nbl	n	nbl	n	nbl	n	nbl	n	nbl	n	nbl
<i>dkms_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3</i>	37	11.47	174	10.01	35	0.014	10	NA	174	2.95	35	0.21	36	0.758	16		39	34.93
<i>dkms_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	85	8.86	136	1.44	86	0.054	21	0.0021	136	5.22	86	1.11	85	18.000	55	1.20	86	54.09
<i>dkms_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC > 3</i>	7		12		9		1		12		9		7		4		9	

The same result broken down for each trace element and showing only those NBVs for classes with 20 or more intakes:

- for Al (19 classes):

<i>nbl_pH_NO3_NVOC_type</i>	<i>Al_n</i>	<i>Al_nbl</i>
<i>dkm_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	21	3.41
<i>dkmf_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	25	43.90
<i>dkmf_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	147	15.20
<i>dkmf_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3</i>	41	24.00
<i>dkmf_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	32	17.99
<i>dkmj_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	38	10.50
<i>dkmj_kalk & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	63	4.50
<i>dkmj_ks & pH <= 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	24	240.64
<i>dkmj_ks & pH <= 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	110	870.29
<i>dkmj_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	322	10.50
<i>dkmj_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3</i>	34	64.94
<i>dkmj_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	207	10.50
<i>dkmj_ps & pH <= 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	28	1500.00
<i>dkmj_ps & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	143	10.50
<i>dkms_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	91	10.50
<i>dkms_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3</i>	36	12.11
<i>dkms_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	115	12.18
<i>dkms_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3</i>	37	11.47
<i>dkms_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	85	8.86

- for As (25 classes):

<i>nbl_pH_NO3_NVOC_type</i>	<i>As_n</i>	<i>As_nbl</i>
<i>dkm_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	22	0.68
<i>dkmb_uu & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	65	1.34
<i>dkmb_uu & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	21	0.33
<i>dkmf_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	60	5.95
<i>dkmf_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	424	11.67
<i>dkmf_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3</i>	60	6.59
<i>dkmf_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	56	3.43
<i>dkmj_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	246	3.72
<i>dkmj_kalk & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	226	2.31
<i>dkmj_ks & pH <= 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	26	1.63
<i>dkmj_ks & pH <= 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	113	0.47
<i>dkmj_ks & pH <= 6 & NO3 > 2 & NVOC > 3</i>	20	0.70
<i>dkmj_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	1152	6.69
<i>dkmj_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3</i>	114	3.62
<i>dkmj_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	406	1.84

<i>nbl_pH_NO3_NVOC_type</i>	<i>As_n</i>	<i>As_nbl</i>
<i>dkmj_ps & pH <= 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	25	2.92
<i>dkmj_ps & pH <= 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	31	0.56
<i>dkmj_ps & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	442	3.27
<i>dkmj_ps & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	26	2.31
<i>dkms_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	915	6.16
<i>dkms_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3</i>	260	2.90
<i>dkms_kalk & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	102	1.51
<i>dkms_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	441	11.44
<i>dkms_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3</i>	174	10.01
<i>dkms_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	136	1.44

- for Cd (17 classes)

<i>nbl_pH_NO3_NVOC_type</i>	<i>Cd_n</i>	<i>Cd_nbl</i>
<i>dkm_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	21	0.017
<i>dkmb_uu & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	29	0.018
<i>dkmf_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	102	0.026
<i>dkmj_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	37	0.017
<i>dkmj_kalk & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	95	0.033
<i>dkmj_ks & pH <= 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	22	0.386
<i>dkmj_ks & pH <= 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	103	0.676
<i>dkmj_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	322	0.024
<i>dkmj_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3</i>	36	0.013
<i>dkmj_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	192	0.056
<i>dkmj_ps & pH <= 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	27	0.577
<i>dkmj_ps & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	121	0.021
<i>dkms_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	111	0.045
<i>dkms_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3</i>	40	0.020
<i>dkms_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	99	0.017
<i>dkms_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3</i>	35	0.014
<i>dkms_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	86	0.054

- for Hg (9 classes)

<i>nbl_pH_NO3_NVOC_type</i>	<i>Hg_n</i>	<i>Hg_nbl</i>
<i>dkmf_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	31	0.0082
<i>dkmj_kalk & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	21	0.0016
<i>dkmj_ks & pH <= 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	44	0.0075
<i>dkmj_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	104	0.0075
<i>dkmj_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	52	0.0075
<i>dkmj_ps & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	49	0.0075
<i>dkms_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	47	0.0067

<i>dkms_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	45	0.0046
<i>dkms_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	21	0.0021

- for Ni (25 classes)

<i>nbl_pH_NO3_NVOC_type</i>	<i>Ni_n</i>	<i>Ni_nbl</i>
<i>dkm_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	22	5.45
<i>dkmb_uu & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	65	2.08
<i>dkmb_uu & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	21	7.80
<i>dkmf_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	60	1.02
<i>dkmf_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	424	1.40
<i>dkmf_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3</i>	60	2.30
<i>dkmf_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	56	5.70
<i>dkmj_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	246	2.35
<i>dkmj_kalk & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	226	6.46
<i>dkmj_ks & pH <= 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	26	42.85
<i>dkmj_ks & pH <= 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	113	29.69
<i>dkmj_ks & pH <= 6 & NO3 > 2 & NVOC > 3</i>	20	8.59
<i>dkmj_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	1152	1.66
<i>dkmj_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3</i>	114	1.93
<i>dkmj_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	406	4.22
<i>dkmj_ps & pH <= 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	25	11.56
<i>dkmj_ps & pH <= 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	31	8.30
<i>dkmj_ps & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	442	2.00
<i>dkmj_ps & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	26	5.79
<i>dkms_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	916	6.57
<i>dkms_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3</i>	260	3.05
<i>dkms_kalk & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	102	25.90
<i>dkms_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	441	2.43
<i>dkms_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3</i>	174	2.95
<i>dkms_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	136	5.22

- for Pb (18 classes)

<i>nbl_pH_NO3_NVOC_type</i>	<i>Pb_n</i>	<i>Pb_nbl</i>
<i>dkm_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	21	0.11
<i>dkmb_uu & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	29	0.25
<i>dkmf_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	118	0.26
<i>dkmf_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3</i>	21	1.50
<i>dkmj_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	37	0.09
<i>dkmj_kalk & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	76	0.21
<i>dkmj_ks & pH <= 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	22	1.24
<i>dkmj_ks & pH <= 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	103	0.69
<i>dkmj_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	324	0.19

<i>dkmj_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3</i>	37	0.18
<i>dkmj_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	190	0.25
<i>dkmj_ps & pH <= 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	27	0.31
<i>dkmj_ps & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	119	0.19
<i>dkms_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	109	0.42
<i>dkms_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3</i>	40	0.16
<i>dkms_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	98	0.18
<i>dkms_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3</i>	35	0.21
<i>dkms_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	86	1.11

- for Cu (16 classes)

<i>nbl_pH_NO3_NVOC_type</i>	<i>Cu_n</i>	<i>Cu_nbl</i>
<i>dkm_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	21	1.101
<i>dkmf_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	85	1.040
<i>dkmj_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	27	0.560
<i>dkmj_kalk & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	59	1.177
<i>dkmj_ks & pH <= 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	22	8.337
<i>dkmj_ks & pH <= 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	103	5.395
<i>dkmj_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	234	1.068
<i>dkmj_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3</i>	35	0.714
<i>dkmj_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	182	4.498
<i>dkmj_ps & pH <= 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	27	1.466
<i>dkmj_ps & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	85	0.922
<i>dkms_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	99	1.621
<i>dkms_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3</i>	39	2.152
<i>dkms_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	98	1.005
<i>dkms_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3</i>	36	0.758
<i>dkms_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	85	18.000

- for Cr (10 classes)

<i>nbl_pH_NO3_NVOC_type</i>	<i>Cr_n</i>	<i>Cr_nbl</i>
<i>dkmf_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	55	0.40
<i>dkmj_kalk & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	36	0.98
<i>dkmj_ks & pH <= 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	81	1.20
<i>dkmj_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	150	0.63
<i>dkmj_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	107	0.99
<i>dkmj_ps & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	61	0.73
<i>dkms_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	81	0.58
<i>dkms_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3</i>	23	0.21
<i>dkms_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	70	0.47
<i>dkms_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	55	1.20

- for Zn (18 classes)

<i>nbl_pH_NO3_NVOC_type</i>	<i>Zn_n</i>	<i>Zn_nbl</i>
<i>dkm_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	21	2.86
<i>dkmb_uu & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	28	16.84
<i>dkmf_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	114	13.04
<i>dkmf_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3</i>	27	10.14
<i>dkmj_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	37	10.88
<i>dkmj_kalk & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	75	19.65
<i>dkmj_ks & pH <= 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	22	119.39
<i>dkmj_ks & pH <= 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	103	68.87
<i>dkmj_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	325	14.12
<i>dkmj_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3</i>	39	9.82
<i>dkmj_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	190	24.67
<i>dkmj_ps & pH <= 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	27	67.91
<i>dkmj_ps & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	126	8.95
<i>dkms_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	110	36.95
<i>dkms_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3</i>	42	22.97
<i>dkms_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3</i>	99	17.02
<i>dkms_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3</i>	39	34.93
<i>dkms_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3</i>	86	54.09

- Save the results as .csv file

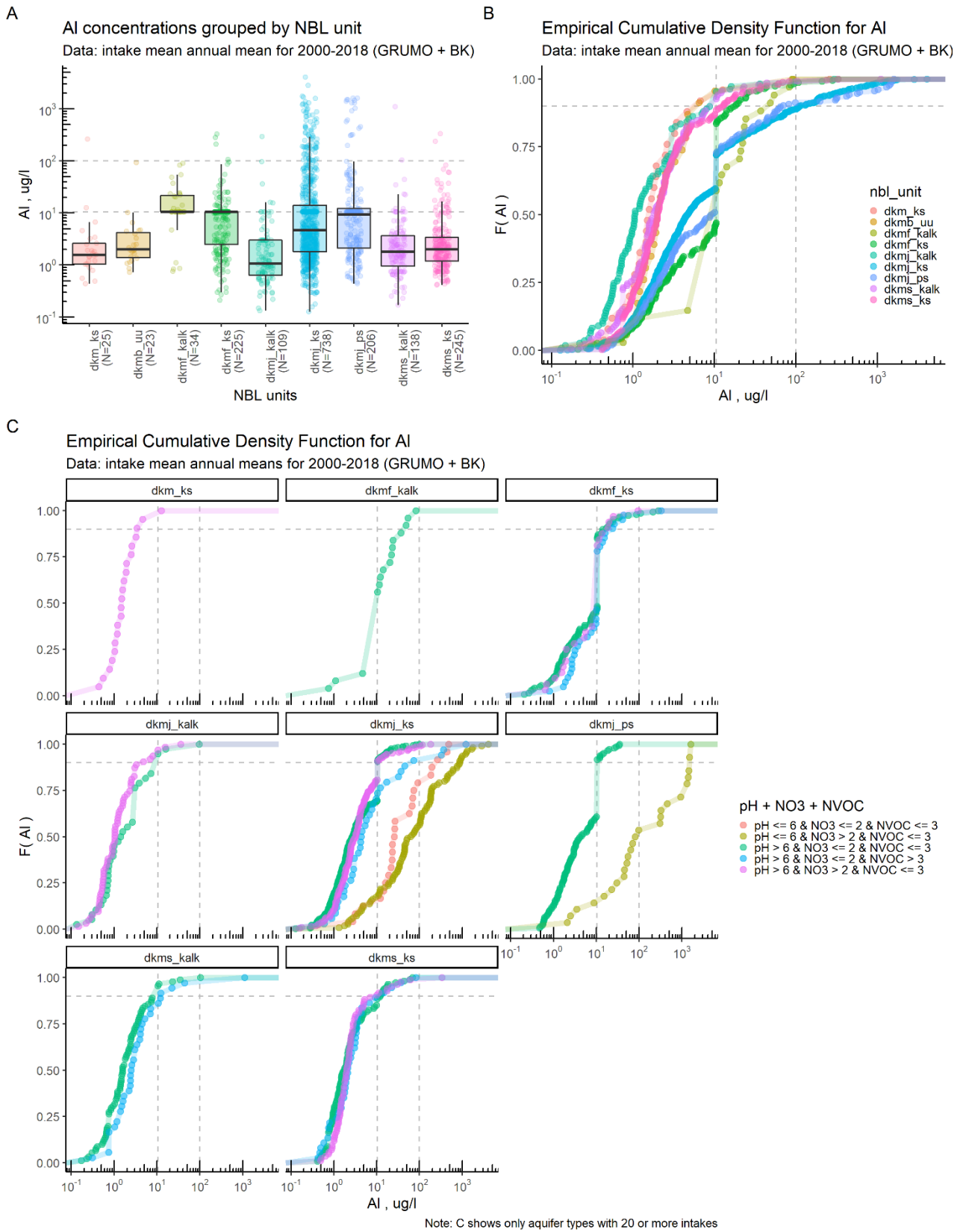
Final NBV should be decided based on the calculated 90th percentiles and the TVs (VP 3)

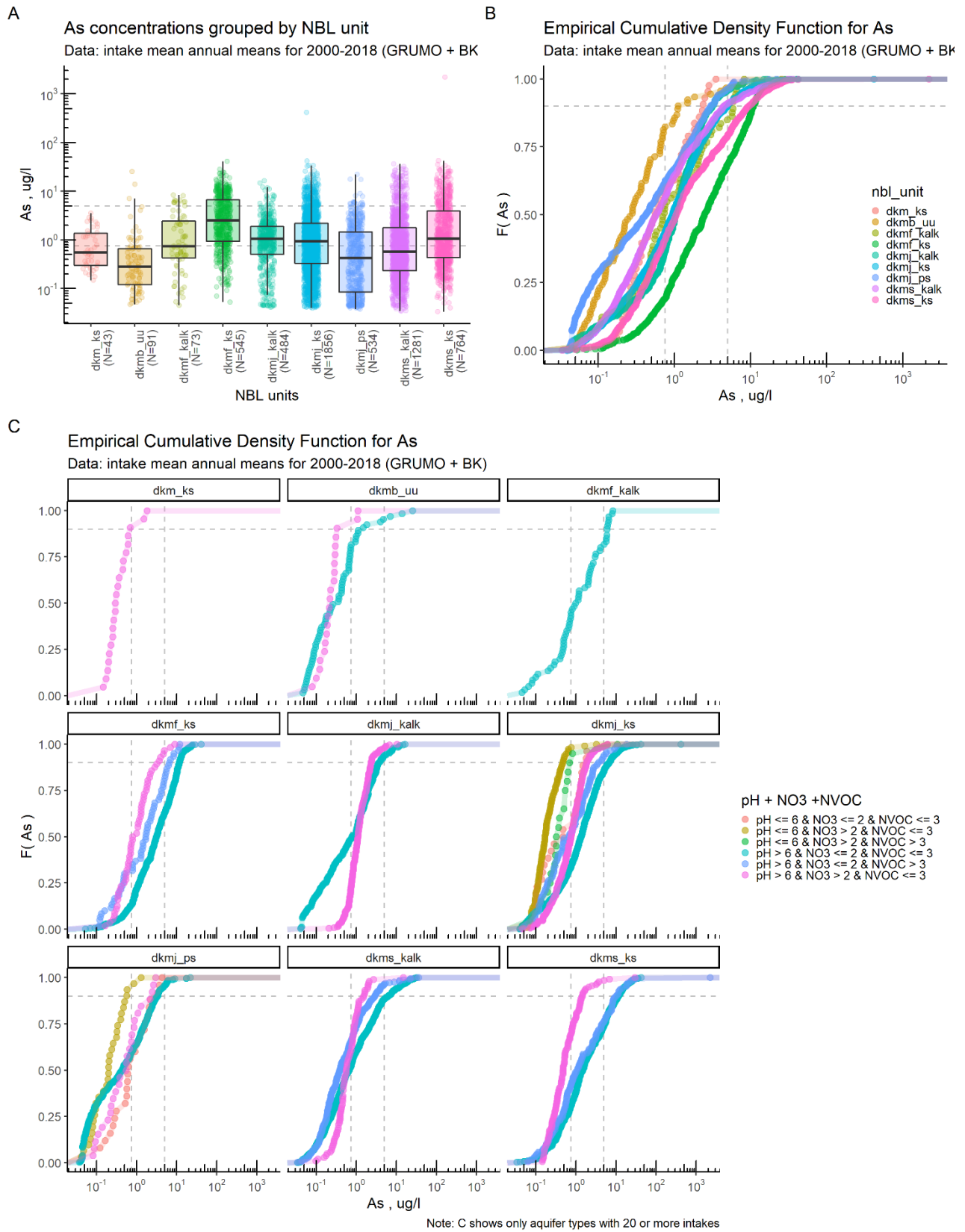
See next pages for figures...

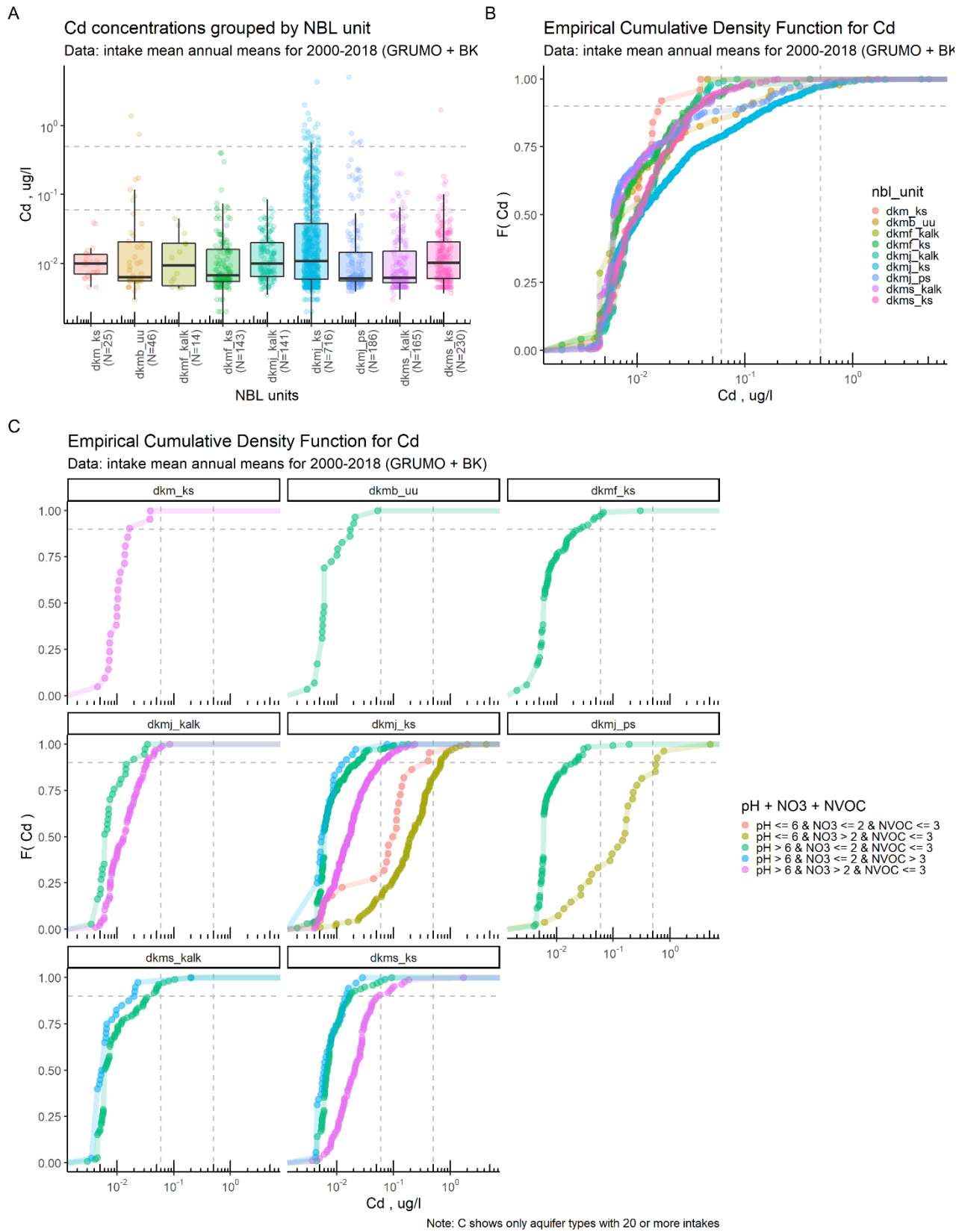
End of Part 3

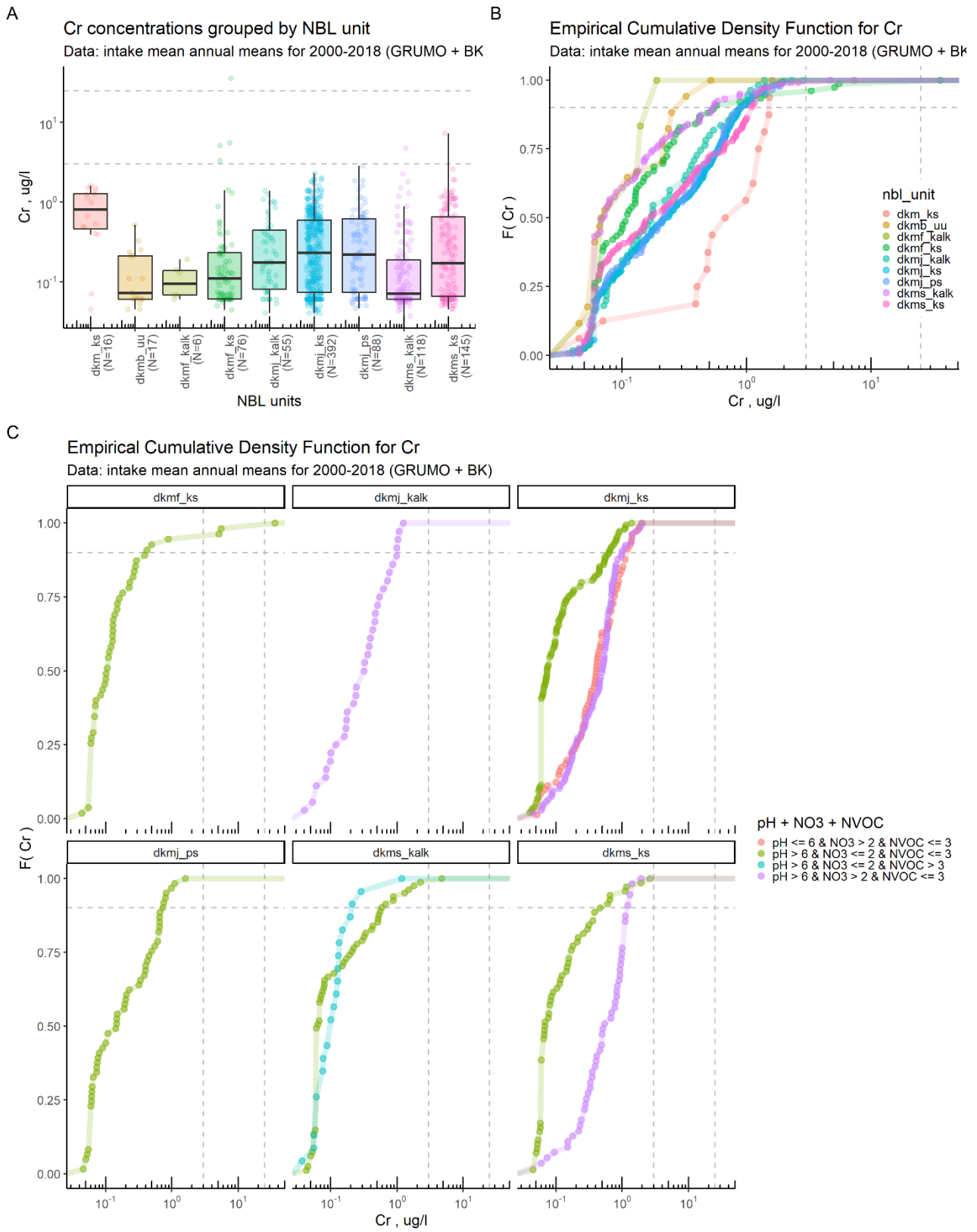
END OF WORKFLOW

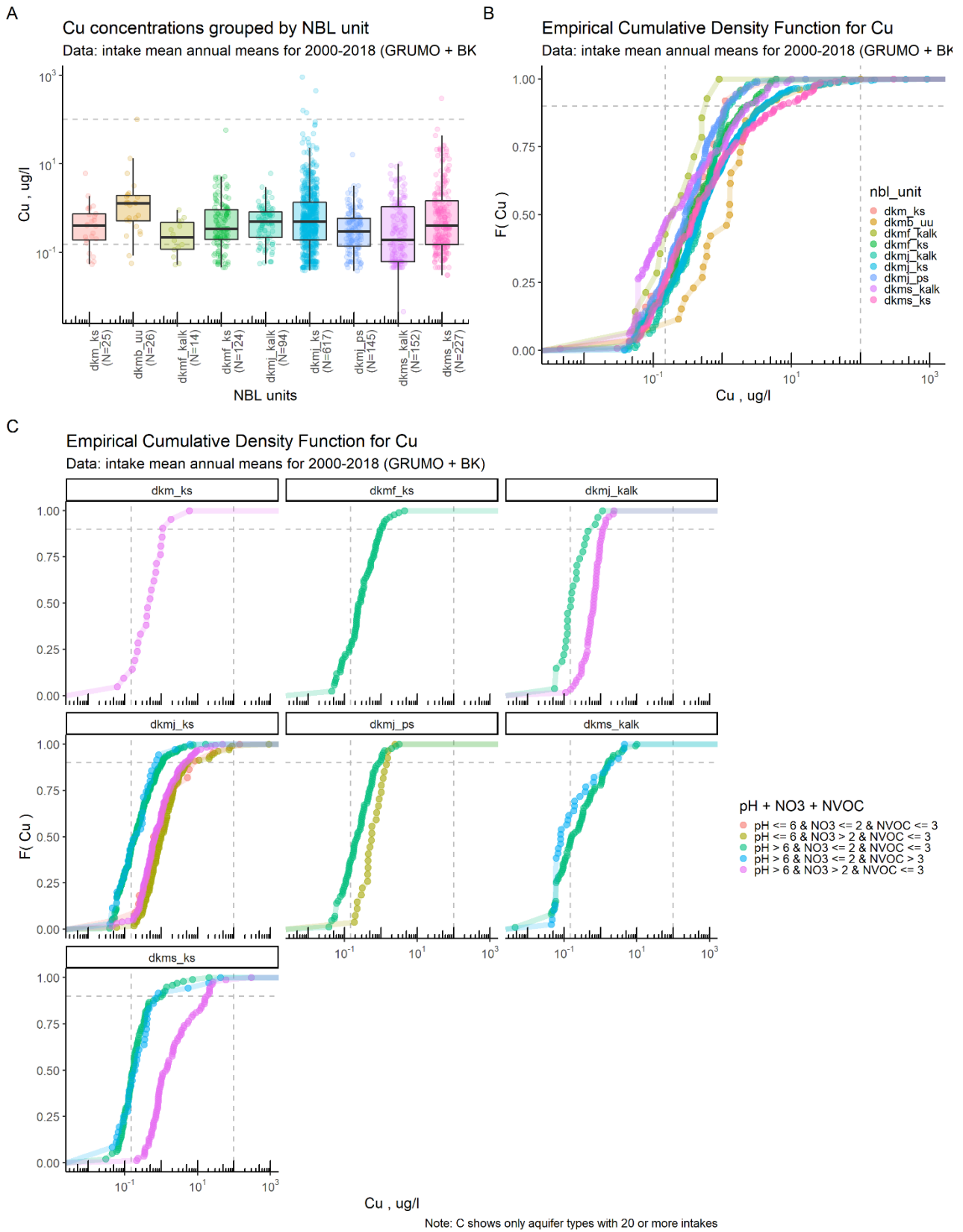
Last update by DV: 2020-06-26 12:03:20

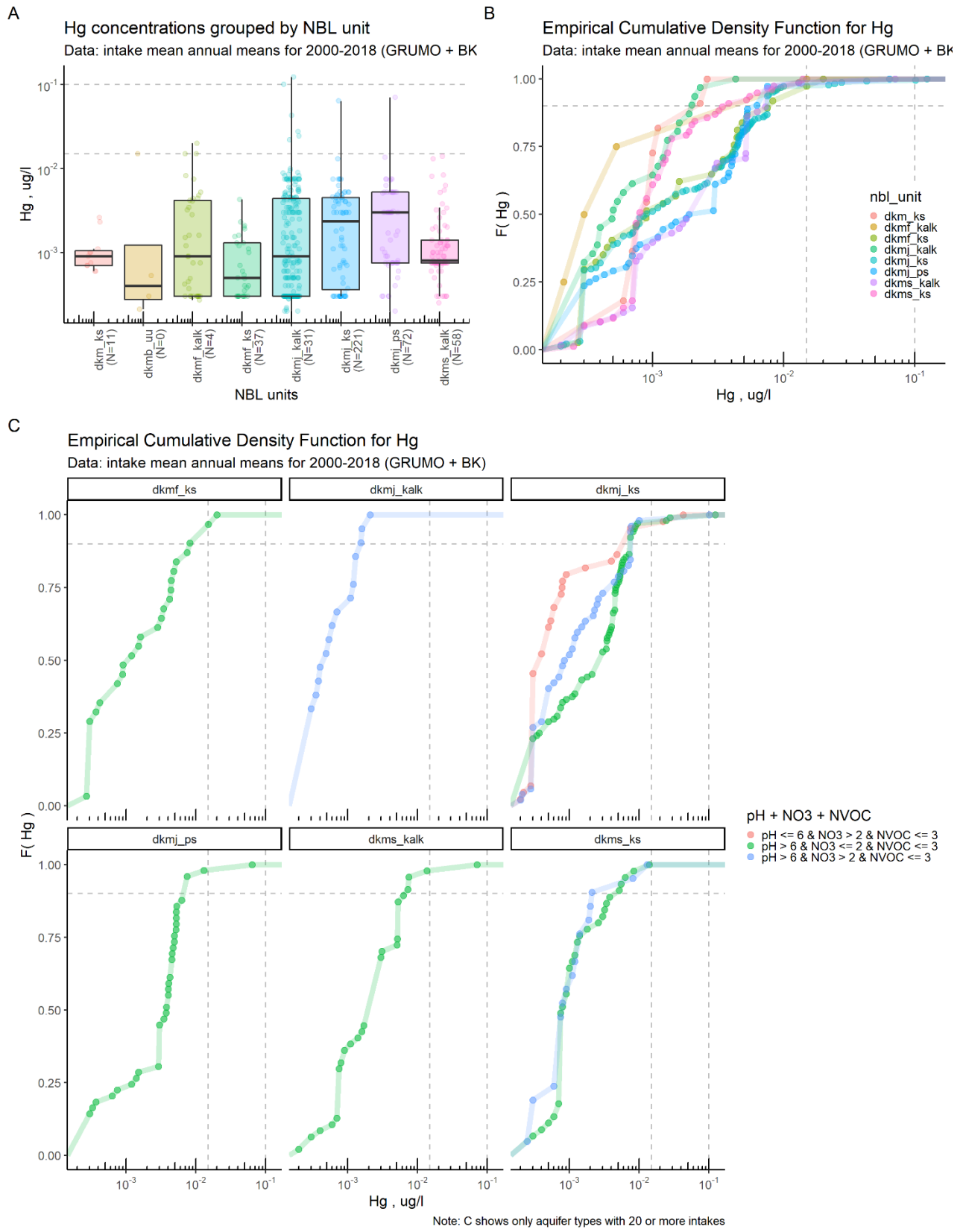


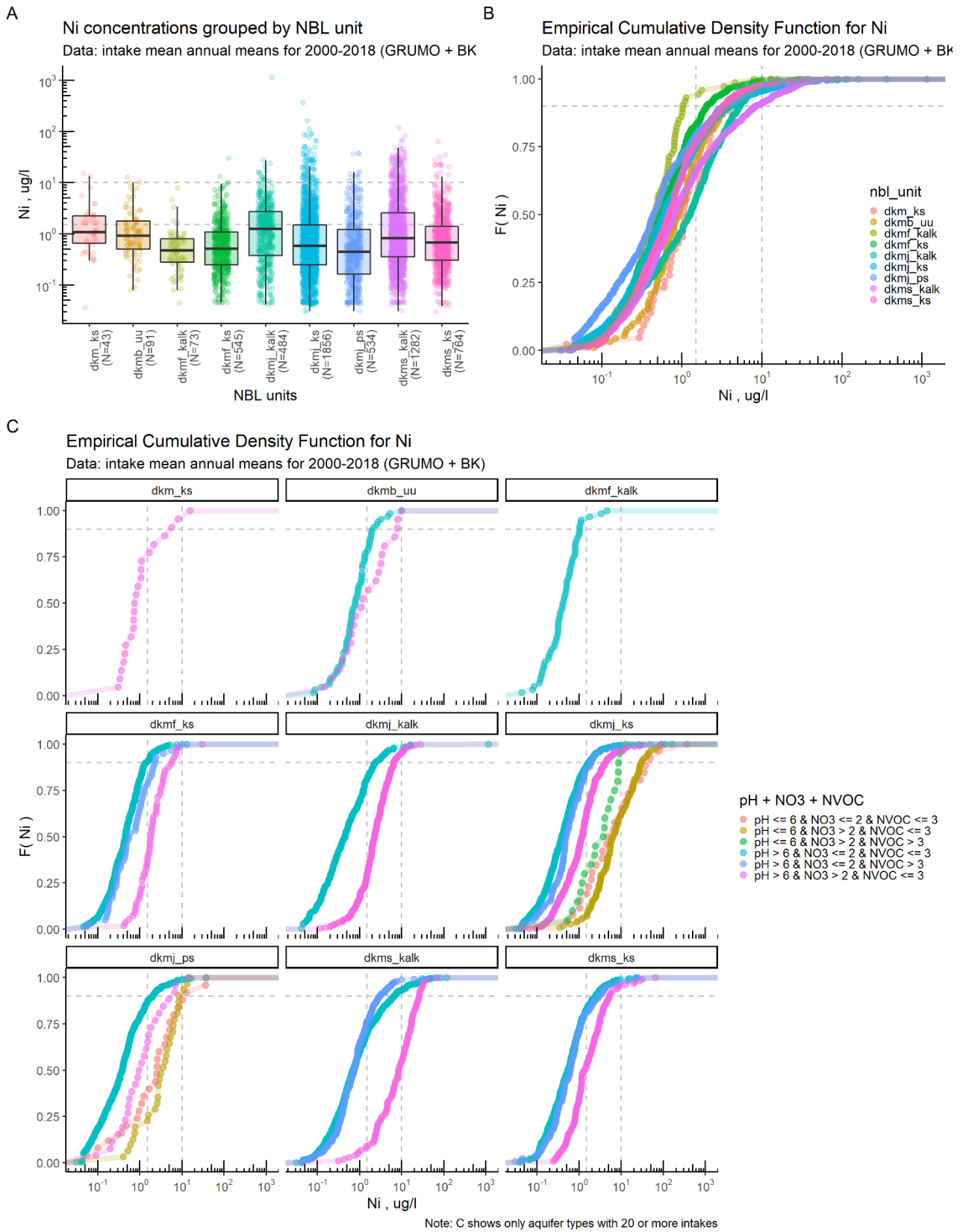


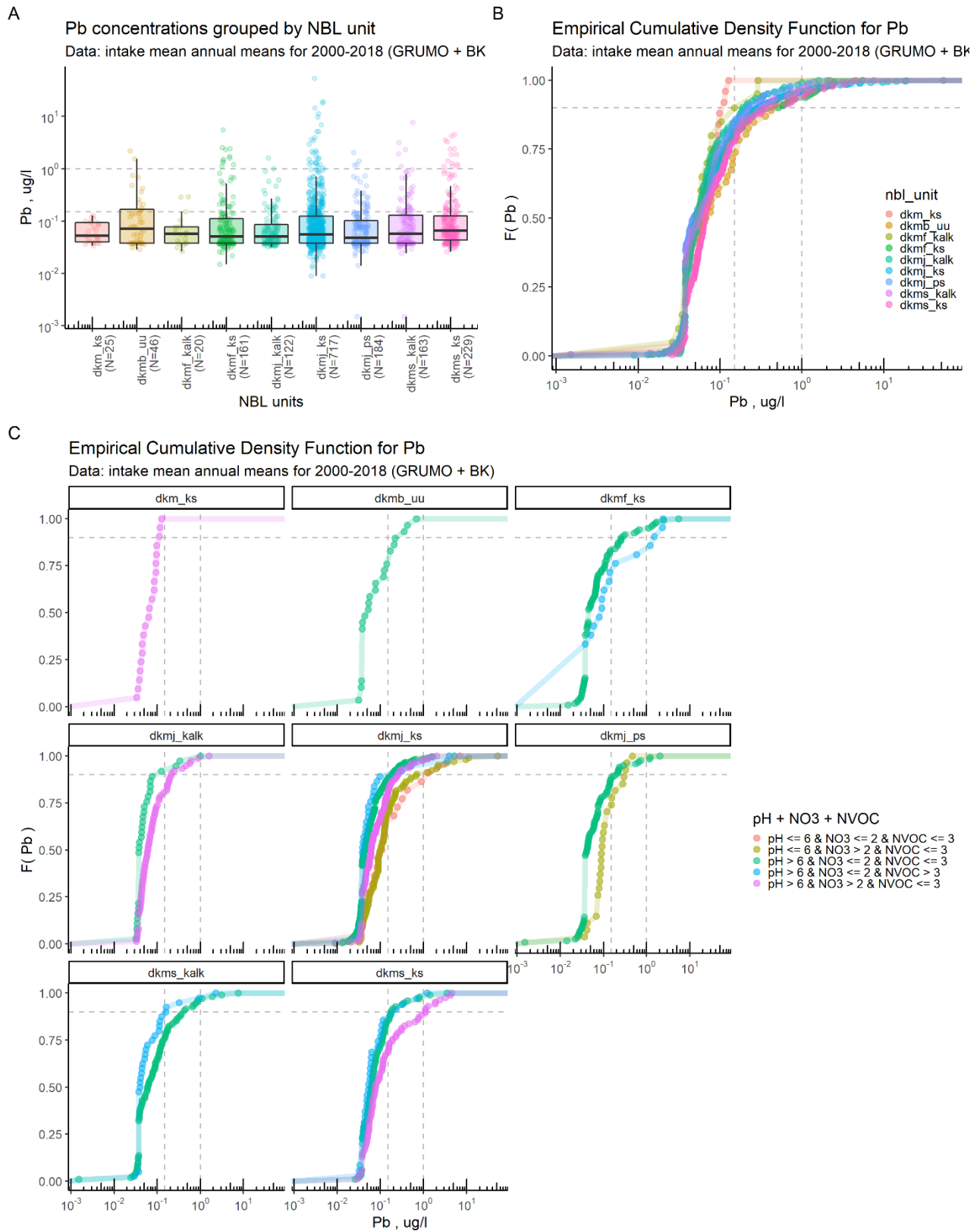


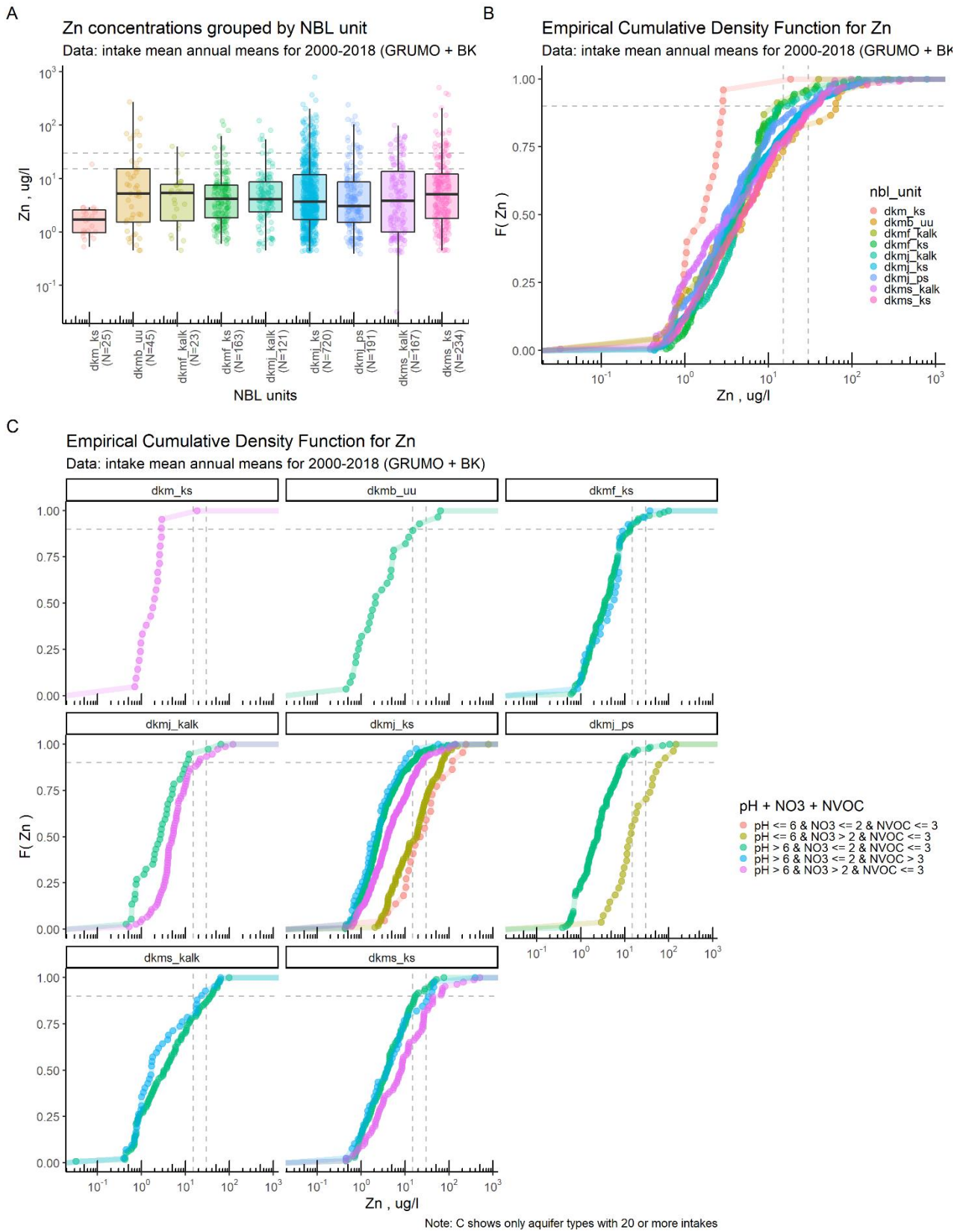












Appendix 1 Detection limits present in the dataset (before exclusion)

X1501_Aluminium	n
0.01	1
0.02	25
0.07	239
0.10	38
0.20	131
0.24	1
0.30	2
0.50	32
1.00	1
2.00	32
5.00	27
7.00	532
20.00	33
100.00	1
X1511_Arsen	n
0.003	2
0.010	2
0.020	35
0.030	993
0.050	116
0.060	16
0.100	128
0.150	1
0.200	1
0.260	1
0.300	41
0.400	18
0.500	1
1.000	95
2.000	36
7.000	2
X1531_Bly	n
0.000	3
0.001	37
0.006	65
0.020	393
0.025	2701
0.027	56
0.030	25
0.050	50
0.054	1

Bilag 1: Naturlige baggrundsværdier. Metode og faglige forudsætninger.

0.084	3
0.100	12
0.200	26
0.400	12
1.000	43
1.500	2
2.000	4
3.000	16
4.000	3
5.000	2
X1546_Cadmium	n
0.0000	2
0.0020	68
0.0030	666
0.0031	21
0.0040	1855
0.0050	208
0.0100	16
0.0123	1
0.0200	17
0.0300	13
0.0400	23
0.1000	6
0.1500	24
0.2000	2
0.3000	50
0.5000	1
X2071_Kviksølv	n
0e+00	3
2e-04	139
5e-04	42
1e-03	8
2e-03	162
5e-03	141
9e-03	1
1e-02	6
4e-02	4
5e-02	8
1e-01	34
2e-01	14
X2101_Nikkel	n
0.004	90
0.010	2
0.020	16
0.030	2633
0.050	231

Bilag 1: Naturlige baggrundsværdier. Metode og faglige forudsætninger.

0.060	7
0.067	8
0.100	439
0.200	7
0.240	1
0.300	79
0.400	69
0.420	1
1.000	670
2.000	1078
3.000	614
4.000	4
5.000	1
X2061_Kobber	n
0.000	1
0.003	2
0.005	1
0.020	15
0.030	311
0.040	997
0.050	17
0.070	1
0.080	1
0.100	40
0.200	2
0.300	3
0.360	1
0.400	10
3.000	4
5.000	1
10.000	1
X2002_Chrom	n
0.005	2
0.020	13
0.030	16
0.040	689
0.050	87
0.100	13
0.150	1
0.200	9
0.300	2
0.500	10
1.500	5
2.000	10
X2251_Zink	n
0.04	28

0.30	210
0.36	9
0.50	917
1.00	8
3.00	4
5.00	28
9.00	1
10.00	1
50.00	7

Compiled workflow documentation for calculating natural background values for trace elements as part of the Vandplan 3

Table of contents

Introduction	1
Data	3
Part 1: intake classification	3
Part 2: trace elements data preparation	9
Part 3: calculation of 90th percentile and data-visualization	14
90th percentile for Aluminium (Al)	15
90th percentile for Arsen (As)	17
90th percentile for Cadmium (Cd)	19
90th percentile for Kviksølv (Hg)	21
90th percentile for Nikkel (Ni)	23
90th percentile for Bly (Pb)	25
90th percentile for Kobber (Cu)	27
90th percentile for Krom (Cr)	29
90th percentile for Zink (Zn)	31
Appendix 1	34
Appendix 2	51

Introduction

Purpose: to document the methodological decisions and the code (i.e. the calculations) for the project on Natural Background Values (NBV) for trace elements (Vandplan 3). The work was performed in spring 2020.

Task summary: to calculate NBV for selected trace elements (Al, As, Cd, Cr(6+), Hg, Ni, Pb) for different types of aquifers, based on: location, lithology, redox conditions (based on redox-sensitive elements O₂ or NO₃), pH, and organic content (based on NVOC). The NBV are defined as the 90th percentile of the mean annual means concentration for each intake in the different

aquifer types. NBVs are not calculated for aquifer types with <20 intakes. Only intakes from the GRUMO and BK programs (datatype GRUMO and VF) are used.

Workflow overview: To complete the task, a 3-step workflow (Figure 1) was adopted:

1. Classifying the GRUMO and BK intakes, based on different classification criteria;
2. Preparation of trace elements data and linking it to the classified intakes;
3. Calculation of 90th percentile and data-visualization

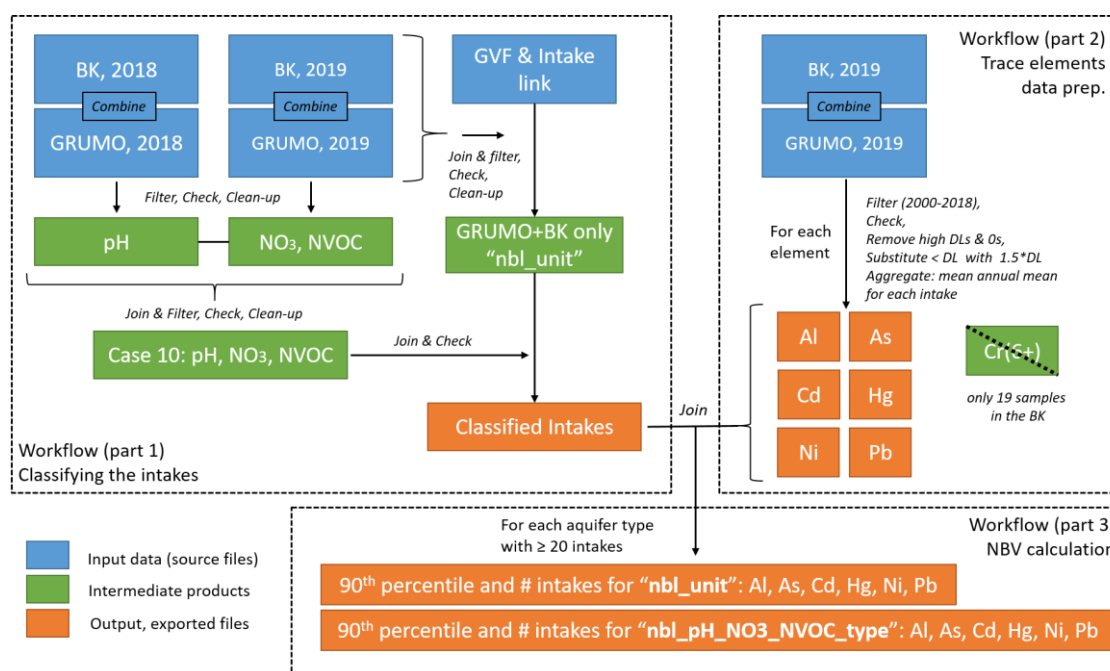


Figure 1: Flowchart for calculation of NBV, version March 2020. Note: Cr(tot), Zn, and Cu were added to the task after this flowchart was prepared, presented, and accepted in March 2020

Approach: this work was developed in an iterative mode, such that different parts of the methodology were tested, discussed, revised, tested again, and if needed the procedure was repeated. The first version of the completed workflow was presented and discussed at a face-to-face meeting with Lærke Thorling and Vibeke Ernstsen from GEUS, and Tine Ørbæk Nielsen and Mia Rohde Nielsen (Skype) from MST on 6 March 2020. This was followed by multiple internal GEUS meetings in March 2020, after which the first “final” version of the documentation and the deliveries were completed. After this “final” version two more revisions were made due to changes in the task description. The version presented here is a compilation of the three individual files, documenting the process and the R code:

1. 1st “final” version (R Markdown timestamp: 2020-04-28 09:51:29) – Part 1 of the workflow is included in this document, as this was unchanged in the following revisions.
2. Revision 1 (R Markdown timestamp: 2020-06-26 12:02:40) – in this revision the elements Cr(tot), Zn, and Cu were added to the task, the TVs were changed, and the exclusion of high detection limits was changed due to the change in the TVs. This revision affected Part 2 and 3 of the workflow, but here we only have included Part 2, as this was unchanged in the following revision.

3. Revision 2 (R Markdown timestamp: 2020-07-01 15:58:39) – in this revision only Part 3 of the workflow was affected, as the geochemical classes were re-formulated and the NBVs were re-calculated. Thus, in this document we include the revised Part 3 of the workflow.

Data

All data were based on the specially designed datasets for NOVANA, which are produced by the GEUS-data department every year for the annual reporting of the groundwater monitoring.

Used datasets:

1. GRUMO dataset from 2018: used for the pH (there was no pH data in the 2019 files)
2. BK dataset for 2018: used for pH (there was no pH data in the 2019 files)
3. GRUMO dataset from 2019: used for intakes info, O₂, NO₃, NVOC, and trace elements
4. BK dataset from 2019: used for intakes info, O₂, NO₃, NVOC, and trace elements
5. GVF-Intake link: used for classifying the intakes according to DK-model layers

Part 1: intake classification

Link GVF-Intake

GVF stands for groundwater body, shortened from *GVFOREKOM*, which is the ID for the different groundwater bodies from the DK-model. We extract information on the geography and geology from the *GVFOREKOM* ID.

Extract from the *GVFOREKOM* geography and geology (source file 5)

- Unique *geology* classes: *ks*, *kalk*, *ps*, *uu*, where *ks* for Quaternary sand; *kalk* for chalk/limestone; *ps* for pre-Quaternary sand; *uu* for all geological units on Bornholm.
- Unique *geography* classes: *dkmj*, *dkm*, *dkmf*, *dkms*, *dkmb*, where *dkmj* for Jutland (Jylland); *dkm* for the islands Samsø, Læsø, Anholt; *dkmf* for Fyn; “*dkms*” for Zealand (Sjælland); “*dkmb*” for Bornholm.

Form the *NBL*-units by combining geography and geology

- Unique *nbl_unit* in the dataset (combinations): *dkmj_ks*, *dkm_ks*, *dkmj_kalk*, *dkmj_ps*, *dkmf_ks*, *dkmf_kalk*, *dkms_ks*, *dkms_kalk*, *dkmb_uu*. In total, there are 15040 intakes and 13767 wells in the source dataset 5. Number of intakes in each *nbl_unit*:

<i>nbl_unit</i>	Intakes (n)
<i>dkm_ks</i>	107
<i>dkmb_uu</i>	140
<i>dkmf_kalk</i>	93
<i>dkmf_ks</i>	907
<i>dkmj_kalk</i>	1053
<i>dkmj_ks</i>	4978

<u>nbl_unit</u>	<u>Intakes (n)</u>
dkmj_ps	1242
dkms_kalk	3284
dkms_ks	3236

Intake info from source files 3 & 4

Extract the intake (BORID & INDTNR) information

- the intake info includes: X,Y coordinates, DGUnr, the latest intake top and bottom for both GRUMO and BK datasets;
- duplicates are removed, if any;
- check if there are only unique intakes left in the dataset -> yes

Compile a list containing both the GRUMO and BK intakes (joining the two)

- After the two datasets are appended together, there are 8640 rows, but only 8571 unique intakes. This is because there were 69 intakes that were present in both GRUMO and the BK.
- The duplicates were removed; there are now 8571 intakes left.

Join *Link* and *intakes*

- Only intakes associated with an NBL-unit were retained in the dataset for further use (n= 7683).
- Check if there are only unique intakes left in the dataset -> yes

There are in total 7683 unique intakes for 7291 wells.

<u>nbl_unit</u>	<u>Intakes (n)</u>
dkm_ks	60
dkmb_uu	106
dkmf_kalk	78
dkmf_ks	615
dkmj_kalk	767
dkmj_ks	2732
dkmj_ps	782
dkms_kalk	1635
dkms_ks	908

Classifying the intakes based on redox, pH, and NVOC

The purpose of this part was to find which classification rules are optimal, so we can distinguish between aquifer types based on location, lithology, redox (based on redox-sensitive elements O₂ or NO₃), pH, and organic content (based on NVOC). Using different data-selection criteria results in different number of classified intakes and different spatial representativity. This classification is important because it is the first limiting step of the workflow. Thus, the larger the number of intakes that can be classified, the better.

Initially, the methodology test was done for 3 different combinations of criteria (cases 1-3). At the work-meeting on 6th March 2020, it was decided to relax the condition “complete sample” and at the same time to restrict the sampling period. Thus, the rest of the Cases (4-11) were formulated and tested (see Table below).

Cases	Period	Type	Classification	Intakes (n)	Wells (n)	Intakes (%)
GVF-Intake link (input file)	-	-	nbl_unit	15040	13767	-
GRUMO & BK intakes	-	-	nbl_unit	7683	7291	100.0
Case 1	1990-2018	complete	all ¹	1835	1743	23.9
Case 2	1990-2018	complete	nbl_unit + pH + O ₂	1920	1920	25.0
Case 3	1992-2018	complete	nbl_unit + pH + NO ₃	5954	5588	77.5
Case 4	2014-2018	Latest	nbl_unit + pH + NO ₃ + NVOC	4926	4639	64.1
Case 5	2014-2018	Latest	nbl_unit + pH + O ₂	985	939	12.8
Case 6	2014-2018	Latest	nbl_unit + pH + O ₂ + NVOC	984	939	12.8
Case 7	2014-2018	Mean	nbl_unit + pH + NO ₃ + NVOC	4927	4640	64.1
Case 8	2014-2018	Mean	nbl_unit + pH + O ₂	986	940	12.8
Case 9	2014-2018	Mean	nbl_unit + pH + O ₂ + NVOC	985	940	12.8
Case 10	2009-2018	Mean	nbl_unit + pH + NO₃ + NVOC	5673	5357	73.8
Case 11	2009-2018	Mean	nbl_unit + pH + O ₂ + NVOC	1871	1823	24.4

Type is “complete” if a complete sample was used (sample containing all necessary parameters, e.g. for Case 2 this is pH and O₂, for Case 3 it is pH and NO₃); “latest” is if only the latest analysis within a specific period was used (latest sampling for each parameter may differ); “mean” is for the cases when and arithmetic average was calculated over a specific period.

We focused our discussions on Case 4, 7, 10 since these had >60% of the intakes classified. We also looked at Case 11, because from all the new Cases with O₂, it had the highest percent of classified intakes (24.4%).

Maps and overview tables for these cases are presented in **Appendix 1**.

Note that the period selected here is only used for the classification of the intakes, because of the pH, NO₃, O₂, and NVOC data-limitations.

→ **Case 10** was selected as the most appropriate.

The documentation continues with details only for this case.

Extract field pH data from source files 2 &3

- keep fields *BORID*, *INDTNR*, *PROVEID*, *ph_F*
- filter based on *PROVAAR*, so the dataset includes only samples from the period 2009-2018 (incl.);

¹ all includes pH, O₂, NO₃, and NVOC

- keep only complete cases (exclude samples without pH analyses)

Append the two pH subsets (BK and GRUMO) into one

Quality check the pH data

- remove duplicates, if any;
- remove erroneous data, keep only pH values >0 and <10
- plot Empirical Cumulative Density Function for pH (see **Appendix 2**)
- check for outliers based on the ECDF -> no obvious outliers

Calculate mean pH for each intake

Extract the O₂, NO₃, and NVOC from source files 3 & 4

- filter based on *PROEVE_AAR*, so the dataset includes only samples from the period 2009-2018 (incl.);
- retain only the necessary chemical data (*X0251_Oxygen.indhold_A*, *X0251_Oxygen.indhold*, *X1176_Nitrat_A*, *X1176_Nitrat*, *X0380_Carbon.org.NVOC_A*, *X0380_Carbon.org.NVOC*)

Append the two subsets (BK and GRUMO) into one

Quality check the NO₃ data

- remove duplicates, if any;
- keep only samples with attribute " " and "<" (excludes all other flags)
- keep only NO₃ concentrations > 0 mg/l (removes errors)
- plot Empirical Cumulative Density Function for NO₃ (see **Appendix 2**)
- check for outliers based on the ECDF -> no obvious outliers for NO₃

Quality check the NVOC data

Same steps as for NO₃

- check for outliers based on the ECDF -> there may be potentially 3 outliers, for two intakes, but the samples have been approved (according to online Jupiter) (see Appendix 2)

Calculate mean NO₃ and mean NVOC

Join all subsets together

- Check for duplicates due to join -> no duplicates

There are in total 5673 unique intakes for 5357wells.

<u>nbl_unit</u>	<u>intakes (n)</u>
dkm_ks	43
dkmb_uu	91
dkmf_kalk	73
dkmf_ks	546

nbl_unit	intakes (n)
dkmj_kalk	484
dkmj_ks	1856
dkmj_ps	534
dkms_kalk	1282
dkms_ks	764

- round the values for mean pH, NO₃, and NVOC before the classification

Classifying the intakes

The conditions were selected based on the specifics of the trace elements (pH, redox, and/or NVOC dependent behavior). The initial NVOC criterion was modified (from 5 mg/l to 3 mg/l) to reflect better the (spatial) distribution on NVOC concentrations in Denmark.

Each intake was classified first in the following three categories:

- pH type: "pH > 6" or "pH <= 6"
- NO₃ type: "NO₃ > 2 mg/l" or "NO₃ <= 2 mg/l"
- NVOC type: "NVOC > 3 mg/l" or "NVOC <= 3 mg/l"

After that, for each intake we combine the different classifications

Check number of intakes for the *nbl_pH_NO3_NVOC_type* (combines: geography, geology, pH, NO₃, and NVOC)

nbl_pH_NO3_NVOC_type	Intakes (n)
dkm_ks & pH <= 6 & NO ₃ <= 2 & NVOC <= 3	1
dkm_ks & pH <= 6 & NO ₃ <= 2 & NVOC > 3	9
dkm_ks & pH <= 6 & NO ₃ > 2 & NVOC > 3	2
dkm_ks & pH > 6 & NO ₃ <= 2 & NVOC <= 3	3
dkm_ks & pH > 6 & NO ₃ <= 2 & NVOC > 3	6
dkm_ks & pH > 6 & NO ₃ > 2 & NVOC <= 3	22
dkmb_uu & pH <= 6 & NO ₃ <= 2 & NVOC <= 3	1
dkmb_uu & pH <= 6 & NO ₃ > 2 & NVOC <= 3	1
dkmb_uu & pH > 6 & NO ₃ <= 2 & NVOC <= 3	65
dkmb_uu & pH > 6 & NO ₃ <= 2 & NVOC > 3	1
dkmb_uu & pH > 6 & NO ₃ > 2 & NVOC <= 3	21
dkmb_uu & pH > 6 & NO ₃ > 2 & NVOC > 3	2
dkmf_kalk & pH > 6 & NO ₃ <= 2 & NVOC <= 3	60
dkmf_kalk & pH > 6 & NO ₃ <= 2 & NVOC > 3	9
dkmf_kalk & pH > 6 & NO ₃ > 2 & NVOC <= 3	3
dkmf_kalk & pH > 6 & NO ₃ > 2 & NVOC > 3	1
dkmf_ks & pH > 6 & NO ₃ <= 2 & NVOC <= 3	425
dkmf_ks & pH > 6 & NO ₃ <= 2 & NVOC > 3	60

nbl_pH_NO3_NVOC_type	Intakes (n)
dkmf_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3	56
dkmf_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC > 3	5
dkmj_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3	246
dkmj_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3	7
dkmj_kalk & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3	226
dkmj_kalk & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC > 3	5
dkmj_ks & pH <= 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3	26
dkmj_ks & pH <= 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3	7
dkmj_ks & pH <= 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3	113
dkmj_ks & pH <= 6 & NO3 > 2 & NVOC > 3	20
dkmj_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3	1152
dkmj_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3	114
dkmj_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3	406
dkmj_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC > 3	18
dkmj_ps & pH <= 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3	25
dkmj_ps & pH <= 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3	2
dkmj_ps & pH <= 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3	31
dkmj_ps & pH <= 6 & NO3 > 2 & NVOC > 3	2
dkmj_ps & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3	442
dkmj_ps & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3	6
dkmj_ps & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3	26
dkms_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3	916
dkms_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3	260
dkms_kalk & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3	102
dkms_kalk & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC > 3	4
dkms_ks & pH <= 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3	1
dkms_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3	441
dkms_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3	174
dkms_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3	136
dkms_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC > 3	12

Save the dataset with the classified GRUMO and BK intakes (File: "case10_classified_BK_GRUMO_intakes_10y_mean_revised_NVOC.csv")

The dataset contains 5673 intakes and the following 21 variables:

Column name	Data type	Description
BORID	int	Unique ID for each well (used as key together with IND TNR)
IND TNR	int	Unique ID for each intake (used as key together with BORID)
DGUNR	chr	Unique well label (used for online checks only)
XUTM32EUREF89	num	X coordinate of the well
YUTM32EUREF89	num	Y coordinate of the well
IND TTOP	num	Intake top

INDTBUND	num	Intake bottom
GVFOREKOM	chr	Unique ID for groundwater bodies
geology	chr	Type of geology (extracted from GVFOREKOM)
geography	chr	Geographical location
nbl_unit	chr	Label combining geography and geology
pH_mean10y	num	10-year mean of pH for each intake (-)
mean_NVOC_10y	num	10-year mean of NVOC (mg/l) for each intake
mean_NO3_10y	num	10-year mean of NO ₃ (mg/l) for each intake
pH_type	chr	Intake classification based on pH
NO3_type	chr	Intake classification based on NO ₃
NVOC_type	chr	Intake classification based on NVOC
pH_NO3_type	chr	Intake classification based on both pH and NO ₃
pH_NO3_NVOC_type	chr	Intake classification based on both NO ₃ and NVOC
nbl_pH_NO3_type	chr	Intake classification based on nbl_unit, pH, and NO ₃
nbl_pH_NO3_NVOC_type	chr	Intake classification based on nbl_unit, pH, NO ₃ , and NVOC

End of Part 1 (Last update of R Mrakdown by DV: 2020-04-28 09:51:29)

Part 2: trace elements data preparation

Part 2 of the workflow was revised, because the following changes had to be introduced:

- The elements Cr(tot), Zn, and Cu were added to the list (previously only Al, As, Cd, Hg, Ni, and Pb, and Cr(6+), which could not be used, as there was too few data-points)
- The TV for Vandplan 3 are used here (in the first version BEK 1001 values were used).
- The exclusion of high detection limits is changed, due to the changes in the TV. We follow the rule from “Analysekvalitetskravdirektivet, artikel 4 stk 1”:

“Medlemsstaterne stiller som mindstekrav til alle anvendte analysemetoder, at deres måleusikkerhed er højst 50 % (k = 2) ved værdien af det pågældende miljøkvalitetskrav, og at deres kvantifikationsgrænse er 30 % af værdien af det pågældende miljøkvalitetskrav eller lavere.”

Thus, the limit of quantification (QL) should be equal to or lower than 30% of the TVs. Here are the TVs we work with in the Vandplan 3:

TV	Al	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
BEK 1001 (µg/l)	100	5	2	-	-	1	20	5	-
Vandplan 3 (µg/l)	100	5	0.5	25	100	0.1	10	1	100

This part includes all necessary data pre-treatment and quality checks.

Samples with measured values < DL will be substituted with 1.5DL (this is = 0.5QL, where QL=3DL), where DL is the sample-specific detection limit

Loading the output from Part 1 and source files 3 & 4

Keep only the information we need (both GRUMO and BK datasets)

- Intake identification: BORID & INDNR (used as key for linking with the classification)
- Sample info: year, date, ID
- Chemical analysis info, 1st version:
 - Al attribute and concentration: *X1501_Aluminium_A, X1501_Aluminium*
 - As attribute and concentration: *X1511_Arsen_A, X1511_Arsen*
 - Pb attribute and concentration: *X1531_Bly_A, X1531_Bly*
 - Cd attribute and concentration: *X1546_Cadmium_A, X1546_Cadmium*
 - Hg attribute and concentration: *X2071_Kviksølv_A, X2071_Kviksølv*
 - Ni attribute and concentration: *X2101_Nikkel_A, X2101_Nikkel*
 - Cr(6+) is not retained in the dataset, because there were no analyses in the GRUMO dataset & only 19 analyses in the BK dataset. Thus, not enough data.

Edit: After a skype meeting on 22 June 2020 (VE, LTS, MRN from MST), the chemical analyses for Cu, Zn, and Cr(tot) were to be added to the NBV assessment. So, the following are also added:

- Cr(tot) attribute and concentration: *X2002_Chrom_A, X2002_Chrom*
- Cu attribute and concentration: *X2061_Kobber_A, X2061_Kobber*
- Zn attribute and concentration: *X2251_Zink_A, X2251_Zink*

Filter the period

- keep only samples taken in the period 2000-2018 (incl.), as stipulated in the PID “Metode for vurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand for sporstoffer og nye vurderinger af forekomsternes tilstand fsva sporstoffer” from 29 May 2020 (p. 8):
“Eftersom der er tale om naturlige baggrundsværdier, forventes det ikke, at disse ændrer sig væsentligt over en kortere årrække, og for at opnå det bedst mulige datagrundlag anvendes analysedata fra perioden 2000-2018 fra GRUMO og vandforsyningsboringer fra de standardiserede udtræk til GRUMO-rapporteringen.”
- used field: *PROEVE_AAR*

Append the GRUMO and BK datasets and exclude duplicates

Join with the classified intakes (*intakes*) with the trace elements data (*chem*)

- retain only analyses that are associated with classified intakes
- export the file, if someone needs to see the samples before the clean-up

Split the dataset into subsets for each of the trace elements

The rest of the workflow (Part 2) is done for each trace element separately

Keep only essential fields

- Exclude the rest of the chemical elements (variables), e.g. the subset about Al has only the Al attribute and concentration from the chemical analysis info, the rest of the elements are removed;
- This is done so we can keep the max amount of samples in the cleaning procedures, so clean-up for one element doesn't affect the rest of the elements.

Exclude samples with NA for the specific element (keep only actual analyses)

Samples below the detection limit (DL)

- Check the detection limits present in each subset (attribute "<"); Because we are substituting the samples <DL with 1.5*DL, first we evaluated if we need to exclude samples <DL because of high DL (high DL is indicative for low-precision of the lab. method, and in the substitution will introduce bias in the dataset). (See Appendix 1)
- Detection limits to exclude (samples <DL are removed):
 - Al: everything > 7 ug/l (e.g. 20, 100 ug/l)
 - As: everything > 0.5 ug/l (e.g. 1, 2, and 7 ug/l)
 - Cd: 0 (error) and everything > 0.04 ug/l (e.g. 0.1, 0.15, 0.2, 0.3, 0.5 ug/l)
 - Hg: 0 (error) and everything > 0.01 ug/l (e.g. 0.04, 0.05, 0.2, 0.1 ug/l)
 - Ni: everything > 1 ug/l (e.g. 2, 3, 4, 5 ug/l)
 - Pb: 0 (error) and everything > 0.1 ug/l (0.2, 0.4, 1, 1.5, 2, 3, 4, 5 ug/l)
 - Cu: 0 (error), no need to exclude DL since max DL = 10 ug/l (QL = 30 = 3*TV)
 - Cr: no need to exclude DL since max DL = 2 ug/l (QL = 6 < 7.5 = 3*TV)
 - Zn: everything above 10 ug/l (e.g. 50 ug/l)
- Next to 0 DL, we also exclude the rest of the 0 values from this dataset (=0, but not <DL):
 - Hg: 1 such sample
 - Ni: 1 such sample
- Overview of the dataset before and after the sample-removals

	Al	As	Cd	Hg	Ni	Pb	Cu	Cr	Zn
All samples (n)	8023	26575	7886	836	30496	7903	7453	2094	7932
Samples < DL (n)	1095	1488	2973	562	5950	3454	1408	857	1213
Removed < DL & 0s (n)	34	133	85	64	1698	111	1	0	7
Removed samples (%)	0.42	0.5	1.08	7.66	5.57	1.4	0.01	0	0.09
All after removal (n)	7989	26442	7801	772	28798	7792	7452	2094	7925
< DL after removal (n)	1061	1355	2888	499	4253	3343	1407	857	1206
< DL after removal (%)	13.3	5.1	37	64.6	14.8	42.9	18.9	40.9	15.2

- Substitute < DL with 1.5*DL

Aggregation for each element for each intake

- First calculate annual means (arithmetic mean of all samples taken within a specific year)
- Then, calculate mean of the annual means (MAM), so for each intake we have one value for each element

- Join the MAM values to the classified intakes info (*intakes*) (intakes that had no trace elements data have no MAM calculated, i.e. there is missing value)

Save files (export as .csv)

All six subsets contain 5673 intakes, however there are missing values for the intakes which had no trace elements data. There are 23 variables/columns, but only two are three (the rest are the same as in the output from Part 1, see description there):

Column name	Data type	Description
For Al_cLean:		
Al_MAM	num	Mean of the annual mean for Al for each intake
n_years	int	Number of years with data for Al ²
For As_cLean:		
As_MAM	num	Mean of the annual mean for As for each intake
n_years	int	Number of years with data for As ³
For Cd_cLean:		
Cd_MAM	num	Mean of the annual mean for Cd for each intake
n_years	int	Number of years with data for Cd ⁴
For Hg_cLean:		
Hg_MAM	num	Mean of the annual mean for Hg for each intake
n_years	int	Number of years with data for Hg ⁵
For Ni_cLean:		
Ni_MAM	num	Mean of the annual mean for Ni for each intake
n_years	int	Number of years with data for Ni ⁶
For Pb_cLean:		
Pb_MAM	num	Mean of the annual mean for Pb for each intake
n_years	int	Number of years with data for Pb ⁷
For Cu_cLean:		
Cu_MAM	num	Mean of the annual mean for Cu for each intake

² shows how many values were used to calculate Al_MAM; can be used to evaluate the uncertainty for individual intakes

³ shows how many values were used to calculate As_MAM; can be used to evaluate the uncertainty for individual intakes

⁴ shows how many values were used to calculate Cd_MAM; can be used to evaluate the uncertainty for individual intakes

⁵ shows how many values were used to calculate Hg_MAM; can be used to evaluate the uncertainty for individual intakes

⁶ shows how many values were used to calculate Ni_MAM; can be used to evaluate the uncertainty for individual intakes

⁷ shows how many values were used to calculate Pb_MAM; can be used to evaluate the uncertainty for individual intakes

Column name	Data type	Description
n_years	int	Number of years with data for Cu ⁸
For Cr_cLean:		
Cr_MAM	num	Mean of the annual mean for Cr for each intake
n_years	int	Number of years with data for Cr ⁹
For Zn_cLean:		
Zn_MAM	num	Mean of the annual mean for Zn for each intake
n_years	int	Number of years with data for Zn ¹⁰

Note: there was no outlier removal in this part

If after **Part 3** it is found that it is crucial to remove an outlier, Part 2 should be revised. First the sample(s) should be removed (manually or by setting a criteria), and then the MAM should be re-calculated.

Identifying samples as “outliers” due to high concentrations is, however, debatable:

- Here we only work with BK and GRUMO intakes (all other wells, which are potentially polluted are not included in the work), thus all known polluted known sites are already excluded.
- Extreme values (very high concentrations) are not necessarily errors. If error is identified, it must be removed. For the rest of the “extreme” concentrations, first we have to define what is a “pollution level”, or to introduce a criterion that distinguishes *in an objective way* what is an outlier; Such criteria has not been set (status: 2020-06-26).
- Single extreme value has no major impact on the 90th percentile calculation, when there is large enough dataset (e.g. for small datasets, single high value will have an impact)

Based on this, and the fact that we must complete this work ASAP, I have continued with Part 3 *without* removing any other samples, except for the ones excluded in the QA/QC procedures described above.

End of Part 2 (Last update of R Mardown by DV: 2020-06-26 12:02:40)

⁸ shows how many values were used to calculate Cu_MAM; can be used to evaluate the uncertainty for individual intakes

⁹ shows how many values were used to calculate Cr_MAM; can be used to evaluate the uncertainty for individual intakes

¹⁰ shows how many values were used to calculate Zn_MAM; can be used to evaluate the uncertainty for individual intakes

Part 3: calculation of 90th percentile and data-visualization

Part 3 was revised from the previous version (2020-06-26) because the geochemical classes were re-formulated, based on the relevant parameters were provided by VE on 1 July 2020, see table below:

Trace element	pH	Redox (NO3)	Organic matter (NVOC)
Aluminium (Al)	x		
Arsen (As)	x	x	
Cadmium (Cd)	x	x	
Kviksølv (Hg)			x
Nikkel (Ni)	x	x	
Bly (Pb)		x	
Kobber (Cu)	x	x	
Krom (Cr)		x	
Zink (Zn)	x	x	

The 90th percentile (NBV) are re-calculated for the element-specific well classifications, as described in the table above. As before, they were calculated only for the classes with 20 or more intakes. It is possible to restrict further the number of intakes afterwards (by deleting)

Loading the output from Part 2 (element-specific files with MAM values for each classified intake)

Prepare the new classes where needed and save the revised files (some are already present as a combination in the datasets)

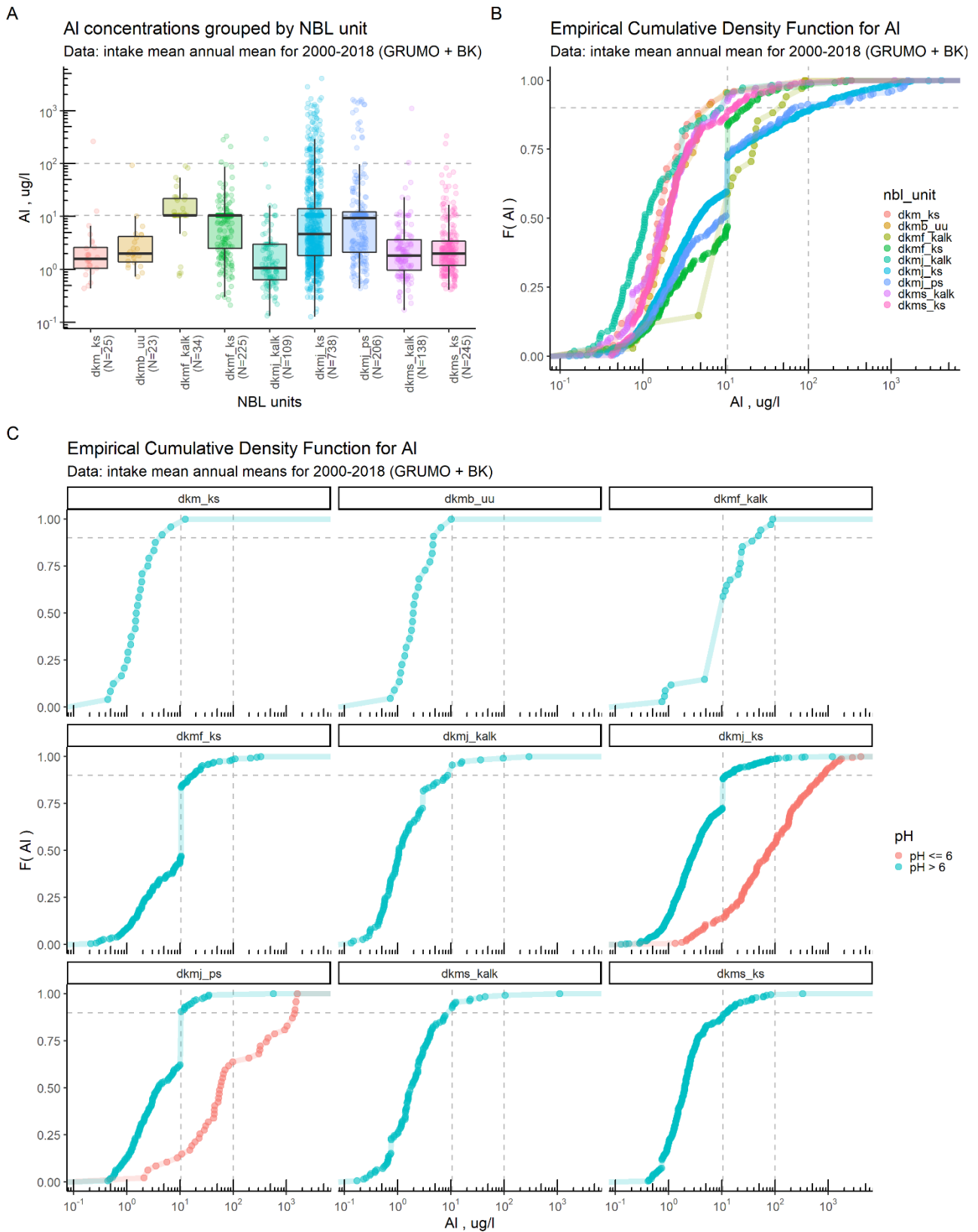
For As, Cd, Ni, Cu, and Zn there is no need to add new variables to the dataset, because there is already *nbl_ph_type*. The files for Al, Hg, Pb, Cr were updated, so the new variables are added (respectively: *nbl_ph*, *nbl_NVOC*, and *nbl_NO3*).

90th percentile for Aluminium (Al)

nbl_pH	Al intakes (n)	Al_nbl
dkm_ks & pH <= 6	1	
dkm_ks & pH > 6	24	4.24
dkmb_uu & pH <= 6	1	
dkmb_uu & pH > 6	22	4.69
dkmf_kalk & pH > 6	34	45.05
dkmf_ks & pH > 6	225	17.75
dkmj_kalk & pH > 6	109	9.06
dkmj_ks & pH <= 6	160	764.61
dkmj_ks & pH > 6	578	12.05
dkmj_ps & pH <= 6	47	1420.00
dkmj_ps & pH > 6	159	10.50
dkms_kalk & pH > 6	138	10.50
dkms_ks & pH <= 6	1	
dkms_ks & pH > 6	244	12.26

Preparing figures for Al

Exporting a png file for Al

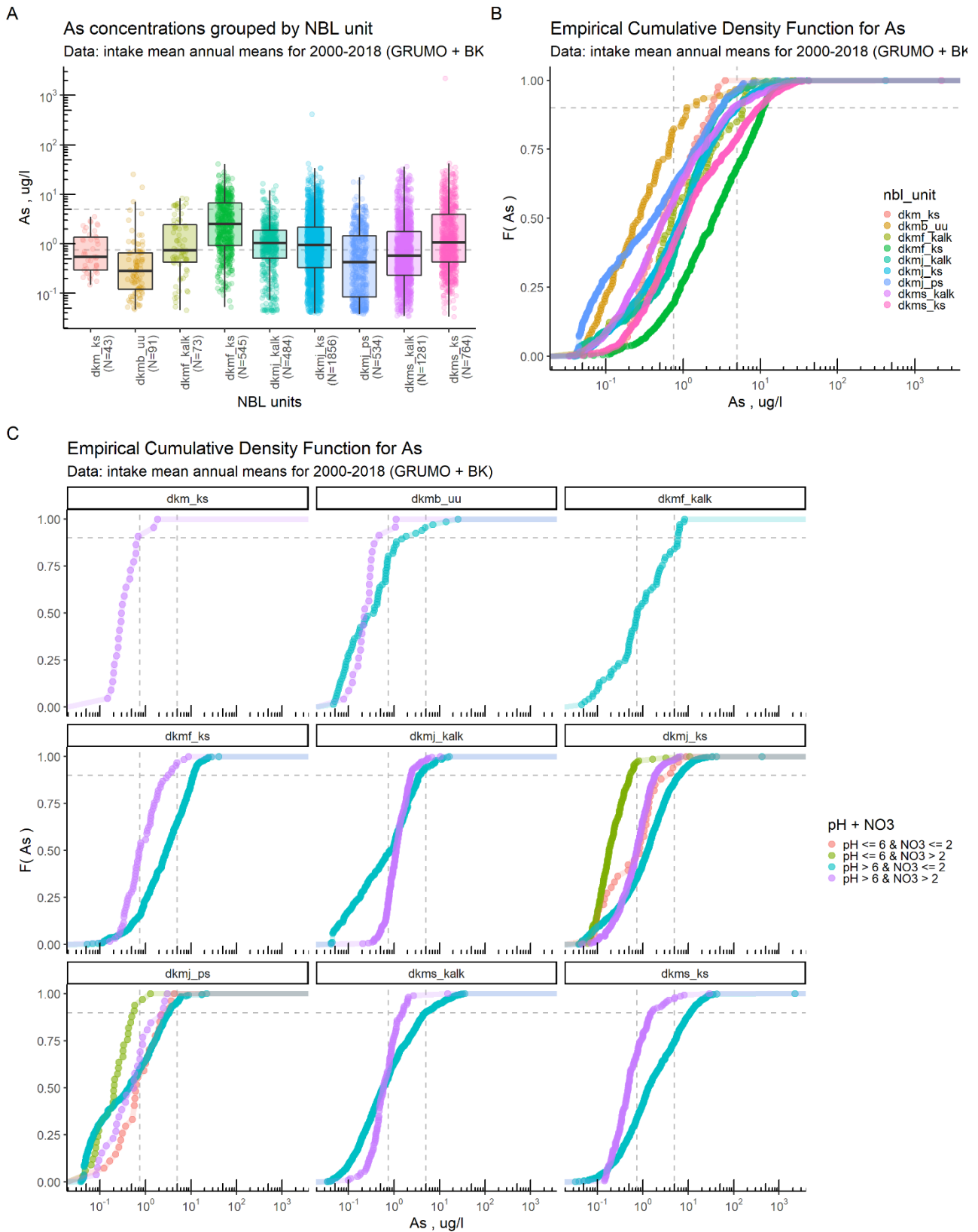


90th percentile for Arsen (As)

nbl_pH_NO3_type	As_n	As_nbl
dkm_ks & pH <= 6 & NO3 <= 2	10	
dkm_ks & pH <= 6 & NO3 > 2	2	
dkm_ks & pH > 6 & NO3 <= 2	9	
dkm_ks & pH > 6 & NO3 > 2	22	0.68
dkmb_uu & pH <= 6 & NO3 <= 2	1	
dkmb_uu & pH <= 6 & NO3 > 2	1	
dkmb_uu & pH > 6 & NO3 <= 2	66	1.66
dkmb_uu & pH > 6 & NO3 > 2	23	0.45
dkmf_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2	69	5.93
dkmf_kalk & pH > 6 & NO3 > 2	4	
dkmf_ks & pH > 6 & NO3 <= 2	484	11.42
dkmf_ks & pH > 6 & NO3 > 2	61	3.17
dkmj_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2	253	3.52
dkmj_kalk & pH > 6 & NO3 > 2	231	2.32
dkmj_ks & pH <= 6 & NO3 <= 2	33	3.74
dkmj_ks & pH <= 6 & NO3 > 2	133	0.53
dkmj_ks & pH > 6 & NO3 <= 2	1266	6.38
dkmj_ks & pH > 6 & NO3 > 2	424	1.85
dkmj_ps & pH <= 6 & NO3 <= 2	27	2.68
dkmj_ps & pH <= 6 & NO3 > 2	33	0.55
dkmj_ps & pH > 6 & NO3 <= 2	448	3.31
dkmj_ps & pH > 6 & NO3 > 2	26	2.31
dkms_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2	1175	4.89
dkms_kalk & pH > 6 & NO3 > 2	106	1.55
dkms_ks & pH <= 6 & NO3 <= 2	1	
dkms_ks & pH > 6 & NO3 <= 2	615	11.18
dkms_ks & pH > 6 & NO3 > 2	148	1.54

Preparing figures for As

Exporting As figures

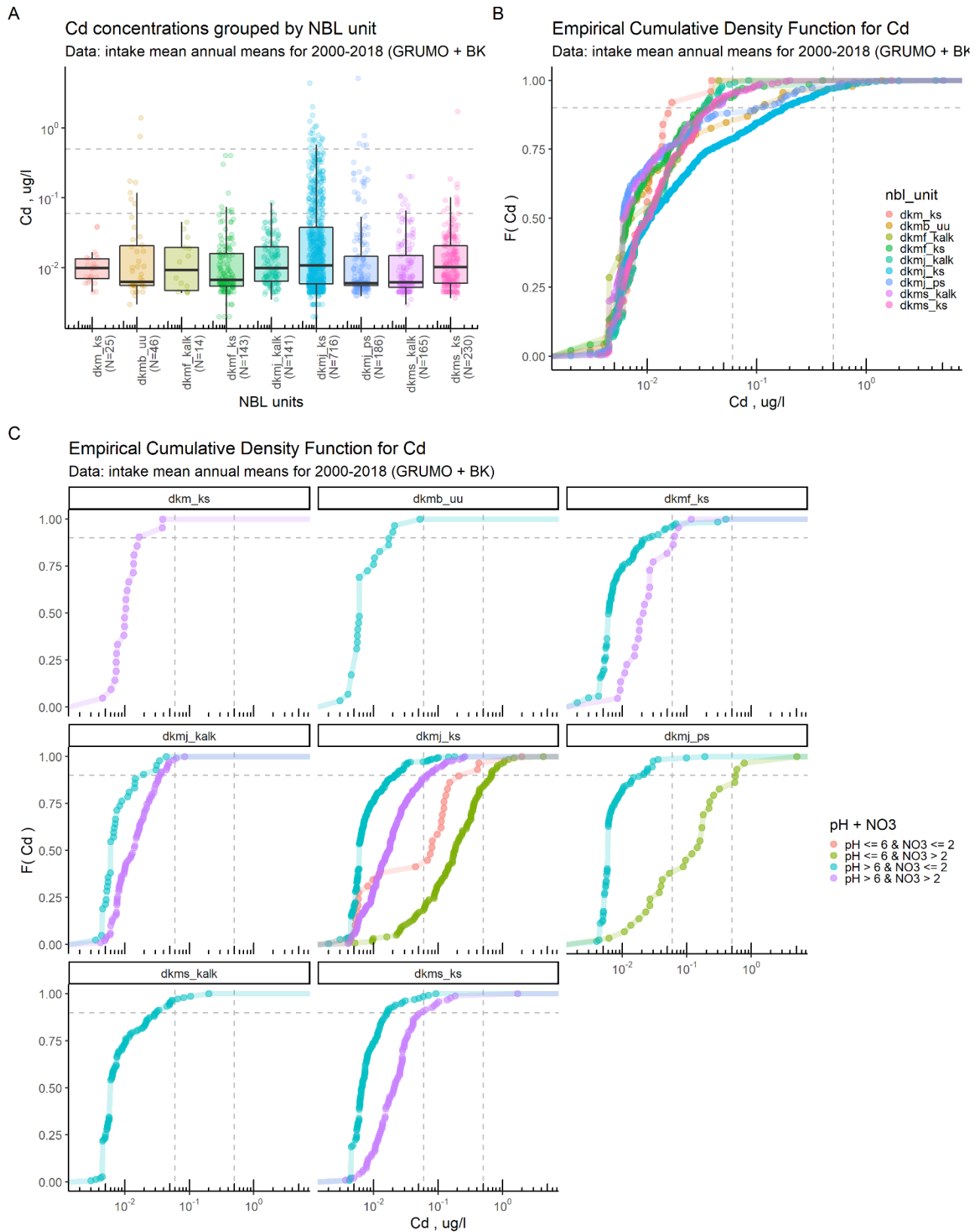


90th percentile for Cadmium (Cd)

nbl_pH_NO3_type	Cd_n	Cd_nbl
dkm_ks & pH <= 6 & NO3 <= 2	1	
dkm_ks & pH <= 6 & NO3 > 2	0	
dkm_ks & pH > 6 & NO3 <= 2	3	
dkm_ks & pH > 6 & NO3 > 2	21	0.017
dkmb_uu & pH <= 6 & NO3 <= 2	1	
dkmb_uu & pH <= 6 & NO3 > 2	1	
dkmb_uu & pH > 6 & NO3 <= 2	29	0.018
dkmb_uu & pH > 6 & NO3 > 2	15	
dkmf_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2	11	
dkmf_kalk & pH > 6 & NO3 > 2	3	
dkmf_ks & pH > 6 & NO3 <= 2	121	0.026
dkmf_ks & pH > 6 & NO3 > 2	22	0.064
dkmj_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2	42	0.019
dkmj_kalk & pH > 6 & NO3 > 2	99	0.036
dkmj_ks & pH <= 6 & NO3 <= 2	29	0.248
dkmj_ks & pH <= 6 & NO3 > 2	122	0.675
dkmj_ks & pH > 6 & NO3 <= 2	358	0.021
dkmj_ks & pH > 6 & NO3 > 2	207	0.068
dkmj_ps & pH <= 6 & NO3 <= 2	18	
dkmj_ps & pH <= 6 & NO3 > 2	29	0.571
dkmj_ps & pH > 6 & NO3 <= 2	124	0.020
dkmj_ps & pH > 6 & NO3 > 2	15	
dkms_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2	151	0.031
dkms_kalk & pH > 6 & NO3 > 2	14	
dkms_ks & pH <= 6 & NO3 <= 2	1	
dkms_ks & pH > 6 & NO3 <= 2	134	0.016
dkms_ks & pH > 6 & NO3 > 2	95	0.055

Preparing figures for Cd

Exporting Cd figures

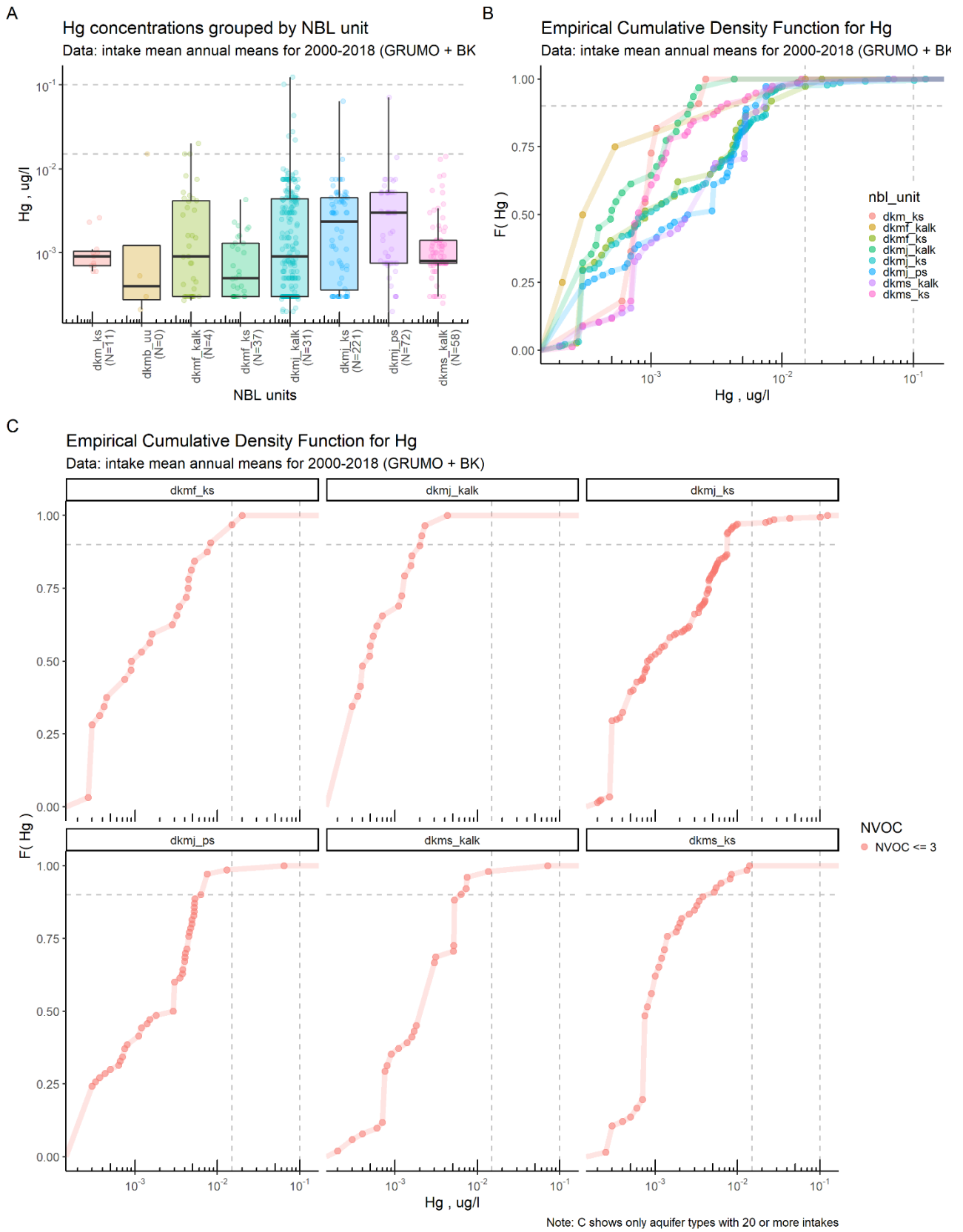


90th percentile for Kviksølv (Hg)

nbl_NVOC	Hg_n	Hg_nbl
dkm_ks & NVOC <= 3	11	
dkmf_kalk & NVOC <= 3	3	
dkmf_kalk & NVOC > 3	1	
dkmf_ks & NVOC <= 3	32	0.0082
dkmf_ks & NVOC > 3	5	
dkmj_kalk & NVOC <= 3	29	0.0020
dkmj_kalk & NVOC > 3	2	
dkmj_ks & NVOC <= 3	210	0.0075
dkmj_ks & NVOC > 3	11	
dkmj_ps & NVOC <= 3	70	0.0064
dkmj_ps & NVOC > 3	2	
dkms_kalk & NVOC <= 3	51	0.0063
dkms_kalk & NVOC > 3	7	
dkms_ks & NVOC <= 3	66	0.0045
dkms_ks & NVOC > 3	11	

Preparing Hg figures

Exporting Hg figures

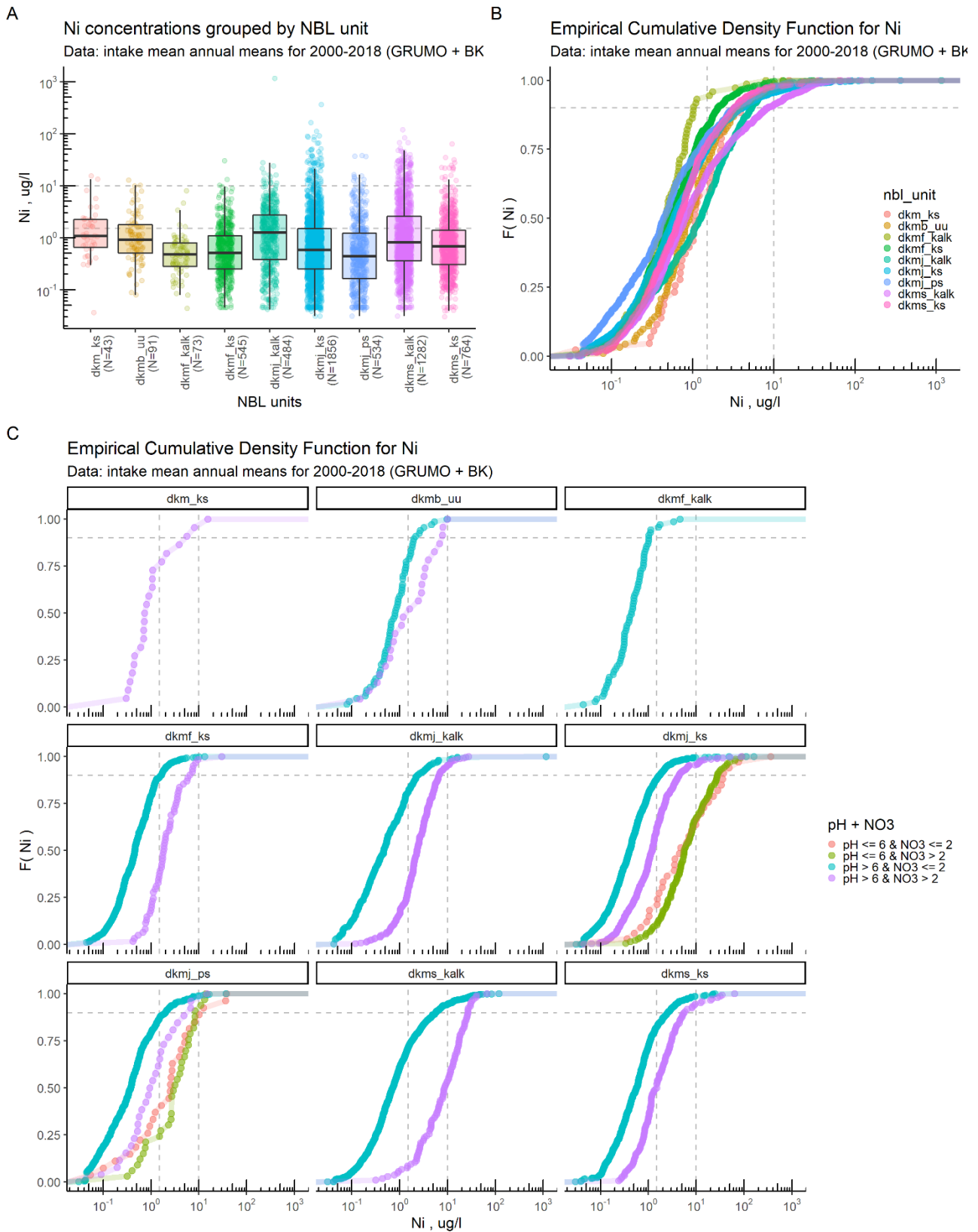


90th percentile for Nikkel (Ni)

nbl_pH_NO3_type	Ni_n	Ni_nbl
dkm_ks & pH <= 6 & NO3 <= 2	10	
dkm_ks & pH <= 6 & NO3 > 2	2	
dkm_ks & pH > 6 & NO3 <= 2	9	
dkm_ks & pH > 6 & NO3 > 2	22	5.45
dkmb_uu & pH <= 6 & NO3 <= 2	1	
dkmb_uu & pH <= 6 & NO3 > 2	1	
dkmb_uu & pH > 6 & NO3 <= 2	66	2.06
dkmb_uu & pH > 6 & NO3 > 2	23	7.59
dkmf_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2	69	1.02
dkmf_kalk & pH > 6 & NO3 > 2	4	
dkmf_ks & pH > 6 & NO3 <= 2	484	1.64
dkmf_ks & pH > 6 & NO3 > 2	61	6.49
dkmj_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2	253	2.36
dkmj_kalk & pH > 6 & NO3 > 2	231	6.62
dkmj_ks & pH <= 6 & NO3 <= 2	33	36.79
dkmj_ks & pH <= 6 & NO3 > 2	133	27.78
dkmj_ks & pH > 6 & NO3 <= 2	1266	1.72
dkmj_ks & pH > 6 & NO3 > 2	424	4.38
dkmj_ps & pH <= 6 & NO3 <= 2	27	11.09
dkmj_ps & pH <= 6 & NO3 > 2	33	8.28
dkmj_ps & pH > 6 & NO3 <= 2	448	2.00
dkmj_ps & pH > 6 & NO3 > 2	26	5.79
dkms_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2	1176	5.68
dkms_kalk & pH > 6 & NO3 > 2	106	26.60
dkms_ks & pH <= 6 & NO3 <= 2	1	
dkms_ks & pH > 6 & NO3 <= 2	615	2.53
dkms_ks & pH > 6 & NO3 > 2	148	5.54

Preparing figures for Ni

Exporting Ni figures

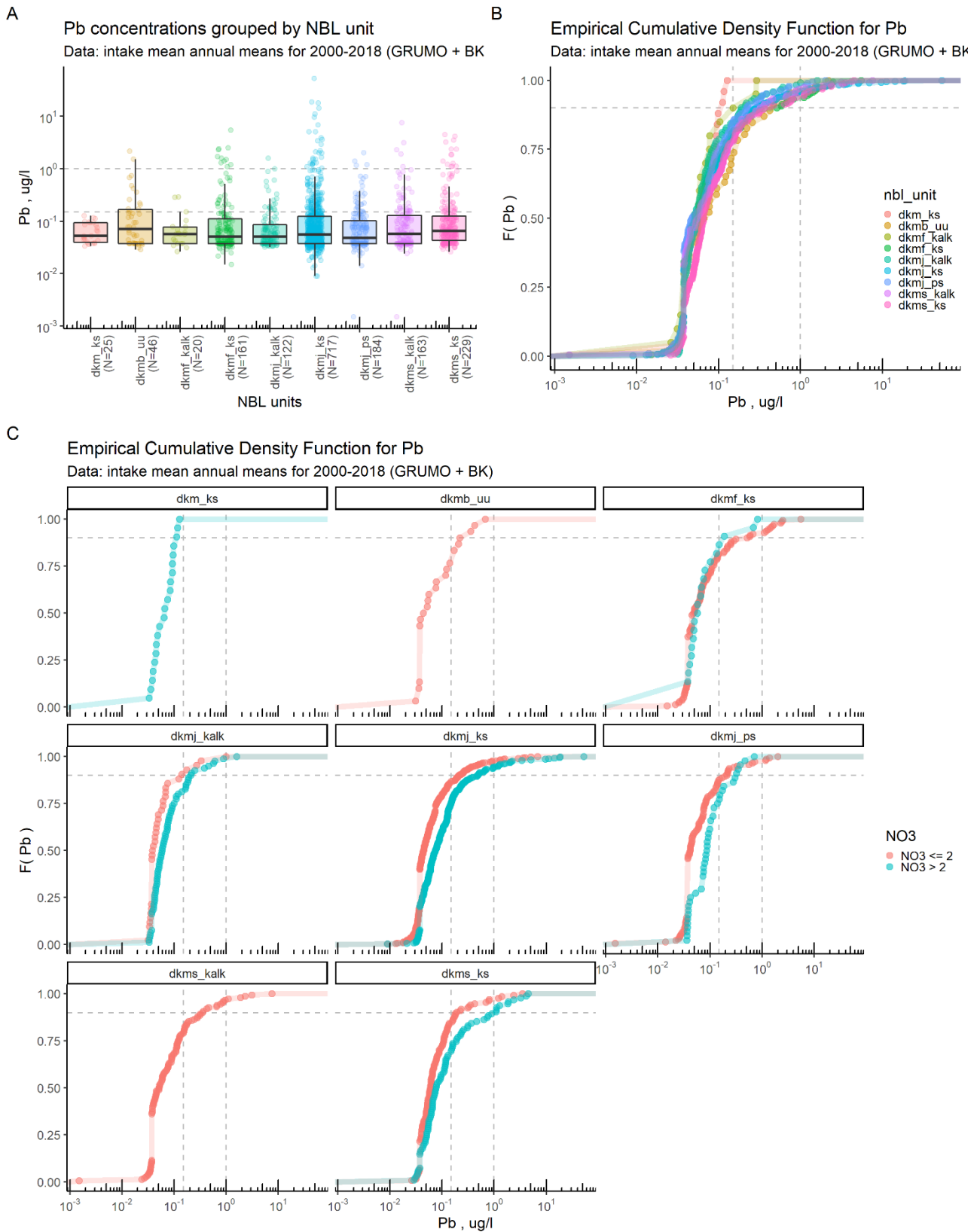


90th percentile for Bly (Pb)

nbl_NO3	Pb_n	Pb_nbl
dkm_ks & NO3 <= 2	4	
dkm_ks & NO3 > 2	21	0.11
dkmb_uu & NO3 <= 2	30	0.23
dkmb_uu & NO3 > 2	16	
dkmf_kalk & NO3 <= 2	17	
dkmf_kalk & NO3 > 2	3	
dkmf_ks & NO3 <= 2	139	0.53
dkmf_ks & NO3 > 2	22	0.19
dkmj_kalk & NO3 <= 2	42	0.14
dkmj_kalk & NO3 > 2	80	0.21
dkmj_ks & NO3 <= 2	390	0.21
dkmj_ks & NO3 > 2	327	0.49
dkmj_ps & NO3 <= 2	140	0.21
dkmj_ps & NO3 > 2	44	0.32
dkms_kalk & NO3 <= 2	149	0.35
dkms_kalk & NO3 > 2	14	
dkms_ks & NO3 <= 2	134	0.19
dkms_ks & NO3 > 2	95	1.02

Prepare Pb figures

Exporting Pb figures

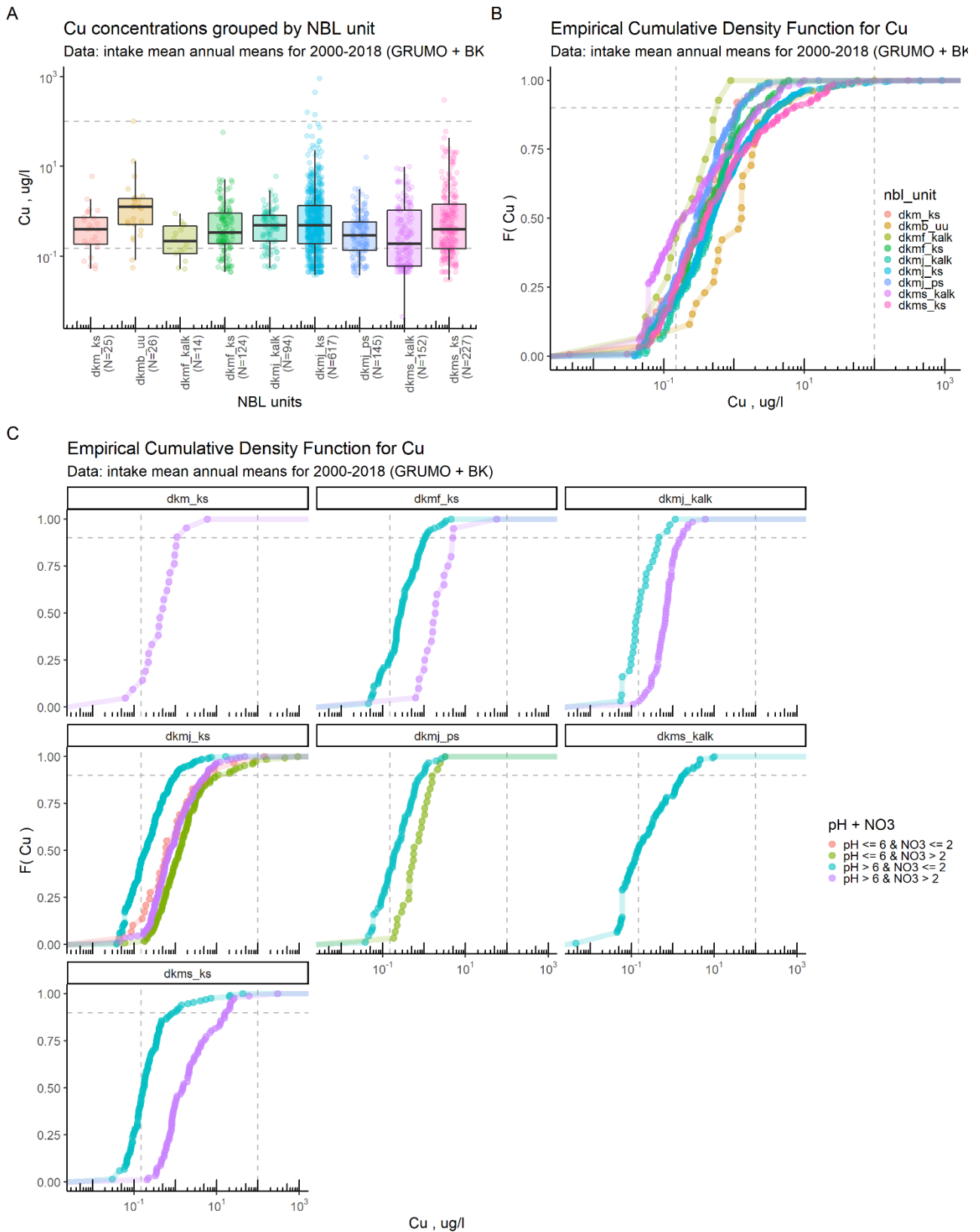


90th percentile for Kobber (Cu)

nbl_pH_NO3_type	Cu_n	Cu_nbl
dkm_ks & pH <= 6 & NO3 <= 2	1	
dkm_ks & pH <= 6 & NO3 > 2	0	
dkm_ks & pH > 6 & NO3 <= 2	3	
dkm_ks & pH > 6 & NO3 > 2	21	1.101
dkmb_uu & pH <= 6 & NO3 <= 2	0	
dkmb_uu & pH <= 6 & NO3 > 2	1	
dkmb_uu & pH > 6 & NO3 <= 2	11	
dkmb_uu & pH > 6 & NO3 > 2	14	
dkmf_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2	13	
dkmf_kalk & pH > 6 & NO3 > 2	1	
dkmf_ks & pH > 6 & NO3 <= 2	104	1.077
dkmf_ks & pH > 6 & NO3 > 2	20	4.968
dkmj_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2	31	0.452
dkmj_kalk & pH > 6 & NO3 > 2	63	1.640
dkmj_ks & pH <= 6 & NO3 <= 2	29	6.386
dkmj_ks & pH <= 6 & NO3 > 2	122	10.724
dkmj_ks & pH > 6 & NO3 <= 2	269	1.034
dkmj_ks & pH > 6 & NO3 > 2	197	5.896
dkmj_ps & pH <= 6 & NO3 <= 2	17	
dkmj_ps & pH <= 6 & NO3 > 2	29	1.672
dkmj_ps & pH > 6 & NO3 <= 2	88	0.881
dkmj_ps & pH > 6 & NO3 > 2	11	
dkms_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2	138	1.764
dkms_kalk & pH > 6 & NO3 > 2	14	
dkms_ks & pH <= 6 & NO3 <= 2	1	
dkms_ks & pH > 6 & NO3 <= 2	134	0.921
dkms_ks & pH > 6 & NO3 > 2	92	16.399

Prepare Cu figures

Exporting Cu figures

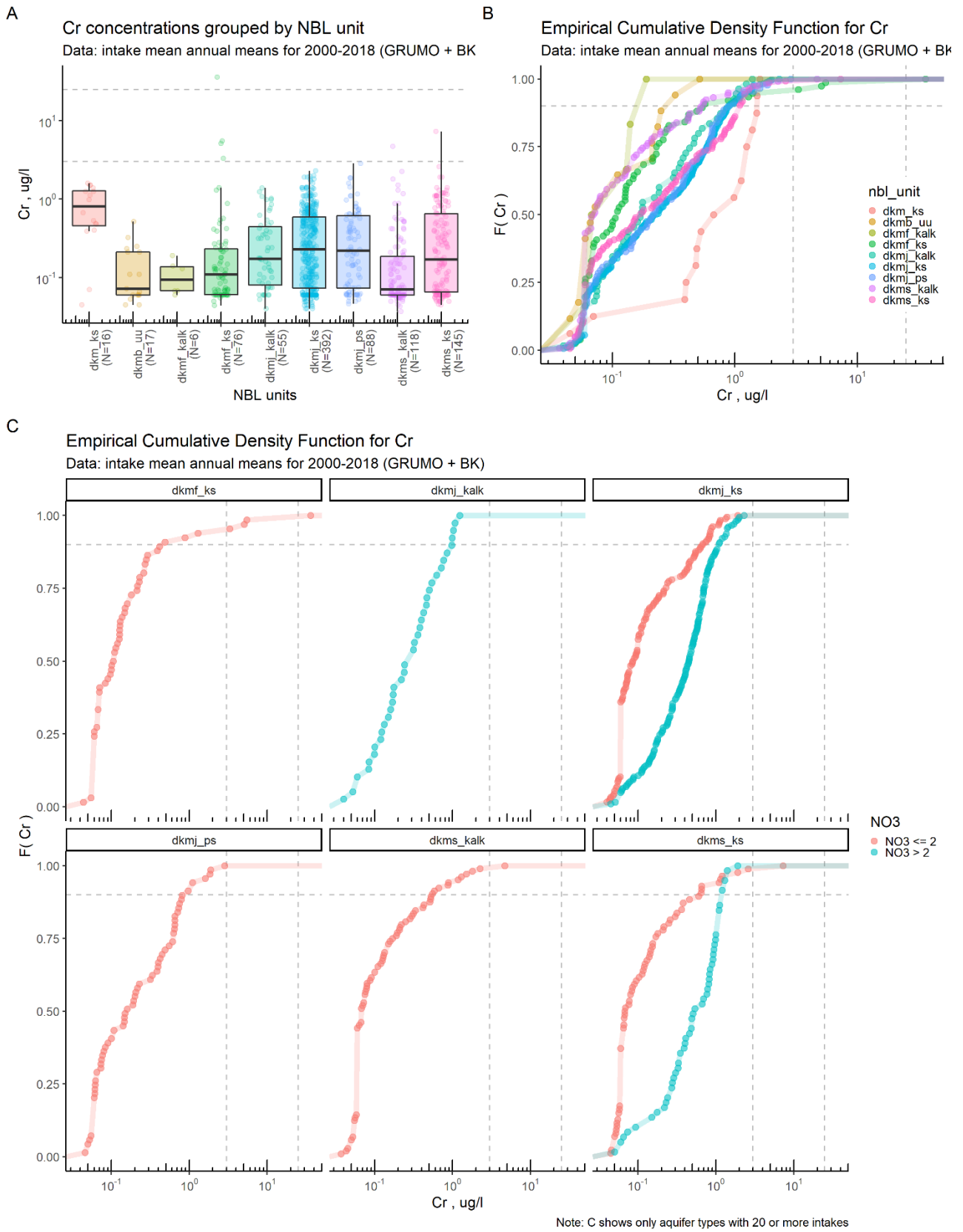


90th percentile for Krom (Cr)

nbl_NO3	Cr_n	Cr_nbl
dkm_ks & NO3 > 2	16	
dkmb_uu & NO3 <= 2	7	
dkmb_uu & NO3 > 2	10	
dkmf_kalk & NO3 <= 2	6	
dkmf_ks & NO3 <= 2	66	0.452
dkmf_ks & NO3 > 2	10	
dkmj_kalk & NO3 <= 2	16	
dkmj_kalk & NO3 > 2	39	0.981
dkmj_ks & NO3 <= 2	186	0.673
dkmj_ks & NO3 > 2	206	1.100
dkmj_ps & NO3 <= 2	69	0.842
dkmj_ps & NO3 > 2	19	
dkms_kalk & NO3 <= 2	104	0.546
dkms_kalk & NO3 > 2	14	
dkms_ks & NO3 <= 2	86	0.625
dkms_ks & NO3 > 2	59	1.200

Prepare Cr figures

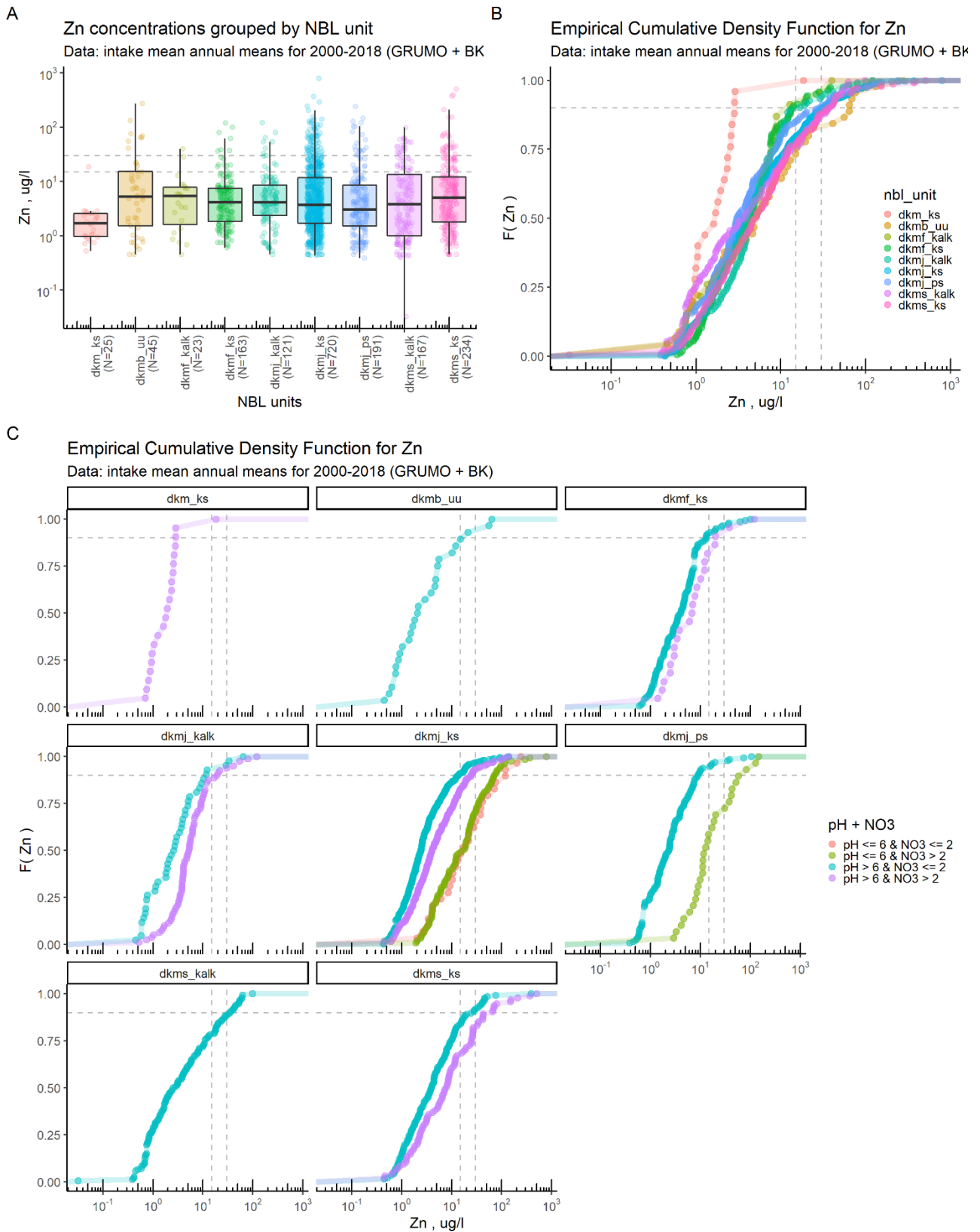
Exporting Cr figures



90th percentile for Zink (Zn)

nbl_pH_NO3_type	Zn_n	Zn_nbl
dkm_ks & pH <= 6 & NO3 <= 2	1	
dkm_ks & pH <= 6 & NO3 > 2	0	
dkm_ks & pH > 6 & NO3 <= 2	3	
dkm_ks & pH > 6 & NO3 > 2	21	2.86
dkmb_uu & pH <= 6 & NO3 <= 2	1	
dkmb_uu & pH <= 6 & NO3 > 2	1	
dkmb_uu & pH > 6 & NO3 <= 2	28	16.84
dkmb_uu & pH > 6 & NO3 > 2	15	
dkmf_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2	19	
dkmf_kalk & pH > 6 & NO3 > 2	4	
dkmf_ks & pH > 6 & NO3 <= 2	141	13.00
dkmf_ks & pH > 6 & NO3 > 2	22	19.95
dkmj_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2	42	11.60
dkmj_kalk & pH > 6 & NO3 > 2	79	19.22
dkmj_ks & pH <= 6 & NO3 <= 2	29	118.62
dkmj_ks & pH <= 6 & NO3 > 2	122	71.73
dkmj_ks & pH > 6 & NO3 <= 2	364	13.40
dkmj_ks & pH > 6 & NO3 > 2	205	24.44
dkmj_ps & pH <= 6 & NO3 <= 2	18	
dkmj_ps & pH <= 6 & NO3 > 2	29	63.00
dkmj_ps & pH > 6 & NO3 <= 2	129	8.86
dkmj_ps & pH > 6 & NO3 > 2	15	
dkms_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2	152	35.06
dkms_kalk & pH > 6 & NO3 > 2	15	
dkms_ks & pH <= 6 & NO3 <= 2	1	
dkms_ks & pH > 6 & NO3 <= 2	138	25.61
dkms_ks & pH > 6 & NO3 > 2	95	56.39

Prepare Zn figures**Exporting Zn figures**



Final NBV should be decided based on the calculated 90th percentiles presented here and taking into account the element-specific precision/uncertainty

End of Part 3 (Last update or R Markdown by DV: 2020-07-01 15:59:18)

END OF WORKFLOW

Appendix 1

Overview of Initial Cases

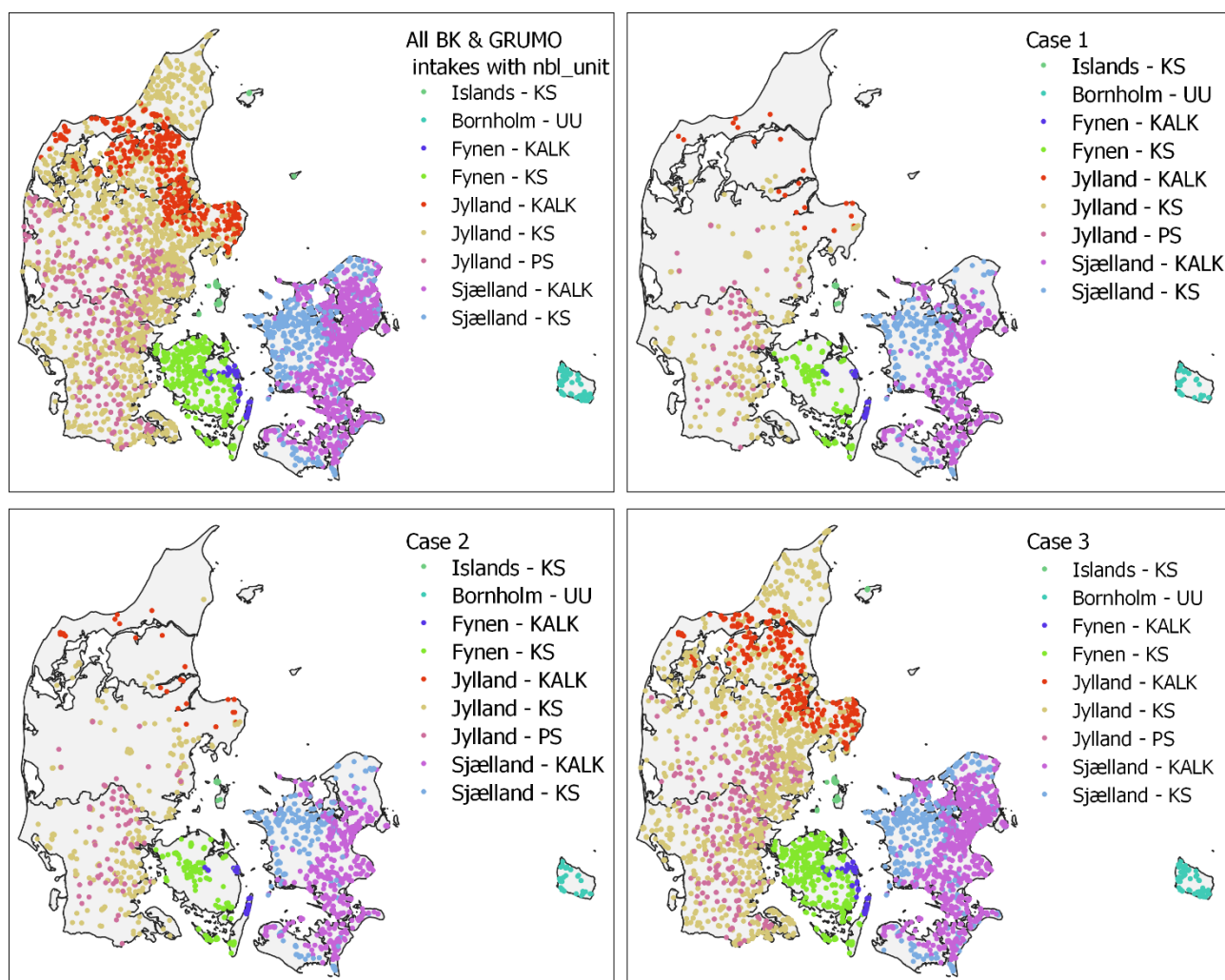


Table 1 Overview of number of classified intakes for the initial cases (1-3) based on the field "nbl_unit"

Geography	Geology	NBL units	GRUMO & BK Intakes	Case 1	Case 2	Case 3
Jylland	KS	dkmj_ks	2732	338	373	2009
	KALK	dkmj_kalk	767	25	42	511
	PS	dkmj_ps	782	136	144	561
Fynen	KS	dkmf_ks	615	206	210	552
	KALK	dkmf_kalk	78	40	40	72
Sjælland	KS	dkms_ks	908	354	373	788
	KALK	dkms_kalk	1635	673	675	1314
Bornholm	UU	dkmb_uu	106	43	43	92
Islands	KS	dkm_ks	60	20	20	55
Total intakes			7683	1835	1920	5954
Total wells			7291	1743	1920	5588

Case 3

Latest complete sample for pH and NO₃, without a period restriction.

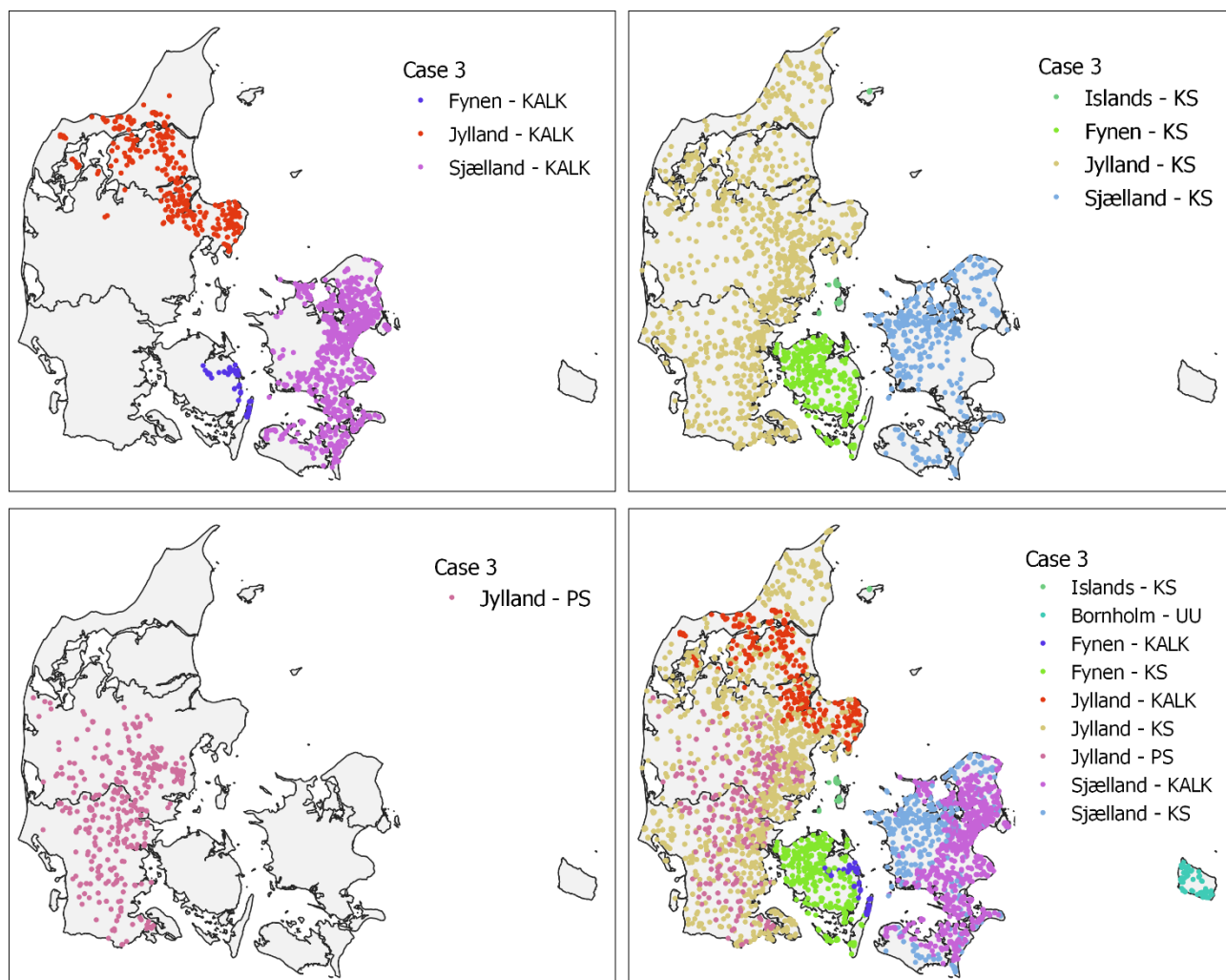
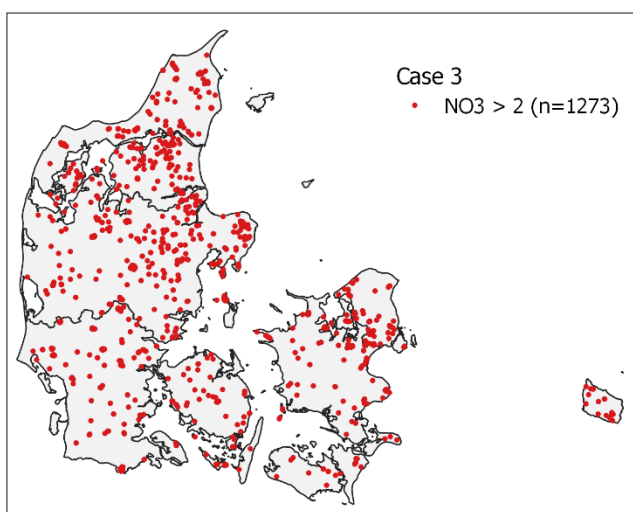
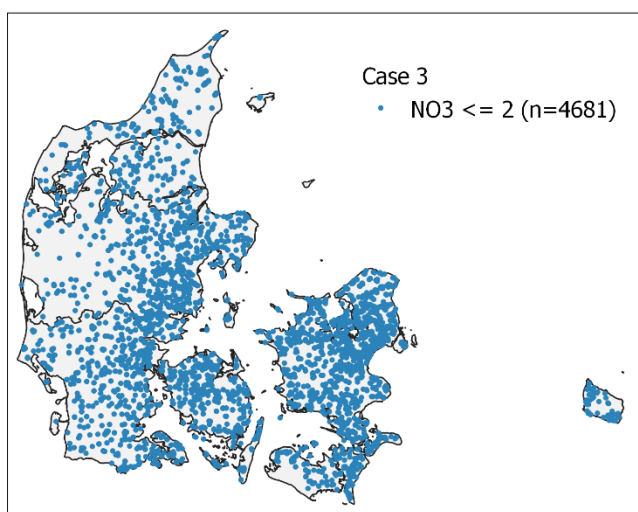
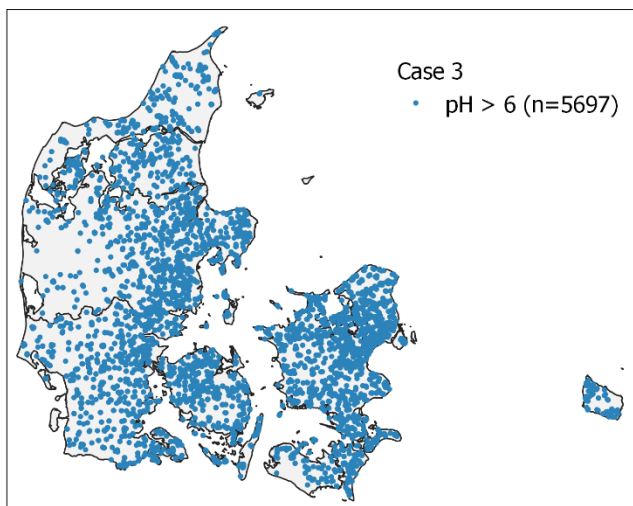
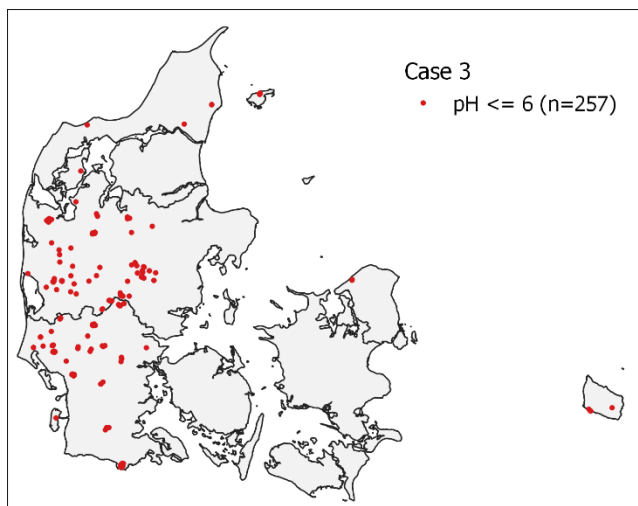


Table 2 Case 3: Number of samples and summary statistics for groundwater types based on field code "nbl_unit"

Geography	Geology	nbl_unit	n	pH (-)			NO ₃ (mg/l)		
				min	max	median ±MAD	min	max	median ±MAD
Islands	KS	dkm_ks	55	5.50	7.68	7.27 ±0.12	0.030	180	0.62 ±0.59
Bornholm	UU	dkmb_uu	92	5.54	8.80	7.20 ±0.16	0.036	67	0.50 ±0.20
Fynen	KALK	dkmf_kalk	72	6.91	7.90	7.30 ±0.10	0.030	23	0.26 ±0.09
	KS	dkmf_ks	552	6.80	7.90	7.34 ±0.10	0.030	83	0.30 ±0.13
Jylland	KALK	dkmj_kalk	511	6.90	9.40	7.50 ±0.10	0.005	110	1.40 ±1.36
	KS	dkmj_ks	2009	4.26	8.90	7.46 ±0.24	0.005	190	0.50 ±0.25
	PS	dkmj_ps	561	4.41	8.52	7.21 ±0.29	0.030	70	0.30 ±0.13
Sjælland	KALK	dkms_kalk	1314	6.58	8.40	7.20 ±0.10	0.003	62	0.30 ±0.15
	KS	dkms_ks	788	5.57	8.74	7.30 ±0.10	0.010	200	0.30 ±0.20

Note: MAD is median absolute deviation (robust alternative to SD)



Case 4

Latest samples for pH, NO₃, NVOC (no condition to be the same sample) within the last 5 years (2014-2018)

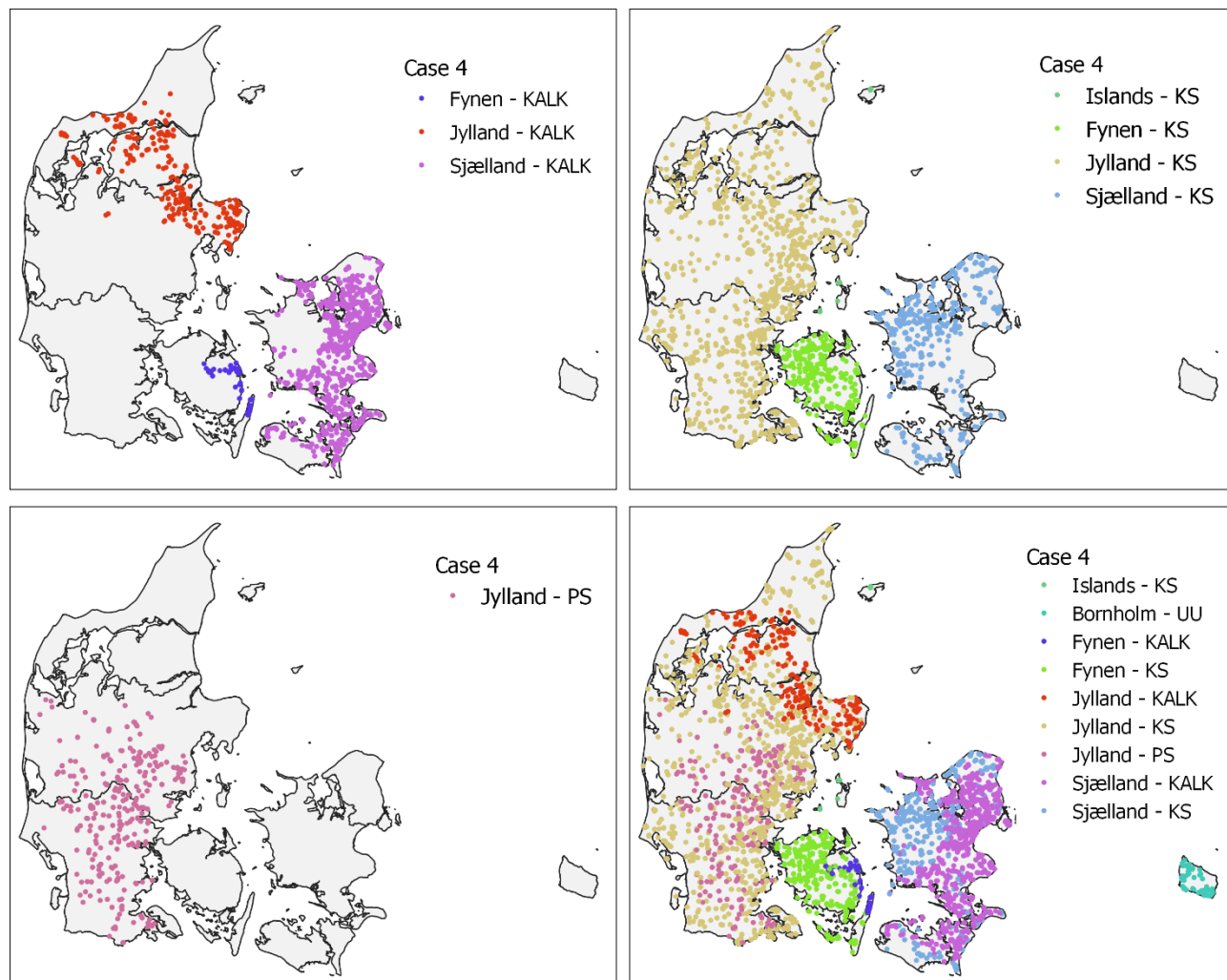
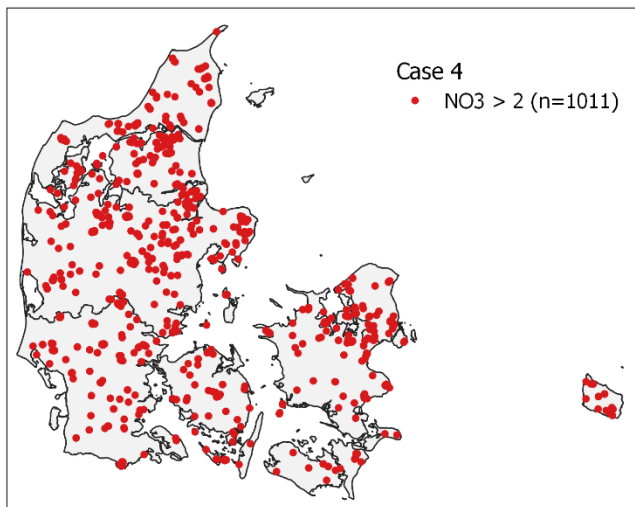
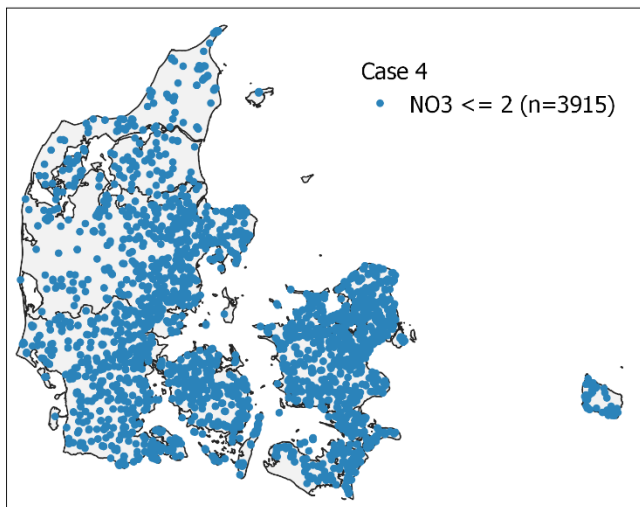
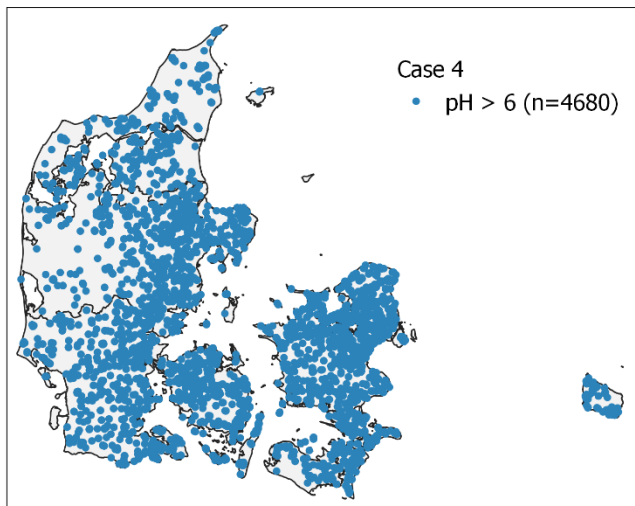
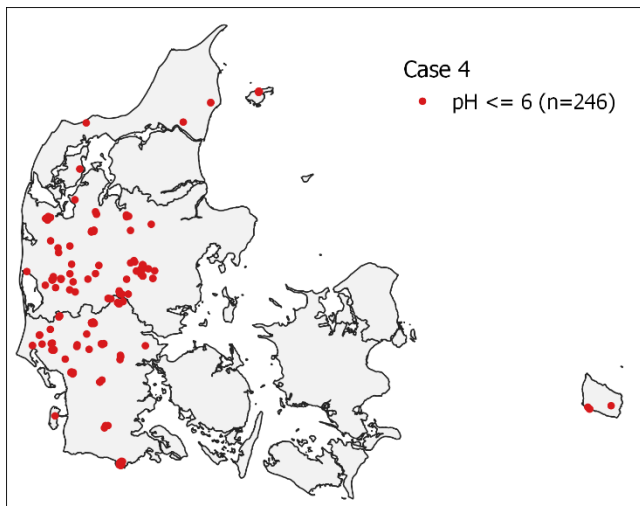
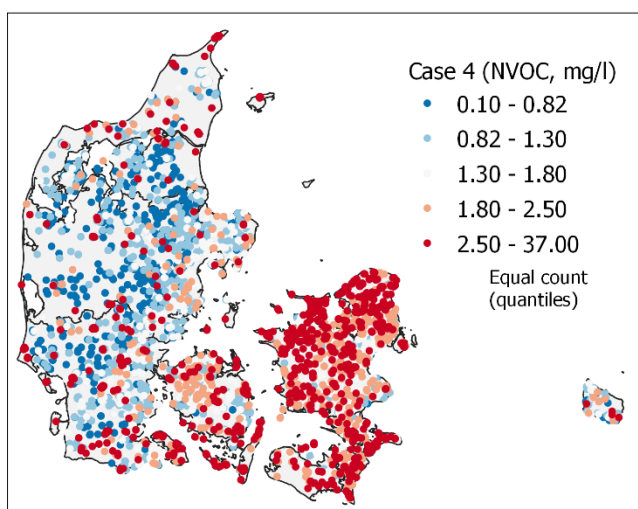
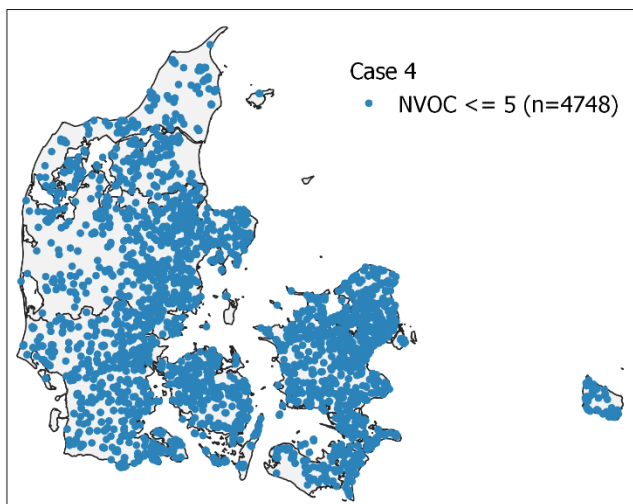
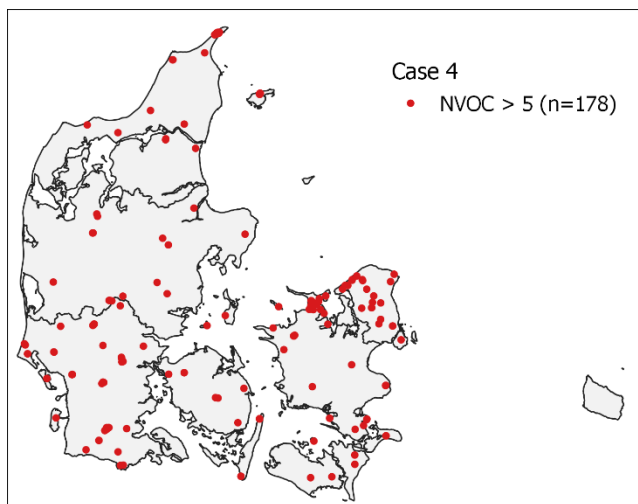


Table 3 Case 4: Number of samples and summary statistics for groundwater types based on field code "nbl_unit"; MAD is median absolute deviation (robust alternative to SD)

nbl_unit	n	pH (-)			NO ₃ (mg/l)			NVOC (mg/l)		
		min	max	Median ±MAD	min	max	Median ±MAD	min	max	Median ±MAD
dkm_ks	24	5.50	7.68	6.20 ±0.46	0.03	160.0	0.35 ±0.16	1.2	14.0	5.0 ±2.3
dkmb_uu	85	5.54	8.80	7.20 ±0.15	0.04	62.0	0.30 ±0.00	0.6	3.7	1.2 ±0.4
dkmf_kalk	64	7.03	7.90	7.30 ±0.10	0.03	2.7	0.20 ±0.06	0.8	8.8	1.8 ±0.5
dkmf_ks	466	6.97	7.90	7.33 ±0.08	0.03	81.0	0.30 ±0.10	0.5	12.0	1.8 ±0.4
dkmj_kalk	397	6.91	9.40	7.50 ±0.10	0.01	100.0	0.78 ±0.75	0.2	10.0	0.8 ±0.2
dkmj_ks	1587	4.26	8.70	7.40 ±0.25	0.01	230.0	0.30 ±0.18	0.1	35.0	1.1 ±0.4
dkmj_ps	458	4.41	8.52	7.28 ±0.28	0.03	96.0	0.30 ±0.00	0.1	8.0	0.9 ±0.3
dkms_kalk	1150	6.76	8.40	7.20 ±0.10	0.01	71.0	0.30 ±0.00	0.1	23.0	2.0 ±0.6
dkms_ks	695	6.06	8.40	7.30 ±0.10	0.02	210.0	0.30 ±0.10	0.1	37.0	2.2 ±0.6





Case 7

Five-year mean for pH, NO₃, and NVOC (2014-2018)

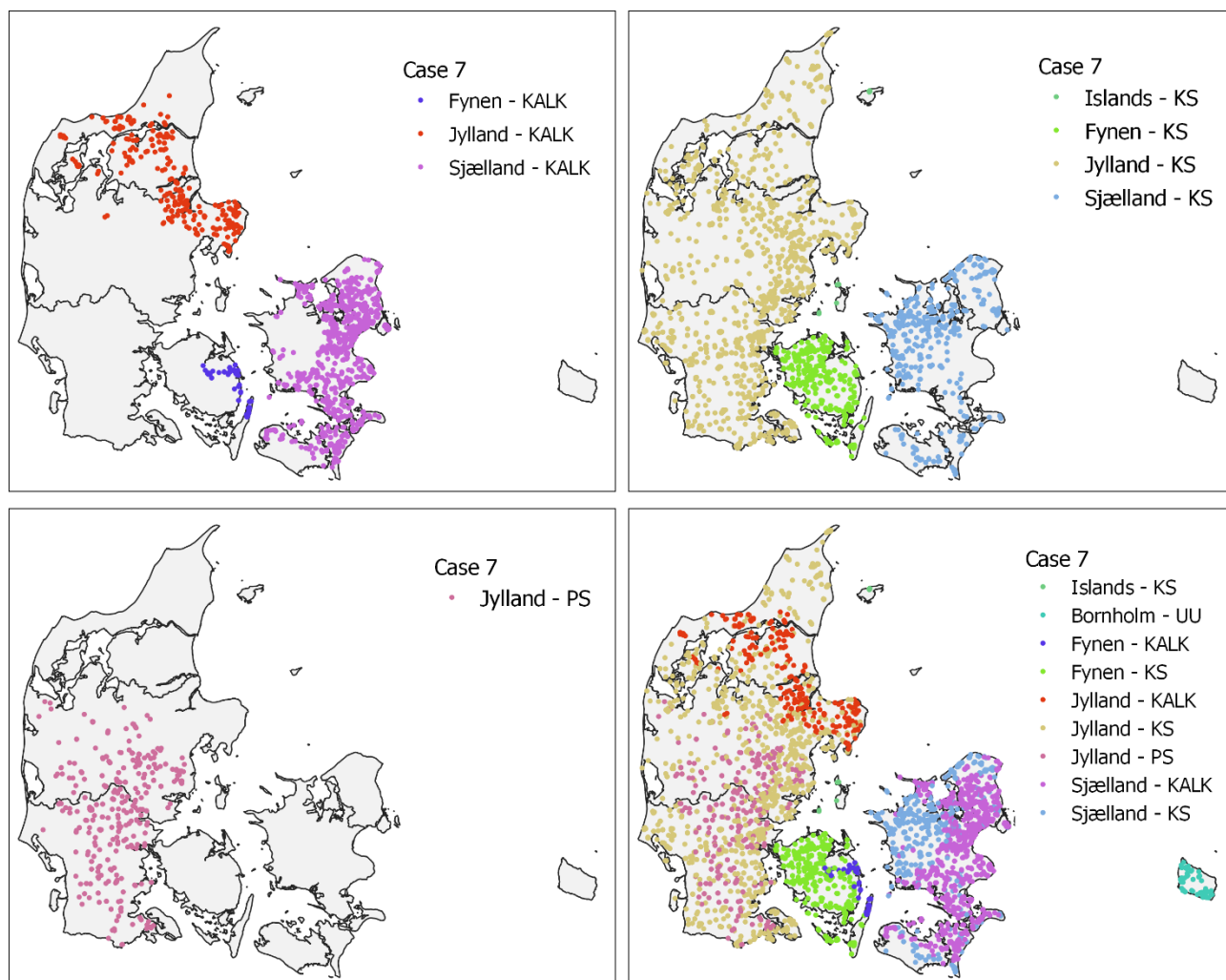
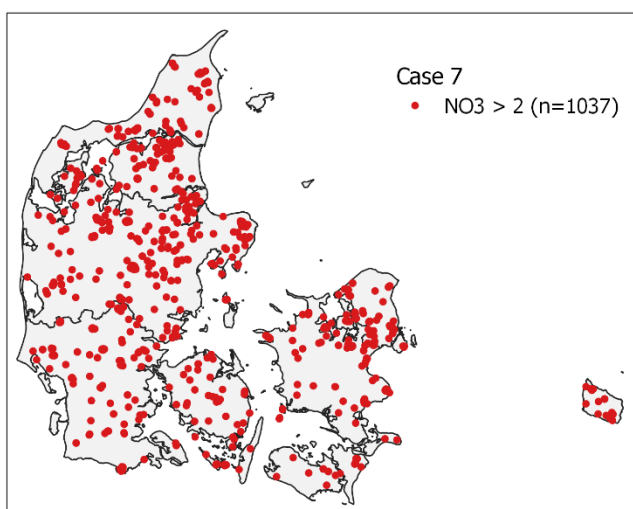
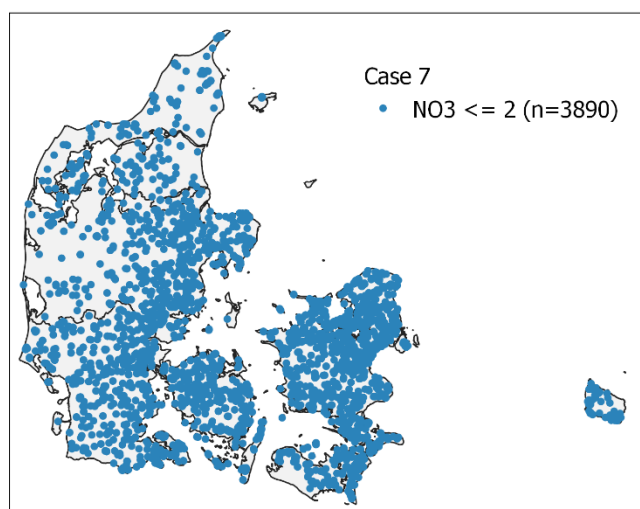
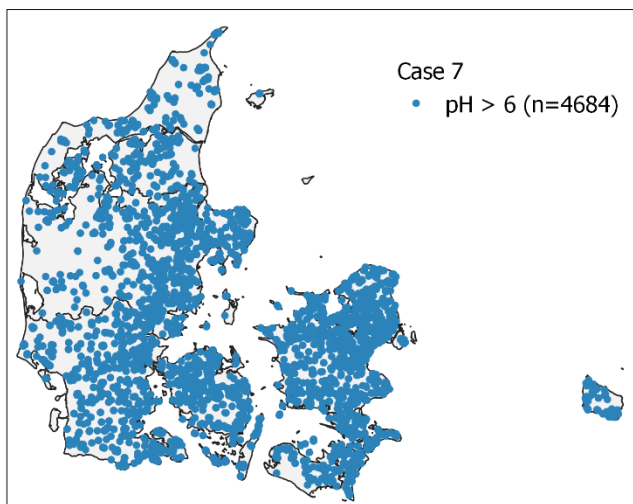
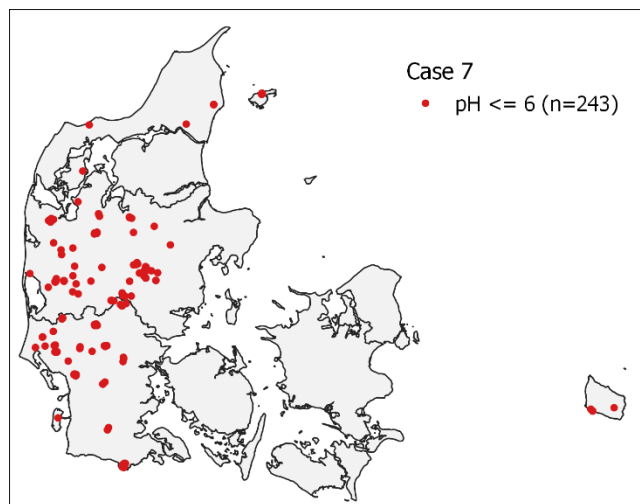
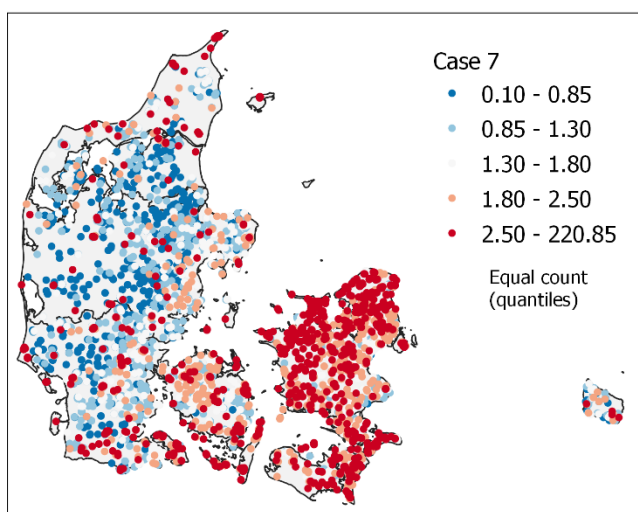
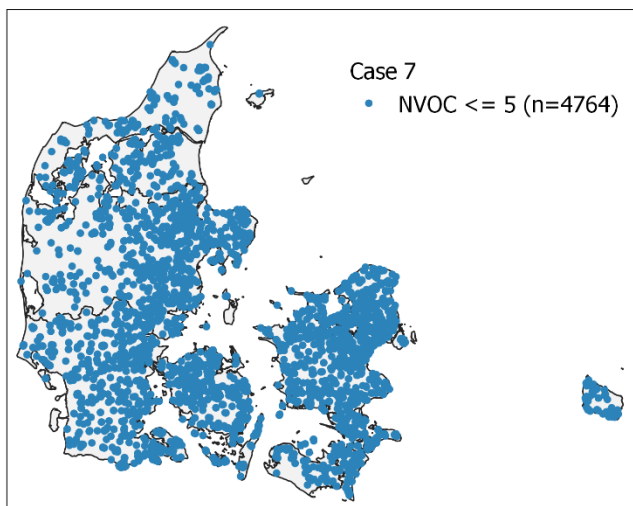
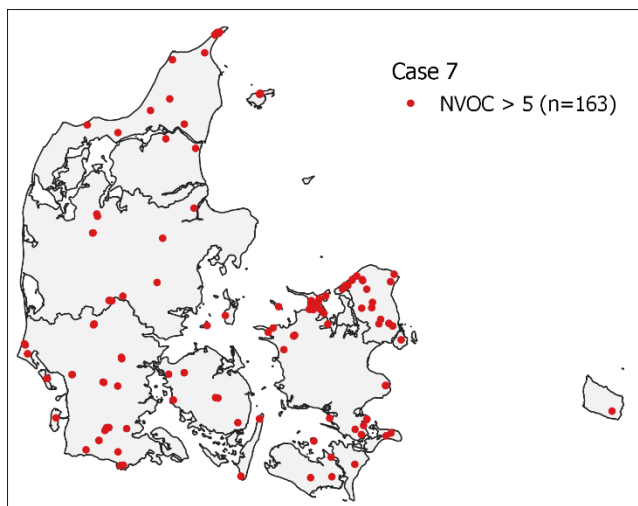


Table 4 Case 7: Number of samples and summary statistics for groundwater types based on field code "nbl_unit"; MAD is median absolute deviation (robust alternative to SD)

nbl_unit	n	pH (-)				NO ₃ (mg/l)				NVOC (mg/l)			
		min	max	Median	±MAD	min	max	Median	±MAD	min	max	Median	±MAD
dkm_ks	24	5.40	7.70	6.18	0.48	0.05	161.7	0.42	0.11	1.1	14.0	4.9	1.8
dkmb_uu	85	5.50	8.80	7.20	0.13	0.04	51.8	0.40	0.10	0.6	5.6	1.2	0.4
dkmf_kalk	64	7.03	7.90	7.30	0.10	0.03	2.7	0.22	0.05	0.8	8.8	1.9	0.4
dkmf_ks	467	6.97	7.90	7.34	0.09	0.03	69.2	0.30	0.10	0.5	23.5	1.8	0.4
dkmj_kalk	397	7.00	8.40	7.50	0.10	0.01	113.6	0.77	0.66	0.4	9.7	0.8	0.2
dkmj_ks	1587	4.28	8.70	7.40	0.22	0.01	196.0	0.30	0.12	0.1	31.8	1.1	0.4
dkmj_ps	458	4.30	8.59	7.27	0.27	0.03	74.2	0.30	0.07	0.2	5.8	1.0	0.4
dkms_kalk	1150	6.66	8.40	7.20	0.10	0.01	65.0	0.30	0.04	0.1	220.9	2.0	0.5
dkms_ks	695	6.06	8.40	7.30	0.10	0.03	194.0	0.30	0.07	0.1	37.0	2.3	0.6





Case 10

Ten-year mean for pH, NO₃, NVOC (2009-2018)

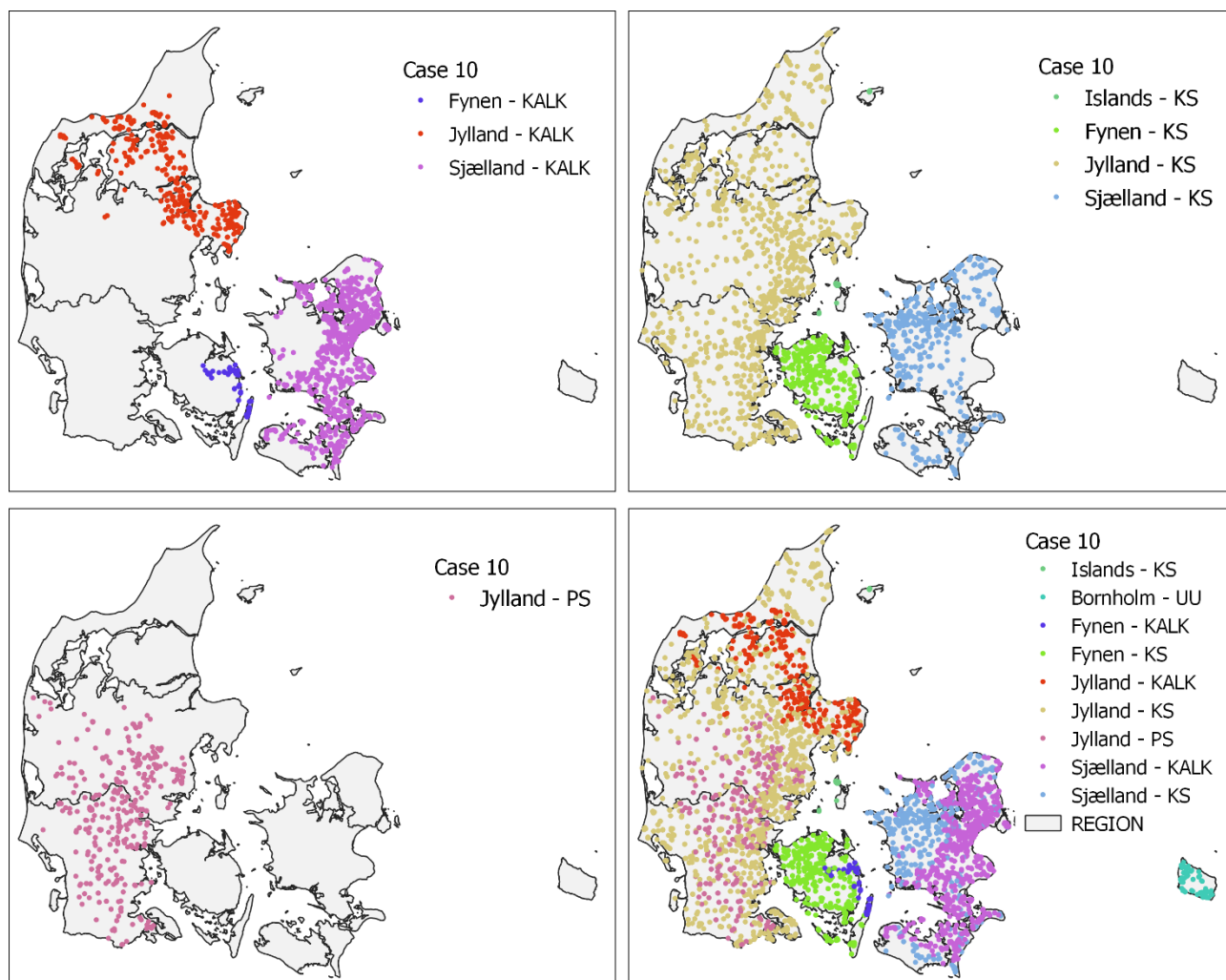
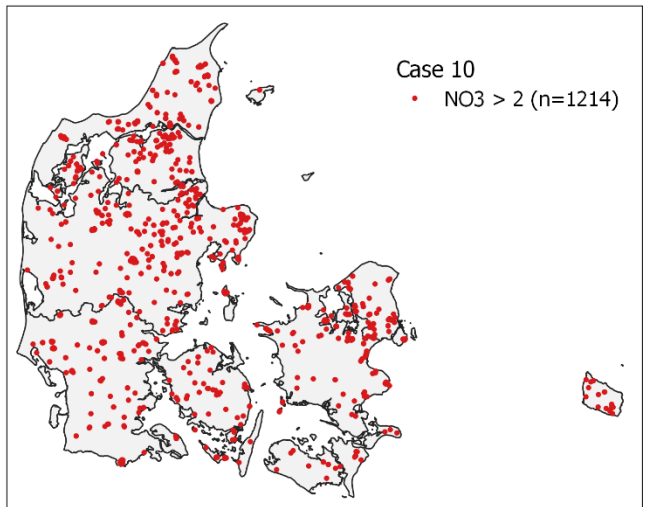
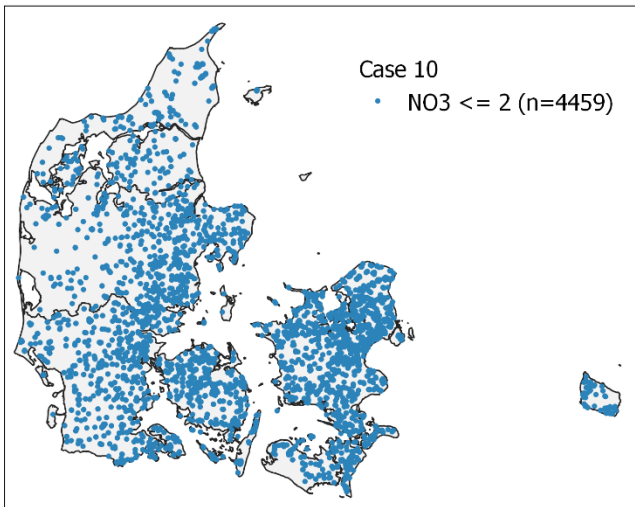
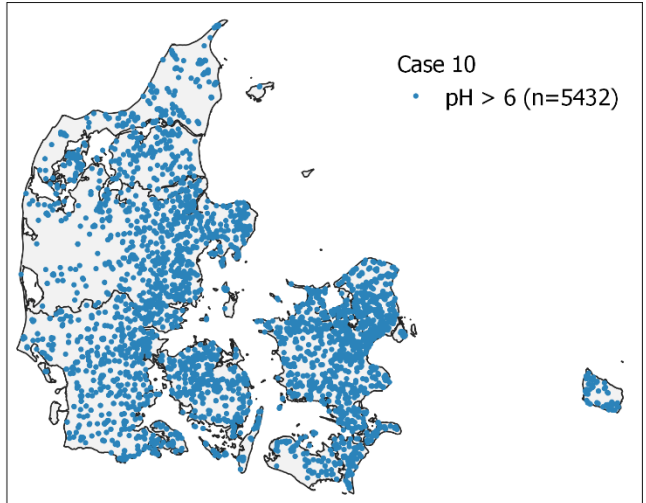
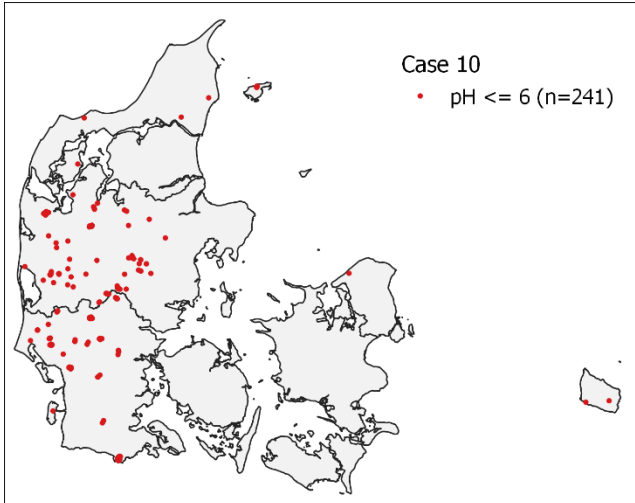


Table 5 Case 10: Number of samples and summary statistics for groundwater types based on field code "nbl_unit"; MAD is median absolute deviation (robust alternative to SD)

nbl_unit	n	pH (-)				NO ₃ (mg/l)				NVOC (mg/l)			
		min	max	median	MAD	min	max	median	MAD	min	max	median	MAD
dkm_ks	43	5.33	7.70	7.22	0.13	0.06	212.50	3.34	3.12	0.7	14.0	1.9	1.0
dkmb_uu	91	5.50	8.67	7.17	0.17	0.06	54.29	0.43	0.07	0.5	4.5	1.2	0.3
dkmf_kalk	73	6.91	7.90	7.32	0.11	0.09	21.33	0.35	0.06	0.8	8.4	1.8	0.5
dkmf_ks	546	6.80	7.90	7.35	0.10	0.05	75.40	0.40	0.09	0.5	23.5	1.8	0.4
dkmj_kalk	484	6.90	8.17	7.50	0.10	0.10	125.80	1.09	0.85	0.3	13.0	0.9	0.2
dkmj_ks	1856	4.36	8.90	7.43	0.22	0.01	253.00	0.43	0.11	0.2	77.7	1.1	0.4
dkmj_ps	534	4.31	8.58	7.22	0.28	0.05	77.80	0.40	0.05	0.2	11.3	1.0	0.3
dkms_kalk	1282	6.66	8.55	7.20	0.10	0.01	63.14	0.39	0.09	0.5	111.4	2.1	0.6
dkms_ks	764	5.96	8.09	7.30	0.10	0.03	190.18	0.37	0.11	0.4	37.0	2.3	0.6



μ

Revised NVOC (threshold = 3 mg/l)

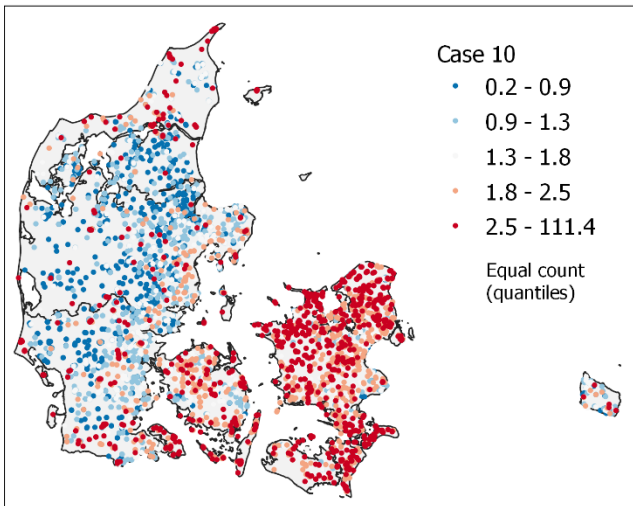
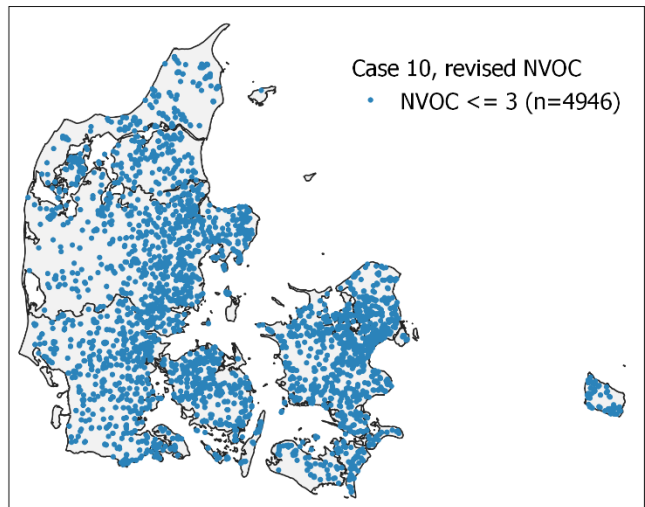
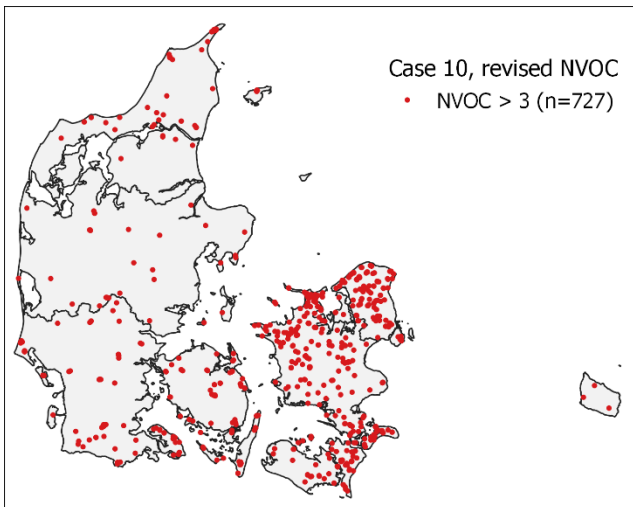


Table 6 Revised Case 10: Number of intakes per type of aquifer

Geography	Geology	pH class	NO3 class	NVOC class	group	n
Islands	KS	≤ 6	≤ 2	≤ 3	dkm_ks & pH ≤ 6 & NO3 ≤ 2 & NVOC ≤ 3	1
		≤ 6	≤ 2	> 3	dkm_ks & pH ≤ 6 & NO3 ≤ 2 & NVOC > 3	9
		≤ 6	> 2	> 3	dkm_ks & pH ≤ 6 & NO3 > 2 & NVOC > 3	2
		> 6	≤ 2	≤ 3	dkm_ks & pH > 6 & NO3 ≤ 2 & NVOC ≤ 3	3
		> 6	≤ 2	> 3	dkm_ks & pH > 6 & NO3 ≤ 2 & NVOC > 3	6
		> 6	> 2	≤ 3	dkm_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC ≤ 3	22
Bornholm	UU	≤ 6	≤ 2	≤ 3	dkmb_uu & pH ≤ 6 & NO3 ≤ 2 & NVOC ≤ 3	1
		≤ 6	> 2	≤ 3	dkmb_uu & pH ≤ 6 & NO3 > 2 & NVOC ≤ 3	1
		> 6	≤ 2	≤ 3	dkmb_uu & pH > 6 & NO3 ≤ 2 & NVOC ≤ 3	65
		> 6	≤ 2	> 3	dkmb_uu & pH > 6 & NO3 ≤ 2 & NVOC > 3	1
		> 6	> 2	≤ 3	dkmb_uu & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC ≤ 3	21
		> 6	> 2	> 3	dkmb_uu & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC > 3	2
Fynen	KALK	> 6	≤ 2	≤ 3	dkmf_kalk & pH > 6 & NO3 ≤ 2 & NVOC ≤ 3	60
		> 6	≤ 2	> 3	dkmf_kalk & pH > 6 & NO3 ≤ 2 & NVOC > 3	9
		> 6	> 2	≤ 3	dkmf_kalk & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC ≤ 3	3
		> 6	> 2	> 3	dkmf_kalk & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC > 3	1
	KS	> 6	≤ 2	≤ 3	dkmf_ks & pH > 6 & NO3 ≤ 2 & NVOC ≤ 3	425
		> 6	≤ 2	> 3	dkmf_ks & pH > 6 & NO3 ≤ 2 & NVOC > 3	60
		> 6	> 2	≤ 3	dkmf_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC ≤ 3	56
		> 6	> 2	> 3	dkmf_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC > 3	5
Jylland	KALK	> 6	≤ 2	≤ 3	dkmj_kalk & pH > 6 & NO3 ≤ 2 & NVOC ≤ 3	246
		> 6	≤ 2	> 3	dkmj_kalk & pH > 6 & NO3 ≤ 2 & NVOC > 3	7
		> 6	> 2	≤ 3	dkmj_kalk & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC ≤ 3	226
		> 6	> 2	> 3	dkmj_kalk & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC > 3	5
	KS	≤ 6	≤ 2	≤ 3	dkmj_ks & pH ≤ 6 & NO3 ≤ 2 & NVOC ≤ 3	26
		≤ 6	≤ 2	> 3	dkmj_ks & pH ≤ 6 & NO3 ≤ 2 & NVOC > 3	7
		≤ 6	> 2	≤ 3	dkmj_ks & pH ≤ 6 & NO3 > 2 & NVOC ≤ 3	113
		≤ 6	> 2	> 3	dkmj_ks & pH ≤ 6 & NO3 > 2 & NVOC > 3	20
		> 6	≤ 2	≤ 3	dkmj_ks & pH > 6 & NO3 ≤ 2 & NVOC ≤ 3	1152
		> 6	≤ 2	> 3	dkmj_ks & pH > 6 & NO3 ≤ 2 & NVOC > 3	114
		> 6	> 2	≤ 3	dkmj_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC ≤ 3	406
		> 6	> 2	> 3	dkmj_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC > 3	18
	PS	≤ 6	≤ 2	≤ 3	dkmj_ps & pH ≤ 6 & NO3 ≤ 2 & NVOC ≤ 3	25
		≤ 6	≤ 2	> 3	dkmj_ps & pH ≤ 6 & NO3 ≤ 2 & NVOC > 3	2
		≤ 6	> 2	≤ 3	dkmj_ps & pH ≤ 6 & NO3 > 2 & NVOC ≤ 3	31
		≤ 6	> 2	> 3	dkmj_ps & pH ≤ 6 & NO3 > 2 & NVOC > 3	2

Bilag 1: Naturlige baggrundsværdier. Metode og faglige forudsætninger.

Geography	Geology	pH class	NO3 class	NVOC class	group	n	
		> 6	≤ 2	≤ 3	dkmj_ps & pH > 6 & NO3 ≤ 2 & NVOC ≤ 3	442	
		> 6	≤ 2	> 3	dkmj_ps & pH > 6 & NO3 ≤ 2 & NVOC > 3	6	
		> 6	> 2	≤ 3	dkmj_ps & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC ≤ 3	26	
Sjælland	KALK	> 6	≤ 2	≤ 3	dkms_kalk & pH > 6 & NO3 ≤ 2 & NVOC ≤ 3	916	
		> 6	≤ 2	> 3	dkms_kalk & pH > 6 & NO3 ≤ 2 & NVOC > 3	260	
		> 6	> 2	≤ 3	dkms_kalk & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC ≤ 3	102	
		> 6	> 2	> 3	dkms_kalk & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC > 3	4	
		KS	≤ 6	≤ 2	> 3	dkms_ks & pH ≤ 6 & NO3 ≤ 2 & NVOC > 3	1
	> 6		≤ 2	≤ 3	dkms_ks & pH > 6 & NO3 ≤ 2 & NVOC ≤ 3	441	
	> 6		≤ 2	> 3	dkms_ks & pH > 6 & NO3 ≤ 2 & NVOC > 3	174	
	> 6		> 2	≤ 3	dkms_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC ≤ 3	136	
	> 6		> 2	> 3	dkms_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC > 3	12	

Case 11

Ten-year mean for pH, O2, NVOC (2009-2018)

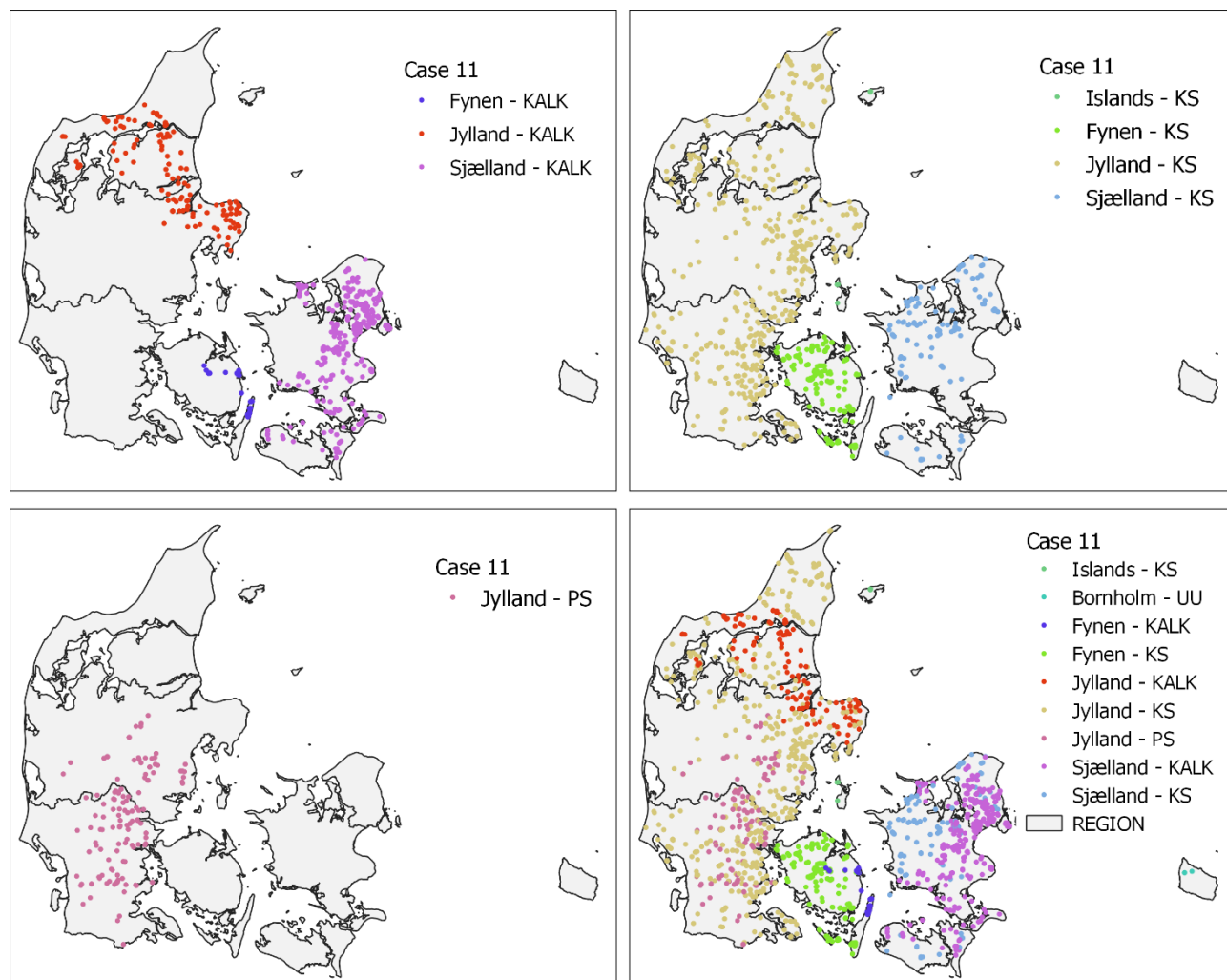
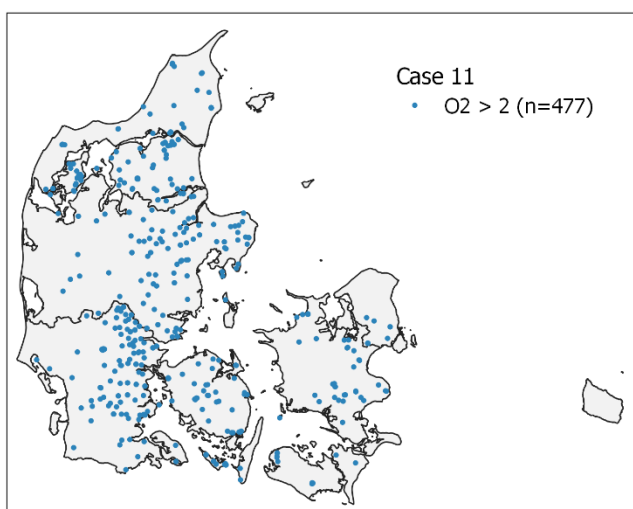
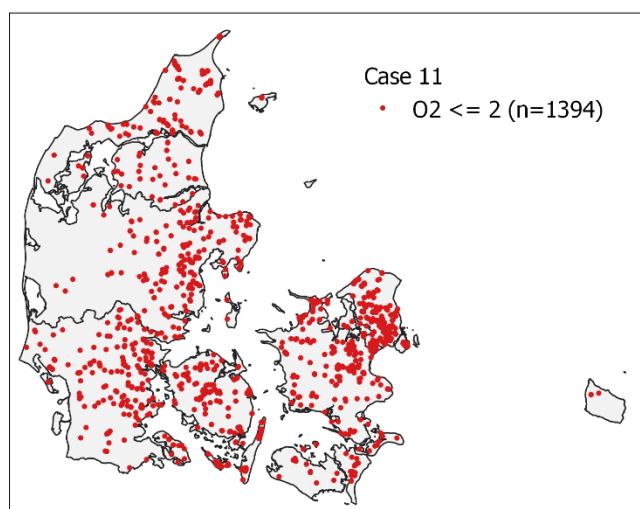
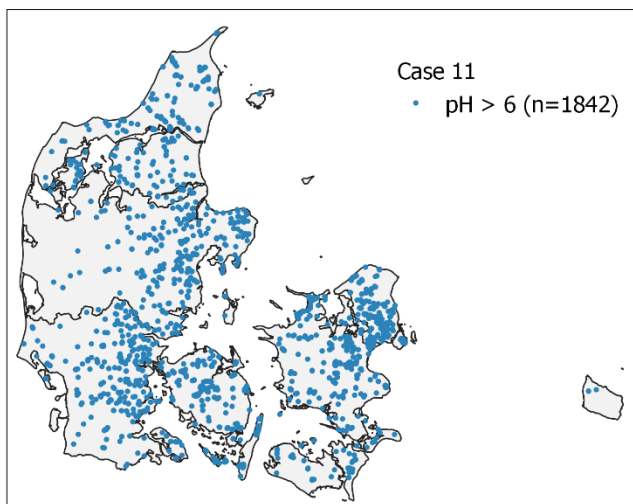
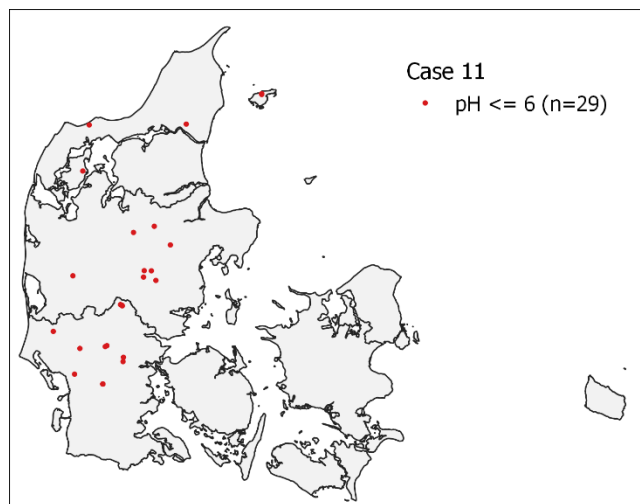
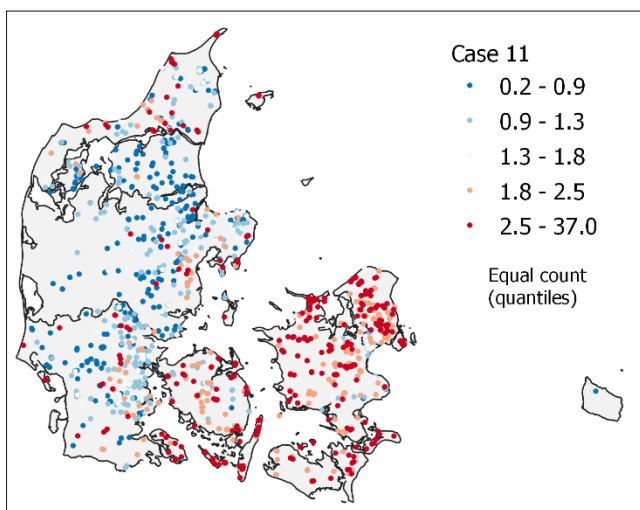
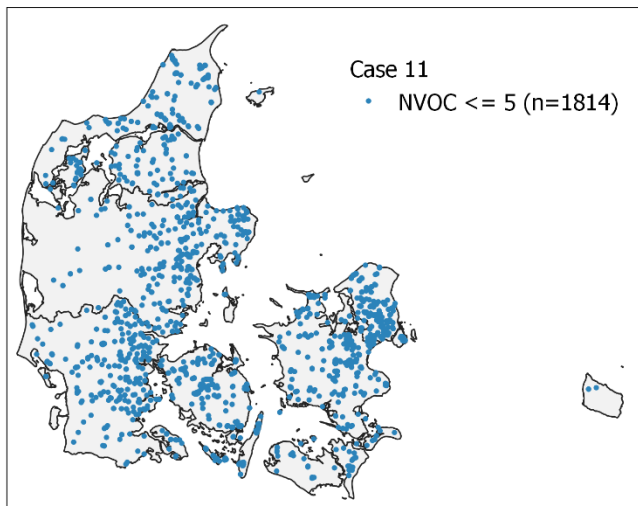
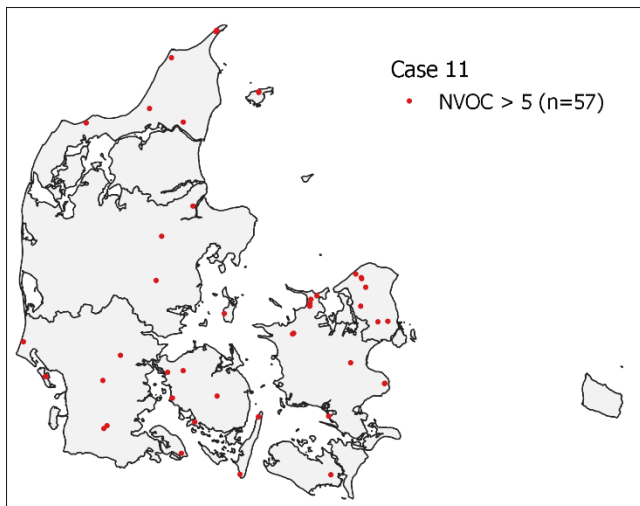


Table 7 Case 11: Number of samples and summary statistics for groundwater types based on field code "nbl_unit"; MAD is median absolute deviation (robust alternative to SD)

nbl_unit	n	pH (-)				O2 (mg/l)				NVOC (mg/l)			
		min	max	median	MAD	min	max	median	MAD	min	max	median	MAD
dkm_ks	8	5.70	7.34	6.18	0.47	0.06	7.37	0.25	0.17	0.7	8.9	5.9	1.5
dkmb_uu	3	7.30	7.58	7.50	0.08	0.01	0.10	0.10	0.00	0.8	1.8	0.9	0.1
dkmf_kalk	40	6.91	7.60	7.29	0.13	0.10	2.90	1.48	0.42	1.0	8.4	2.1	0.5
dkmf_ks	206	6.96	7.90	7.31	0.11	0.01	7.80	1.03	0.93	0.7	23.5	2.0	0.5
dkmj_kalk	168	7.10	8.12	7.50	0.13	0.05	10.25	1.10	0.92	0.4	9.7	0.9	0.2
dkmj_ks	670	4.73	8.35	7.50	0.20	0.01	11.55	1.00	0.90	0.2	25.3	1.1	0.4
dkmj_ps	164	5.80	8.22	7.30	0.24	0.01	14.00	1.35	1.05	0.3	3.1	1.1	0.3
dkms_kalk	444	6.70	8.10	7.20	0.10	0.01	16.90	0.35	0.15	0.7	8.9	2.1	0.5
dkms_ks	168	6.59	7.83	7.30	0.10	0.01	10.83	0.20	0.14	0.9	37.0	2.3	0.6

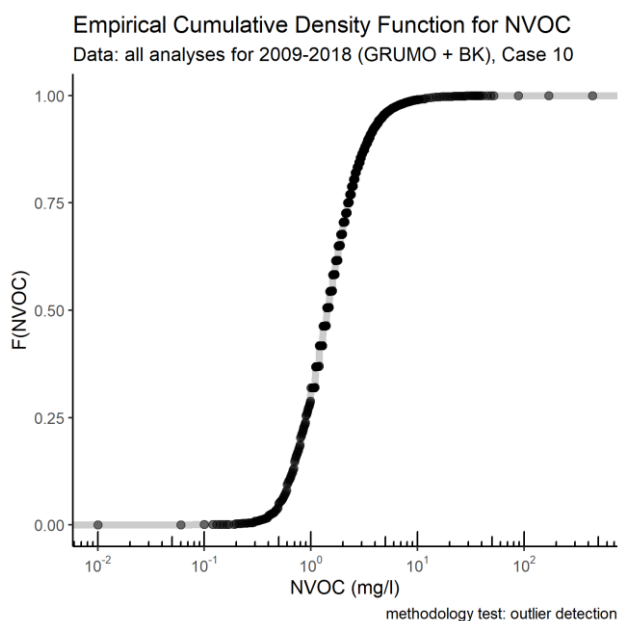
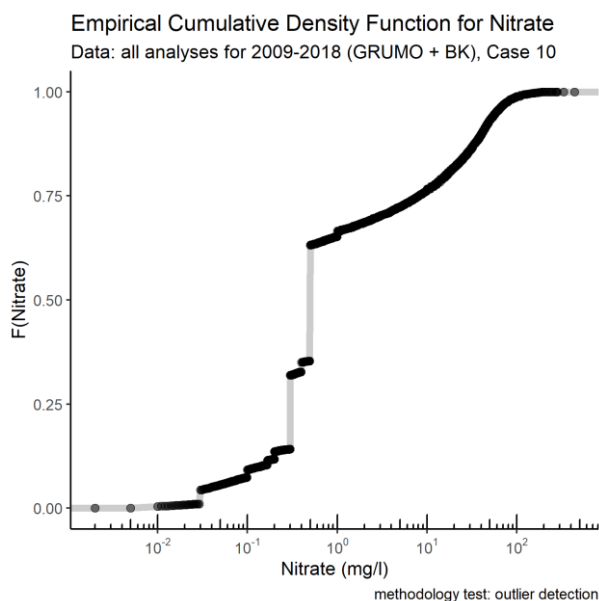
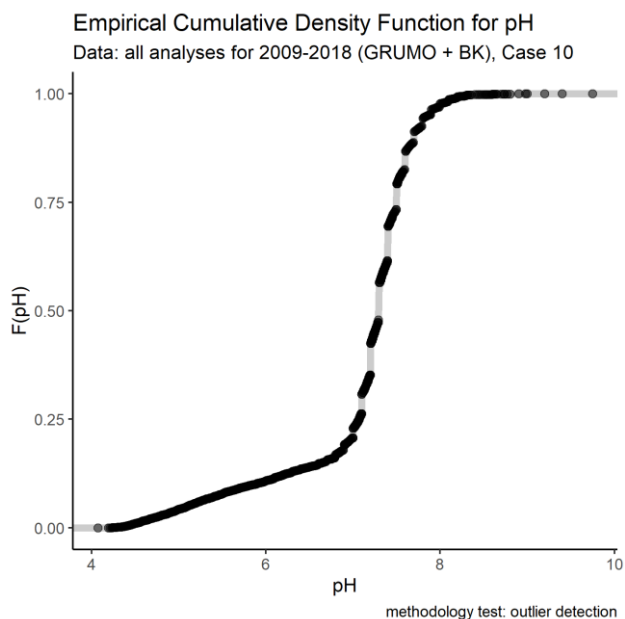




Appendix 2

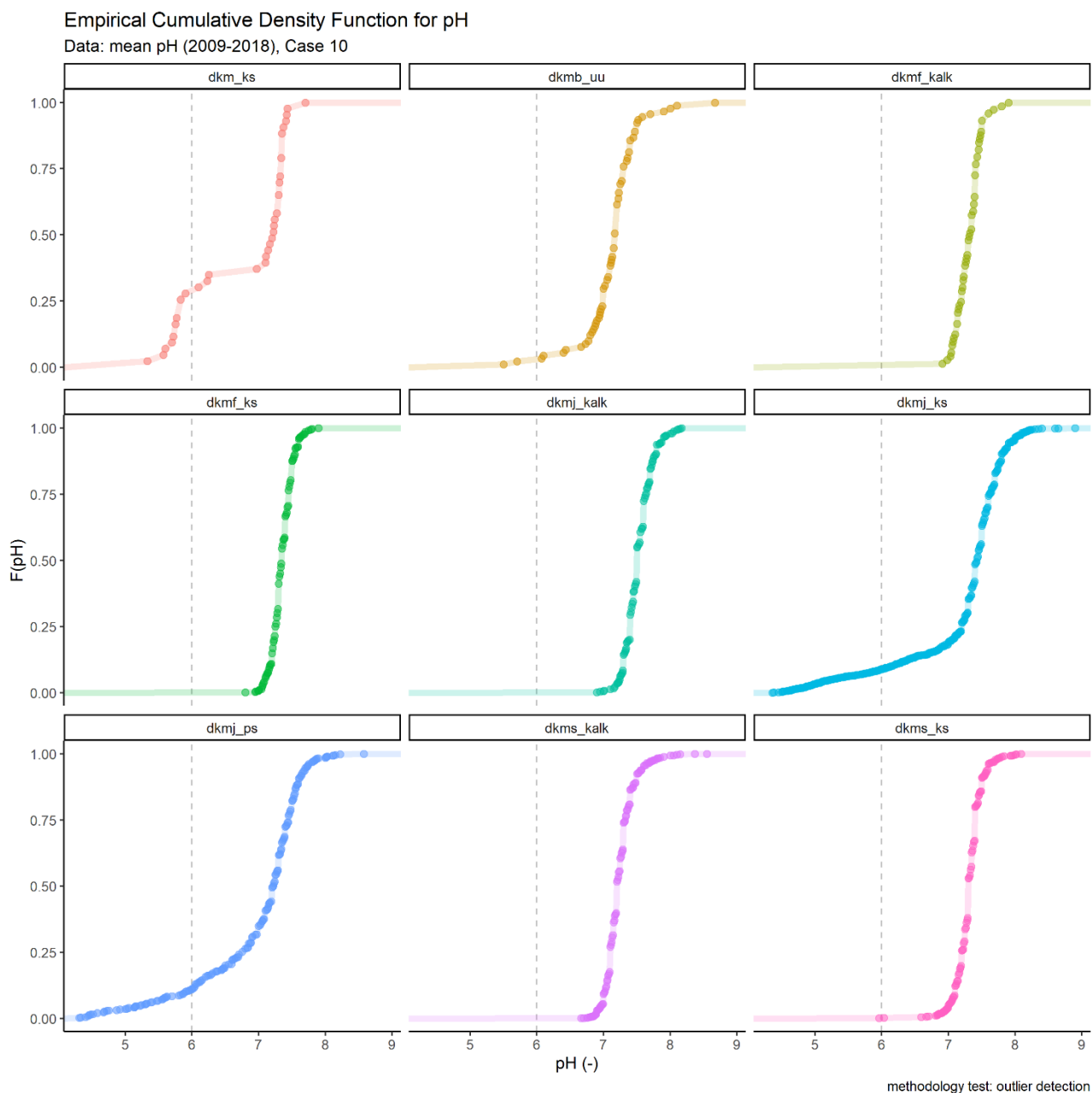
Outliers check (Workflow 1, intermediate overviews)

The figures below show all pH, NO₃, and NVOC analyses within the 10y period of Case 10. Only the initial quality checks were done (kept: only attributes “ ” and “<”; only positive concentrations (non-zero); pH between 0 and 10, incl.). Based on these, it can be seen that there are potential outliers for NVOC and maybe pH.



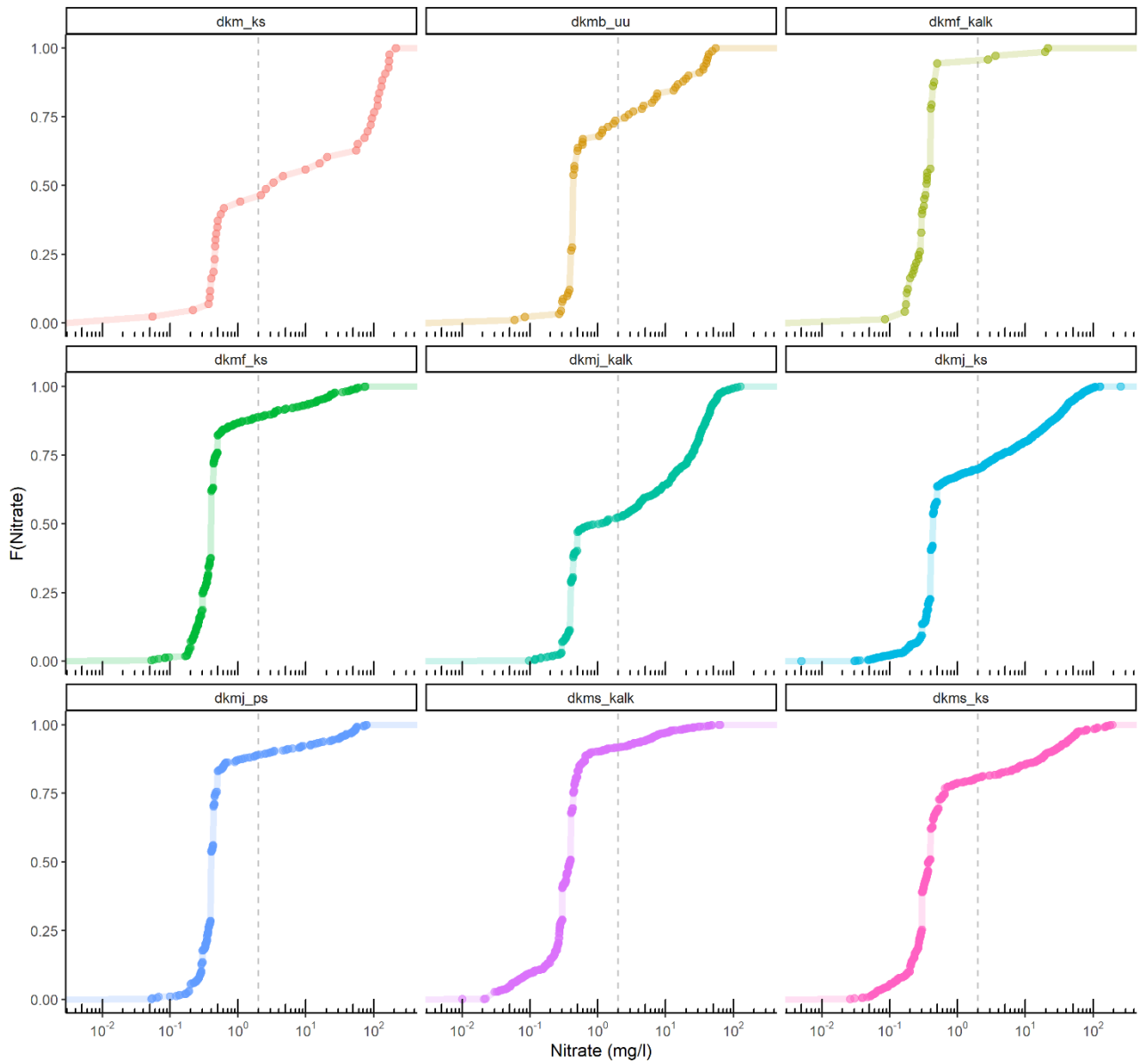
Note: x-axis for NO₃ and NVOC are logarithmic.

The next 3 figures show the intake means for pH, NO3 and NVOC for each nbl_unit. The nbl_unit grouping is done only after the means are calculated (it is one value per intake, so the join is 1 to 1). The dashed lines on these graphs are indicating the boundary between the classes (pH: 6; NO3: 2 mg/l; NVOC: 3 mg/l).



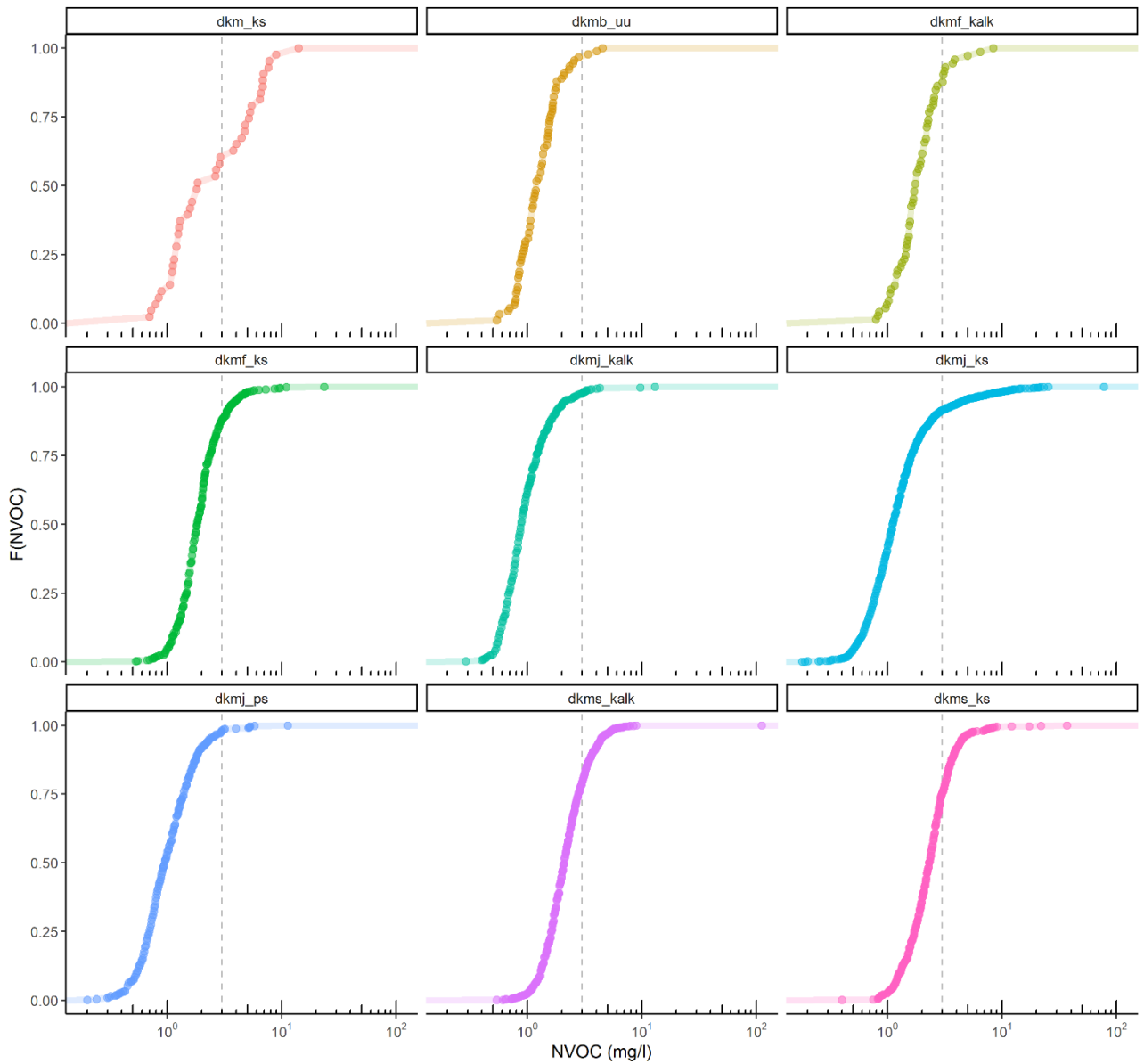
Empirical Cumulative Density Function for Nitrate

Data: mean Nitrate (2009-2018), Case 10



Empirical Cumulative Density Function for NVOC

Data: mean NVOC (2009-2018), Case 10



methodology test: outlier detection

DGU nr 159. 982

BORID	INDTNR	PROVEID	PROVEDATO	X0380_Carbon.org.NVOC_A	X0380_Carbon.org.NVOC	Online Jupiter status
137505	3	2009016319	16-Mar-09		34	
137505	3	2010021144	30-Nov-10		27	
137505	3	2011006585	30-Nov-10		27	
137505	3	2011026099	17-Nov-11		440	Godkendt: 2. marts 2012
137505	3	2012019693	9-Oct-12		88	Godkendt: 9. januar 2013
137505	3	2013019601	21-Oct-13		34	
137505	3	2014047057	25-Aug-14		36	
137505	3	2016000878	16-Nov-15		33	
137505	3	2016021028	29-Nov-16		26	
137505	3	2017012646	6-Nov-17		32	
Mean=					77.7	

<https://data.geus.dk/JupiterWWW/proeve.jsp?borid=137505&indtagsid=3>

DGU nr 237. 190

BORID	INDTNR	PROVEID	PROVEDATO	X0380_Carbon.org.NVOC_A	X0380_Carbon.org.NVOC	Online Jupiter status
196317	1	2009027225	10-Mar-09		2	
196317	1	2013006480	8-Apr-13		1.8	
196317	1	2017003771	7-Apr-17		440	Godkendt: 18. maj 2017
196317	1	2017004434	5-May-17		1.7	
Mean					111.38	

<https://data.geus.dk/JupiterWWW/proeve.jsp?borid=196317&indtagsid=1>

Bilag 2

GEUS-notat 07-VA-2020-06.

Notat vedrørende den kemiske tilstandsvurdering af grundvandsforekomster fsva ammonium.

Bilaget består af:

- Cover GEUS-notat 07-VA-2020-06.
- GEUS-notat 07-VA-2020-06.

Til: Miljøstyrelsen, Mia Rohde Nielsen
Fra: GEUS, Mette Hilleke Mortensen

Grundvands- og kvartærgeologisk afdeling
J.nr. GEUS 218-0066
Ref. MHM/LTS

28.05.2021

**Angående GEUS notat 07-VA-2020-06
Resultat af ammoniumtilstandsvurdering i projektet
"Tilstandsvurdering af de danske grundvandsforekomsters
kemiske tilstand for saltene: Ammonium, nitrit, sulfat, fosfor
og klorid til VP3 2021-2027".**

Efter udarbejdelsen af maskinelle tilstandsvurderinger fsva ammonium er GEUS og Miljøstyrelsen blevet gjort opmærksom på, at der er sket fejl i indberetningen af data til Jupiter for perioden 2016-2020, hvilket betyder, at grundlaget for tilstandsvurderingen er problematisk.

Det drejer sig om 7.083 ammoniumanalyser, der er indberettet med en fejl på 18/14-dele. Der er ikke udført en revurdering i forhold til tilstandsvurderingen af grundvandsforekomster fsva ammonium efter denne fejl er klarlagt, og det kan derfor ikke bestemmes i hvilken grad det påvirker den endelige bedømmelse af grundvandsforekomsternes kemiske tilstand og i hvilken grad grundvandsforekomsterne vil blive tildelt en anden klassifikation efter et nyt dataudtræk

Det anbefales at udføre den maskinelle tilstandsvurdering igen, når data foreligger korrekt i 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*

Til: Miljøstyrelsen, Mia Rohde Nielsen
Fra: GEUS, Mette Hilleke Mortensen

Grundvands- og kvartærgeologisk afdeling
J.nr. GEUS 218-0066
Ref. MHM/LTS

18.12.2020

GEUS notat 07-VA-2020-06

**Resultat af ammoniumtilstandsvurdering i projektet
"Tilstandsvurdering af de danske grundvandsforekomsters
kemiske tilstand for saltene: Ammonium, nitrit, sulfat, fosfor
og klorid til VP3 2021-2027".**

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. 5798009814814
geus@geus.dk
www.geus.dk

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

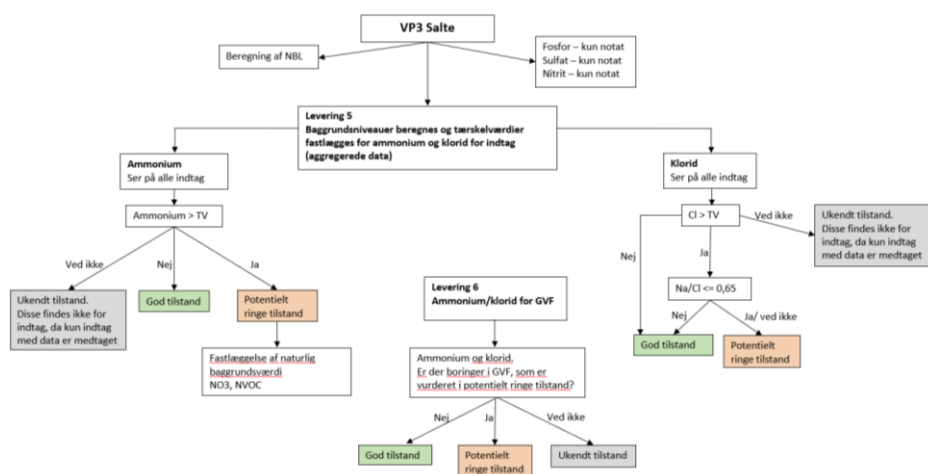
Baggrund

Ammonium (NH_4) dannes naturligt under anaerobe forhold ved mikrobiel omsætning af kvælstofholdigt organisk stof, og er derfor en normal bestanddel i reduceret grundvand. Nogle grundvandsmagasiner kan have et naturligt højt indhold af ammonium sammenlignet med tærskelværdierne, og det er derfor nødvendigt at fastlægge naturlige baggrundsværdier for ammonium i forbindelse med tilstandsvurdering af grundvandsforekomsterne for at skelne mellem naturligt høje ammoniumværdier og eventuel forurening. Forurening med ammonium ses især i forbindelse med punktkilder som lossepladser, møddinger og utætte kloaker.

GEUS har i projektet "Tilstandsvurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand for saltene: Ammonium, nitrit, sulfat, fosfor og klorid til VP3 2021-2027" benyttet den tidligere udviklede metode fra igangværende projekter i relation til planperioden 2021-2027 til vurdering af ammoniumtilstand for grundvandsforekomster (GVF) og gennemført en vurdering som en del af det forberedende arbejde til Vandplan 3 (VP3).

Metode

Metoden er baseret på et beslutningstræ, udarbejdet i samarbejde med Miljøstyrelsen, se Figur 1, hvor grundvandsforekomster inddeles i 'God', 'Potentielt ringe' eller 'Ukendt' tilstand på baggrund af ammoniumdata.



Figur 1: Illustration af beslutningstræ i den udviklede metode til tilstandsvurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand for ammonium og klorid /3/. Beslutningstræet er todelt, hvor der først undersøges for overskridelser af tærskelværdien på indtagsniveau (leverance 5) og efterfølgende på grundvandsforekomst-niveau (leverance 6).

For hvert indtag beregnes en middelværdi for årlige middelværdier, den såkaldte MAM-værdi, for ammonium for perioden 2013-2019 til vurdering af den kemiske tilstand. Data er hentet fra Jupiterdatabasen 20. oktober 2020, og herefter er der udført en omfattende dataforberedelse, hvor datasættet renses for fejl og mangler. I dataforberedelsen er desuden udført en grundig bearbejdning og sortering i data, som er nærmere beskrevet i de 3 datanotater tilhørende Vandplan 3 tilstandsvurdering for salte, /1, 2, 3/.

Naturlige baggrundsværdier (NBV) beregnes og sammenholdes med den af MST fastsatte tærskelværdi (TV) på 2 mg/l. Den naturlige baggrundsværdi anvendes som TV for de indtag, som er knyttet til en grundvandsforekomst med en NBV, der er højere end den nationale TV, /1/. NBV er beregnet på baggrund af 90% fraktilen af indtag for data fra GRUMO og vandværkernes boringskontrol (BK) for perioden 2000-2018 for en geologisk lagtype i et større modelområde af DK-modellen. NBV beregnes for geokemiske klasser i en given geologisk lagtype med mere end 50 indtag. I beregningerne inddrages nitrat som proxy for oxiderede/reducerede forhold i GVF samt organisk indhold (NVOC). Beregningen af den naturlige baggrundsværdi har ført til justering af TV for tre typer af GVF, se Tabel 1.

En konsekvens af at anvende 90% fraktilen til NBV er, at 10% af indtagene i den pågældende geokemiske klasse for en geologisk lagtype har MAM-værdier over den TV der er baseret på NBV.

Grundvandsforekomster, hvor ingen NH₄_MAM værdier overskrider TV, tildeles tilstanden 'God'. Hvis der ikke foreligger NH₄_MAM værdier i en GVF, tildeles tilstanden 'Ukendt'. For de grundvandsforekomster, hvor NH₄_MAM i mindst et indtag overskrider TV eller lokalt fastsat NBV, tildeles tilstanden 'Potentielt Ringe'.

Naturligt ammonium

Ammonium dannes naturligt under anaerobe forhold, og forskellige geologiske enheder kan have et meget varierende indhold, også inden for kort afstand. Beregningen af NBV er derfor afgørende for tilstandsvurderingen og antallet af GVF i potentielt ringe tilstand. Metoden til beregning af NBV er en forsimpning af de faktiske forhold i grundvandet, og vil ikke nødvendigvis kunne beskrive de reelle rummelige variationer. Lokalt kan der forekomme meget højt naturligt indhold af ammonium,

men da NBV fastsættes på en større mængde GVF og benytter 90% fraktilen, vil det ikke blive opløst i datasættet. Det er derfor væsentligt at vurdere, om der kan skelnes om en GVF i potentielt ringe tilstand skyldes forurening eller et naturligt højt indhold af ammonium, som ikke er filtreret fra på baggrund af NBV.

Samlet resultat af tilstandsvurderingen

I Tabel 1 vises NBV for grundvandsforekomststyper med højere NBV end den nationale tærskelværdi fastsat af Miljøstyrelsen.

Grundvandsforekomststype	NBV for NH4 (afrundet ¹) [mg/l]
dkmf_ks & NO3 <= 2 & NVOC > 3	4
dkmj_ks & NO3 <= 2 & NVOC > 3	4
dkms_kalk & NO3 <= 2 & NVOC > 3	3

¹ afrunding følger procedure opstillet i forbindelse med VP3 projektet for sporstoffer

Tabel 1: Oversigt over grundvandsforekomststyper, hvor tærskelværdien er justeret i forhold til den af Miljøstyrelsen fastsatte nationale tærskelværdi (Tabel fra notat om fastsættelse af naturlige baggrundsværdier, leverance 3 i projektet (1/))

I alt er der udpeget 2050 grundvandsforekomster til VP3 med 11.802 tilknyttede indtag, der er analyseret for ammonium. Fordelingen af datatype for de 11.802 indtag ses i Tabel 2.

DATATYPE	Indtag i god tilstand			Indtag i potentielt ringe tilstand			Grand Total
	NBV 3 mg/l	NBV 4 mg/l	TV 2 mg/l	NBV 3 mg/l	NBV 4 mg/l	TV 2 mg/l	
ANDET	1	4	1.138	9	1	32	1.185
DEPOT	1	12	1.154	11	91	146	1.415
DEPOT (Øvrige)		3	195	1	6	28	233
GRUMO		3	1.299	3	7	13	1.325
Grundvandskortlægning	4	3	981	2	3	10	1.003
VF	24	43	6.489	28	12	45	6.641
Grand Total	30	68	11.256	54	120	274	11.802

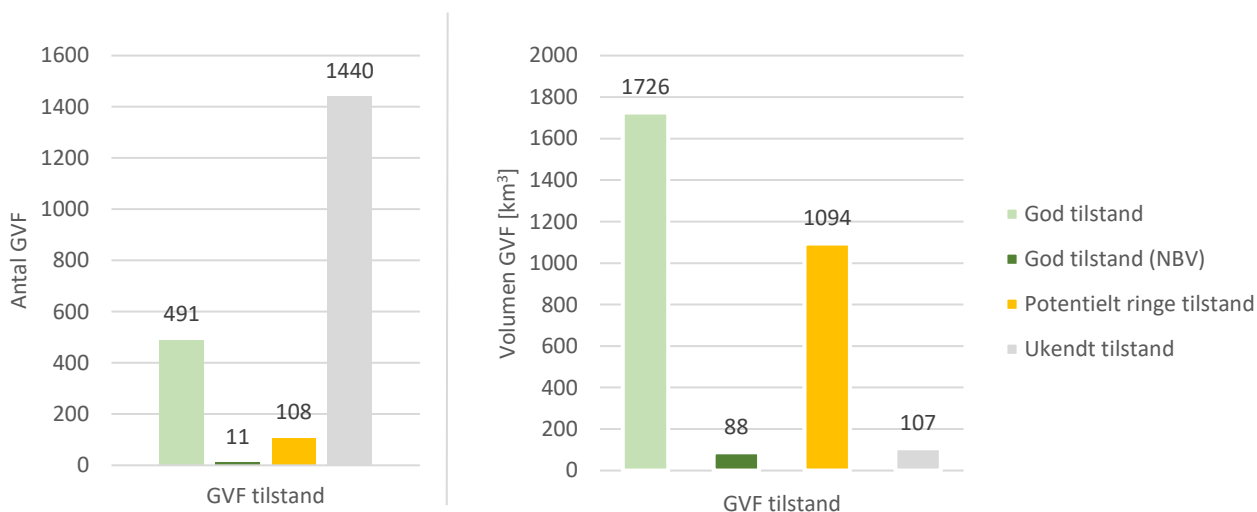
Tabel 2: Tilstandsvurdering for ammonium på indtagsniveau opdelt på datatype og tærskelværdi.

Af de 2050 grundvandsforekomster er der foretaget en direkte tildeling af tilstanden 'God' for 491 GVF. 11 GVF er efterfølgende blevet tildelt tilstanden 'God (NBV)' på baggrund af tærskelværdier baseret på NBV, se Tabel 1. Der er 108 GVF, som har fået tildelt tilstanden 'Potentielt

ringe', mens 1440 GVF er i 'ukendt' tilstand, se Tabel 3 og Figur 2 (venstre). Grundvandsforekomsternes tilstandsvurdering i forhold til volumen er vist i Figur 2 (højre).

GVF status	Antal
God tilstand	491
God tilstand (NBV)	11
Potentielt ringe tilstand	108
Ukendt	1440

Tabel 3: Grundvandsforekomsternes tilstand i forhold til ammonium. (Tabel fra notat om tilstandsvurdering, leverance 5 i projektet /3/).

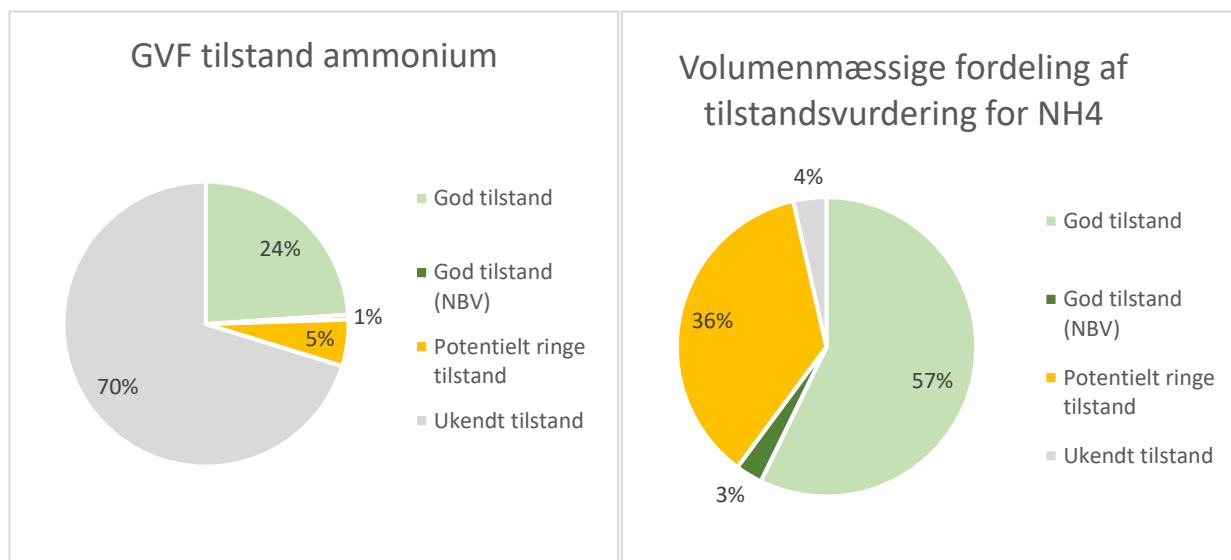


Figur 2: Tilstandsvurdering for ammonium fordelt på antal (venstre) og volumen (højre) af grundvandsforekomster.

Samlet set viser tilstandsvurderingen for ammonium at 25% af grundvandsforekomsterne er i god tilstand (inklusiv GVF, hvor tærskelværdien er baseret på baggrundsværdier, NBV), 5% er i potentielt ringe tilstand, mens 70% er i ukendt tilstand, se Figur 3 (venstre).

Hvis der i stedet ses på volumen af GVF, fremgår det af Figur 3 (højre), at 57% er i God tilstand, mens 3% er i God tilstand (NBV). 36% er i Potentielt ringe tilstand, mens kun 4% er i ukendt tilstand.

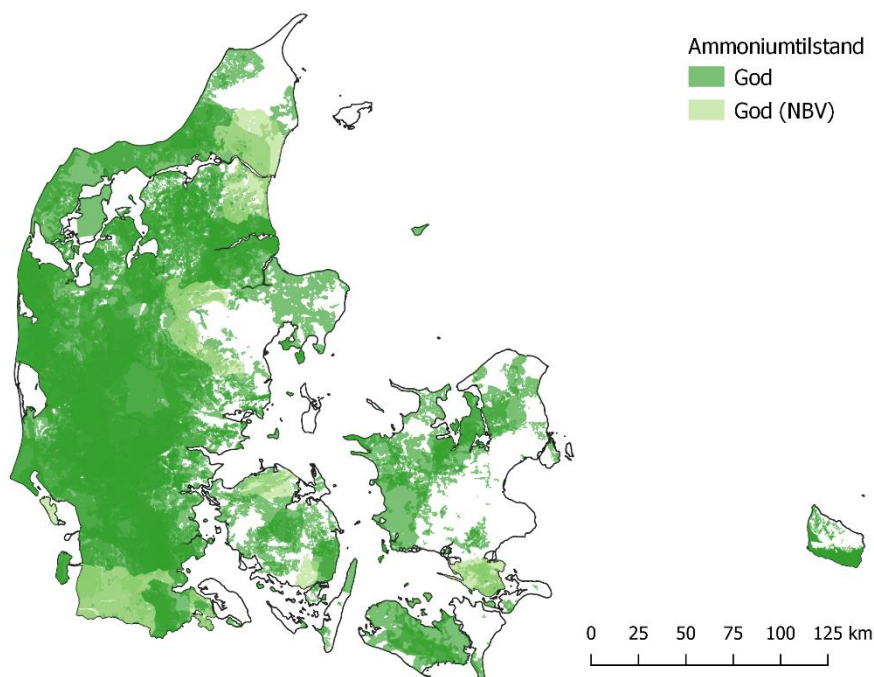
Der er 108 GVF i 'Potentielt ringe' tilstand, hvilket kun svarer til 5% af grundvandsforekomsterne, men set i forhold til volumen udgør de 36% af GVF. Tilsvarende ses, at selv om antallet af GVF med tilstanden 'Ukendt' er på 70% så udgør gruppen kun 4% af volumen af GVF.



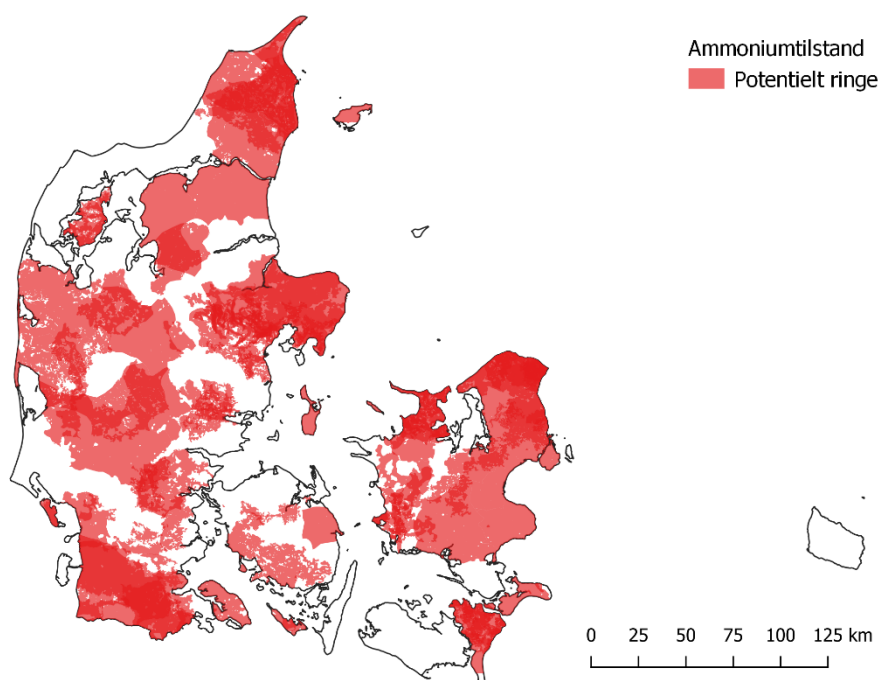
Figur 3: Tilstandsvurdering. Den procentvise fordeling, baseret på antal (venstre) og volumen (højre), af grundvandsforekomster fordelt på vurderingsklasser.

Geografisk vurdering

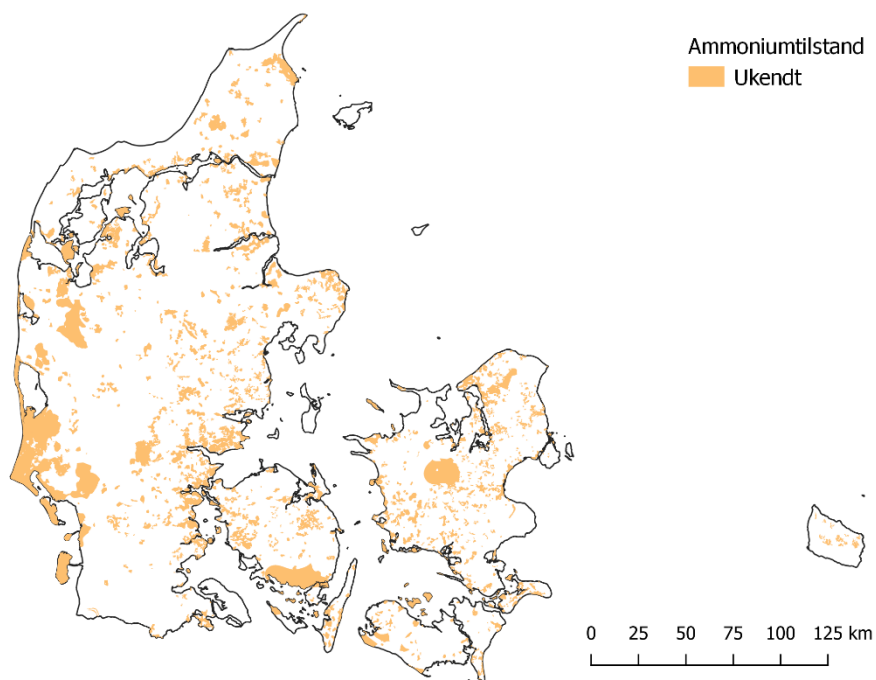
Den geografiske fordeling af tilstandsvurderingerne er vist i Figur 4 til Figur 6.



Figur 4: Geografisk fordeling af grundvandsforekomster med tilstandsvurderingen God i forhold til ammonium.



Figur 5: Geografisk fordeling af grundvandsforekomster med tilstandsvurderingen Potentielt ringe i forhold til ammonium.

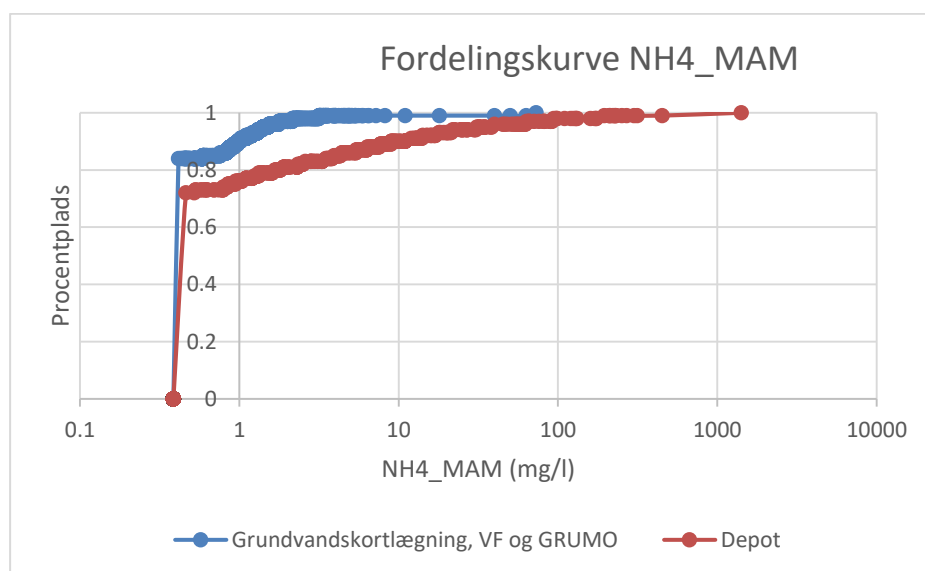


Figur 6: Geografisk fordeling af grundvandsforekomster med tilstandsvurderingen Ukendt i forhold til ammonium.

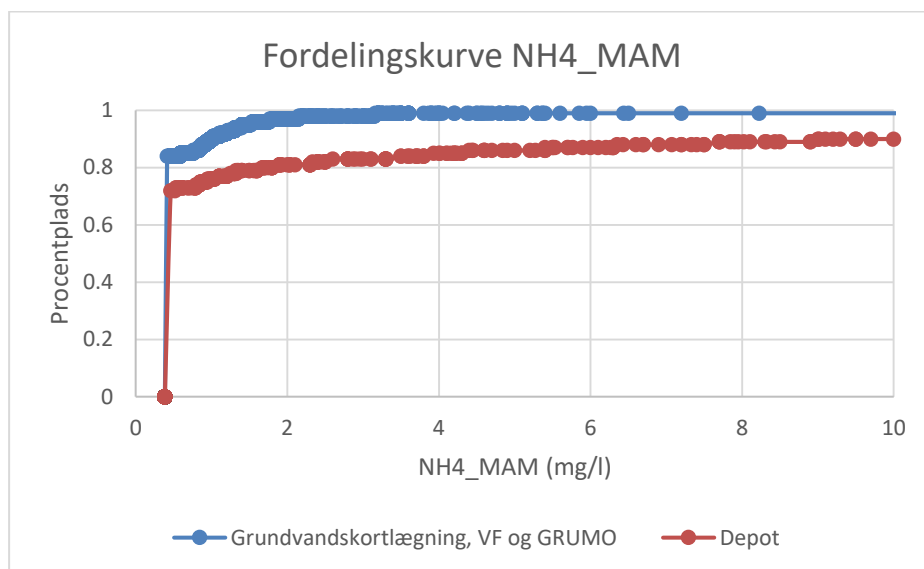
Sikkerhed i vurderingerne

En af udfordringerne med tilstandsvurderingen er den valgte metode for NBV, der giver mange indtag med $NH_4_MAM > NBV$. Ved at se på datatyperne 'grundvandskortlægning', 'VF' og 'GRUMO' vælges de NH_4_MAM værdier, som ikke forventes at være påvirket af forurening, se Figur 7. Til sammenligning er vist NH_4_MAM værdier for datatypen 'Depot'.

Det ses, at 97% af NH_4_MAM værdierne for de prøver, der ikke forventes at være påvirket af forurening, er under TV på 2 mg/l, mens det for depotboringerne kun gælder for 81%. Ved den lokale NBV på 4 mg/l er det henholdsvis 99% og 85% for datasættet, se Figur 8. Det betyder, at det ikke er muligt at skelne naturligt NH_4 fra forurening ved koncentrationer under ca. 5 mg/l uden yderligere undersøgelser. Det kan derfor være relevant at se på i hvor høj grad overskridelserne af TV skyldes depoter for at vurdere hvor stor en del af forekomsten der potentielt er påvirket af overskridelser, da depoter kan give anledning til meget høje koncentrationer i grundvandet, der dog ofte kun vil have en begrænset rumlig udstrækning.



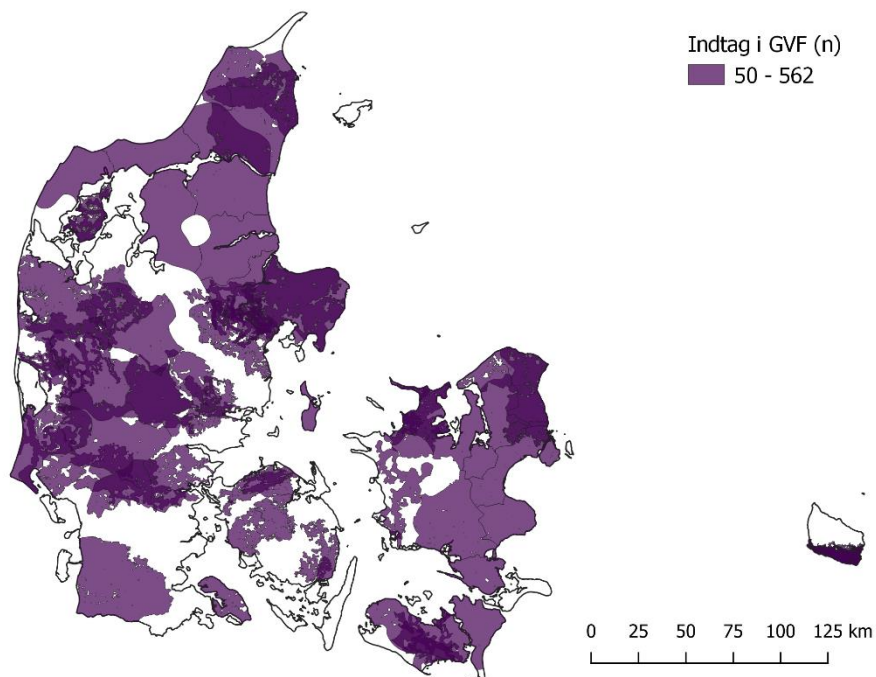
Figur 7: Fordelingskurve for NH_4_MAM for datatyperne 'GRUMO', 'VF' og grundvandskortlægning' samt 'Depot'. Bemærk logaritmisk skala.



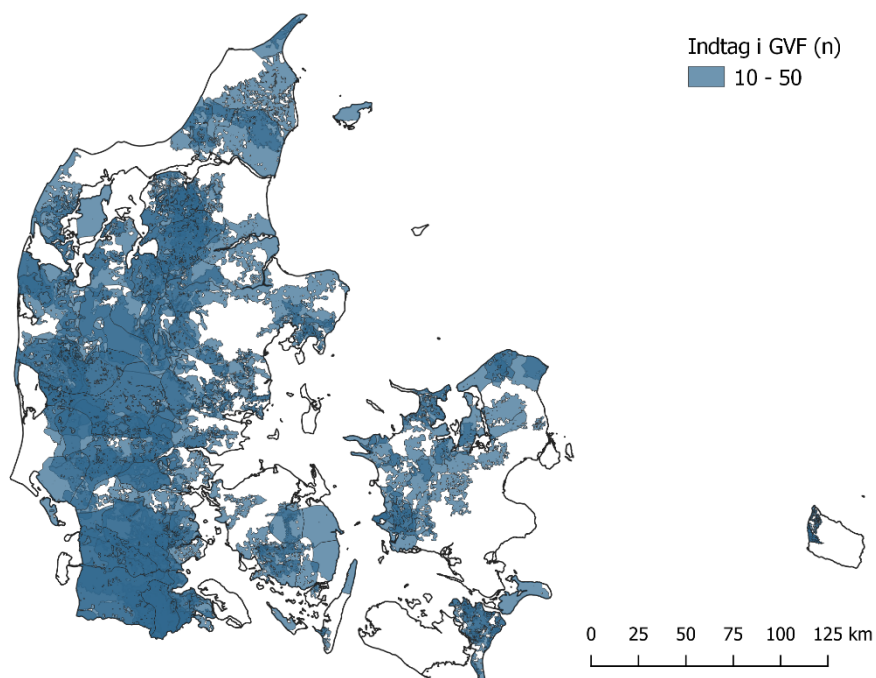
Figur 8: Detailudsnit. Fordelingskurve for NH₄_MAM for datatyperne 'GRUMO', 'VF' og 'grundvandskortlægning' samt 'Depot'. Udsnit fra 0-10 mg/l, lineær skala. Når ammonium nærmer sig 4 mg/l ses ammonium næsten ikke i naturlige kilder.

Hertil kommer, at vurderingen af grundvandsforekomsternes kemiske tilstand for så vidt angår ammonium er foretaget på baggrund af grundvandskemiske analyser fra boringsfiltre placeret i forekomsten. Vandanalyser stammer som hovedregel fra et ret begrænset rumfang i forekomsten og må derfor betragtes som punktmålinger. Antallet af indtag med analyser i grundvandsforekomsterne er derfor væsentlig i forhold til sikkerheden i bedømmelsen for den enkelte GVF, idet antal af indtag varierer fra > 100 indtag til blot ét indtag.

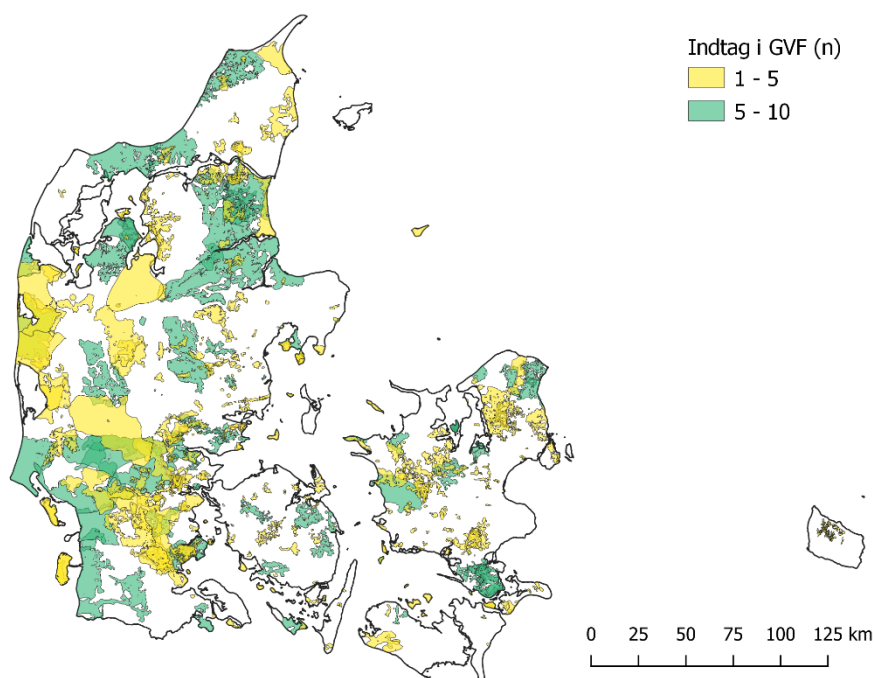
Figur 9 til Figur 11 viser antallet af indtag med analyser for ammonium i grundvandsforekomsterne og giver dermed også en indikation af sikkerheden af vurderingen som er mindre jo færre indtag, der har analyser. Der ses typisk færrest indtag i små grundvandsforekomster, men der er også enkelte større forekomster, hvor der kun er få analyser tilgængelig for perioden.



Figur 9: Grundvandsforekomster hvor der er mere end 50 indtag med ammoniumanalyser.



Figur 10: Grundvandsforekomster hvor der er 10-50 indtag med ammoniumanalyser.



Figur 11: Grundvandsforekomster hvor der færre end 10 indtag med ammoniumanalyser.

Referencer

- /1/ Mortensen, M. H. & Voutchkova, D., 2020: Leverance 3 i projektet "Tilstandsvurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand for saltene: ammonium, nitrit, sulfat, fosfor og klorid til VP 3 2021-2027". GEUS-NOTAT nr.: 07-VA-2020-11
- /2/ Mortensen, M. H. & Voutchkova, D., 2020: Leverance 4 i projektet "Tilstandsvurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand for saltene: ammonium, nitrit, sulfat, fosfor og klorid til VP 3 2021-2027". GEUS-NOTAT nr.: 07-VA-2020-12
- /3/ Mortensen, M. H. & Voutchkova, D., 2020: Leverance 5 og 6: Opdeling i tilstand efter beslutningstræ (leverance 5), i projektet "Tilstandsvurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand for saltene: ammonium, nitrit, sulfat, fosfor og klorid til VP 3 2021-2027", samt rubricering af grundvandsforekomster (leverance 6). GEUS-NOTAT nr.: 07-VA-2020-13

Bilag 3

GEUS-notat 07-VA-2020-14.

Notat vedrørende den kemiske tilstandsvurdering af grundvandsforekomster fsva klorid.

NOTAT



GEUS

Til: Miljøstyrelsen, Mia Rohde Nielsen
Fra: GEUS, Mette Hilleke Mortensen

Grundvands- og kvartærgeologisk afdeling

J.nr. GEUS 218-0066
Ref. MHMLTS

18.12.2020

GEUS notat 07-VA-2020-14

**Resultat af kloridtilstandsvurdering i projektet
"Tilstandsvurdering af de danske grundvandsforekomsters
kemiske tilstand for saltene: Ammonium, nitrit, sulfat, fosfor
og klorid til VP3 2021-2027".**

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. 5798009814814

geus@geus.dk
www.geus.dk

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

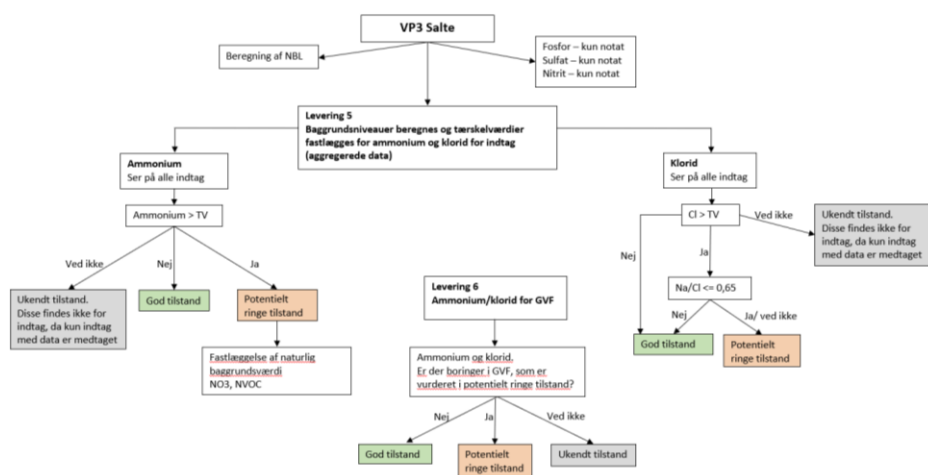
Baggrund

Klorid (Cl) forekommer naturligt i grundvand, og der kan være flere kilder til indholdet. Et forhøjet indhold kan være resultatet af en kemisk påvirkning som for eksempel vejsaltning eller overudnyttelse af et grundvandsmagasin, som i visse områder kan føre til saltvandsindtrængning. Et højt indhold kan også skyldes naturlige forhold som tilstedeværelsen af marint residualvand, eller havvand nær kysten. En metode til vurdering af grundvandsforekomsters påvirkning af klorid er at undersøge ionbytningsgraden, som beskrevet i nedenstående metodeafsnit.

GEUS har i projektet "Tilstandsvurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand for saltene: Ammonium, nitrit, sulfat, fosfor og klorid til VP3 2021-2027" benyttet den tidligere udviklede metode fra igangværende projekter i relation til planperioden 2021-2027 til vurdering af kloridtilstand for grundvandsforekomster (GVF) og gennemført en vurdering som en del af det forberedende arbejde til Vandplan 3 (VP3).

Metode

Metoden er baseret på et beslutningstræ, udarbejdet i samarbejde med Miljøstyrelsen, se Figur 1, hvor grundvandsforekomster inddeles i 'God', 'Potentielt ringe' eller 'Ukendt' tilstand på baggrund af kloriddata.



Figur 1: Illustration af beslutningstræ i den udviklede metode til tilstandsvurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand for ammonium og klorid. Beslutningstræet er todelt, hvor der først undersøges for overskridelser af tærskelværdien på indtagniveau (leverance 5) og efterfølgende på grundvandsforekomst-niveau (leverance 6).

NOTAT

Side 3 af 11

For hvert indtag beregnes for klorid en middelværdi for årlige middelværdier, den såkaldte MAM-værdi, for perioden 2013-2019 til vurdering af den kemiske tilstand. Data er hentet fra Jupiterdatabasen 20. oktober 2020, og herefter er der udført en omfattende dataforberedelse, hvor datasættet renses for fejl. I dataforberedelsen er desuden udført en grundig bearbejdning og sortering i data, som er nærmere beskrevet i de 3 data-notater, /1, 2, 3/ tilhørende Vandplan 3 tilstandsvurdering for salte.

Naturlige baggrundsværdier (NBV) beregnes og sammenholdes med den af MST fastsatte tærskelværdi (TV) for klorid på 250 mg/l, som beskrevet i /1/. Der er i datasættet for klorid ikke fundet NBV, der er højere end TV for klorid, og det indgår derfor ikke i vurderingen af GVF for klorid.

Til vurdering af grundvandsforekomsternes kemiske tilstand for så vidt angår klorid beregnes også ionbytningsgraden (IG).

Ionbytningen beskriver den udveksling af ioner mellem grundvandet og det omkringliggende sediment, der sker for at skabe ligevægt mellem kationerne i opløsning og bundet til overfladerne. Ionbytningsgraden beregnes som forholdet mellem natrium og klorid i milliækvivalenter.

Er ionbytningsgraden mindre end 0,65 er der tale om omvendt ionbyttet grundvand. Dette er en indikation på, at grundvandets saltindhold løbende øges, hvilket typisk kan skyldes påvirkning fra overfladen, f.eks. i forbindelse med saltning af veje, nedsivning af lossepladsperkolat, eller saltvandsindtrængning fra lag med salt residualvand eller indtrængning af havvand i kystområder.

Grundvandsforekomster, hvor ingen Cl_MAM værdier overskrider TV tildeles tilstanden 'God'. Hvis der ikke foreligger Cl_MAM i en GVF tildeles tilstanden 'Ukendt'. Grundvandsforekomster, hvor Cl_MAM i bare et indtag overskrider TV, tildeles tilstanden 'Potentielt Ringe', hvis ionbytningsgraden (IG) er mindre end 0,65. I de tilfælde hvor TV er overskredet, men ionbytningsgraden er større end 0,65, tildeles grundvandsforekomsten tilstanden 'God'.

NOTAT

Side 4 af 11

Samlet resultat af tilstandsvurderingen

I alt er der udpeget 2050 grundvandsforekomster til VP3 med 11.897 indtag, der er analyseret for klorid. Fordelingen af datatype for de 11.897 indtag ses i Tabel 1.

DATATYPE	Indtag i god tilstand	Indtag i god tilstand (IG)	Indtag i potentielt ringe tilstand	Grand Total
ANDET	1.186	41	15	1.242
DEPOT	1.168	45	132	1.345
DEPOT (Øvrige)	266	21	35	322
GRUMO	1.287	30	11	1328
Grundvandskortlægning	968	33	3	1.004
VF	6.575	77	4	6.656
Grand Total	11.450	247	200	11.897

Tabel 1: Tilstandsvurdering for klorid på indtagsniveau opdelt på datatyper. Indtag, hvor ionbytningen var afgørende for tilstandsvurderingen er markeret med IG.

Tabel 2 og Figur 2 viser den endelige tilstandsvurdering for de 2050 grundvandsforekomster. Der er foretaget en direkte tildeling af tilstanden 'God' for 513 GVF og derudover er 53 GVF blevet tildelt tilstanden 'God (IG)' på baggrund af ionbytningsgraden, se Tabel 2. 43 GVF har fået tildelt tilstanden 'Potentielt ringe', mens 1.441 GVF er i 'Ukendt tilstand', se Tabel 2 og Figur 2 (venstre).

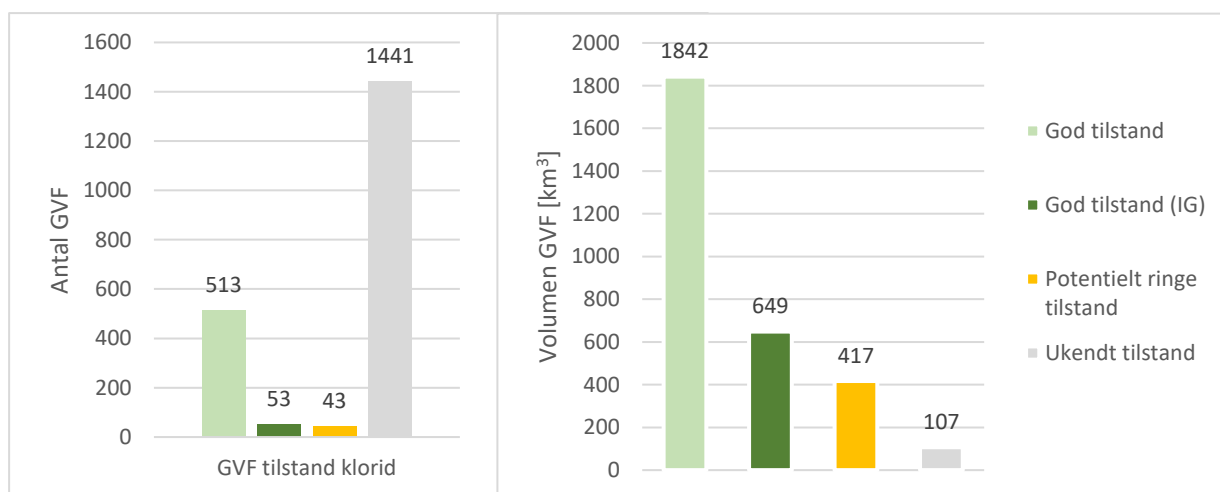
GVF status for CI	Antal
God tilstand	513
God tilstand (IG)	53
Potentielt ringe tilstand	43
Ukendt	1441

Tabel 2: Grundvandsforekomsternes tilstand i forhold til klorid. (Tabel fra notat om tilstandsvurdering, leverance 5 i projektet, /3/).

Figur 2 viser den samlede tilstandsvurdering for klorid for hhv. antal grundvandsforekomster og grundvandsforekomsternes volumen. Det fremgår at skønt der er et stort antal GVF i ukendt tilstand, udgør de kun en mindre del af det samlede volumen.

NOTAT

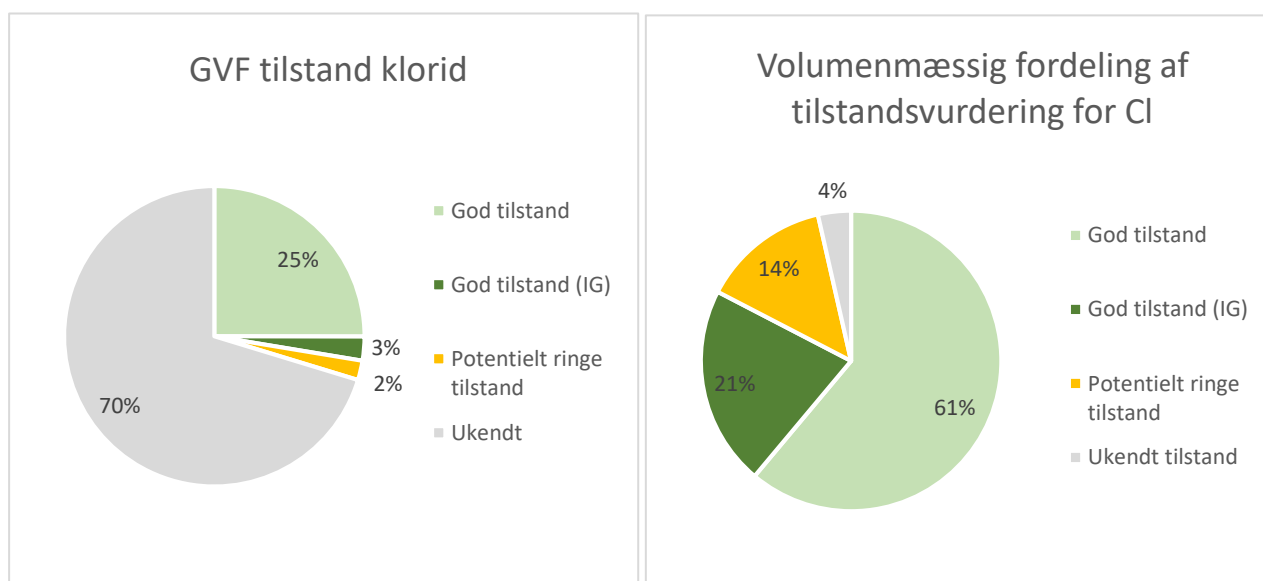
Side 5 af 11



Figur 2: Tilstandsvurdering for klorid fordelt på antal (venstre) og volumen (højre) af grundvandsforekomster.

Figur 3 viser den procentvise fordeling af tilstandsvurderingen for klorid. Det fremgår, at 28 % af GVF er i God tilstand (inklusive grundvandsforekomster, hvor der er taget højde for ionbytningsgraden), 2% er i Potentielt ringe tilstand mens 70% er i Ukendt tilstand, se Figur 3 (venstre).

Hvis der i stedet ses på volumen af GVF, fremgår det af Figur 3 (højre), at 61% er i God tilstand mens 21% er i God tilstand (IG). 14% er i Potentielt ringe tilstand mens 4% er i Ukendt tilstand.



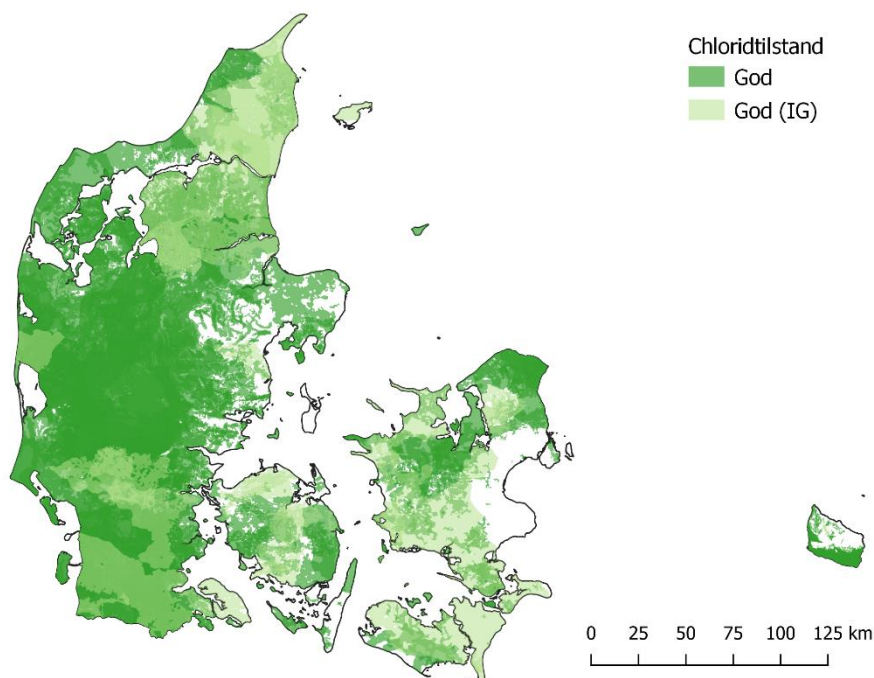
Figur 3: Tilstandsvurdering. Den procentvise fordeling, baseret på antal (venstre) og volumen (højre), af grundvandsforekomster fordelt på vurderingsklasser.

NOTAT

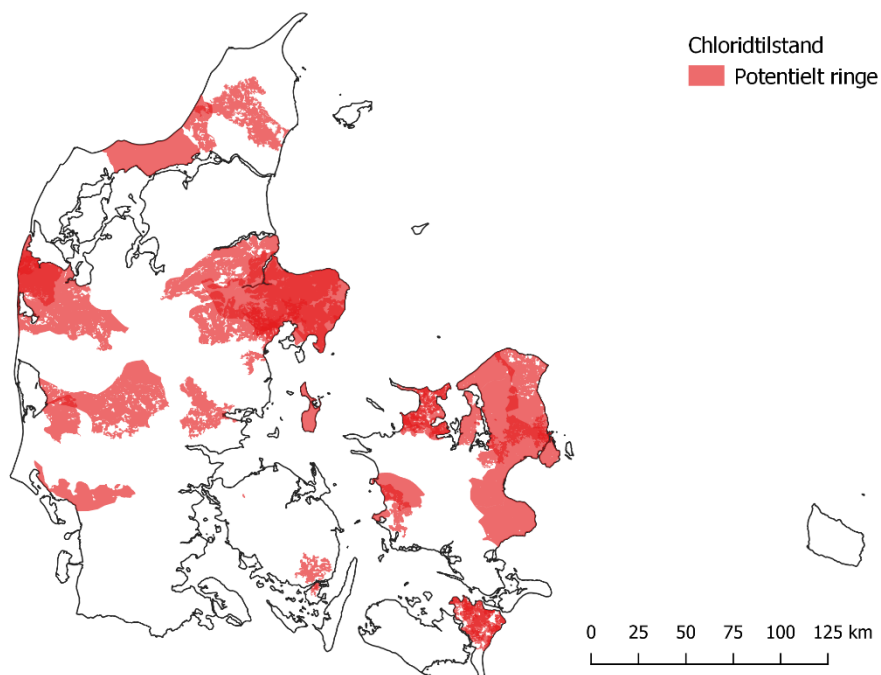
Side 6 af 11

Geografisk vurdering

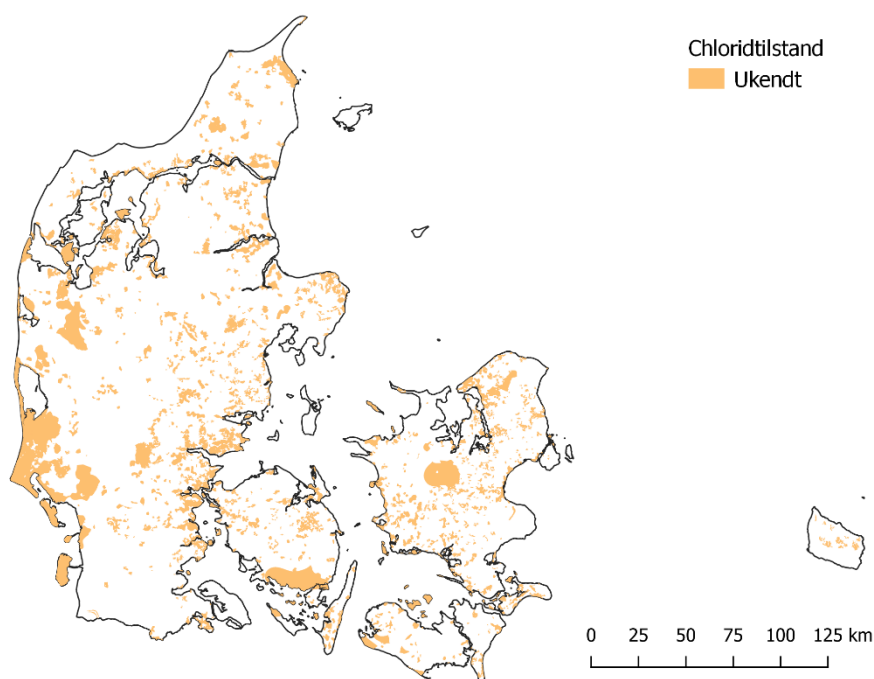
Den geografiske fordeling af tilstandsvurderingerne for klorid er vist i Figur 4 til Figur 6.



Figur 4: Geografisk fordeling af grundvandsforekomster med tilstandsvurderingen God i forhold til klorid.



Figur 5: Geografisk fordeling af grundvandsforekomster med tilstandsvurderingen Potentielt ringe i forhold til klorid.



Figur 6: Geografisk fordeling af grundvandsforekomster med tilstandsvurderingen Ukendt i forhold til klorid.

Sikkerhed i vurderingerne

Klorid forekommer naturligt i de danske grundvandsmagasiner. Naturlige koncentrationer over 250 mg/l stammer typisk fra marint infiltrationsvand eller marint residualvand. Marint infiltrationsvand findes udelukkende få hundrede meter fra kysten, hvor havvand kan strømme ind i magasinerne. Marint residualvand findes i store dele af landet, hvor tidligere marine sedimenter ses i undergrunden. Saltvand fra porerne i disse sedimenter kan diffundere til ferske magasiner med en overgangszonzone på flere hundrede meter. Indvinding fra lag som påvirker trykniveauet i magasiner med salt residualvand vil kunne påvirke strømmingen af saltvand mod indvindingsboringen /4/.

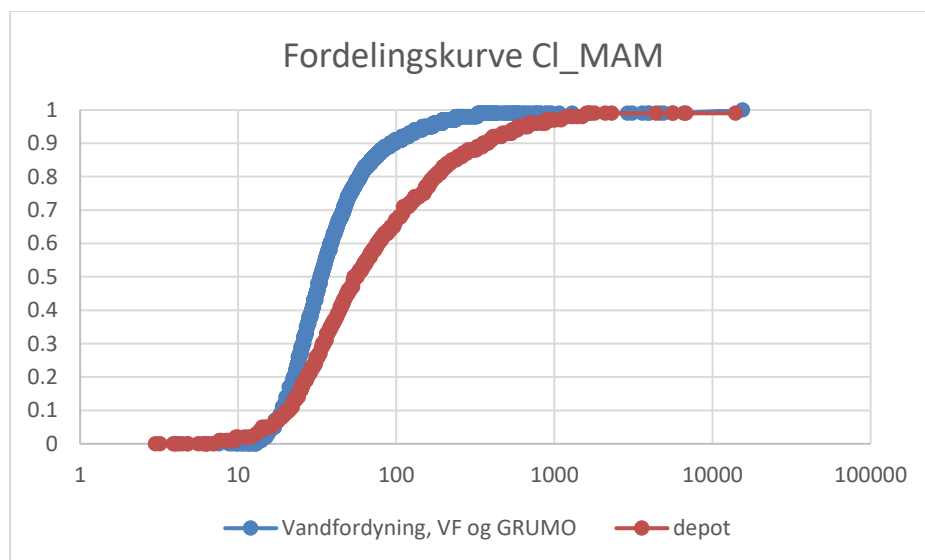
I forhold til at vurdere den kemiske tilstand for klorid i GVF er det derfor nødvendigt at tage højde for placeringen af GVF i forhold til lag med marint residualvand, specielt i de dybere lag. Det samme gør sig gældende for de kystnære områder, hvor der kan være indtrængning af marint infiltrationsvand i varierende dybde. Ligeledes bør det undersøges, om der finder indvinding sted, som kan influere på saltvandsgrænsen i en GVF.

NOTAT

Side 8 af 11

For at vurdere om der i datasættet kan skelnes mellem kloridkoncentrationer over TV i depotboringer sammenlignet med naturligt høje koncentrationer i de øvrige datatyper (GRUMO, grundvandskortlægning og VF) er der udarbejdet fordelingskurver for de to datasæt.

Figur 7 viser fordelingskurven for Cl_MAM, hvor data fra typen Depot sammenlignes med data fra typerne GRUMO, VF og Grundvandskortlægning. Figuren viser, at der er forskel på koncentrationerne for de to datasæt og at depotdata viser en højere koncentration af klorid. Det ses at 98% af data fra GRUMO, grundvandskortlægning og VF data ligger under TV på 250 mg/l mens det kun er tilfældet for 86% af depotboringerne. Forhøjede kloridværdier kan have flere årsager, men datasættet viser, at der i GVF med potentiel ringe tilstand kan være behov for at se på hvilken rolle forureninger fra depoter spiller. Derudover vil der være enkelte indtag fra datasættene VF, GRUMO og GKO, hvor der er tegn på stigende saltindhold. De beregnede ionbytningsgrader kan her være nyttige, da værdier under 0,65 indikerer at saltindholdet er stigende og værdier over 1,15 indikerer løbende opferskning og faldende saltindhold. Det betyder, at høje værdier af klorid kan være naturlige, hvis de har en høj ionbytningsgrad.



Figur 7: Fordelingskurve for Cl_MAM for datatyperne 'Vandforsyning, VF og GRUMO' samt 'Depot'. Bemærk logaritmisk skala.

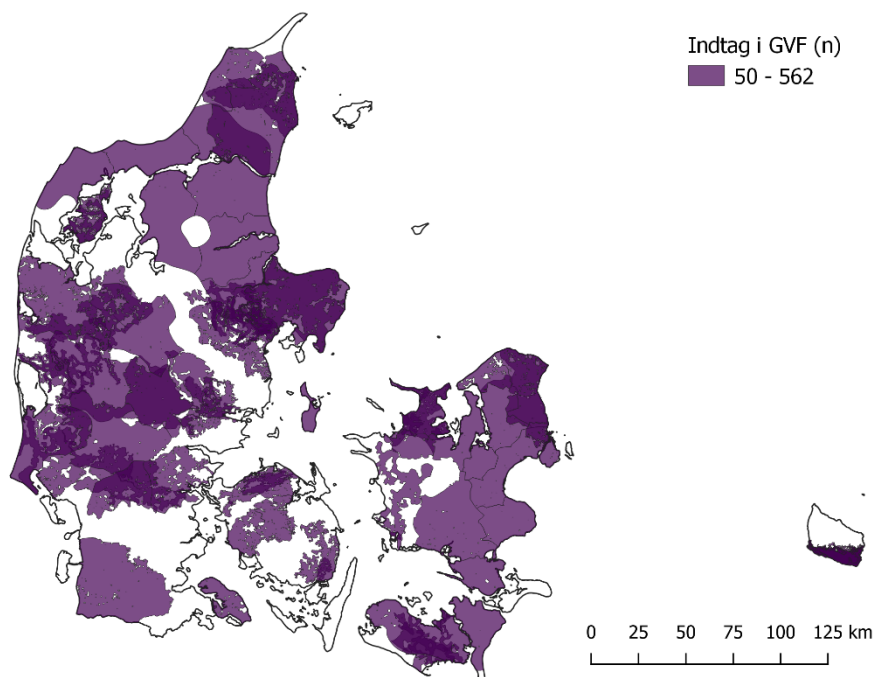
Herudover er vurderingen af grundvandsforekomsternes kemiske tilstand for så vidt angår klorid foretaget på baggrund af grundvandskemiske analyser fra boringsfiltre placeret i forekomsten. Vandanalyser stammer som

NOTAT

Side 9 af 11

hovedregel fra et ret begrænset rumfang i forekomsten og må derfor betragtes som punktmålinger. Antallet af indtag med analyser i grundvandsforekomsterne er derfor væsentlig i forhold til sikkerheden i bedømmelsen.

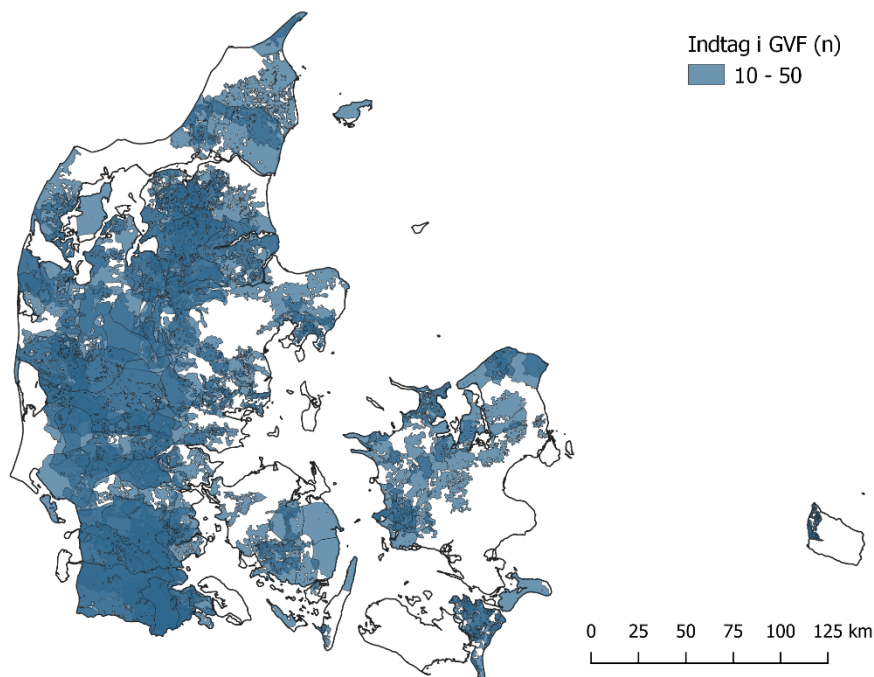
I Figur 8 til Figur 10 er vist antallet af indtag med analyser for klorid i grundvandsforekomsterne og giver dermed også en indikation af sikkerheden af vurderingen som er mindre jo færre indtag der har analyser. Der ses typisk færrest indtag i små grundvandsforekomster, men der er også enkelte større forekomster, hvor der kun er få analyser tilgængelig for perioden.



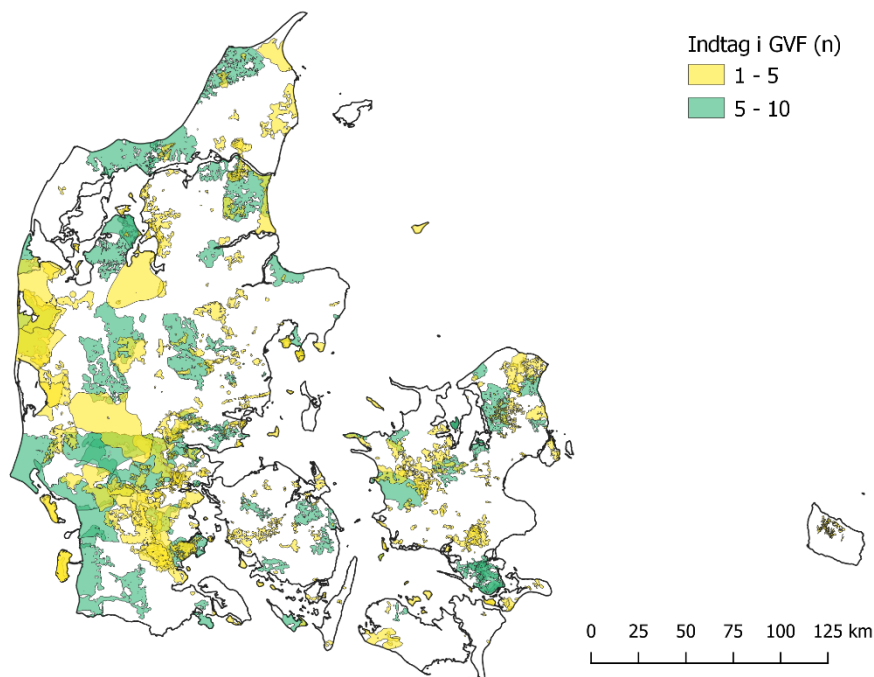
Figur 8: Grundvandsforekomster hvor der er mere end 50 indtag med kloridanalyser.

NOTAT

Side 10 af 11



Figur 9: Grundvandsforekomster hvor der er 10-50 indtag med kloridanalyser.



Figur 10: Grundvandsforekomster hvor der færre end 10 indtag med kloridanalyser.

NOTAT

Side 11 af 11

Referencer

- /1/ GEUS-NOTAT nr.: 07-VA-2020-11: Leverance 3 i projektet ”Tilstandsvurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand for saltene: ammonium, nitrit, sulfat, fosfor og klorid til VP 3 2021-2027”.
- /2/ GEUS-NOTAT nr.: 07-VA-2020-12: Leverance 4 i projektet ”Tilstandsvurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand for saltene: ammonium, nitrit, sulfat, fosfor og klorid til VP 3 2021-2027”.
- /3/ GEUS-NOTAT nr.: 07-VA-2020-13: Leverance 5 og 6: Opdeling i tilstand efter beslutningstræ (leverance 5), i projektet ”Tilstandsvurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand for saltene: ammonium, nitrit, sulfat, fosfor og klorid til VP 3 2021-2027”, samt rubricering af grundvandsforekomster (leverance 6).
- /4/ Kristiansen, S. M., Christensen, F. D. & Hansen, B., 2009: Vurdering af danske grundvandsmagasiners sårbarhed overfor vejsalt. GEUS. ISBN 978-87-7871-264-6

Bilag 4

GEUS-notat 07-VA-2020-18.

Notat vedrørende redegørelse for saltene fosfor, nitrit, sulfat og ledningsevne.

NOTAT



GEUS

Til: Miljøstyrelsen, Mia Rohde Nielsen
Fra: GEUS, Mette Hilleke Mortensen

Grundvands- og kvartærgeologisk afdeling
J.nr. GEUS 218-0066
Ref. MH/LTS

18.12.2020

GEUS notat 07-VA-2020-18

Redegørelse for grundvandsforekomsternes kemiske tilstand for fosfor, sulfat, nitrit og ledningsevne i projektet "Tilstandsvurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand for saltene: Ammonium, nitrit, sulfat, fosfor og klorid til VP3 2021-2027".

Nærværende notat udgør en delleverance i projektet "Tilstandsvurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand for saltene: Ammonium, nitrit, sulfat, fosfor og klorid til VP3 2021-2027" i form af en redegørelse for grundvandsforekomsternes kemiske tilstand for fosfor, sulfat, nitrit og ledningsevne.

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. 5798009814814
geus@geus.dk
www.geus.dk

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

NOTAT

Side 2 af 14

Fosfor

Baggrund

Miljøstyrelsen ønsker en redegørelse for grundvandsforekomsters kemiske tilstand for fosfor som en del af Vandplan 3, 2021-2027.

Fosfor er obligatorisk i tilstandsvurderingen som en del af grundvandsdirektivets bilag II's minimumsliste. Der foreligger ikke drikkevandskvalitetskrav eller tærskelværdier for fosfor i det danske grundvand.

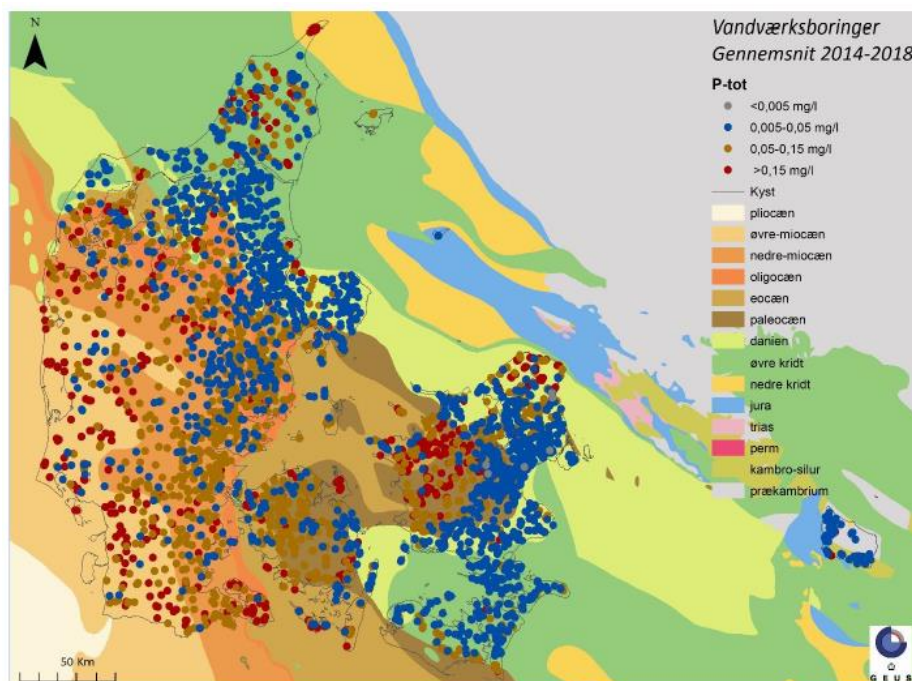
Før 2017 var kravværdien for total-fosfor i det danske drikkevand på 0,15 mg/l. Dette skyldes, at fosfor kan fremme bakterievækst i ledningsnet og installationer. Derudover blev højt indhold af fosfor brugt som indikator på påvirkning fra spildevand (Thorling mfl., 2015).

Fosfor i grundvandet består typisk af orthofosfat, PO_4 eller organisk bundet fosfor i relativt stabile forbindelser. Fosfor i almindelige grundvandskoncentrationer i drikkevand anses for uskadelige for menneskers sundhed. Kravværdien udgik på den baggrund i forbindelse med revision af drikkevandsbekendtgørelsen i 2017. Fosfor indgår i grundvandsdirektivets bilag II's minimumsliste over stoffer, man skal se på i forbindelse med vandområdeplanerne.

Fosfor i det danske grundvand

Fosfor er et naturligt forekommende grundstof, der findes i det danske grundvand, og indholdet ændres kun langsomt. Fosforindholdet i grundvandet måles almindeligvis som P_{tot} , det totale indhold af fosfor, og når der tales om fosfor i dette afsnit, vil der hvis ikke andet præciseres være tale om P_{tot} .

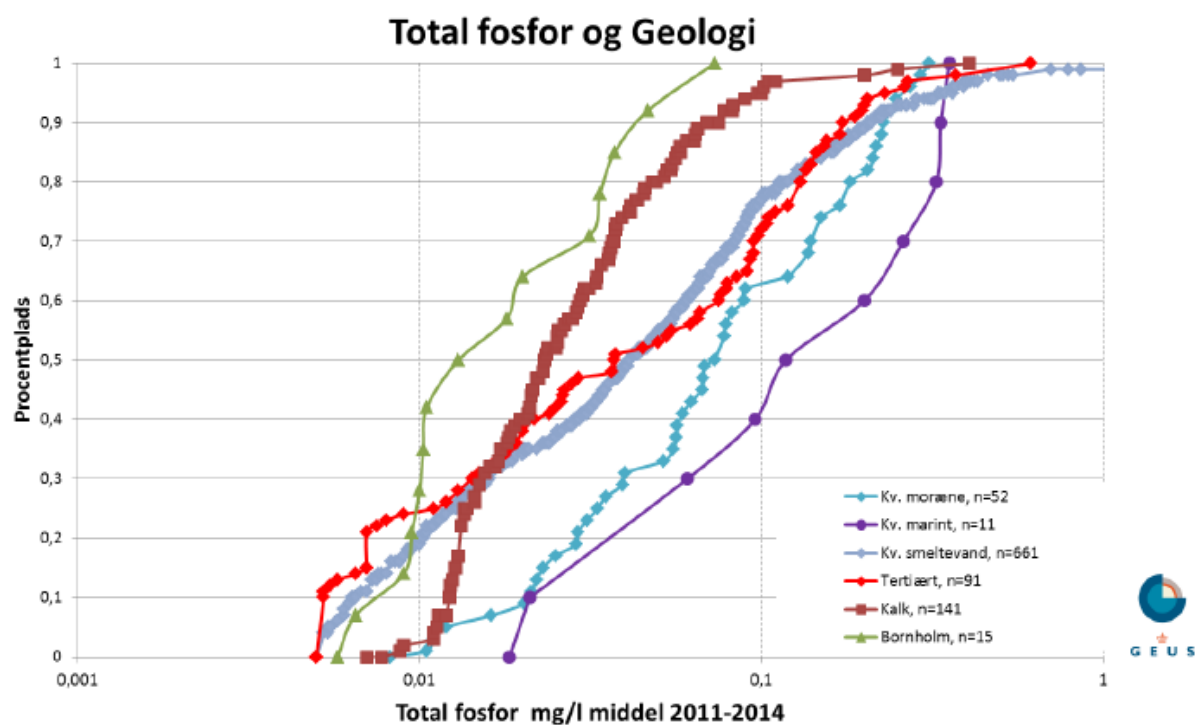
Fosforindholdet afhænger i høj grad af den geologiske sammensætning af undergrunden, og lokale geologiske og geokemiske forhold resulterer i betydelige variationer selv inden for korte afstande. Generelt ses et lavt indhold i områder med kalkaflejringer, se Figur 1, mens miocæne aflejringer typisk har et højere indhold (Thorling mfl., 2019).



Figur 1: Geografisk fordeling af det gennemsnitlige indhold af total-fosfor i grundvandet i 6.185 vandværksboringer for perioden 2014-2018, hvor alle vandværksboringer er prøvetaget mindst én gang. De laveste koncentrationer er afbildet øverst. Baggrundskortet viser den prækvartære overflade, og der ses blandt andet en sammenhæng mellem lavt fosforindhold og kalkaflejringer. (Figur fra Thorling mfl., 2019. www.grundvands-overvaegning.dk).

Der er indikationer på, at marine aflejringer har et højere indhold af orthofosfat, mens lerede aflejringer har et højere indhold af organisk fosfor (Thorling mfl., 2015). Fordelingen af total-fosfor i grundvandet sammenholdt med geologisk aflejringstype kan ses i Figur 2 (Thorling mfl., 2015).

Fordelingen af iltet og reduceret grundvand er en væsentlig parameter i forhold til koncentrationen af fosfor. Det geologiske bidrag til det totale fosforindhold er størst i reduceret, nitratfrit grundvand, som typisk anvendes til vandforsyning. I oxideret grundvand binder fosfor sig med jernoxider til sedimenterne, hvilket resulterer i et markant lavere indhold af opløst fosfor (Thorling mfl., 2018). Fordelingen af orthofosfat varierer meget lidt i vandtyperne A, B og C, og indholdet stiger kun svagt i vandtype D. Indholdet af organisk fosfor varierer derimod markant med vandtypen med lave indhold i vandtype A og B, og høje indhold i vandtype C og D. Naturlige forskelle i fosforindholdet kan derfor knyttes til organisk bundet fosfor og frigivelsen af denne gruppe i reduceret vand (Thorling mfl., 2013).



Figur 2: Fordeling af totalfosfor i grundvandet opdelt på geologisk aflejringstype for GRUMO-indtag. Gennemsnitsværdier for programperioden 2011-2014. (Figur fra Thorling mfl., 2015. www.grundvandsovervaegning.dk).

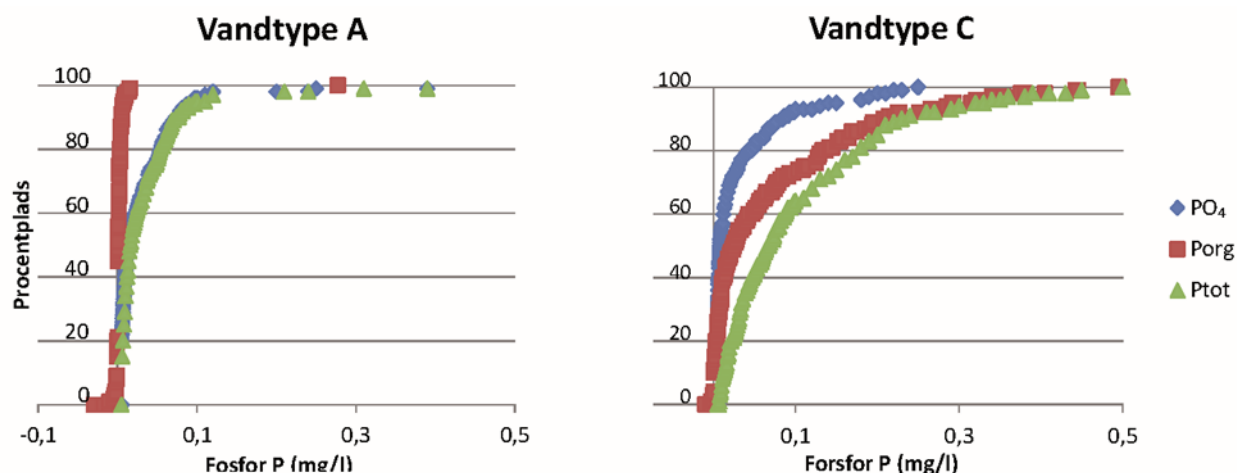
Påvirkning med fosfor fra arealanvendelsen

Fosfor kan udvaskes fra jordoverfladen og dermed give et ekstra bidrag til fosforindholdet i grundvandet, ud over hvad der stammer fra forvitring og omdannelse af fosforforbindelser i jorden. Tab af fosfor til undergrunden kan ske fra landbrug eller punktkilder som fx møddinger og lossepladser.

Undersøgelser viser, at det kan være svært at identificere påvirkning forårsaget af eksempelvis normal gødningsanvendelse, da fosfor tilbageholdes i jordlagene (Thorling mfl., 2010), så længe bindingskapaciteten ikke er opbrugt (Andersen & Heckrath, 2020). De højeste koncentrationer af fosfor ses overvejende i dybtliggende og reduceret grundvand, se Figur 3. Resultaterne fra GRUMO-overvågningen viser, at de højeste koncentrationer af fosfor skyldes geokemiske processer i grundvandsmagasinerne og i mindre grad udvaskning fra landbrugsjord (Thorling mfl., 2015).

Forhøjede værdier kan forventes at optræde i forbindelse med visse typer af punktkilder. I disse tilfælde ses typisk flere stoffer som indikation på

forurening, og fosfor vil derfor ikke være afgørende for at identificere, at der er tale om en forurening, fx lossepladser mm.



Figur 3: Indhold af fosfor for henholdsvis oxideret vand, vandtype A, og reduceret vand, vandtype C. (Figur fra Thorling mfl., 2013. www.grundvandsovervaegning.dk). Indholdet af fosfor er markant lavere under oxiderede forhold (vandtype A) end under reducerede forhold (vandtype C).

Udvaskning

Udvaskning af fosfor for dyrkningsjord og vandområder er gennemgået i detaljer i (Andersen & Heckrath, 2020). Tab af fosfor i jorden til grundvand og dræn er afhængig af jordens kapacitet til at binde fosfor. Når denne er opbrugt, vil der forekomme en større udvaskning. Indholdet af makroporer i jordens matrice har også betydning, da strømning i disse vil omgå bindingskapaciteten og udvaske fosfor til for eksempel dræn.

Der er adskillige bidrag af fosfor fra det terrænnære grundvand til overfladevand, men det konkluderes, at bidraget fra brinkerosion overskygger bidrag fra andre kilder, når det gælder påvirkningen af overfladevand (Andersen & Heckrath, 2020). De øvrige kilder til fosfor har dog betydning i forhold til indholdet i søer.

Generelt vurderes det, at overfladevand, herunder søer, er mere fosforfølsomme i forhold til udvaskning fra overfladen end grundvand, hvor det geologisk betingede bidrag kan være markant (Andersen & Heckrath, 2020). Det vil være nødvendigt med hydrologisk modellering af stoftransport for at vurdere fosforpåvirkningen af overfladevand fra grundvand i forhold til geologisk betinget fosforbidrag og fosforbidrag fra landbrug (Thorling mfl., 2015).

NOTAT

Side 6 af 14

Konklusion

Grundvandet forventes ikke at være påvirket af fosforforurening i noget væsentligt omfang. Dette hænger sammen med, at påvirkninger fra terræn bindes i overjord og de øvre lag, hvorfor der er lave koncentrationer i det øvre iltede grundvand. Høje fosforkoncentrationer i grundvand er som hovedregel knyttet til naturligt fosfor. Der kan lokalt være tale om punktkilde forureninger, der ikke forventes at give anledning til påvirkninger på grundvandsforekomstniveau.

NOTAT

Side 7 af 14

Sulfat

Baggrund

Miljøstyrelsen ønsker en redegørelse for grundvandsforekomsters kemiske tilstand for sulfat som en del af Vandplan 3, 2021-2027. Sulfat er obligatorisk i tilstandsvurderingen som en del af grundvandsdirektivets bilag II's minimumsliste.

Det er vurderet angående sulfat, at *”at menneskeskabte påvirkninger vil være et resultat af vandindvinding og dermed håndteres i de kvantitative tilstandsvurderinger”* (Miljøstyrelsen, 2020). Kvalitetskravet for sulfat i drikkevand er 250 mg/l ved forbrugeren (Drikkevandsbekendtgørelsen, 2019).

Kilder til sulfat i grundvandet

Baggrundsniveauet for sulfat i det øvre iltede grundvand varierer både geografisk og tidsligt. Sulfatindholdet stiger markant omkring redoxfronten, hvor de geokemiske forhold i jorden skifter fra oxideret til reduceret (Postma & Boesen, 1991).

Den atmosfæriske deposition er sammen med svovlholdige gødninger de væsentligste kilder til sulfat i jorden. Depositionen har geografiske variationer, der blandt andet afspejler afstand til kysten og påvirkningen fra forbrændingsprocesser i Danmark og udlandet. (Borggaard & Elberling, 2004). Siden 1990 er der set en kraftig reduktion i atmosfærisk svovldeposition fra menneskeskabte processer, for eksempel fra fossile brændstoffer og biobrændsel. Under forbrænding iltes svovl til svovldioxid, der i atmosfæren omdannes til sulfat, hvilket medfører at nedbør forures (Miljøstyrelsen, 2003).

Sulfatbidrag til grundvandet kan også stamme fra underliggende salt residualvand eller fra marin intrusion, enten i form af naturlig diffusion eller som resultat af indvinding eller anden ændring af grundvandsstanden.

Udvaskning af nitrat fra landbrugsarealer og efterfølgende nitratreduktion med indlejret pyrit forøger markant grundvandets sulfatindhold hen over nitratfronten. Udvaskningen varierer meget afhængig af mængden

NOTAT

Side 8 af 14

af kvælstof, afgrøder, efterafgrøder og dyrkningsmæssige forhold (Hansen & Thorling, 2018).

Grundvandssænkninger i forbindelse med vandindvinding kan give anledning til, at atmosfærisk ilt trænger ned i jordlagene og forårsager en stigning i sulfatindholdet som resultat af pyritoxidation.

Endelig kan et højt sulfatindhold være indikation på lokal forurening fra visse typer punktkilder, men disse antages ikke at have et omfang, der giver anledning til udfordringer på grundvandsforekomstniveau, og i det omfang højt sulfatindhold træffes i større forureninger, vil det allerede være omfattet af regionernes indsatser.

Pyritoxidation og sulfatreduktion

Pyritoxidation forekommer, hvis pyritholdigt sediment iltes enten af ilt eller kvælstof. Et sediment kan blive iltet i de tilfælde, hvor grundvandsstanden i området ændres, for eksempel i forbindelse med øget indvinding eller dræning.

En principskitse af sulfatkoncentrationer og redoxforhold som funktion af dybden ses i Figur 4.

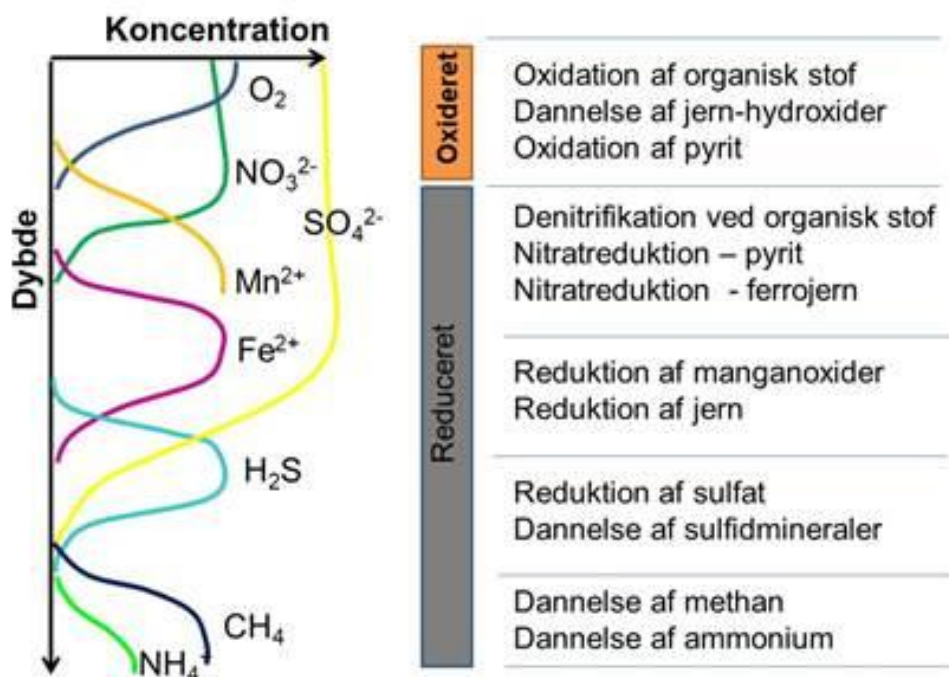
Pyritoxidation kan foregå både i den umættede zone og i grundvandet. Pyrit kan indeholde flere giftige tungmetaller, som nikkel og arsen, der ved pyritoxidation frigives til grundvandet. Arsen udfældes ofte efterfølgende med jernoxider, men nikkelkoncentrationen kan stige til problematiske niveauer.

Sulfat benyttes som indikator i forbindelse med bestemmelse af redoxvandtyper (Zoneringsvejledningen, MST 2000). Når indholdet af sulfat er højere end 20 mg/l klassificeres grundvandet som tilhørende vandtype C (reduceret). Hvis sulfatindholdet er lavere end 20 mg/l klassificeres grundvandet som vandtype D (stærkt reduceret). Data fra aldersdateret grundvand viser, at fra 1965 til 2007 er sulfatindholdet i iltet grundvand faldet fra ca. 40 mg/l til 30 mg/l (Hansen & Thorling, 2018).

Hvis sulfatindholdet overstiger 50 mg/l i iltet grundvand, vurderes der at være et forhøjet niveau i forhold til baggrunds niveauet.

NOTAT

Side 9 af 14



Modificeret efter Berner 1981, Sedimentary Petrology 51:358-365

Figur 4: Fordeling af redoxkomponenter i grundvand som funktion af dybde. Redoxzoner og redoxforhold er angivet.

Sulfatreduktion kan forekomme i stærkt reducerede miljøer, typisk vandtype C og D, hvor sulfat reduceres og udfældes som jernsulfider samtidig med, at organisk stof oxideres til hydrogenkarbonat (Hansen & Thorling, 2018). Opholdstiden og reaktiviteten af det organiske stof er afgørende for graden af sulfatreduktion.

Konklusion

Sulfatforurening af grundvandet forventes ikke at påvirke grundvandet i noget væsentligt omfang ud over der, hvor der er problemstillinger i forhold til den kvantitative tilstand, se (Henriksen mfl., 2019). Dette håndteres i forbindelse med den kvantitative tilstandsvurdering. Høje sulfatkoncentrationer i grundvand er som hovedregel knyttet til oxidation af sulfider i grundvandet samt atmosfærisk bidrag. Der kan lokalt være tale om punktkilde forureninger, der ikke forventes at give anledning til påvirkninger på grundvandsforekomstniveau.

Nitrit

Baggrund

Miljøstyrelsen ønsker en redegørelse for grundvandsforekomsters kemiske tilstand for nitrit som en del af Vandplan 3, 2021-2027.

Nitrit er obligatorisk i tilstandsvurderingen som en del af grundvandsdirektivets bilag II's minimumsliste. Kvalitetskravet for nitrit i drikkevand er 0,1 mg/l ved forbrugeren (Drikkevandsbekendtgørelsen, 2019).

Naturligt forekommende nitrit

Nitrit forekommer naturligt i grundvandsmagasinerne i nitratreducerende lag omkring redox-grænsen.

Nitrit forekommer som et ustabil mellemprodukt under omsætning af kvælstof i forbindelse med nitrifikation og denitrifikation, samt ved pyritoxidation, og kan derfor bruges som indikator på disse processer. Denitrifikation ses udbredt i forbindelse med nitratfronten for vandtype B, i lag der varierer i tykkelse fra få mm til (sjældnere) op til 10 m. Nitrit i disse lag vil typisk ligge i koncentrationer op til 0,1 µg/l. Den rumlige begrænsning betyder, at det er usandsynligt, at kvalitetskravet er overskredet i en hel eller større dele af en grundvandsforekomst.

Høje værdier af nitrit ses i forbindelse med forurening fra punktkilder, for eksempel fra spildevand, hvor tilførsel af kvælstof og organisk materiale kan give en ufuldstændig omsætning af ammonium med dannelse af nitrit som resultat (Thorling & Pedersen, 1992). Kortlægning af punktkildeforurening benytter dog flere parametre ud over nitrit i vurderingen.

Konklusion

Nitritforurening af grundvandet forventes ikke at påvirke grundvandet i noget væsentligt omfang. Nitritkoncentrationer i grundvand er som hovedregel knyttet til et relativt smalt interval omkring redox-zonen, hvor nitrit dannes som et ustabil mellemprodukt i forbindelse med omsætning af kvælstof og ved pyritoxidation. Der kan lokalt være tale om punktkildeforureninger, hvor der i forureningsfanen vil optræde en zone med

NOTAT

Side 11 af 14

denitrifikation og risiko for nitritdannelse, der ikke forventes at give anledning til påvirkninger på grundvandsforekomstniveau.

Ledningsevne

Ledningsevnen er et mål for vands elektriske ledningsevne, og er direkte proportional med indholdet af opløste salte i vandet. Især klorid, nitrat og sulfat bidrager til en høj ledningsevne. Kvalitetskravet for ledningsevnen i drikkevand er et minimumskrav af sundhedsmæssige årsager, og er 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Drikkevandsbekendtgørelsen, 2019). Indholdet bør dog ikke være over 2.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

En høj ledningsevne kan være tegn på infiltration af saltvand eller være en indikator på forurening, og har tidligere været benyttet som parameter til bestemmelse af disse. Ledningsevnen måles i felten i forbindelse med vandprøvetagning.

Vi har i Danmark god datadækning på en række mere specifikke parametre, når uønskede påvirkninger af grundvandets kvalitet overvåges. I dag benyttes flere forskellige parametre til vurdering af saltvandsindtrængning, som også beskrevet i tilstandsvurderingen for klorid i dette vandplansprojekt (GEUS-NOTAT nr. 07-VA-2020-14). Til vurdering af forureningssager ses ligeledes på et større antal parametre, og ledningsevne bruges derfor ikke som en enkeltstående samleparameter i vandanalyser.

Konklusion.

Målinger af ledningsevne giver ikke merværdi for vandplanerne, da adskillige mere specifikke parametre til beskrivelsen af forureninger analyseres i forbindelse med vurdering af saltvandsindtrængning og forurening.

Referencer

Andersen, H. E. & Heckrath, G. (redaktører). 2020. Fosforkortlægning af dyrkningsjord og vandområder i Danmark. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 338 s. - Videnskabelig rapport nr. 397. <http://dce2.au.dk/pub/SR397.pdf>

Borggaard, O. K. & Elberling, B., 2004: Pedological Biogeochemistry. Institute of geography, University of Copenhagen. ISBN: 87-989450-0-9

Drikkevandsbekendtgørelsen, 2019: BEK nr 1070 af 28/10/2019. Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. (Retsinformation: <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2019/1070>)

Hansen, B. & Thorling, L., 2018: Kemisk grundvandskortlægning. Geo-vejledning 2018/2. GEUS. ISBN: 978-7871-493-0

Henriksen, H. J., Voutchkova, D., Troldborg, L., Ondracek, M., Schullehner, J. & Hansen, B., 2019: National Vandressource model. Beregning af udnyttelsesgrader, afsækning og vandløbspåvirkning med DK model 2019. GEUS rapport 2019/32

Miljøstyrelsen, 2000: Zoneringsvejledning nr. 3, 2000 (Zoneringsvejledningen).

Miljøstyrelsen, 2003: Renere luft – den danske indsats. Udarbejdet af Fenger, J., DMU. ISBN: 87-7972-389-6

Miljøstyrelsen, 2020: Projektinitieringsdokument (PID). Tilstandsvurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand for saltene: Ammonium, nitrit, sulfat, fosfor og klorid til VP3 2021-2027. 10-11-2020.

GEUS-NOTAT nr. 07-VA-2020-14: Resultat af kloridtilstandsvurdering i projektet "Tilstandsvurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand for saltene: Ammonium, nitrit, sulfat, fosfor og klorid til VP3 2021-2027.

NOTAT

Side 14 af 14

Postma, D. & Boesen, C., 1991: Nitrate reduction in an unconfined sandy aquifer: Water chemistry, reduction processes, and geochemical modeling. *Water resources research*, vol 27, No. 8, pages 2027-2045.

Thorling, L., Hansen, B. & Magid, J. 2010: Opløst organisk fosfor i grundvand?. *Vand og Jord*. 17. årgang, nr. 1. 20-23

Thorling, L., Brüsch, W., Hansen, B., Larsen, C.L., Mielby, S., Troldborg, L. og Sørensen, B. L., 2013: Grundvand. Status og udvikling 1989 – 2012. Teknisk rapport, GEUS 2013.

Thorling, L., Ernstsens, V., Hansen, B., Larsen, F., B., Mielby, S., Johnsen, A.R., og Troldborg, L. 2015: Grundvand. Status og udvikling 1989 – 2014. Teknisk rapport, GEUS 2015. ISBN 978-87-7871-416-9

Thorling, L., Ditlefsen, C., Ernstsens, E., Hansen, B., Johnsen, A.R., & Troldborg, L., 2018: Grundvand. Status og udvikling 1989 – 2016. Teknisk rapport, GEUS 2018. ISBN Online: 978-87-7871-486-2

Thorling, L., Ditlefsen, C., Ernstsens, V., Hansen, B., Johnsen, A.R., & Troldborg, L., 2019: Grundvand. Status og udvikling 1989 – 2018. Teknisk rapport, GEUS 2019. ISBN Online: 978-87-7871-522-7

Bilag 5

GEUS-notat 07-VA-2020-02.

Datakildenotatet.

Datakilder i form af vandanalyser, der anvendes ved vurdering af grundvandets tilstand i forbindelse med vandområdeplanerne 2021-2027.

Til: Miljøstyrelsen
Fra: Lærke Thorling og Anders Risbjerg Johnsen

Kopi til:

Fortroligt: Nej

Dato: 11. december 2020

GEUS-NOTAT nr.: 07-VA-2020-02

J.nr. GEUS: 218-0061/62

Emne: Datakilder i form af vandanalyser, der anvendes ved vurdering af grundvandets tilstand i forbindelse med vandområdeplanerne 2021-2023

Problemstilling

Nærværende notat redegør for anvendeligheden af vandkemiske analysedata i Jupiter i vurderingen af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand. Herunder beskrives karakter og anvendelighed af data fra de forskellige datatyper, dvs. indtag tilknyttet GRUMO, vandindvindingsboringer etc. – og den mulige fastlæggelse af begrebet datatyper med udgangspunkt i de forskellige kodestier i Jupiter.

Det er forudsat, at data anvendes med den kvalitet, hvormed de foreligger i Jupiter på tidspunktet for dataudtrækket. Der anvendes kun data, der er indlæst i Jupiter. Det betyder, at der er et stort set fuldstændigt datasæt for Grundvandsovervågningen, GRUMO og vandværkernes boringskontrol, VF. Derimod er der fortsat data fra regionernes undersøgelser af punktkilder, der ikke er indlæst i Jupiter, og derfor ikke indgår i vurderingen. Samtidig er der en del data fra regionerne, der er indlæst på en sådan måde, at de ikke kan kobles til en grundvandsforekomst. Regionernes data er diskuteret i GEUS-notat 06-VA-20-1.

Nærværende notat belyser anvendeligheden af data gennem:

1. *En beskrivelse af de forskellige kilder til de analyser for de tre stofgrupper: pesticider, organiske MFS og sporstoffer i Jupiter, der anvendes til tilstandsvurderingen af grundvandsforekomsterne.*
2. *En redegørelse for repræsentativitet og eventuelle bias forbundet med hver type datakilde for disse stofgrupper.*
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 dataudtræk til tilstandsvurderingen.*
5. *En anbefaling af hvilke datatyper, der bør indgå i tilstandsvurderingen for grundvandsforekomsterne.*

Man skal i forbindelse med tildeling af en specifik datatype til et indtag være opmærksom på, at mange boringer over tid anvendes til flere forskellige (til tider samtidige) formål, fx drikkevand og markvandning, pejleboring og drikkevandsboring eller forureningsundersøgelse og drikkevandsforsyning. Der præsenteres her en revideret metode til opdeling i datakilder, som lægger sig tæt op ad den metode, der anvendes til opdeling i datatyper i forbindelse med de årlige standardiserede dataudtræk fra Jupiter (Thorling mfl., 2019, bilag 8) til rapportering af grundvandsovervågningen, men som dog er tilpasset behovene for datatyper i tilknytning til vandplanarbejdet.

GEUS har tidligere vurderet, at de bedst egnede kodelister til at karakterisere de forskellige datakilder er knyttet til de enkelte vandprøver og ikke til de enkelte boringsindtag, idet kodning på boringsindtag med den foreliggende datastruktur og datakvalitet i Jupiter ikke vurderedes at give en tilstrækkelig sikker afgrænsning af datakilderne (Thorling og Hansen 2018). Disse datatyper blev anvendt til tilstandsvurderingerne for nitrat i 2019.

Grundlæggende krav til udtrækket.

Miljøstyrelsen (MST) ønsker, at alle indvindingsboringer, uanset om det er almene anlæg eller mindre private husholdningsboringer, så vidt muligt tildeles datatypen Vandforsyningsboring (VF). Dernæst skal alle NOVANA indtag (GRUMO) kunne identificeres, uanset om de har andre anvendelser. Endelig skal egentlige forureningsboringer med hhv. dataejer Region eller 'øvrige' så vidt muligt kunne identificeres og adskilles fra andre boringer. Datatypen LOOP indgår ikke i dette notat, da der ikke er udtaget prøver for de relevante stofgrupper i perioden 2013-2019.

1. Datakilder

Tabel 1 angiver de typer af datakilder (typer af boringsindtag i forhold til etablerings- og/eller anvendelsesformål), der skal tilknyttes hvert boringsindtag, som indgår i tilstandsvurderingerne for de stofgrupper, der er omfattet af dette notat. Datatyperne er fastlagt af MST, mens GEUS i afsnit 3, diskuterer de tekniske muligheder for at afgrænse datatyperne fra hinanden.

Tabel 1: Overordnet beskrivelse af datakilder (typer af boringsindtag), der kan anvendes til tilstandsvurdering af grundvandsforekomster for pesticider, MFS og sporstoffer.

Datakilde	Beskrivelse af boringer og prøverne herfra
Vandforsyningsboringer, VF	<p>Indtag tilknyttet indvinding af drikkevand.</p> <p>I Drikkevandsbekendtgørelsen er der krav om kontrol af kvaliteten af det grundvand, som de almene vandforsyninger indvinder. Denne såkaldte boringskontrol udføres af vandforsyningerne. Hyppigheden af kontrollen afhænger af den indvundne vandmængde med en prøvetagningshyppighed fra hvert 3. år til hvert 5. år på almene vandværker. Ud over boringskontrollen, indberettes der også en betragtelig mængde af andre vandanalyser fra vandværksboringerne, der er udtaget på vandværkernes eget initiativ.</p> <p>Analyseprogrammerne i drikkevandsbekendtgørelsen omfatter en række obligatoriske stoffer for såvel pesticider og sporstoffer, og en række anbefalinger for hvilke</p>

	<p>Øvrige MFS, der skal analyseres. Mange almene vandforsyninger gennemfører omfattende analyseprogrammer i indvindingsboringerne ud over de obligatoriske parametre, hvorfor der er et omfattende datamateriale til rådighed fra denne datatype. Data fra boringskontrollen kvalitetssikres af kommunerne, hvorefter de indberettede data er tilgængelige i Jupiter-databasen.</p> <p>Ikke-almene indvindinger til drikkevand (mindre private anlæg der forsyner fra 1 til 9 ejendomme) har en mere uregelmæssig prøvetagning og indberetning, og data fra disse indtag kan indgå i det omfang de foreligger. Det hører imidlertid absolut til undtagelserne, at sådanne boringer analyseres for MFS.</p>
GRUMO-indtag	<p>Grundvandsovervågningen er en del af det nationale overvågningsprogram for vand og natur, NOVANA. 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, 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. Data fra aktive indvindingsboringer med prøveformål GRUMO optræder ikke efter 2007.</p>
Depot-indtag (regionsdata)	<p>Regionernes kortlægning og overvågning af forurenede grunde finder sted på lokaliteter, hvor der er en begrundet mistanke om, at punktfureningskilder kan påvirke grundvandskvaliteten. Undersøgelserne finder sted i såvel særlige undersøgelsesboringer, etableret med det formål at undersøge en konkret forureningsrisiko, som i andre typer boringer, herunder vandforsyningsboringer. En del af regionernes boringer mangler oplysninger om indtaget, hvorfor der skal laves et bedste bud på placeringen af indtaget før en tilknytning til grundvandsforekomster kan gennemføres.</p> <p>Regionernes undersøgelser i vandforsyningsboringer indgår i dette projekt som datakilden vandforsyningsboringer, VF.</p> <p>Regioner er dataejer for egne data.</p> <p>Regionernes data er i forbindelse med vandplan 2021-2027 i stort omfang overført til Jupiter, men der er endnu kun begrænset erfaring med deres anvendelse, se i øvrigt GEUS-notat 06-VA-20-01.</p>
Depot-indtag (øvrige)	<p>Kommuner og virksomheder indsamler grundvandsprøver til overvågning og kortlægning af grundvandsforureninger, ud over hvad der er dækket af regionernes indsats. Dette kan fx være overvågning af lufthavne, aktive fyldpladser, eller konkret sagsrelaterede undersøgelser.</p> <p>Øvrige jordforureningsundersøgelser i vandforsyningsboringer indgår i dette projekt som datakilden vandforsyningsboringer, VF.</p> <p>Vandprøver fra forureningsundersøgelser i henhold til jordforureningsloven kvalitetssikres af dataejer, som kan være kommuner, virksomheder mm.</p>

	Data optræder kun sporadisk i Jupiter, da der ikke er indberetningspligt på denne datatype.
Indtag fra grundvandskortlægningen, GEBKOR	<p>Grundvandskortlægningen har til formål at kortlægge grundvandsmagasinernes udstrækning og beskyttelse inden for områder med særlige drikkevandsinteresser (OSD) og i indvindingsoplande uden for OSD. Langt de fleste borerer er etableret i perioden 2000-2015. Mange af disse borerer 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 og ikke overvågning. Der er typisk blot udtaget få prøver fra hvert indtag. Der anvendes koden 'GEBKOR' i feltet 'prøveprojekt' i Jupiter. Data fra grundvandskortlægningen kvalitetssikres af MST. Alle data er tilgængelige i Jupiter-databasen.</p>
Andre indtag	<p>Andre kemidata i Jupiter-databasen er fx data fra vandforsyningsboringer ude af drift og pejleboringer. Boringerne kan stamme fra vandforsyningernes egne undersøgelser. Langt hovedparten af de øvrige kemiske analyser, der er tilgængelige i Jupiter, stammer fra indtag på lukkede vandværker og fra vandværkernes egne undersøgelser af vandressourcerne.</p> <p>Data fra indtag i "andre borerer" kvalitetssikres af dataejeren.</p>

2. Repræsentativitet

Alle datatyper i Tabel 1 vurderes at være egnede til at indgå i tilstandsvurderingen til vandområdeplanerne 2021-2027. I Tabel 2 er de forskellige datakilders generelle repræsentativitet på landsplan diskuteret for hhv. pesticider, sporstoffer og organiske MFS.

I forbindelse med en diskussion af boringsindtagenes repræsentativitet er det vigtigt at være opmærksom på, at der i et geografisk område ikke nødvendigvis er en sammenhæng imellem andelen af påvirket grundvand målt i m³ (volumen) i en grundvandsforekomst og andelen af det overliggende areal målt i m² (projektions-areale) i forhold til grundvandsforekomstens samlede projekti-
onsareal. Man kan derfor IKKE afgøre repræsentativitet ved at se på, om der er en arealmæssig jævn fordeling af indtag, da den dybdemæssige fordeling og fordeling i forskellige geokemiske miljøer er mindst lige så vigtig.

Tabel 2: Datakildernes repræsentativitet på landsplan for hhv. pesticider, MFS og sporstoffer.

Datakilde	Repræsentativitet
Vandforsyningsboringer, VF	Vandforsyningsboringer er etableret og anvendes med det formål at indvinde vand, der så vidt muligt har en kvalitet der ikke nødvendiggør avanceret vandbehandling. Der er især i de seneste 25-30 år lukket en del vandforsyningsboringer pga. indhold af nitrat eller BAM og i de seneste år ligeledes pga. indhold af DEIA, desphenylchloridazon (DPC) eller N,N-dimethylsulfamid (DMS). Lukning af vandforsyningsboringer pga. organiske mikroforureninger fra punktkilder, sker i mindre omfang.

	<p>Dog er der især omkring de større byer igennem tiden lukket en del boringer pga. klorerede opløsningsmidler og/eller nedbrydningsprodukter heraf. Nye indvindingsboringer etableres i dag, så vidt muligt, hvor risikoen for punktkilder er mindst. Boringer med indhold af uorganiske stoffer i et omfang der ikke kan fjernes med almindelig vandbehandling lukkes også, fx F, As eller metan.</p> <p>Vandværksboringerne/boringskontrollata vil pga. ovennævnte lukning af påvirkede vandforsyningsboringer, og målrettet etablering af nye boringer i områder med lav risiko for forureninger, eller etablering i dybere lag give en relativt mindre hyppighed af forekomsten af miljøfremmede stoffer, herunder pesticider. Dertil kommer, at også sporstoffer, der ikke nemt fjernes i vandbehandlingen, vil optræde relativt sjældent, set i forhold til stoffernes generelle udbredelse. Det kan generelt forventes, at vandforsyningsboringer har indtag i de mindre påvirkede dele af en given grundvandsforekomst, og her særligt i dele, hvor en mindre andel af grundvandet overskrider drikkevandskvalitetskravene.</p>
GRUMO-indtag	<p>GEUS har tidligere vurderet repræsentativiteten af data i grundvandsovervågningsrapporten i notatet: GRUMO 1989-2013 rapportens repræsentativitet med hensyn til forekomsten af nitrat i det danske grundvand (Hansen mfl. 2014). I dette notat blev det konkluderet:</p> <p>”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, er stationsnettet, sammen med oplysninger fra vandværksboringer, 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, hvor langt hovedparten af landets grundvandsmagasiner findes.”</p> <p>GRUMO stationsnettet er etableret med det formål især at overvåge fladkilder i det åbne land, så derfor vil disse data især være repræsentative for diffuse kilder til pesticider og miljøfremmede stoffer.</p> <p>I byområder vil punktkilder dog kunne spille en vis rolle også for repræsentativiteten af data, idet grundvand med præg af punktkilder netop er repræsentativt for grundvand under byer.</p> <p>GRUMO stationsnettet kan forventes at give et retvisende billede af forekomsten af sporstoffer i grundvandet, blandt andet fordi arbejdet med overvågningen er målrettet til at kunne anvendes til at etablere det nødvendige vidensgrundlag for de naturlige baggrundsværdier for sporstoffer.</p>
Depot-indtag (regionsdata)	I forbindelse med regionernes forureningsundersøgelser er der ofte analyseret for forskellige MFS, herunder sporstoffer. Boringerne er udført

	<p>og analyseret baseret på en konkret mistanke om forurening, og det betyder, at der kan forventes en væsentlig overrepræsentation af boringsindtag med indhold af MFS. Desuden er forureningsboringer typisk udført, så kun det allerøverste, mest forurenede grundvand prøvetages.</p> <p>De korte forureningsboringer er i sagens natur kun repræsentative for det øverste grundvand, og det kan være vanskeligt at vurdere hvor dybt påvirkningen rækker i tilstandsvurderinger for MFS.</p> <p>Data fra korte forureningsboringer kan som udgangspunkt anvendes i vurderingerne. Såfremt analyser viser indhold af et eller flere MFS i koncentrationer over tærskelværdier, kan andre data indgå i vurdering af udbredelsen af MFS i den givne grundvandsforekomst.</p> <p>Boringerne er ofte kun analyseret for de parametre der er mistanke om, så derfor vil repræsentativiteten for de forskellige stoffer variere.</p> <p>Denne boringstype er nødvendig hvis påvirkninger fra punktkilder skal indgå i tilstandsvurderingen.</p>
Depot-indtag (øvrige)	<p>Depot-indtag ”øvrige” dækker over en datatype, der er snævert knyttet til de konkrete forureninger, eller forureningsrisici, som fx vurderes at være i forbindelse med en virksomhed. Data er derfor generelt ikke repræsentative for andet end den konkrete arealanvendelse der overvåges/kortlægges. I det omfang der er påvist forureninger, fx ved en flyveplads, er det dog væsentlige data i forhold til at få en dækkende beskrivelse af den humane påvirkning af grundvandet i en grundvandsforekomst.</p>
Indtag fra grundvandskortlægningen, GEB-KOR	<p>Grundvandskortlægningens boringer er især udført for at kortlægge hydrogeologien og vandkvaliteten i områder med særlige drikkevandsinteresser (OSD) og i indvindingsoplande uden for OSD.</p> <p>Data giver et repræsentativt billede af de grundvandskemiske forhold i de undersøgte drikkevandsområder. Kortlægningsboringerne blev udført for at bidrage til at afgøre, om områderne skulle udpeges som indsatsområder i forhold til nitrat, og ikke for at lede efter nogen bestemt vandkvalitet.</p> <p>Det begrænsede antal kortlægningsboringer medfører, at det samlede datasæt fra disse boringer ikke nødvendigvis er repræsentativt for hele landet, da de kun er udført i forbindelse med grundvandskortlægningen.</p> <p>Data giver dog et væsentligt supplement til tilstandsvurderingerne, der hvor de optræder.</p> <p>Boringerne er som hovedregel analyseret for pesticider, og til tider sporstoffer som arsen, men derimod kun undtagelsesvis for andre MFS.</p>
Andre indtag	<p>Andre indtag kan fx være vandforsyningsboringer, der ikke længere anvendes til indvindingsformål. Data fra denne datatype vil ofte, men ikke altid, kunne vise en uønsket human påvirkning. I forhold til pesticider og MFS, herunder sporstoffer, er det således vigtigt, at vandværkernes egne overvågningsboringer, der ikke anvendes til vandforsyningsformål, inddrages, idet de netop giver information om de forureninger, som data fra vandværkernes indvindingsboringer ikke medtager.</p>

3. Teknisk afgrænsning af datasæt og den dertil knyttede usikkerhed

Periode:

MST ønsker data fra perioden 2013-2019 (begge år inkl.) til tilstandsvurderingerne.

Ønskede felter i udtrækket

Der skal for stofgrupperne pesticider, MFS-organiske og sporstoffer produceres et udtræk fra Jupiter, der kan anvendes til at vurdere tilstanden af de danske grundvandsforekomster. Disse rådatasæt aggregeres efterfølgende for at kunne anvendes i tilstandsvurderingerne som beskrevet i Grundvandsdirektivet.

Alle data i det færdige datasæt skal kunne knyttes til de nedenfor angivne parametre. Hvis der ikke kan ske en sammenknytning for alle disse felter, vil en analyse ikke indgå i datasættet.

Selve udtrækket skal have mindst disse felter:

- Anlæg
 - Anlægstype (anvendes til at identificere VV)
- Boring
 - BORID
 - DGU nr.
 - Boringsdybde
 - X-UTM32EUREF89
 - Y-UTM32EUREF89
 - Terrænkote (z-koordinat)
 - Formål
 - Anvendelse
- Indtag
 - Grundvandsforekomst
 - Indtags nr.
 - Indtagsbund (m u.t.)
 - Indtagstop (m u.t.)
 - Anvendelse
- Prøve
 - Dataejer
 - Projekt
 - PrøveID
 - Prøveår
 - Prøve dato
 - Attribut (kolonne overskrift –'att-stofkode')
 - Mængde (kolonne overskrift –'stofkode-navn')
 - Stofgruppe (hvis flere værdier, vises undergruppen)

Afgrænsning af datatyper:

Der skal etableres en algoritme for at definere feltet ”datatype” på indtagsniveau. Ved aggregering af data skal dette felt indgå som et af de centrale metadata. Der anvendes oplysninger på prøveniveau, indtagsniveau, boringsniveau og anlægsniveau. Som udgangspunkt anvendes en justeret version af den metode, der er anvendt til GRUMO-udtrækket (Thorling mfl. 2019, bilag 8).

Der er en række udfordringer ved opdeling af indtag efter datakilde. 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/indtagets overordnede formål. Fx kan der være taget GRUMO-prøver i indvindingsboringer, eller tidligere kortlægningsindtag kan være blevet til GRUMO-indtag. Feltet ’projekt’ på prøveniveau er således ikke entydigt, når der skal etableres datatyper på indtagsniveau.

Boringer og indtag kan skifte anvendelse og dermed datatype hen over en periode. Det kan fx være et vandværk, der er lukket i dag, men som var aktivt i en del af perioden, og hvor boringerne nu anvendes til andre formål, fx markvanding. Datatyper skal derfor etableres for en given periode, hvor anvendelserne skal prioriteres i forhold til hinanden.

Tildeling af ”datatype” på borings-indtags-niveau skal opbygges således, at opdelingen af indtagene i datatyper bliver entydig, og at der i tilfælde af flere muligheder, er et hierarki for tildeling datatype. I dette projekt ønsker MST, at alle indtag, der er anvendt til vandforsyningsformål i perioden 2013-2019, karakteriseres som tilhørende datatypen Vandforsyning,

På baggrund heraf anbefaler GEUS, at nedenstående metode anvendes til at fastlægge datatyper. De anbefalede kriterier er modificeret fra GRUMO-udtrækket til at opdele i datatype. Det sker indledningsvis på indtagsniveau.

Metode til at etablere ”koblingsliste”, hvor alle indtag med analyser er tildelt en datatype efter nedenstående hierarki:

- Indtaget anses for at være ”VF” (Vandforsyningsboring), hvis:
 - Indvindingsanlæggets virksomhedstype på et tidspunkt i perioden 2013-2019 har været ”V01”, ”V02” eller ”M42”
 - Og boringens anvendelse (sekundært formål) i perioden 2013-2019 var ”V” eller ”VV”.
- Ellers er indtaget ”GRUMO”, når der er et tilknyttet GRUMO-nummer.
- Ellers er indtaget ”DEPOT”, hvis mindst en prøves projekt indikerer dette, eller hvis dataejer er Region. Der skelnes mellem Depot (regionsdata = region er dataejer) og Depot (øvrige).
- Ellers er indtaget ”Grundvandskortlægning”, hvis prøveformål kun er GEBKOR.
- Ellers er indtaget som værende af datatypen ”ANDET”.

Denne opdeling kræver at der søges på disse niveauer:

- Anlæg
 - Anlægstype
- Boring
 - Formål
 - GRUMO nr.
 - Anvendelse
- Prøve
 - Projekt

Fastlæggelsen af typer af datakilder efter metoden er sammenfattet i Tabel 3 herunder.

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

Datakilde	Identifikation af datakilden
Vandværksboringer, VF	Indtagene er knyttet til anlæg med virksomhedstypen "V01", "V02" eller "M42" og boringens anvendelse (sekundært formål) har på et tidspunkt i perioden 2013-2019 været "V" eller "VV"
GRUMO-indtag	GRUMO-indtag har tilknyttet et GRUMO nr. til boring-sindtaget.
Depot/punktkilde indtag	Indtaget har datatypen Depot, hvis mindst en prøves projekt indikerer dette eller hvis dataejer er Region. Der skelnes mellem Depot (regionsdata = region er dataejer) og Depot (øvrige).
Grundvandskortlægnings-Boringer, GKO	Alle prøver i denne kategori har projekt mærket med Gebyrkortlægning.
Andre boringer	De af periodens vandanalyser, som ikke er fra et af ovenstående typer indtag, placeres i kategorien andre boringer.

Frasortering af indtag der ligger i en brønd

En boring kan oprettes som en brønd med 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.

Frasortering af prøver og analyseresultater i øvrigt.

Med udgangspunkt i GRUMO-udtrækkenes metodik fravælges resultater ud fra disse kriterier

- Attribut ud for mængde må ikke være "!", "A", ">" eller "0".
- Analysens kvalitetssikringsfelt må ikke være 4, 5, 6, 8, 12, 13, 14 eller 15 (betyder "afvist")
- Prøvens status skal være blank, 2, 4, 6, 8, 10 eller 14 (betyder "godkendt" eller indlæst før eller i forbindelse med strukturreformen)
- Hvis et givet indtag er ombygget i perioden, skal der kun anvendes data for den del af perioden der ligger efter ombygningen. Dette identificeres hvis der er prøver med forskellig værdi for indtag top eller -bund, men med samme boringsindtags-ID.

4. anbefalinger

På baggrund af ovenstående anbefales det, at:

1. Der anvendes denne reviderede rutine for tildeling af datatype, idet der med indlæsning af regionernes data i Jupiter er et ønske fra MST om at kunne identificere disse under tilstandsvurderingen.
2. Det anbefales også, at anvende denne justerede metode fordi den sikrer en større overensstemmelse med den måde, hvorpå indtagene tildeles en datatype i forbindelse med grundvandsovervågningen.
3. Alle vandanalyser der kan knyttes til et indtag i en boring med en tilhørende grundvandsforekomst anvendes i tilstandsvurderingen, idet man ved hjælp af datatypen har mulighed for at tage højde for de forskellige datasæts repræsentativitet.
4. Alle boringer, hvorfra der indvindes vand, betragtes som vandforsyningsboringer, idet der ikke i direktivet skelnes imellem almene og ikke-almene anlæg.
5. 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.

Litteraturhenvisninger:

Drikkevandsbekendtgørelsen. Gældende BEK nr. 524 af 01/05/2019

Hansen B. & Larsen F. mfl. 2014 notat om repræsentativitet. (Link til notat kommer)

Thorling, L., Ditlefsen, C., Ernstsén, V., Hansen, B., Johnsen, A.R., & Trolborg, L., 2019: Grundvand. Status og udvikling 1989 – 2018. Teknisk rapport, GEUS 2019.

Thorling, L. og Hansen, M., 2018: Datakilder, der kan anvendes ved vurdering af grundvands tilstand for nitrat. Notat af 23. marts. 2018. rev. 8. maj 2018

GEUS-notat 06-VA-18-02: 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".

GEUS-notat 06-VA-20-01: Revision af indtagsskobling til grundvandsforekomster.

Bilag 6

GEUS-notat 06-VA-20-01.

Revision af indtagskobling til grundvandsforekomster.

Til: Miljøstyrelsen, Dirk-Ingmar Müller-Wohlfeil
Fra: Lars Trøldborg, Lærke Thorling, Viktor Søgaaard Rasmussen

Kopi til:

Fortroligt:

GEUS-NOTAT nr.: 06-VA-20-01

Dato: 7/7-2020

J.nr. GEUS: 218-0062

Emne: Revision af indtagkobling til grundvandsforekomster.

Notat om revision af indtagkoblingen

Baggrund

Som forberedelse til tilstandsvurderingerne til 3. vandplanperiode har der været gennemført en kampagne for at få indlæst data fra regionerne til Jupiter, idet disse data bidrager afgørende til beskrivelsen af den påvirkning som punktkilder har på grundvandsforekomsterne. Særligt mange data er indlæst i sidste halvår af 2019 og foråret 2020. En beskrivelse af omfanget af disse data, og de tekniske muligheder for kobling til grundvandsforekomsterne er beskrevet sidst i dette notat.

Regionernes data stammer fra kortlægning og overvågning af punktkilde forureninger, der blandt andet kan give en uønsket påvirkning af grundvandets kvalitet. Mange af disse borer har korte indtag, og nogle er tilmed filtersat i meget lerede formationer, idet man ønsker en meget detaljeret kortlægning af forureninernes udbredelse også uden for de vandførende lag. De geokemiske og hydrologiske forhold for omsætning og transport af miljøfremmede stoffer, vil ofte adskille sig fra forholdene i lag med højere hydraulisk ledningsevne. Dette skyldes fx mindre fortynding, længere opholdstider, særlige sorptionsforhold mm. Derfor har Miljøstyrelsen ønsket, at kun de indtag, der sieder i vandførende lag tilknyttes en grundvandsforekomst. Dette ønske er implementeret i den seneste kobling af indtag til grundvandsforekomster, og den tekniske løsning dokumenteres med dette notat.

Kobling af indtag til grundvandsforekomster

Tidligere gennemført kobling mellem indtag og grundvandsforekomster

GEUS gennemførte opdaterede koblinger mellem indtag i Jupiter og grundvandsforekomster ifm ny afgrænsningen af grundvandsforekomster 2019 (GEUS rapport 2020/01). Arbejdet er kortfattet beskrevet i to notater: GEUS Notat 06-VA-18-02 indeholder en beskrivelse af proceduren, og GEUS Notat 06-VA-19-02 indeholder en kortfattet opsummering af koblingsresultatet ift indvinding fra grundvandsforekomsterne.

Gennemførte justeringer af indtagkoblingen

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

- 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
- dels kan boringsindberetninger til Jupiter være upræcise og mangelfulde.

Ved koblingen mellem indtag og grundvandsforekomster skal der træffes en række valg, som skal forsøge at kompensere for disse udfordringer. I forhold til den tidligere kobling er der ændret på tre valg:

- 1) Alle indtag hvor den lithologiske beskrivelse i indtagsintervallet er udelukkende leret (lithologi 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) bliver ikke koblet til et magasin/forekomst uanset indtagets placering, tidligere blev lithologi tjek kun gennemført hvis indtaget ikke lå indenfor en magasin/forekomst afgrænsning.
- 2) Den vertikale afstand (indtagsafstandtillag) skal være < 25 m og den horisontal afstand (borafstandtilmagasin) < 1000 m for alle indtag undtagen indtag anvendt i grundvandsovervågningen (GRUMOINDTAG), ved tidligere kobling blev tjekket foretaget ift om boringens anvendelsesformål var grundvands- overvågning (GRUMOBORING)
- 3) Boringer med boringsformål Brunkulsboring, Dybdeboring/dybhulsproduktion, Frederikshavn gasboring, Shot hole/Dapco, Jordvarme op/ned, Oprensning, Sparging/termisk oprensning (iltningsbor.), Marin geoteknisk, Råstofboring fx efter ler/sand/bentonit (koderne: B, D, F, H, LO, LS, MG, R) bliver ikke koblet til magasin/grundvandsforekomst uanset indtagets placering. Tidligere blev et sådan tjek kun gennemført ifm. fordeling af anlægsindberettet indvinding på indtag.

Samlet set følger indtagskoblingen proceduren i nedenstående Tabel 1:

Tabel 1 Procedurevalg for indtagskobling til grundvandsforekomster

Beregn indtag top og bund i kote (INDTAG_TOP, INDTAG_BUND)	Beregner INDTAG_TOP og INDTAG_BUND		
	Udvælgelseskriterie	Beregning af INDTAG_TOP	Beregning af INDTAG_BUND
	1) Både INTAKTOP OG INTAKBOT eksisterer	JUPKOTE -INTAKE-TOP	JUPKOTE-INTAKE-BOT
	2a) INTAKETOP eksisterer, men ikke INTAKBOT	JUPKOTE -INTAKE-TOP	JUPKOTE-(INTAKE-TOP + 2)
	2b) INTAKEBOT eksisterer, men ikke INTAKTOP	JUPKOTE -(INTAKE-BOT – 2)	JUPKOTE-INTAKE-BOT
	3) Kun DRILLDEPTH og CASIBOT eksisterer, men er ens	JUPKOTE - (DRILL-DEPTH – 2)	JUPKOTE -DRILLDEPTH
	4) Kun DRILLDEPTH og CASIBOT eksisterer og er forskellige	JUPKOTE – CASIBOT	JUPKOTE – DRILLDEPTH
	5) Kun DRILLDEPTH eksisterer	JUPKOTE – (DRILLDEPTH – 2)	JUPKOTE – DRILLDEPTH
	6)Kun CASIBOT eksisterer	JUPKOTE - CASIBOT	JUPKOTE – (CASIBOT + 2)

	Hvor JUPKOTE ikke eksisterer anvendes data fra den digitale terrænmodel	
Vurdering og anvendelse af borings lithologi for indtagsinterval	Beregner % fordeling af indtagsbjergarten	
	<i>Litholog analyse</i>	<i>Konsekvens</i>
	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" (prekværtart 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 til en grundvandsforekomst	
Del bidrag fra alle andre koder	Indtaget kan associeres til alle grundvandsforekomster uanset magasinets bjergart	
Vurdering af afstand fra indtag til en associeret grundvandsforekomst	Kobling af indtags id med magasin id	
	<i>Afstands analyse (prioriteret rækkefølge)</i>	<i>Konsekvens</i>
	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 inden for 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

	<p>Indtag vertikalt placeret med del af indtag i flere magasin indenfor 2000 m afstand til horisontal magasin afgrænsning</p>	<p>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</p>
	<p>Indtag vertikalt placeret uden for et magasin, men indenfor 2000 m afstand til horisontal magasin afgrænsninger.</p>	<p>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</p>
Efter bearbejdning	Justeringer ift afstand og formål	
	<i>Analyse</i>	<i>Konsekvens</i>
	Boringsformål = B, D, F, H, LO, LS, MG, eller R	Indtag fra boringer med planlagt formål: "Brunkulsboring", "Dybdeboring/dybhulsproduktion", "Frederikshavn gasboring", "Shot hole/Dapco", "Jordvarme op/ned", "Oprensning", "Sparging/termisk oprensning (iltning/bor.)", "Marin geoteknik" eller, "Råstofboring" associeres ikke til en grundvandsforekomst (frasorteres)
	BORAFSTANDTILMAGASIN > 1000 m og indtaget IKKE markeret som "GRUMOINDTAG"	Indtag associeres ikke til en grundvandsforekomst, på nær i indtag som på et eller andet tidspunkt har været den del af GRUMO.
	INDTAGSAFSTANDTILLAG > 25 m frasorteres og indtag IKKE markeret som "GRUMOINDTAG"	Indtag associeres ikke til en grundvandsforekomst, på nær i indtag som på et eller andet tidspunkt har været den del af GRUMO.

Koblingsresultat

Resultatet af koblings proceduren (internt Jupiter navn: DKMODEL_2019.INDTAGSTILKNYTNING2020.INDTAGTILMAGASIN) ligger som en tabel (internt Jupiter navn: DKMODEL2019.BORTILGVF2020) i den lukkede del af 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 indtagslithologi 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.

Tabel 2 Regions indtag i Jupiter

Stofstype	Region	Indtag	Koblet til grundvandsforekomst
mf	Hovedstaden	4769	3464 (73%)
mf	Midtjylland	2635	2053 (78%)
mf	Nordjylland	2128	1837 (86%)
mf	Sjælland	562	423 (75%)
mf	Syddanmark	2096	1615 (77%)
pesticid	Hovedstaden	929	642 (69%)
pesticid	Midtjylland	1168	890 (76%)
pesticid	Nordjylland	667	626 (94%)
pesticid	Sjælland	418	288 (69%)
pesticid	Syddanmark	622	482 (77%)

Tabellen ovenfor viser antallet af indtag i Jupiter indberettet af hver af de fem regioner. Der er optællinger for henholdsvis indtag der har analyser for miljøfremmede stoffer (mf) og indtag med pesticidanalyser.

Kun prøvedata fra perioden 2013-2019 er medtaget. Kolonnen længst til højre viser hvor mange af indtagene der er koblet til grundvandsforekomster ved hjælp af koblingsproceduren i Jupiter.

Den altovervejende grund til at indtag ikke kobles til grundvandsforekomster, er at lithologien på boringen viser at de står i rent ler. For Region Midtjyllands vedkommende er der dog også et mindre antal indtag (ca 50) hvor der ikke kan findes en boringsdybde.

Tabel 3 Fordeling af horisontal afstand fra indtag til grundvandsforekomster

Stoftype	Region	0 m	0 – 100 m	100 – 500 m	>500m
mf	Hovedstaden	3267	97	83	17
mf	Midtjylland	1946	31	62	14
mf	Nordjylland	1738	61	30	8
mf	Sjælland	378	10	26	9
mf	Syddanmark	1502	41	44	28
pesticid	Hovedstaden	610	11	13	8
pesticid	Midtjylland	823	29	29	9
pesticid	Nordjylland	602	20	4	0
pesticid	Sjælland	268	6	11	3
pesticid	Syddanmark	458	11	7	6

Tabellen ovenfor viser hvordan den vandrette afstand fra boring til grundvandsmagasin fordeler sig for de indtag der kan kobles til et grundvandsmagasin. Langt de fleste indtag har en afstand på 0 meter.

Tabel 4 Fordeling af vertikal afstand fra indtag til grundvandsforekomster

Stoftype	Region	0 m	0 – 5 m	5 – 10 m	>10 m
mf	Hovedstaden	1808	880	549	227
mf	Midtjylland	1524	259	106	164
mf	Nordjylland	1330	287	122	98
mf	Sjælland	192	100	48	83
mf	Syddanmark	985	274	155	201
pesticid	Hovedstaden	270	206	127	39
pesticid	Midtjylland	605	136	63	86
pesticid	Nordjylland	494	86	25	21
pesticid	Sjælland	143	80	25	40
pesticid	Syddanmark	299	71	39	73

Tabellen ovenfor viser hvordan den lodrette afstand fra indtag til grundvandsmagasin fordeler sig for de indtag der kan kobles til et grundvandsmagasin.

Dannelse af indvinding pr. indtag

Ud over koblingen af indtag til de enkelte grundvandsforekomster er der lavet en procedure for fordeling af indberettet indvinding, hvilket typisk sker på anlægsniveau, til indtagsniveau. Proceduren for opgørelse af indvinding pr indtag foregår over flere deltrin.

Proceduren består af følgende views i dkmodel-2019 SCHEMAET I Jupiter databasen

1. INDVINDINDTAGPRANLAEG_2020. Det view viser antallet af indvindingsindtag per anlæg per år ud fra koblingen mellem indtag og anlæg registreret i Jupiter (MIS.DRV\$INDTAG_ANLAEG). Et indtag anses for koblet til et anlæg i et givet år hvis følgende krav er opfyldt
 - Koblingen mellem indtag har startdato og slutdato der overlapper med det givne år
 - Boringen er ikke sløjftet før udgangen af det givne år
 - Indtagsanvendelsen er tom eller en af: Ikke oplyst, Indvinding, Indvinding og monitoring, Grundvandssænkning, Afværge, Kompensationsindvinding til vandløb, Andet
 - Hvis indtagsanvendelsen er tom eller ikke oplyst må den seneste historiske boringsanvendelse før det givne år ikke være en af Sløjfet/opgivet/opfyldt boring, Pejleboring, Ingen anvendelse, Marin geoteknisk, Forureningsbor./miljøundersøg./lossepl./affaldsdep./lov 214, Frederikshavn gasboring, Brunkulsboring
2. INDVINDPRANLAEG_2020 indeholder indvinding per anlæg fordelt per år ud fra indberettet anlægsindvinding (MIS.VRR\$INDVINDING).
3. INDVINDPRINDTAG_ORIG_2020 indeholder indvinding per indtag per år ud fra indberettet indtagsindvinding (MIS.MP\$INDTAGSINDVINDING).
4. INDVINDPRINDTAG_2020 indeholder indvinding per indtag for det givne år fra INDVINDPRINDTAG_ORIG_2020 hvis denne findes. Ellers bruges mængden fra INDVINDPRANLAEG_2020 divideret med antallet af indtag fra INDVINDINDTAGPRANLAEG_2020. Der tjekkes for åbenlyse fejl i indberetningen ved at sætte mængden til 0 hvor den er negativ eller $> 5.000.000 \text{ m}^3/\text{år}$.
5. INDVINDPRINDTAG_PIVOT_2020 indeholder data fra INDVINDPRINDTAG_2020 pivoteret således af viewet har en kolonne for hvert år.
6. INDVINDPRINDTAG_V_2020 er ovenstående view tilføjet oplysninger om indtagskobling til grundvandsmagsin (DKMODEL_2019.INDTAG_TIL_GRVFOREKOMSTER_V), samt anlægskommunen (MIS.DRV\$ANLAEG) og virksomhedstypen (MIS.DRV\$ANLAEGVT).

Tabel 5 Indberettet indvinding og fordeling på indtag samt kobling til grundvandsforekomster

Årstal	Anlægs mængde	Fordelt på indtag	Koblet til magasin
2011	661	613	591
2012	652	570	550
2013	682	699	675
2014	699	689	659
2015	669	562	539
2016	626	603	577
2017	633	581	556
2018	763	823	792
2019	624	624	599

Tabellen ovenfor viser den samlede indberettede indvinding (VRR\$INDVINDING) for hvert år. Den indvinding som proceduren kobler til indtag samt den mængde som kobles til indtag som er koblet til et grundvandsmagasin. Alle tal er angivet i 1.000.000 m³/år. Tabellerne nedenfor er viser fordelingen ift. afstanden mellem grundvandsforekomst og indtaget

Tabel 6 Indvindingsmængder fordelt på indtagets horisontal afstand til grundvandsforekomst (mio m³)

Årstal	0 m	0 – 100 m	100 - 500m	> 500 m
2011	587,24	2,32	1,48	0,11
2012	545,60	2,24	1,25	0,44
2013	670,54	2,37	1,57	0,12
2014	655,85	2,23	0,99	0,11
2015	536,15	1,65	1,34	0,13
2016	573,57	2,00	1,29	0,13
2017	552,49	2,11	1,15	0,17
2018	787,36	2,63	1,79	0,24
2019	595,54	2,09	1,38	0,12

Tabel 7 indvindingsmængde fordelt på indtagets vertikale afstand til grundvandsforekomst (mio m³)

Årstal	0 m	0 - 5 m	5 - 10 m	>10 m
2011	561,52	17,64	5,55	6,44
2012	525,60	14,07	4,66	5,19
2013	642,37	18,26	7,32	6,66
2014	628,20	19,14	5,73	6,1
2015	513,22	14,76	5,11	6,18
2016	550,73	15,33	4,95	5,99
2017	527,36	18,46	4,39	5,71
2018	755,96	19,94	7,46	8,64
2019	569,35	16,34	6,23	7,2

Tabel 8 SQL brugt til at danne indvindingsopgørelserne

```

SQL forespørgsler for de tre tabeller
select aarstal
, (select round(sum(maengde)/1000000,2)
  from MIS.VRR$INDVINDING i
  where (i.starttidspunkt < a.slutdato OR i.starttidspunkt IS NULL) AND
(i.sluttidspunkt >= a.startdato OR i.sluttidspunkt IS NULL)) indberettet_anla-
egsmaengde
, (select round(sum(maengde)/1000000,2)
  from DKMODEL_2019.INDVINDPRINDTAG_2020 ii
  where ii.AARSTAL=a.aarstal) maengde_fordelt_på_indtag
, (select round(sum(maengde)/1000000,2)
  from DKMODEL_2019.INDVINDPRINDTAG_2020 ii
  inner join DKMODEL_2019.INDTAG_TIL_GRVFOREKOMSTER_V btg on ii.borid =
btg.borid and ii.INDTAGSID = btg.indtagsid
  where ii.AARSTAL=a.aarstal and btg.MAGASINID is not null)
maengde_koblet_til_magasin
from INDVINDING_AAR a
where a.aarstal>=2011 and a.aarstal<=2019
order by a.aarstal

select a.aarstal
--, round(sum(maengde)/1000000,2) maengde_koblet_til_magasin
, round(sum(case when BORAFSTANDTILMAGASIN=0 then maengde else 0 end)/1000000,2)
maengde_koblet_til_magasin_0m
, round(sum(case when BORAFSTANDTILMAGASIN>0 and BORAFSTANDTILMAGASIN<=100 then
maengde else 0 end)/1000000,2) maengde_koblet_til_magasin_0m_100m
, round(sum(case when BORAFSTANDTILMAGASIN>100 and BORAFSTANDTILMAGASIN<=500
then maengde else 0 end)/1000000,2) maengde_koblet_til_magasin_100m_500m
, round(sum(case when BORAFSTANDTILMAGASIN>500 then maengde else 0
end)/1000000,2) maengde_koblet_til_magasin_plus_500m
from INDVINDING_AAR a
  inner join DKMODEL_2019.INDVINDPRINDTAG_2020 ii on ii.AARSTAL=a.aarstal
  inner join DKMODEL_2019.INDTAG_TIL_GRVFOREKOMSTER_V btg on ii.borid = btg.borid
and ii.INDTAGSID = btg.indtagsid and btg.MAGASINID is not null
where a.aarstal>=2011 and a.aarstal<=2019
group by a.aarstal
order by a.aarstal

select a.aarstal
--, round(sum(maengde)/1000000,2) maengde_koblet_til_magasin
, round(sum(case when INDTAGSAFSTANDTILLAG=0 then maengde else 0 end)/1000000,2)
maengde_koblet_til_magasin_v_0m
, round(sum(case when INDTAGSAFSTANDTILLAG>0 and INDTAGSAFSTANDTILLAG<=5 then
maengde else 0 end)/1000000,2) maengde_koblet_til_magasin_v_0m_5m
, round(sum(case when INDTAGSAFSTANDTILLAG>5 and INDTAGSAFSTANDTILLAG<=10 then
maengde else 0 end)/1000000,2) maengde_koblet_til_magasin_v_5m_10m
, round(sum(case when INDTAGSAFSTANDTILLAG>10 then maengde else 0
end)/1000000,2) maengde_koblet_til_magasin_v_plus_10m
from INDVINDING_AAR a
  inner join DKMODEL_2019.INDVINDPRINDTAG_2020 ii on ii.AARSTAL=a.aarstal
  inner join DKMODEL_2019.INDTAG_TIL_GRVFOREKOMSTER_V btg on ii.borid = btg.borid
and ii.INDTAGSID = btg.indtagsid and btg.MAGASINID is not null
where a.aarstal>=2011 and a.aarstal<=2019
group by a.aarstal
order by a.aarstal

```

Bilag 7

Miljøstyrelsen. Notat. Juni 2021.

Kvalitetssikring af datagrundlag og aggregering af data ved vurdering af grundvandsforekomsternes kemiske tilstand for pesticider, sporstoffer, klorid og øvrige miljøfarlige forurenende stoffer (MFS).

Kvalitetssikring af datagrundlag og aggregering af data ved vurdering af grundvandsforekomsternes kemiske tilstand for pesticider, sporstoffer, klorid og øvrige miljøfarlige forurenende stoffer (MFS)

Dette notat er et bidrag til afrapportering af vurderingerne af danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand for øvrige miljøfarlige stoffer (MFS), sporstoffer og pesticider.

Notatet indeholder en beskrivelse af, hvorledes datagrundlaget for vurderinger af grundvandsforekomsters kemiske tilstand er afgrænset og kvalitetssikret, og af den efterfølgende aggregering af analysedata i datagrundlaget. Notatet refererer i vidt omfang til andre dele i, herunder bilag til, afrapporteringerne af vurderingerne af grundvandsforekomsternes kemiske tilstand for pesticider, sporstoffer, klorid og MFS.

Notatet er disponeret således:

1. Regler for kvalitet af datagrundlag og aggregering af data
 2. Datagrundlag
 - 2.1. Datakilder
 - 2.2. Dataperiode
 - 2.3. Analysedata for relevante stoffer
 - 2.3.1. Pesticider
 - 2.3.2. Sporstoffer og chlorid
 - 2.3.3. MFS
 3. Kvalitetssikring af datakvalitet
 4. Aggregering
 - 4.1. Regler for aggregering
 - 4.2. Brug af aggregering ved vurderinger af kemisk tilstand
- Referencer

1. Regler for kvalitet af datagrundlag og aggregering af data

Det følger (allerede) af vandrammedirektivet¹, at metoder, der anvendes ved overvågning af ferskvand og marint vand skal være i overensstemmelse med de internationale standarder, der er anført i direktivet (der er anført specifikke metoder for biologiske parametre, men ikke for fysiske/kemiske parametre, herunder Total Nitrogen og Total Phosphor, eller andre nationale eller internationale standarder, der sikrer "data af tilsvarende videnskabelig kvalitet og sammenlignelighed". For så vidt angår kemiske parametre, inkl. Total Nitrogen og Total Phosphor, kunne alle relevante CEN/ISO-

¹ Rådet og Parlamentets direktiv 2000/60/EF af 23. oktober 2000 om en ramme for Fælleskabets vandpolitiske foranstaltninger med senere ændringer

standarder ifølge direktivet anvendes. EU's CIS guidance nr. 19² fra 2009 gentog, at der var valgfrihed mht. målemetode.

Analysekvalitetskravdirektivet³ blev vedtaget med henvisning til særligt vandrammedirektivets art. 8, stk. 3, og med det formål, at det " sikres, at analyseresultaterne fra de laboratorier, medlemsstaternes kompetente myndigheder har udpeget til at overvåge vandets kemiske tilstand, jf. artikel 8 i direktiv 2000/60/EF, er af høj kvalitet og sammenlignelige. Standard EN ISO/IEC-17025 om generelle krav til prøvnings- og kalibreringslaboratoriernes kompetence rummer egnede internationale standarder for validering af de benyttede analysemetoder", jf. betragtning 1 i direktivets præambel.

Analysekvalitetskravdirektivet fastsætter krav til kvaliteten af de målinger, som anvendes ved overvågning m.v. under vandrammedirektivet og datterdirektiverne grundvandsdirektivet⁴ og direktivet om miljøkvalitetskrav⁵. Det drejer sig om krav til performance (måleusikkerhed og detektions- og kvantifikationsgrænser), jf. analysekvalitetskravdirektivets art. 4, og krav om, at målemetoder skal valideres og dokumenteres i overensstemmelse med en internationalt accepteret akkrediteringsstandard, jf. direktivets art. 3 og 6.

Analysekvalitetskravdirektivet indeholder også regler for aggregering af analysedata, jf. direktivets art. 5.

Analysekvalitetskravdirektivets krav skulle være implementeret i medlemslandene senest 20. august 2011 og dermed finde anvendelse på prøvetagning og analyse herefter. Direktivet er i Danmark implementeret i bekendtgørelsen om kvalitetskrav til miljømålinger m.v.⁶: Bekendtgørelsens anvendelsesområde er fastlagt med §§ 1 og 2:

Anvendelsesområde

"§ 1. Bekendtgørelsen finder anvendelse på følgende:

- 1) Kemiske og mikrobiologiske målinger, måling af radioaktive stoffer i drikkevand samt prøveudtagninger, der udføres som grundlag for myndigheders forvaltningsafgørelser i medfør af lov om miljøbeskyttelse, lov om forurennet jord, lov om kemiske stoffer og produkter, lov om miljø og genteknologi, lov om kystbeskyttelse, lov om råstoffer, lov om beskyttelse af havmiljøet, lov om vandforsyning m.v., lov om vandløb og lov om okker samt regler fastsat i medfør af de nævnte love.
- 2) Støjmålinger og støjberegninger, der udføres som grundlag for myndigheders forvaltningsafgørelser i medfør af lov om miljøbeskyttelse og regler fastsat i medfør af denne lov.
- 3) Målinger for kemisk analyse og kontrol af grundvands og overfladevands tilstand, sediment og biota til brug for overvågningen efter de programmer, der er udarbejdet efter §§ 2, 3 og 4 i bekendtgørelse om overvågning af overfladevandets, grundvands og beskyttede områders tilstand og om naturovervågning af internationale naturbeskyttelsesområder samt øvrige målinger, der indgår i offentligt finansierede overvågningsprogrammer, efterhånden som der træffes beslutning herom.

§ 2. Bekendtgørelsen finder ikke anvendelse på målinger og prøveudtagninger, som udføres i forbindelse med akutte forureningssituationer og lignende, hvor det ikke er muligt at opfylde bekendtgørelsens krav."

² <https://circabc.europa.eu/sd/a/e54e8583-faf5-478f-9b11-41fda9e9c564/Guidance%20No%2019%20-%20Surface%20water%20chemical%20monitoring.pdf>, kap. 6

³ Kommissionens direktiv 2009/90/EF af 31. juli 2009 om tekniske specifikationer for kemisk analyse og kontrol af vandets tilstand som omhandlet i Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2000/60/EF

⁴ EUROPA-PARLAMENTETS OG RÅDETS DIREKTIV 2006/118/EF af 12. december 2006 om beskyttelse af grundvandet mod forurening og forringelse med senere ændringer

⁵ EUROPA-PARLAMENTETS OG RÅDETS DIREKTIV 2008/105/EF af 16. december 2008

om miljøkvalitetskrav inden for vandpolitikken, om ændring og senere ophævelse af Rådets direktiv 82/176/EØF, 83/513/EØF, 84/156/EØF, 84/491/EØF og 86/280/EØF og om ændring af Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2000/60/EF med senere ændringer

⁶ Den gældende bekendtgørelse om kvalitetskrav til miljømålinger er bekendtgørelse nr. 1770 af 28. november 2020, ved udtræk af analysedata fra Jupiter databasen var bekendtgørelse nr. 1071 af 28. oktober 2019 gældende.

I fortsættelse heraf er kvalitetskravene til analyser af vandkemi, jf. bekendtgørelsens § 9 og bilag 1, afsnit 1.3., de samme ved analyse af vandprøver, udtaget som led i overvågningen under NOVANA programmet, og ved analyse af (f.eks.) vandprøver, udtaget som led i den obligatoriske kontrol af det vand, der indvindes til drikkevand efter drikkevandsbekendtgørelsen⁷ (boringskontrollen) eller til brug for kortlægning af forurening efter jordforureningsloven⁸.

2 Datagrundlag

2.1. Datakilder

I årene 2017-20 gennemførte GEUS for og til dels i samarbejde med Miljøstyrelsen 2 større projekter for udvikling af metode til vurdering af grundvandsforekomsters kemiske tilstand for nitrat og de efterfølgende vurderinger af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand for nitrat.

I disse projekter blev det af projekternes styregruppe ved GEUS, Miljø- og Fødevarerministeriets Departement (MFVM) og Miljøstyrelsen vurderet og fastlagt hvilke kilder til data og hvilken dataperiode, der skulle anvendes ved vurdering af grundvandsforekomsternes kemiske tilstand (for nitrat).

GEUS opsummerede sine faglige anbefalinger til hvilke datakilder, der kunne anvendes således:

”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-datatype anvendes: GRUMO, LOOP, vandværksboringer, andre boringer herunder fra grundvandskortlægning og jordforureningsboringer.

- Alle boringer, hvorfra der indvindes vand betragtes som vandforsyningsboringer og data herfra anvendes.

- 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.

- 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 minimeret.”

Miljøstyrelsen var enige i de faglige anbefalinger. MFVM vurderede, at de faglige anbefalinger var forenelige med de juridiske rammer for at fastlægge et datagrundlag for vurderingerne af kemisk tilstand for nitrat. I denne sammenhæng blev der særligt lægt vægt på følgende:

”Det grundlæggende retlige grundlag - direktiverne - indeholder ikke nærmere krav til kilderne til analysedata. Det følger imidlertid af direktivets formål og de konkrete mål, der skal realiseres med direktivet, at data kun kan anvendes, hvis *data giver retvisende og tilstrækkeligt aktuel information om en forekomsts kemiske tilstand*, sådan at tilstandsvurderingen kan fungere som en vurdering af opfyldelse af miljømålet for forekomsten og for vurdering af et eventuelt behov for at fastsætte (yderligere) foranstaltninger i indsatsprogrammet i den kommende vandplanperiode.

På denne baggrund – og som følge af de i metoden fastlagte krav om vurdering af omfanget af oxideret grundvand i hver forekomst og om en relevant undersøgelse af alle forekomster, hvor det er estimeret, at mere end 20% af grundvandet er oxideret – er det vurderet, at det er foreneligt med de juridiske rammer for at fastlægge datagrundlaget, at anvende alle de anbefalede datakilder.”

I fortsættelse heraf er det af Miljøstyrelsen lagt til grund, at de datakilder, der blev anvendt ved vurdering af grundvandsforekomsternes kemiske tilstand for nitrat vil kunne anvendes ved vurderingerne af forekomsternes kemiske tilstand for pesticider, sporstoffer og pesticider. Det

⁷ Bekendtgørelse nr. 1070 af 28. oktober 2019 om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg

⁸ Lov om forurenede jord, jf. lovbekendtgørelse nr. 282 af 28. marts 2017 med senere ændringer

datakildenotat, der blev udarbejdet af GEUS til brug for vurdering af forekomsternes tilstand for nitrat bilag 2 i GEUS-rapport 2019/6, Datakilder til vurdering af grundvandets tilstand, er ved projekterne til udvikling af metode for vurdering af og de efterfølgende vurderinger af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand for pesticider, sporstoffer, klorid og MFS erstattet af GEUS notat 07-VA-2020-02. ”Leverance 1, Datakildenotat”.

De ved vurdering af grundvandsforekomsternes kemiske tilstand for MFS og pesticider anvendte datakilder omfatter således boringsindtag

- med tilknyttede – og i databasen Jupiter registrerede - analysedata for vandkemi
- der har kunnet kobles til en grundvandsforekomst, se nærmere om denne kobling i GEUS-notat 06-VA-2020-01 og GEUS-rapport 2020/1.
- i boringer i følgende kategorier:
 - Vandforsyningsboringer (VF) - boringer etableret af almene vandforsyninger til brug for indvinding af drikkevand
 - GRUMO-boringer – boringer i overvågningsnettet for den statslige overvågning af grundvandet, delprogram i det statslige overvågningsprogram for vand og natur, NOVANA (GRUMO)
 - Depot-boringer (DEPOT) - boringer etableret af Regionerne til brug for kortlægning, undersøgelse eller overvågning af forurening
 - Depot-boringer (DEPOT øvrige) - øvrige boringer etableret af kommuner, virksomheder m.v. til brug for kortlægning, undersøgelse eller overvågning af forurening
 - Boringer etableret som led i den statslige grundvandskortlægning (GKO)
 - Andre boringer, f.eks. vandforsyningers varslingsboringer, drikkevandsboringer ude af drift mv (ANDET).

Supplerende beskrivelser og vurderinger af datakilderne, indtag i GRUMO-boringer og i vandforsyningernes boringer og vurdering af disse datakilders bias og repræsentativitet kan ses i afsnittene 1.1. ”Analyseindsats og datakilder” og 1.3. ”Repræsentativitet og bias” i Appendiks 1 ”Datagrundlag og metode” til GEUS Rapporten ”Grundvandsovervågning, Status og udvikling 1989-2019”, offentliggjort 21. januar 2021.

Der er i GEUS-notat 06-VA-2020-01 ”Revision af indtagkobling til grundvandsforekomster” redegjort for, hvorledes boringsindtag er koblet (placeret i) de enkelte, nyagrænsede grundvandsforekomster, herunder for hvorledes – og i hvilket omfang indtag i de af regionerne etablerede boringer er koblet til forekomsterne.

GEUS-notat 06-VA-2020-01 ”Revision af indtagkobling til grundvandsforekomster” indeholder følgende opsummering af indsatsen for at registrere de regionale data for punktkilder i Jupiter, og overvejelserne forud for det efterfølgende arbejde med at sikre, at relevante indtag med regionale analysedata blev koblet til grundvandsforekomsterne til brug for vurderinger af kemisk tilstand pesticider, sporstoffer og MFS.

”Som forberedelse til tilstandsvurderingerne til 3. vandplanperiode har der været gennemført en kampagne for at få indlæst data fra regionerne til Jupiter, idet disse data bidrager afgørende til beskrivelsen af den påvirkning som punktkilder har på grundvandsforekomsterne. Særligt mange data er indlæst i sidste halvår af 2019 og foråret 2020. En beskrivelse af omfanget af disse data, og de tekniske muligheder for kobling til grundvandsforekomsterne er beskrevet sidst i dette notat.

Regionernes data stammer fra kortlægning og overvågning af punktkilde forureninger, der blandt andet kan give en uønsket påvirkning af grundvandets kvalitet. Mange af disse boringer har korte indtag, og nogle er tilmed filtersat i meget lerede formationer, idet man ønsker en meget detaljeret kortlægning af forureningernes udbredelse også uden for de vandførende lag. De geokemiske og hydrologiske forhold for omsætning og transport af miljøfremmede stoffer, vil ofte adskille sig fra forholdene i lag med højere hydraulisk ledningsevne. Dette skyldes fx mindre fortynding, længere opholdstider, særlige sorptionsforhold mm. Derfor har Miljøstyrelsen ønsket, at kun de indtag, der sidder i vandførende lag tilknyttes en grundvandsforekomst. Dette ønske er implementeret i den seneste kobling af indtag til grundvandsforekomster, og den tekniske løsning dokumenteres med dette notat.”

2.2. Dataperiode

Som beskrevet ovenfor blev det i projekterne for vurdering af grundvands-forekomsternes kemiske tilstand for nitrat vurderet og fastlagt både hvilke datakilder og hvilken dataperiode, der kunne anvendes ved vurdering af forekomsternes kemiske tilstand for nitrat.

GEUS opsummerede sine faglige anbefalinger fsva dataperioden således:

”Det er GEUS’ faglige vurdering af det tilgængelige datagrundlag, at der bør anvendes analysedata for en periode svarende til en seks års planperiode fx 2012-2017. Anvendelse af en kortere, fx toårig periode ville betyde flere grundvands-forekomster uden (nitrat)data, og at der vil være data fra betydeligt færre indtag i hver grundvandsforekomst til rådighed for vurderingerne af tilstand. Samtidig vil en seksårig periode sikre mange flere grundvandsforekomster med mere end 50-100 indtag (god datadækning).

Datadækningen for en toårig periode ville sammenlignet med en seksårig periode endvidere medføre 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 der har været prøvetaget til analyse fra alle GRUMO indtag mindst én gang (dog prøvetages hovedparten af GRUMO-indtagene mindst én gang inden for en treårsperiode).”

MST tiltrådte denne faglige anbefaling. MFVM vurderede, at de faglige anbefalinger var forenelige med de juridiske rammer for fastlæggelse af datagrundlaget. I denne sammenhæng blev der særligt langt vægt på følgende:

”Det grundlæggende retlige grundlag - direktiverne – indeholder ikke nærmere krav til hvilken periode, der kan anvendes data fra. Det følger imidlertid af direktivets formål og de konkrete mål, der skal realiseres med direktivet, at data kun kan anvendes, hvis *data giver retvisende og tilstrækkeligt aktuel information om en forekomsts kemiske tilstand*, sådan at tilstandsvurderingen kan fungere som en vurdering af opfyldelse af miljømålet for forekomsten og for vurdering af et eventuelt behov for at fastsætte (yderligere) foranstaltninger i indsatsprogrammet i den kommende vandplanperiode.

I CIS Vejledning nr. 18 om vurdering af grundvandsforekomsters tilstand og af udvikling af trend⁹ anbefales det, at der inddrages overvågningsdata fra de seneste to år med henblik på, at der kan beregnes middelværdier i tilfælde, hvor der kun måles én gang om året, og at en længere periode (op til seks år) kan anvendes for at undgå indvirkning på resultatet af korttidsvariationer, som ikke afspejler den egentlige påvirkning fra belastningsfaktorer.

En dataperiode på 6 år, 2012-17 eller 2013-18 vurderes at være i god overensstemmelse med de juridiske rammer. Dertil kommer, at en øget sikkerhed for en høj kvalitet af de anvendte analysedata opnås med en dataperioder efter september 2011, da der herefter er fastsat skærpede krav til kvaliteten af vandanalyser med den danske gennemførelse af analysekvalitetskrav-direktivet.”

I fortsættelse heraf og under hensyntagen til

- dels, at vurderingerne af grundvandsforekomsters kemiske tilstand til udkast til vandområdeplan for 2015-21 (offentliggjort 2014) var baseret på data fra perioderne 2000-6 og 2007-12
- dels, at afgørende data om forekomsten af pesticider og MFS i forekomsterne blev tilvejebragt i 2019,

har Miljøstyrelsen vurderet, at den rigtige dataperiode ved vurderingerne af forekomsternes kemiske tilstand for pesticider og MFS til udkast til vandområdeplan for 2021-27 ekstraordinært vil være 7-årig og omfatte årene 2013-2019.

I fortsættelse heraf er også dataperioden for tilstandsvurdering for sporstoffer og klorid fastlagt som årene 2013-2019. Fastsættelse af de grundvandsforekomst-specifikke tærskelværdier er baseret på data fra perioden 2009-2018.

⁹ CIS Guidance Document no. 18, Guidance on Groundwater Status and Trend Assessment (2009-026)

Det forventes, at dataperioden for vurderingerne af grundvandsforekomsternes kemiske tilstand til udkast til vandområdeplan 2027-33, igen vil være 6-årig og omfatte årene 2020-25.

2.3. Analysedata for relevante stoffer

2.3.1. Pesticider

Ved vurderingen af grundvandsforekomsternes kemiske tilstand for pesticider anvendes de i grundvandsdirektivets¹⁰ art. 3, stk. 1, litra a, jf. bilag I, fastsatte grundvandskvalitetskrav for pesticider:

”Kvalitetskrav

Aktive stoffer i pesticider, herunder deres relevante omdannelses-, nedbrydnings- og reaktionsprodukter (1) 0,1 µg/l 0,5 µg/l (i alt) (2)

(1) Ved »pesticider« forstås plantebeskyttelsesmidler og biocidholdige produkter som defineret i henholdsvis artikel 2 i direktiv 91/414/EØF og artikel 2 i direktiv 98/8/EF.

(2) »I alt«: summen af alle individuelle pesticider, som påvises og kvantificeres under overvågningsproceduren, herunder relevante omdannelses-, nedbrydnings- og reaktionsprodukter.”

Grundvandskvalitetskravene er implementeret i bekendtgørelse om fastlæggelse af miljømål for overfladevand og grundvandsforekomster¹¹, § 4, jf. bilag 3.

Som det fremgår, er grundvandskvalitetskravene ikke fastsat for de produkter, der er omfattet af definitionen af pesticider – plantebeskyttelsesmidler og biocidholdige produkter, men for gruppen af aktivstoffer i disse produkter og aktivstofferne omdannelses-, nedbrydnings- og reaktionsprodukter. I afrapportering af projekterne for udvikling af metode til vurdering og de efterfølgende vurderinger af forekomsternes kemiske tilstand for denne stofgruppe, er stofgruppen under et betegnet som enten ”pesticider” eller ”pesticidstoffer”

Da en række stoffer er blevet anvendt eller anvendes både som aktivstoffer i pesticider i form af plantebeskyttelsesmidler og biocidholdige produkter og på anden måde f.eks. i industrielle processer, har det været en del af fastlæggelse af datagrundlaget for vurderingerne af grundvandsforekomsternes kemiske tilstand for pesticider at afklare hvilke stoffer, der i denne sammenhæng skal anses for at være ”Aktive stoffer i pesticider, herunder deres relevante omdannelses-, nedbrydnings- og reaktionsprodukter”.

Den nødvendige afklaring af hvilke stoffer og stofgrupper, der skulle anses for at være ”aktive stoffer i pesticider, herunder deres relevante omdannelses-, nedbrydnings- og reaktionsprodukter” er sket med udgangspunkt i en gennemgang af de juridiske definitioner af de stoffer, for hvilke grundvandskvalitetskravene er fastsat, de ”Aktive stoffer i pesticider, herunder deres relevante omdannelses-, nedbrydnings- og reaktionsprodukter”:

Aktive stoffer i pesticider:

Det fremgår af grundvandsdirektivets bilag I, at ved pesticider forstås:

”plantebeskyttelsesmidler og biocidholdige produkter som defineret i henholdsvis artikel 2 i direktiv 91/414/EØF og artikel 2 i direktiv 98/8/EF.”

¹⁰ EUROPA-PARLAMENTETS OG RÅDETS DIREKTIV 2006/118/EF af 12. december 2006 om beskyttelse af grundvandet mod forurening og forringelse med senere ændringer

¹¹ Bekendtgørelse nr. 1625 af 19. december 2017 om fastlæggelse af miljømål for vandløb, søer, overgangsvande, kystvande og grundvand

I EU reguleringen anvendes således ordet ”pesticider” i stedet for det i den danske lovgivning anvendte synonym ”bekæmpelsesmidler”, der er den fælles betegnelse for plantebeskyttelsesmidler (i almindelig dansk sprogbrug ofte ”pesticider”) og de biocidholdige produkter (i almindelig dansk sprogbrug oftest ”biocider”).

Direktiv 91/414/EØF¹² er erstattet af Europa-Parlamentets og Rådets forordning (EF) nr. 1107/2009 af 21. oktober 2009 om markedsføring af plantebeskyttelsesmidler og om ophævelse af Rådets direktiv 79/117/EØF og 91/414/EØF med senere ændringer. Denne forordning betegnes i Danmark ofte som pesticid-forordningen, men betegnelsen plantebeskyttelsesmiddelforordningen anvendes også – og anvendes i dette notat.

Retten til at markedsføre plantebeskyttelsesmidlerne og til hvilke formål reguleres af plantebeskyttelses-middelforordningen. Forordningen suppleres af et direktiv om bæredygtig anvendelse af pesticider i form af plantebeskyttelsesmidler¹³.

Det følger af forordningen om plantebeskyttelsesmidler, art. 2, stk. 1 – og er gentaget i § 2, nr. 14, i den danske bekæmpelsesmiddelbekendtgørelse¹⁴, at:

Plantebeskyttelsesmidler er produkter, der ”i den form, hvori de leveres til brugeren, består af eller indeholder aktivstoffer, safenere eller synergister og er bestemt til et af følgende formål:

- a) at beskytte planter eller planteprodukter mod alle skadegørere eller at forebygge angreb fra sådanne skadegørere, medmindre hovedformålet med det pågældende produkt må anses for at være af hygiejnemæssig karakter snarere end beskyttelse af planter eller planteprodukter
- b) at påvirke planters livsprocesser, f.eks. ved at indvirke på planternes vækst, på anden måde end som næringsstof eller biostimulant til planter
- c) at konservere planteprodukter, for så vidt de pågældende stoffer eller produkter ikke er omfattet af særlige fællesskabsbestemmelser om konserveringsmidler
- d) at ødelægge uønskede planter eller plantedele, bortset fra alger, medmindre produkterne anvendes på jord eller vand for at beskytte planter
- e) at bremse eller forebygge uønsket vækst af planter, bortset fra alger, medmindre produkterne anvendes på jord eller vand for at beskytte planter”.

Direktiv 98/8/EF¹⁵ er erstattet af Europa-Parlamentets og Rådets forordning (EU) nr. 528/2012 af 22. maj 2012 om tilgængeliggørelse på markedet og anvendelse af biocidholdige produkter med senere ændringer.

Biocidholdige produkter betegnes ofte som biocider, og forordningen betegnes ”biocidforordningen”,

Biocidforordningen regulerer retten til at markedsføre de biocidholdige produkter og til hvilke formål samt anvendelsen af produkterne.

Det følger af biocidforordningens art. 3, litra a, og er gentaget i bekæmpelsesmiddelbekendtgørelsen, § 2, nr. 4, at biocidholdige produkter er:

”- stoffer eller blandinger i den form, hvori de leveres til brugeren, som består af, indeholder eller genererer et eller flere aktivstoffer, som er bestemt til at kunne ødelægge, afskrække, uskadeliggøre, hindre virkningen af eller bekæmpe virkningen af skadegørere på anden vis end blot ved fysisk eller mekanisk påvirkning,

- stoffer eller blandinger genereret fra stoffer eller blandinger, der ikke i sig selv er produkter i den i første led omhandlede forstand, og som er bestemt til at kunne ødelægge, afskrække, uskadeliggøre, hindre virkningen af eller bekæmpe virkningen af skadegørere på anden vis end blot ved fysisk eller mekanisk påvirkning.

En behandlet artikel, der har en primær biocidfunktion, betragtes som et biocidholdigt produkt.”

¹² Rådets direktiv 91/414/EØF af 15. juli 1991 om markedsføring af plantebeskyttelsesmidler

¹³ PARLAMENTETS OG RÅDETS DIREKTIV 2009/128/EF af 21. oktober 2009 om en ramme for Fællesskabets indsats for en bæredygtig anvendelse af pesticider. Direktivets anvendelsesområde er i art. 2. afgrænset til plantebeskyttelsesmidler.

¹⁴ Bekendtgørelse nr. 2281 af 29. december 2020 om bekæmpelsesmidler

¹⁵ PARLAMENTETS OG RÅDETS DIREKTIV 98/8/EF af 16. februar 1998 om markedsføring af biocidholdige produkter

Plantebeskyttelsesmidler og biocidholdige produkter er omfattet af definitionen af pesticider uafhængigt af, om de er eller har været godkendt til brug i Danmark eller EU. Afgørende er, hvorvidt midlerne har de egenskaber, der indebærer, at midlerne må anses for omfattet af bekæmpelsesmiddelforordningens definitioner af henholdsvis ”plantebeskyttelsesmiddel” og ”biocidholdigt produkt”.

Aktivstoffer i pesticider

Et aktivstof i et pesticid er ”et stof eller en mikroorganisme, der har virkning på eller imod skadegører – eller på planter, plantedele eller planteprodukter”. Se biocidforordningens art. 3, litra, og forordningen om plantebeskyttelsesmidler art. 2, stk. 2.

En række kemiske stoffer har været anvendt og/eller anvendes som aktivstof i begge grupper af bekæmpelsesmidler, altså både i plantebeskyttelsesmidler og biocidholdige produkter, det gælder f.eks. aktivstoffer i en række svampemidler.

Som nævnt oven for er der også stoffer, som er anvendt både som aktivstoffer i bekæmpelsesmidler og i f.eks. industrielle processer eller i andre produkter som veterinær eller human medicin. Det gælder f.eks. formaldehyd og triazol. For disse stoffer gælder, at en omfattende analyse af data om anvendte mængder af stoffet eller moderstoffet (historisk og aktuelt) og til hvilke formål, karakteren af forureninger med stoffet, forureningernes spredning geografisk mv. ofte vil være et nødvendigt grundlag for konklusioner om, hvorvidt fund af stoffet er et resultat af anvendelse af (aktiv)stoffet i bekæmpelsesmidler eller anden anvendelse.

Aktivstoffers relevante omdannelses-, nedbrydnings- og reaktionsprodukter

Ofte anvendes ordet nedbrydningsprodukter som en samlet betegnelse for omdannelses- og nedbrydningsprodukter (også kaldet metabolitter).

I Danmark er det absolutte udgangspunkt, at alle aktivstoffers nedbrydningsprodukter vurderes at være relevante. Dette er ikke tilfældet i ’ovrigt EU-medlemslande. Dette betyder ikke, at grundvandet overvåges for alle pesticider eller pesticidstoffer forstået som alle bekæmpelsesmidlers aktivstoffer og aktivstoffers nedbrydningsprodukter. Overvågningen er som udgangspunkt målrettet de kemiske stoffer, der vurderes at have de mest problematiske egenskaber og/eller stammer fra aktivstoffer, som er anvendt i et omfang og på en sådan måde, at det må forventes, at de kan have forurennet grundvandet i ikke ubetydeligt omfang. Det vurderes løbende, om der er behov for at justere overvågningen.

Ved vurdering af hvilke stoffer, der skulle omfattes af vurderingen af grundvandsforekomsternes kemiske tilstand for pesticider (bekæmpelsesmidler) er der taget udgangspunktet i den kategorisering af stoffer som ”pesticid”, der anvendes af GEUS ved datatræk fra Jupiter databasen, herefter betegnet som GEUS’ pesticidlisten.

I alt **588** stoffer var ved dataudtrækket til brug for vurderingerne af grundvandsforekomsternes tilstand omfattet af GEUS’ pesticidliste i Jupiter.

468 af de 588 stoffer på GEUS pesticidliste er inkluderet i Miljøstyrelsens massescreening for pesticider i 2019, i GRUMO-overvågningen, i regionernes screeninger for pesticider og/eller omfattet af drikkevandsbekendtgørelsens bilag 2. For de øvrige **120** stoffer på pesticidlisten er der konstateret eller vurderet følgende:

26 (af de 120) stoffer er ikke målt ved analyser fra indtag i grundvandsforekomster i dataperioden.

3 (af de 120) stoffer er phenoler: phenol, methylphenoler (cresoler) og dimethylphenoler (xyleneoler). Disse stoffer er omfattet af vurderingerne af grundvandsforekomsternes kemiske tilstand for MFS, idet hovedparten af forurening med phenoler vurderes at stamme fra (industrielle) punktkildeforureninger – og ikke fra anvendelse af biocidholdige produkter.

De øvrige 91 (af de 120) stoffer er for hovedparten aktivstoffer i plantebeskyttelsesmidler eller nedbrydningsprodukter herfra. Derudover er der en række chlorphenoler, deres relevans er gennemgået i detaljer i seneste GRUMO rapport fra 2019. Der er der nogle organofosfater, som er eksperimentelle pesticider/synteseenheder/intermediater fra Cheminova/Høfde 42, nogle synteseenheder/nedbrydningsprodukter fra phenoxysyre-herbicider, nogle organotin-forbindelser, der er biocider eller nedbrydningsprodukter fra disse og en række chloroacetanil-herbicider samt deres nedbrydningsprodukter, som er velkendte fra grundvandsanalyser i udlandet, samt en række forskellige nedbrydningsprodukter/synteseenheder, som er vurderet at hidrøre fra anvendelse af pesticider.

Sumgrupper såsom "sum herbicider", "sum pesticider", "xylenoler" og "cresoler" er ikke med i opgørelserne, dels fordi de ikke har en detektionsgrænse, dels fordi enkeltstofferne i grupperne oftest også er indberettet enkeltvis.

I grundvandet stammer en del stoffer fra olieforureninger eller tjæreforureninger, men nogle af disse stoffer har samtidig haft en pesticid/biocidanvendelse. Det er fx naphthalen og anthraquinon, som formodentlig oftest stammer fra olie/tjære, når de findes i grundvandet. Disse stoffer forbliver foreløbig i stofgruppen MFS.

"Safeners" er stoffer, som beskytter en afgrøde mod aktivstoffer i plantebeskyttelsesmidler og er ikke anset som omfattet af stofgruppen pesticider, men forbliver i stofgruppen MFS. Uorganiske pesticider, fx kobbersulfat, er heller ikke medtaget.

2.3.2. Sporstoffer og klorid

Som led i et projekt for udvikling af metode til vurdering af grundvandsforekomsternes kemiske tilstand for sporstoffer og de senere vurderinger af forekomsternes kemiske tilstand for sporstoffer blev der tilvejebragt et fagligt grundlag for Miljøstyrelsens indstillinger til miljøministerens fastsættelse af tærskelværdier efter reglerne i grundvandsdirektivets art. 3, stk. 1, litra b, jf. bilag II, for en række af disse stoffer. De indstillede tærskelværdier er anvendt ved vurderingerne af forekomsternes kemiske tilstand for sporstoffer.

Om de retlige rammer og det faglige grundlag for fastsættelse af tærskelværdier for sporstoffer, se Miljøstyrelsens notat af april 2021, bilag 7 til afrapporteringen af projektet for udvikling af metode til vurdering af grundvandsforekomsternes kemiske tilstand for sporstoffer.

Til brug for vurderingerne af grundvandsforekomsternes kemiske tilstand for sporstoffer blev der trukket analysedata fra perioden 2013-19 fra alle – til forekomster koblede indtag - fra Jupiter for følgende sporstoffer og klorid:

- Aluminium
- Arsen
- Bly
- Cadmium
- Klorid
- Krom ^{total}
- Kobber
- Kviksølv
- Nikkel
- Zink

For stofferne aluminium, arsen, cadmium og nikkel er der supplerende forekomstspecifikke tærskelværdier. Om datagrundlaget for og metode til beregning af disse værdier, se bilag 1 "Naturlige baggrundsværdier. Metode og faglige forudsætninger" til GEUS rapport 2021/19. Dataperioden er fra 2009-2018 og indeholder alene GRUMO og VF indtag.

2.3.3.MFS

Som led i projekterne for udvikling af metode til vurdering af grundvandsforekomsternes kemiske tilstand for MFS og vurderinger af forekomsternes kemiske tilstand for MFS blev der tilvejebragt et fagligt grundlag for Miljøstyrelsens indstillinger til miljøministerens fastsættelse af tærskelværdier efter reglerne i grundvandsdirektivets art. 3, stk. jf. bilag III, for en række af disse stoffer. De indstillede tærskelværdier er anvendt ved vurderingerne af forekomsternes kemiske tilstand for MFS.

Om de retlige rammer og det faglige grundlag for fastsættelse af tærskelværdier for MFS, se bilaget ”Fastsættelse af tærskelværdier for miljøfarlige forurenende stoffer excl. pesticider” i afrapporteringen af projektet for udvikling af metode til vurdering af grundvandsforekomsternes kemiske tilstand for MFS (Bjerg et al, 2021).

Til brug for vurderingerne af grundvandsforekomsternes kemiske tilstand for MFS blev der trukket analysedata fra perioden 2013-19 fra alle – til forekomster koblede indtag - fra Jupiter for følgende stoffer og stofgrupper med tærskelværdier:

Chlorerede opløsningsmidler og nedbrydningsprodukter (enkeltstof og som gruppe)

2617	Tetrachlorethylen
2618	Trichlorethylen
404	cis-1,2-dichlorethylen
408	trans-1,2-dichloreth
407	1,1-Dichlorethylen
9946	Vinylchlorid
2621	1,1,1-trichlorethan
4542	1,1-dichlorethan
9422	1,2-dichlorethan
2616	Tetrachlormethan
2612	Chloroform
2624	Dichlormethan
3117	Chlorethan

BTEXN

662	Benzen
665	Toluen
3007	Ethylbenzen
2662	O-xylen
2664	M+P-xylen
649	Naphthalen

Phenoler

2676	Phenol
2680	2-methylphenol
2678	3-methylphenol
2681	4-methylphenol
2679	2,3-dimethylphenol
2685	2,4-dimethylphenol

2697	2,5-dimethylphenol
2684	2,6-dimethylphenol
2682	3,4-dimethylphenol
2683	3,5-dimethylphenol

MTBE

490	MTBE (methyl-tert-butylether)
-----	-------------------------------

Vandopløselige opløsningsmidler

3047	Diethylether
658	2-propanol (iso-propanol)
664	methyl-isobutyl-keton

Perfluorerede stoffer (PFAS)

(Alene som gruppe)

2266	Perfluorbutansyre
2283	Perfluorpentansyre
2270	Perfluorohexansyre
2271	Perfluoroheptansyre
2272	Perfluoroktansyre
2273	Perfluorononansyre
2275	Perfluorodekansyre
2281	Perfluorbutansulfonsyre
2267	Perfluorhexansulfonsyre
2268	Perfluoroktansulfonsyre
2274	Perfluoroktansulfonamid
2287	1H,1H,2H,2H-Perfluoroktansulfonsyre

Cyanider

654	Cyanid, total
656	Cyanid, syreflygtigt

3. Kvalitetssikring af datakvalitet

Som beskrevet ovenfor i afsnit 1 ”Regler for kvalitet af datagrundlag og aggregering af data” fastsætter analysekvalitetskravdirektivet krav til anvendelse af anerkendte (ISO) analysestandarder og analyselaboratorier, der er akkrediteret til at anvende den, jf. direktivets art. 3 og art. 6.

Analysekvalitetskravdirektivets art 4, stk. 1, fastsætter kravene til analysemetodernes præstationsevne:

”Medlemsstaterne stiller som mindstekrav til alle anvendte analysemetoder, at deres måleusikkerhed er højst 50 % (k = 2) ved værdien af det pågældende miljøkvalitetskrav, og at deres kvantifikationsgrænse er 30 % af værdien af det pågældende miljøkvalitetskrav eller lavere.”

Direktivet definerer detektionsgrænse henholdsvis kvantifikationsgrænse således:

»detektionsgrænse«: den laveste værdi af output-signal eller koncentration, ved hvilken det på et nærmere angivet konfidensniveau kan erklæres, at en prøve adskiller sig fra en blindprøve, der ikke indeholder den pågældende analysand”

»kvantifikationsgrænse«: et nærmere angivet multiplum af detektionsgrænsen ved en koncentration af analysand, som med rimelighed kan bestemmes med et acceptabelt niveau af nøjagtighed og præcision. Kvantifikationsgrænsen kan bestemmes med en passende standard eller prøve og kan beregnes ud fra det laveste kalibreringspunkt på kalibreringskurven, ekskl. blindprøven.”¹⁶

De ovenfor i afsnittene 2.3.1. – 2.3.3 beskrevne udtræk af analysedata fra Jupiter til de enkelte projekter for vurderinger af grundvandsforekomsternes kemiske tilstand for henholdsvis pesticider, sporstoffer og MFS, blev derfor gennemgået for at sikre, at det datagrundlag, der skulle anvendes i de enkelte projekter, ikke omfattede data af ringere kvalitet end den krævede. Det primære fokus i denne sammenhæng var de anvendte analysers præstationsevne som udtrykt ved metodernes detektions/kvantifikationsgrænse, jf. bilag 1, afsnit 1.3 Kontrol/overvågning af grundvand, i bekendtgørelse om kvalitetskrav til miljømålinger.

For MFS og sporstoffer

For MFS er der som udgangspunkt anvendt krav for detektions- og kvantifikationsgrænser som fastsat i Analysebekendtgørelsen. For udvalgte stoffer er der fastsat specifikke detektions- og kvantifikationsgrænser, se Bjerg et al, 2021.

For sporstoffer blev det konstateret, at der var behov for at kvalitetssikre data med hensyn til en korrekt filtrering af prøverne, se GEUS-notat 07-VA-2020-15 ”Leverance 5B og 5C: Aggregering af data og udarbejdelse af datasæt til brug for tilstandsvurderingen for sporstoffer”.

Data af en utilstrækkelig analysekvalitet er udeladt af datasættet. Detektionsgrænser højere end 10 % af pågældende stofs tærskelværdi er udeladt. Nærmere beskrivelse samt oversigt over antal af kasserede analyser fremgår af [GEUS-notat 07-VA-2020-15 ”Leverance 5B og 5C: Aggregering af data og udarbejdelse af datasæt til brug for tilstandsvurderingen for sporstoffer”, bilag 9 til GEUS rapport 2021/19.

En oversigt over datagrundlagets omfang og fordeling af analysedata mellem datakilderne for de 3 projekter fremgår nedenfor:

Pesticider

		VF	GRUMO	GKO	DEPOT	DEPOT (øvrige)	ANDET	I ALT
Pesticider	Antal indtag	6758	1171	836	2787	82	1056	12. 690
	Fordeling	53,3%	9,2%	6,6%	22,0%	0,6%	8,3%	100%

Sporstoffer og klorid

		VF	GRUMO	GKO	DEPOT	DEPOT (øvrige)	ANDET	I ALT
Aluminium	Antal indtag	640	1007	507	15			2. 169
	fordeling	29,5%	46,4%	23,4%	0,7%			100%
Arsen	Antal indtag	6549	1031	969	89	8	87	8. 733
	%-fordeling	75,0%	11,8%	11,1%	1,0%	0,1%	1,0%	100%
Bly	Antal indtag	397	978	60	528	1		1. 964
	%-fordeling	20,2%	49,8%	3,1%	26,9%	0,1%		100%

¹⁶ Definitionerne er gennemført i bekendtgørelse om kvalitetskrav til miljømålinger m.v., bilag 1, afsnit 1.

Cadmium	Antal indtag	336	935	35	521			1. 827
	%-fordeling	18,4%	51,2%	1,9%	28,5%			100%
Krom total	Antal indtag	272	5	44	527			848
	%-fordeling	32,1%	0,6%	5,2%	62,1%			100%
Klorid	Antal indtag	6656	1328	1004	1345	322	1242	11. 897
	%-fordeling	55,9%	11,2%	8,4%	11,3%	2,7%	10,4%	100%
Kobber	Antal indtag	367	971	380	527	1		2. 246
	%-fordeling	16,3%	43,2%	16,9%	23,5%	0%		100,0%
Kviksølv	Antal indtag	146	1	44	1			192
	%-fordeling	76,0%	0,5%	22,9%	0,5%			100,0%
Nikkel	Antal indtag	6505	1031	971	535	19	100	9. 161
	%-fordeling	71,0%	11,3%	10,6%	5,8%	0%	1%	100,0%
Zink	Antal indtag	406	1007	506	539			2458
	%-fordeling	16,5%	41,0%	20,6%	21,9%			100,0%

MFS

		VF	GRUMO	GKO	DEPOT	DEPOT (øvrige)	ANDET	I ALT
MFS	Antal indtag	3272	1034	-	9741		1188	15. 235
	fordeling	21,5%	6,8%		63,9%		7,8%	100%

4. Aggregering

4.1. Regler for aggregering

Det antages, at det allerede følger af vandramme- og grundvandsdirektivets formål og konkrete mål, at *den statistiske behandling af de data, der anvendes, skal være i overensstemmelse med internationale standarder*. Den statistiske behandling af data skal altså være transparent og bidrage til sammenligneligheden mellem medlemslandenes overvågningsresultater og tilstandsvurderinger over tid.

Regler om aggregering af grundvandskemiske analysedata i vandrammedirektivet

Det følger af vandrammedirektivets art. 8, jf. bilag V, afsnit 2.4.5., at ved overvågningen af grundvandsforekomsters kemiske tilstand

”aggregeres data fra de enkelte overvågningspunkter i en grundvandsforekomst for grundvandsforekomsten som helhed. Med forbehold af de berørte direktiver forudsætter god kemisk tilstand for en grundvandsforekomst, for så vidt angår de kemiske parametre, for hvilke der findes fællesskabslovgivning om miljøkvalitetskrav:

- at middelværdien af resultaterne fra hvert overvågningspunkt i grundvandsforekomsten eller gruppen af grundvandsforekomster beregnes, og
- at disse middelværdier i overensstemmelse med artikel 17 anvendes til at vise overensstemmelse med god kemisk tilstand for grundvand”

Der er i den sammenhæng dog ikke fastsat nærmere krav til beregning af en middelværdi. En middelværdi kan findes ved at beregne gennemsnittet af middelværdi for dataperioden i hver enkelt overvågningsindtag – og derefter beregne gennemsnittet af de beregnede middelværdier fra alle de enkelte overvågningsindtag i grundvandsforekomsten (aggregering af data i tid og rum) eller alene

som gennemsnit af alle analyseresultater i det enkelte indtag i den relevante dataperiode (aggregering i tid).

Regler om aggregering af grundvandskemiske analysedata i grundvandsdirektivet

I medfør af vandrammedirektivets art. 17 vedtog Rådet og Parlamentet i 2006 grundvandsdirektivet, der (bl.a.) præciserer kravene til, hvorledes grundvandsforekomsternes kemiske tilstand vurderes. Af grundvandsdirektivet art. 4, stk. 2 fremgår det således, at

- ”2. En grundvandsforekomst eller en gruppe af grundvandsforekomster anses for at have en god kemisk tilstand, når:
- a) den relevante overvågning viser, at betingelserne i tabel 2.3.2 i bilag V til direktiv 2000/60/EF opfyldes; eller
 - b) grundvandskvalitetskravene som anført i bilag I og de relevante tærskelværdier, der er udarbejdet i overensstemmelse med artikel 3 og bilag II, ikke overskrides i nogen af overvågningspunkterne i denne grundvandsforekomst eller gruppe af grundvandsforekomster; eller
 - c) grundvandskvalitetskravene eller tærskelværdien overskrides i et eller flere overvågningspunkter, men en relevant undersøgelse i overensstemmelse med bilag III bekræfter, at:
 - i) det på grundlag af den vurdering, der er omhandlet i punkt 3 i bilag III, kan fastslås, at koncentrationerne af forurenende stoffer, der overskrider grundvandskvalitetskravene eller tærskelværdierne, ikke anses for at udgøre en væsentlig miljörisiko, idet der i relevant omfang tages hensyn til omfanget af den grundvandsforekomst, der berøres
 - ii) de øvrige betingelser for god kemisk tilstand for grundvand som anført i tabel 2.3.2 i bilag V til direktiv 2000/60/EF er opfyldt, jf. punkt 4 i bilag III til nærværende direktiv
 - iii) for grundvandsforekomster, der er udpegede i henhold til artikel 7, stk. 1, i direktiv 2000/60/EF opfyldes kriterierne i direktivets artikel 7, stk. 3, i overensstemmelse med punkt 4 i bilag III til nærværende direktiv.
 - iv) grundvandsforekomsten eller nogle af forekomsterne i gruppen af grundvandsforekomster ikke er så forurenede, at menneskers mulighed for at anvende dem er blevet væsentligt forringet.”

Det fremgår videre af det i grundvandsdirektivets art. 4, stk. 2, nævnte bilag III, der finder anvendelse ved vurdering af en grundvandsforekomsts kemiske tilstand efter direktivets art.4, stk. 2, litra c, at ved gennemførelse af en relevant undersøgelse af den kemiske påvirkning af en grundvandsforekomst skal der ske en sammenligning mellem den årlige aritmetiske gennemsnitskoncentration (den årlige middelværdi) af et stof i et overvågningspunkt og grundvandskvalitetskravet eller tærskelværdien for det pågældende stof.

Regler om aggregering af grundvandskemiske analysedata i analysekvalitetskravdirektivet

Følgende regler for aggregering af (grundvands)kemiske data er fastsat i analysekvalitetskravdirektivet

”Artikel 5

Beregning af middelværdier

1. Hvis indholdet af den fysisk-kemiske eller kemiske målestørrelse i en given prøve ligger under kvantifikationsgrænsen, anvendes den halve kvantifikationsgrænse som måleresultat ved beregning af middelværdier.
2. Hvis den beregnede middelværdi af måleresultaterne, jf. stk. 1, bliver lavere end kvantifikationsgrænsen, betegnes værdien som »under kvantifikationsgrænsen«.
3. Stk. 1 finder ikke anvendelse på målestørrelser, der består af summen af en given gruppe af fysisk-kemiske parametre eller kemiske målestørrelser, herunder deres metabolitter og nedbrydnings- og reaktionsprodukter. I disse tilfælde sættes resultater, der er mindre end de enkelte stoffers kvantifikationsgrænse, til 0.”

4.2. Brug af aggregering ved vurderinger af kemisk tilstand

Vurderingerne af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand er gennemført ved anvendelse af metoderne fastlagt i grundvandsdirektivets art. 4, stk. 2, litra b og c.

Baggrunden for dette metodevalg – og at metoden fastlagt ved grundvandsdirektivets art 4, stk. 2, litra a, dermed er fravalgt – er dels, at grundvandsforekomsterne er nyafgrænsede, og dels, at det er valgt at anvende (kvalitetssikrede) grundvandskemiske analysedata fra langt flere indtag end de, der indgår i den statslige grundvandsovervågning eller er omfattet af boringskontrollen. MST har derfor lagt vægt på, at der ikke vil ske en aggregering af analysedata for forekomsterne ”i rum”, dvs. der beregnes ikke en gennemsnitlig middelværdi af middelværdier fra alle indtag med analysedata i forekomsten, da MST har vurderet, at der ikke er en tilstrækkelig sikkerhed for de enkelte indtags repræsentativitet for hele eller dele af en forekomst til, at en aggregering af analysedata fra indtag i forekomsten kan antages at udtrykke den samlede påvirkning af forekomsten.

Ved vurdering af grundvandsforekomsternes tilstand efter grundvandsdirektivets art. 4, stk. 2, litra b, er anvendt beregnede middelværdier af de grundvandskemiske analysedata for det enkelte indtag i dataperioden. Aggregering - beregning af disse middelværdier - er gennemført efter reglerne i analysekvalitetskrav-direktivets art. 5.

Ved vurdering af grundvandsforekomsternes tilstand for MFS og for pesticider efter grundvandsdirektivets art. 4, stk. 2, litra c, er anvendt beregnede middelværdier af de grundvandskemiske analysedata for det enkelte indtag i dataperioden – og de beregnede aritmetiske middelværdier af grundvandskemiske analysedata for hvert indtag i hvert enkelt år i dataperioden. Aggregering - beregning af disse middelværdier - er gennemført efter reglerne i analysekvalitetskravdirektivets art. 5.

Ved vurdering af grundvandsforekomsternes tilstand for sporstoffer og klorid efter grundvandsdirektivets art. 4, stk. 2, litra b, er anvendt beregnede middelværdier af de grundvandskemiske analysedata for det enkelte indtag i dataperioden. Aggregering - beregning af disse middelværdier - er gennemført efter reglerne i analysekvalitetskravdirektivets art. 5. Samme værdier er anvendt ved vurdering af kemisk tilstand for de grundvandsforekomster, hvor der blev fundet overskridelser af tærskelværdier for sporstoffer og klorid.

Referencer

Rapporter:

GEUS-rapport 2019/6: *"Dokumentationsrapport, Nitrattilstand for grundvandsforekomster, metodeudvikling - Miljøstyrelsens projekt "Udvikling af metode for relevante undersøgelser for vurdering af nitratpåvirkning af grundvandsforekomsterne (GVF) –Leverance 7"* af Lærke Thorling, Ingelise Møller, Bertel Nilsson, Peter Sandersen og Lars Troldborg
<https://www.geus.dk/media/6844/dokumentationsrapport-nitrattilstand-for-grundvandsforekomster-metodeudvikling-2019-2.pdf>

GEUS-rapport 2020/1: *"Afgrænsning af de danske grundvandsforekomster – Ny afgrænsning og delkarakterisering samt fagligt grundlag for udpegning af drikkevandsforekomster"* af Lars Troldborg
https://www.geus.dk/Media/2/5/GEUSrapport_2020_1_GVF_afgraensning_web.pdf

GEUS-rapport 2021/19: *"Udvikling af metode til vurdering af grundvandsforekomsters kemiske tilstand for udvalgte uorganiske sporstoffer og salte"* af Mette Hilleke Mortensen, Vibeke Ernstsen, Denitza Voutchkova og Lærke Thorling

GRUMO-rapport 2021: *"Grundvandsovervågning, Status og udvikling 1989-2019"*, redigeret af Lærke Thorling
<https://www.geus.dk/Media/E/A/GRUMO%201989-2019.pdf>

Bjerg et al. 2021: *"Vurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand for MFS: Metodeudvikling og resultater"* af Poul Løgstrup Bjerg, Mette Martina Broholm, Filip Floks, Anton Bøllingtoft, Lærke Thorling, Ingelise Møller, Tine Ørbæk Nielsen og Dorte Balle Harder

Notater:

GEUS-notat 06-VA-2020-01. *"Revision af indtagkobling til grundvandsforekomster"*

GEUS-notat 07-VA-2020-02. *"Leverance 1, Datakildenotat"*

GEUS-notat 07-VA-2020-15. *"Leverance 5B og 5C: Aggregering af data og udarbejdelse af datasæt til brug for tilstandsvurderingen for sporstoffer"*

Bilag 8

GEUS-notat 07-VA-2020-16.

Udtræk fra Jupiter, Leverance 5A i projektet ”Metode for vurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand for sporstoffer og nye vurderinger af forekomsternes tilstand fsva sporstoffer”.

Bilaget indeholder:

- GEUS-notat nr.: 07-VA-2020-16.
- Appendiks 1: Bestilling af udtræk og overblikstabeller.
- Bilag 1: Sporstoffer til tilstandsvurdering.
- Bilag 2: Uddrag af projektbeskrivelse pr. 24. april 2020.
- Appendiks 2: Bestilling af nyt udtræk og overblikstabeller, nov. 2020.

Til: Miljøstyrelsen, Mia Rohde Nielsen

Fra: GEUS, Lærke Thorling, Charlotte Toftegaard Thomsen

Kopi til:

Fortroligt: Nej

Dato: 18. dec. 2020

GEUS-NOTAT nr.: 07-VA-2020-16

J.nr. GEUS: 218-00062

Emne: Udtræk fra Jupiter, Leverance 5A i projektet ”Metode for vurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand for sporstoffer og nye vurderinger af forekomsternes tilstand fsva sporstoffer”

Dette notat udgør en formaliseret udgave af leverance 5A i projektet ”Metode for vurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand for sporstoffer og nye vurderinger af forekomsternes tilstand fsva sporstoffer”. Oversigtstabeller blev fremsendt 9. juni 2020, hvorefter data og programkode for udtræk blev fremsendt via OneDrive d. 15. juni 2020. Det blev i nov. 2020 klart, at der manglede filtreringskoder i det oprindelige udtræk. Derfor blev der lavet et nyt dataudtræk som blev fremsendt via Onedrive 27. nov. 2020.

Baggrund

Denne leverance består af det grundlæggende dataudtræk fra Jupiter og etablering af datatyper. Derudover gives der et indledende overblik over omfanget af data.

I projektbeskrivelsen for ovennævnte projekt udgør leverance 5A:

Dataudtræk fra Jupiter.

Oversigt over fordelingen af indtag med analysedata fra årene 2013-19 mellem grundvandsforekomsterne. Oversigten skal etablere et overblik over hvor mange og hvilke forekomster, hvortil der er tilknyttet henholdsvis 0, 1, 2-4, 5-10, 11-50 eller flere indtag.

Det skal fremgå, hvilken datatype, det enkelte tilknyttede indtag har.

Etablering af følgende 4 oversigter:

- *Tabel 1 over GVF uden sporstof data.*
- *Tabel 2 over antal indtag for hvert stof for hver GVF: Tabel for GVF med data, hvor det angives, hvor mange indtag, der er for hvert stof (en række for hver GVF med data, en kolonne for hvert stof, udfyldt med antal indtag)*
- *Tabel 3 over antal GVF for hvert stof (en række for stof, en kolonne med stofkode og navn og for hver datatype, udfyldt med antal indtag.*
- *Tabel 4 er en aggregering af tabel 2. Antal GVF med et bestemt antal indtag (opdelt i antalsklasser af indtag) til rådighed for hvert stof: (en række for hvert stof, en kolonne for hver antalsklasse af GVF, udfyldt med antal GVF i hver antalsklasse af indtag i en GVF).*

Efterfølgende blev ønskerne til denne leverance præciseret i bestillingen af udtræk, se Appendiks 1 for specifikation af det oprindelige udtræk og Appendiks 2 for specifikation af det reviderede udtræk med filtreringskoder, men uden oversigtstabeller.

Fastlæggelse af stofliste for sporstoffer

Stoflisten til udtrækket omfattede følgende stoffer og støtteparametre:

Aluminium
Arsen
Bly
Cadmium
Chrom tot
Kobber
Kviksølv
Nikkel
Zink
pH
Nitrat
NVOC

Den konkrete leverance

Leverance 5A består af en række filer:

Dataleverance 15. juni 2020:

-Sporstof-2013-2019-raadata-28052020.xlsx
-Sporstof-2013-2019-datatyper-28052020.xlsx

Dataleverance 27. november 2020:

Sporstof-2013-2019-raadata-06112020.xlsx

Det rå dataudtræk findes i 'Sporstof-2013-2019-raadata-28052020.xlsx' og 'Sporstof-2013-2019-raadata-06112020.xlsx'. Data er som det fremgår af filnavnet udtrukket af Jupiter hhv. d. 28. maj 2020 og 6. november 2020. Data fra denne fil anvendes til dataaggregeringen i leverance 5B. Udtrækskriterierne ses i Appendiks 1 og 2.

Datatyperne på indtagniveau bruges til begge dataudtræk og findes i 'Sporstof-2013-2019-datatyper-28052020.xlsx'. Data er opdelt i datatyperne "VF" (Vandforsyningsboring), "GRUMO", "DEPOT", hvor der skelnes mellem "Depot" (regionsdata = region er dataejer) og "Depot (øvrige)", "GEBKOR" (grundvandskortlægningsdata) og "ANDET". Definitionen findes i Appendiks 1.

Den anvendte SQL for hver af disse datafiler ligger i et særskilt ark for alle Excel-filer.

Dataoverblik:

Som beskrevet i Appendiks 1 er der udarbejdet en række tabeller for at etablere oversigt over de leverede data:

- Sporstof-2013-2019-oversigt_tabel1ny.xlsx
- Sporstof-2013-2019-oversigt_tabel2ny.xlsx
- Sporstof-2013-2019-oversigt_tabel3ny.xlsx
- Sporstof-2013-2019-oversigt_tabel4ny.xlsx

Anvendelsen af disse oversigter skal tage udgangspunkt i, at der ikke er sket en oprensning af data for forhøjede detektionsgrænser og anden datavask, der finder sted i forbindelse med leverance 5B. Formålet er alene at give et hurtigt overblik over de data der er trukket ud, før den egentlige dataaggregering finder sted.

Kvalitetssikring af udtræk

Kvalitetskravene til data er programmeret direkte ind i koden til udtrækket. Det er således ikke muligt efterfølgende at tælle op, hvor mange data der er frasorteret.

Udtrækskoden og udtrækket er kvalitetssikret på følgende måde:

Der er udarbejdet en klar beskrivelse af udtrækskriterierne, se Appendiks 1 og 2, i samarbejde med den dataansvarlige for det årlige GRUMO-udtræk. Der er i udtrækket indbygget en række sorteringer for at håndtere det heterogene datasæt i Jupiter. Udtræksalgoritmen og selve udtrækket er efterfølgende underkastet en fagfælle kvalitetssikring i datagruppen på GEUS. Her er blandt andet SQL-koden gennemgået, og det er vurderet om de valgte kriterier er formålstjenlige. Derudover har bestillingerne af udtræk i Appendiks 1 og 2 begge været sendt til Miljøstyrelsen til kommentering ift. til den valgte tilgang og ikke mindst præcisering af hvilke tabeller der skulle udarbejdes.

Appendiks 1. Bestilling af udtræk og overblikstabeller.

LTS/GEUS 23. april 2020

Dataudtræk til Sporstoffer til Vandplan 3

Formål

Der skal til brug for vandplanerne 2021-2027 produceres tre udtræk/bearbejdninger af kemidata fra Jupiter:

1. Rådata for udvalgte sporstoffer.
2. Opdeling af indtag efter datatyper.
3. Optælling af omfang af data på grundvandsforekomstniveau og efter datatyper, se afsnittet ”Hvad skal der udarbejdes”.

De forskellige dellerancer fremgår nedenfor. Der udtrækkes støtteparametre til opdeling efter re-doxforhold og pH forhold.

1. Rådata for sporstoffer

Datasættet genereres efter principperne i datakildenotat og har været fremlagt for MST til accept før udtrækket genereres.

Søgekriterier:

- Der skal indgå de stoffer som fremgår af listen i bilag 1.
- Periode: 2013-2019, begge inklusive.
- Attribut ud for mængde må ikke være ”!”, ”A”, ”>” eller ”o”.
- Analysens kvalitetssikringsfelt må ikke være 4, 5, 6, 8, 12, 13,14 eller 15 (betyder ”afvist”).
- Prøvens status skal være blank, 2, 4, 6, 8, 10 eller 14 (betyder ”godkendt”).
- Hvis et givet indtag er ombygget i perioden, skal der kun anvendes data for den del af perioden der ligger efter ombygningen. Dette kan identificeres, hvis der er indtag med forskellig indtag top bund men med samme boringsindtags-nr., brug start/slut data på filteret).
- Hvis boringen er en brønd forkastes data, genbrug algoritme fra nitratprojektet.
- Dubletter forkastes (analyser samme prøveID, og resultat for alle parametre).

Der skal udtrækkes og evt. sorteres på disse felter:

- Anlæg
 - Anlægstype
- Boring
 - BORID
 - DGU nr.
 - Boringsdybde
 - X-UTM32EUREF89
 - Y-UTM32EUREF89
 - Terræn (z-koordinat)
 - Formål (gerne lang tekst)
 - Anvendelse
- Indtag
 - Grundvandsforekomst
 - indtags nr.
 - GRUMO nr. (8 cifret)

- Indtagsbund (m u.t.)
- Indtagstop (m u.t.)
- Anvendelse
- Prøve
 - Dataejer
 - Projekt
 - Prøveår
 - Prøve dato
 - Attribut (kolonne overskrift –'stofkode_att')
 - Mængde (kolonne overskrift –'stofkode_navn')
 - Stofgruppe (hvis flere værdier, vises undergruppen)

Format på udtrækket

- Filnavnet skal indeholde denne tekst: Sporstof-2013-2019-raadata-dato.
- Dokumenttype: Excel sikrer at formatet af flade filer ikke bliver ødelagt af underlige tegn i stofnavnene.
- Alle tomme felter skal være tomme og ikke udfyldt med fx "–".
- Bedst hvis alle stoffer fra samme prøve er i samme række som i GRUMO udtrækket.

2. Datatyper på indtagniveau

Alle indtag skal tilskrives én datatype. Dette skal gøres efter de samme principper som i GRUMO udtrækket.

Datatyper er for perioden 2013-2019 og på indtagniveau. Hvis Stamdata ændrer sig i perioden, vælges der én og kun én datatype for perioden, og bygger på rådata-udtrækket som beskrevet i afsnit 1 ovenfor. Der laves en "koblingslisteliste", hvor alle indtag med analyser er tildelt en datatype:

- Indtaget anses for at være "VF" (Vandforsyningsboring), hvis
 - Indvindingsanlæggets virksomhedstype i perioden 2013-2019 var "V01", "V02" eller "M42"
 - Og boringens anvendelse (sekundært formål) i perioden 2013-2019 var "V" eller "VV"
- Ellers er indtaget "GRUMO", når der er et tilknyttet GRUMO nummer
- Ellers er indtaget "DEPOT", hvis mindst en prøves projekt indikerer dette, eller hvis dataejer er Region. Der skelnes mellem Depot (regionsdata = region er dataejer) og Depot (øvrige)
- Ellers er indtaget "Grundvandskortlægning", hvis prøveprojekt kun er GEBKOR
- Ellers er indtaget som værende af datatypen "ANDET"

Denne opdeling kræver at der søges på disse niveauer:

- Anlæg
 - Anlægstype
- Boring
 - Formål
 - GRUMO nr.
 - Anvendelse
- Prøve
 - Projekt
 - Dataejer

Dette leveres som en excel fil.

3. Optælling af omfang af data

Miljøstyrelsen ønsker som leverance 5 i projekt om sporstoffer nedenstående opgørelse jf. Projektbeskrivelsen af 24. april 2020, se bilag 2. Her i justeret/forkortet form, som aftalt med Mia Rohde Nielsen i mail af 5.5.2020, og hvor der henvises til de bilag, der er i nærværende dokument. Den fulde tekst er i bilag 2. Dataaggregeringen foretages af Denitza Voutchkova uden for denne opgavebeskrivelse.

Dataudtræk fra Jupiter.

Oversigt over fordelingen af indtag med analysedata fra årene 2013-19 mellem grundvandsforekomsterne.

Oversigten skal etablere et overblik over hvor mange og hvilke forekomster, hvortil der er tilknyttet henholdsvis 0, 1, 2-4, 5-10, 11-50 eller flere indtag. Det skal fremgå, hvilken karakter, det enkelte tilknyttede indtag har.

Der udarbejdes en oversigt over fordelingen af indtag med analysedata for sporstoffer mellem grundvandsforekomster, fordelt med henholdsvis 0, 1, 2-4, 5-10, 11-50 eller flere indtag tilknyttet, samt hvilken datatype det enkelte tilknyttede indtag har.

Hvad skal der udarbejdes

Omfang af data beskrives i følgende tabeller som udarbejdes i Excel:

Tabel 1. Oversigt over GVF uden sporstof data.

Tabel 1
Tabel over GVF uden data
GVFOREKOM
dkmb_1795_uu
dkmb_1796_uu
dkmb_1797_uu
dkmb_1798_uu
dkmb_1799_uu
dkmb_1804_uu
dkmb_1807_uu
dkmb_1809_uu
dkmb_1814_uu
dkmb_1820_uu
dkmb_1823_uu

Tabel 2. Oversigt over antal indtag for hvert stof for hver GVF: Tabel for GVF med data, hvor det angives, hvor mange indtag, der er for hvert stof (en række for hver GVF med data, en kolonne for hvert stof, udfyldt med antal indtag).

Tabel 2										
Antal indtag i hver GVF for forskellige stoffer										
GVFOREKOM	1501_Al	1511_As	1531_Pb	1546_Cd	2002_Cr	2004_Cr-V	2061_Cu	2071_Hg	2101_Ni	2251_Zn
dkmb_1795_uu	365	17		96	365	17	23	96	10	7
dkmb_1796_uu	179			2	179		12	2	8	4
dkmb_1797_uu	23	1	21		23	1	14			12
dkmb_1798_uu	12		32		12		7	1		21
dkmb_1799_uu	14	15	11		14	15	15		4	32
dkmb_1804_uu	7	1	3		7	1	16			11
dkmb_1807_uu	15				15		7			3
dkmb_1809_uu	16	3	28	365	16	3	4			
dkmb_1814_uu	7	3	9	179	7	3	12		9	28
dkmb_1820_uu	4		11	23	4		21			9
dkmb_1823_uu	12	1	5	12	12	1	32		3	11
dkmf_1114_ks	21		13	14	21		11			5
dkmf_1115_ks	32	5	5	7	32	5	3	2	5	13
dkmf_1117_ks	11	13	1	15	11	13			3	5
dkmf_1124_ks	3	5	12	16	3	5	28	31	7	1
dkmf_1129_ks		1	11	7		1	9	5		12
dkmf_1145_ks	28	12		4	28	12	11	9		11
dkmf_1152_ks	9	11		12	9	11		35	5	12

Tabel 3. Oversigt over antal GVF for hvert stof. (en række for stof, en kolonne med stofkode og navn og for hver datatype, udfyldt med antal indtag).

Tabel 3									
Antal indtag med forskellige Datatyper for hvert stof opdelt på GVF									
GVFOREKOM	Stofkode	stofnavn	VV	GRUMO	DEPOT, re	DEPOT, ø	GEBKOR	Andet	SUM
dkmb_1795_uu	1501	Aluminium	23	16					39
dkmb_1796_uu	1501	Aluminium	1		32	3			36
dkmb_1797_uu	1501	Aluminium		1		4			5
dkmb_1798_uu	1501	Aluminium	4	1		2			7
dkmb_1799_uu	1501	Aluminium	6		1		32	3	42
dkmb_1804_uu	1501	Aluminium	1	1	1	5		4	12
dkmb_1807_uu	1501	Aluminium		1		2		2	5
dkmb_1809_uu	1501	Aluminium		1		1	1		3
dkmb_1814_uu	1501	Aluminium	4	1			1	5	11
dkmb_1820_uu	1501	Aluminium	1					2	3
dkmb_1823_uu	1501	Aluminium		1				1	2
dkmb_1795_uu	1511	Arsen	10						10
dkmb_1796_uu	1511	Arsen	6	2	32	3			8
dkmb_1797_uu	1511	Arsen	32	3		4			35
dkmb_1798_uu	1511	Arsen		4		2			4
dkmb_1799_uu	1511	Arsen		2	1		32	3	2
dkmb_1804_uu	1511	Arsen	1		1	5		4	1
dkmb_1807_uu	1511	Arsen	1	5		2		2	6
dkmb_1809_uu	1511	Arsen		2		1	1		2
dkmb_1814_uu	1511	Arsen		1			1	5	1
dkmb_1820_uu	1511	Arsen	7	1				2	8
dkmb_1823_uu	1511	Arsen	3					1	3

Tabel 4. Aggregering af tabel 2. Antal GVF med et bestemt antal indtag (opdelt i antalsklasser af indtag) til rådighed for hvert stof (en række for hvert stof, en kolonne for hver antalsklasse af GVF, udfyldt med antal GVF i hver antalsklasse af indtag i en GVF).

Tabel 4							
Antal GVF med et klassificeret antal indtag med data for sporstoffer							
Stof	0	1	2-4	5-10	11-50	> 50	I alt
1501_Al	1649		365	12	3	21	2050
1511_As	1807	15	179	14	3	32	2050
1531_Pb	2008	1	23	7		11	2050
1546_Cd	2019		12	15	1	3	2050
2002_Cr	1666	3	365	16			2050
2004_Cr-VI	1828	3	179	7	5	28	2050
2061_Cu	2001		23	4	13	9	2050
2071_Hg	1655	1	12	12	5	365	2050
2101_Ni	1835		14	21	1	179	2050
2251_Zn	1971	5	7	32	12	23	2050

Cellerne viser antal GVF , kollisionerne er antal indtag i de pågældende GVF

Bilag 1 Sporstoffer til tilstandsvurdering i vandområdeplan 3

Stof	Standatkode
Aluminium	1501
Arsen	1511
Bly	1531
Cadmium	1546
Chrom tot	2002
Kobber	2061
Kviksølv	2071
Nikkel	2101
Zink	2251
pH	41
Nitrat	1176
NVOC	380

Bilag 2. Uddrag af projektbeskrivelse pr. 24. april 2020

Leverance 5 – Dataudtræk (GEUS)

Dataudtræk fra Jupiter.

Oversigt over fordelingen af indtag med analysedata fra årene 2013-19 mellem grundvandsforekomsterne.

Oversigten skal etablere et overblik over hvor mange og hvilke forekomster, hvortil der er tilknyttet henholdsvis 0, 1, 2-4, 5-10, 11-50 eller flere indtag. Det skal fremgå, hvilken karakter, det enkelte tilknyttede indtag har.

Dataaggregering og middelværdier for relevante sporstoffer

HVORFOR: Formålet er del at få generet datasættet som skal anvendes ved vurdering af, om tærskelværdier for sporstoffer er overskredet i indtag i de enkelte grundvandsforekomster, samt er dels at få en forståelse af omfanget (opdelt på de enkelte datatyper) af vandanalyser i Jupiter databasen, der er til rådighed for vurderingerne af kemisk tilstand fsva sporstoffer – og få skabt et overblik over, hvordan data fordeler sig mellem grundvandsforekomsterne, dels for at vurdere datadækningen for GVF.

HVORDAN: Ved vurderingen af, om en tærskelværdi for et sporstof er overskredet i indtag i grundvandsforekomsten, sammenholdes (indstillede) tærskelværdier for sporstoffer med en beregnet middelværdi af analysedata for hvert enkelt sporstof fra perioden 2013-19 fra hvert enkelt indtag i forekomsten.

Aggregering af målingerne sker på indtagsniveau. For hvert sporstof der indgår i projektet (aluminium, arsen, bly, cadmium, krom, kobber, kviksølv, nikkel og zink) foretages aggregeringen ved, at der beregnes årlige middelværdier, og derefter middelværdien af de årlige middelværdier.

For måleværdier under kvantifikationsgrænsen (LQ) anvendes den halve kvantifikationsgrænse ved beregning af middelværdier. Hvis den beregnede middelværdi af måleresultaterne bliver mindre end kvantifikationsgrænsen, angives middelværdien som mindre end kvantifikationsgrænsen. Kvantifikationsgrænsen er defineret i bekendtgørelsen om kvalitetskrav til miljømålinger¹ som 3 gange detektionsgrænsen (LD).

HVAD: Kort teknisk notat om metode.

Tablet med aggregerede data i form af middel af årsmiddelværdier for hvert stof i perioden for hvert enkelt indtag. Tabellen skal indeholde oplysninger om tilknyttede GVF og indtag top, indtagbund, og koordinater og datatype. Resultaterne præsenteres i et Excel-ark. Alle stoffer identificeres med navn Og stofkode.

Der udarbejdes tabeller over de årlige middelværdier, for hvert stof for hvert år i perioden (7 år) i de enkelte indtag, idet der dog kun indgår de indtag, hvor der er konstateret en overskridelse af tærskelværdien et af de relevante stoffer.

Der udarbejdes en oversigt over fordelingen af indtag med analysedata for sporstoffer med tærskelværdi mellem grundvandsforekomster, fordelt med henholdsvis 0, 1, 2-4, 5-10, 11-50 eller flere indtag tilknyttet, samt hvilken karakter det enkelte tilknyttede indtag har.

¹ Bekendtgørelse nr.1071 af 28. oktober 2019 om kvalitetskrav til miljømålinger

LTS/GEUS 6. november 2020

Appendiks 2. Bestilling af nyt udtræk og overblikstabeller, nov. 2020.

Supplerende dataudtræk til Sporstoffer til Vandplan 3

Formål

Der blev til det oprindelige dataudtræk for sporstoffer ikke udtrukket koder for filtrering af prøverne. For at se om der optræder prøver der ikke er filteret er der derfor behov for et nyt udtræk af data, hvor dette kan undersøges. Data skal udtrækkes helt som sidst (suppleret med filteringskode på stofniveau), men der skal ikke laves oversigtstabeller.

1. Rådata for sporstoffer

Datasættet genereres efter principperne i datakildenotat og har været fremlagt for MST til accept før udtrækket genereres.

Søgekriterier:

- Der skal indgå de stoffer som fremgår af listen i bilag 1.
- Periode: 2013-2019, begge inklusive.
- Attribut ud for mængde må ikke være "!", "A", ">" eller "o".
- Analysens kvalitetssikringsfelt må ikke være 4, 5, 6, 8, 12, 13,14 eller 15 (betyder "afvist").
- Prøvens status skal være blank, 2, 4, 6, 8, 10 eller 14 (betyder "godkendt").
- Hvis et givet indtag er ombygget i perioden, skal der kun anvendes data for den del af perioden der ligger efter ombygningen. Dette kan identificeres, hvis der er indtag med forskellig indtag top bund men med samme boringsindtags-nr., brug start/slut data på filteret).
- Hvis boringen er en brønd forkastes data, genbrug algoritme fra nitratprojektet.
- Dubletter forkastes (analyser samme prøveID, og resultat for alle parametre).

Der skal der udtrækkes og evt. sorteres på disse felter:

- Anlæg
 - Anlægstype
- Boring
 - BORID
 - DGU nr.
 - Boringsdybde
 - X-UTM32EUREF89
 - Y-UTM32EUREF89
 - Terræn (z-koordinat)
 - Formål (gerne lang tekst)
 - Anvendelse
- Indtag
 - Grundvandsforekomst

- indtags nr.
- GRUMO nr. (8 cifret)
- Indtagsbund (m u.t.)
- Indtagstop (m u.t.)
- Anvendelse
- Prøve/parameter
 - Dataejer
 - Projekt
 - Prøveår
 - Prøve dato
 - Attribut (kolonne overskrift –'stofkode_att')
 - Mængde (kolonne overskrift –'stofkode_navn')
 - **Filtreringskode (kolonne overskrift –'stofkode_filt)**
 - Stofgruppe (hvis flere værdier, vises undergruppen)

Format på udtrækket

- Filnavnet skal indeholde denne tekst: Sporstof-2013-2019-raadata-dato.
- Dokumenttype: Excel sikrer at formatet af flade filer ikke bliver ødelagt af underlige tegn i stofnavnene.
- Alle tomme felter skal være tomme og ikke udfyldt med fx "–".
- Bedst hvis alle stoffer fra samme prøve er i samme række som i GRUMO udtrækket.

2. Datatyper på indtagniveau

Alle indtag skal tilskrives én datatype. Dette skal gøres efter de samme principper som i GRUMO udtrækket.

Datatyper er for perioden 2013-2019 og på indtagniveau. Hvis Stamdata ændrer sig i perioden, vælges der én og kun én datatype for perioden, og bygger på rådata-udtrækket som beskrevet i afsnit 1 ovenfor. Der laves en "koblingslisteliste", hvor alle indtag med analyser er tildelt en datatype:

- Indtaget anses for at være "VF" (Vandforsyningsboring), hvis
 - Indvindingsanlæggets virksomhedstype i perioden 2013-2019 var "V01", "V02" eller "M42"
 - Og boringens anvendelse (sekundært formål) i perioden 2013-2019 var "V" eller "VV"
- Ellers er indtaget "GRUMO", når der er et tilknyttet GRUMO nummer
- Ellers er indtaget "DEPOT", hvis mindst en prøves projekt indikerer dette, eller hvis dataejer er Region. Der skelnes mellem Depot (regionsdata = region er dataejer) og Depot (øvrige)
- Ellers er indtaget "Grundvandskortlægning", hvis prøveprojekt kun er GEBKOR
- Ellers er indtaget som værende af datatypen "ANDET"

Denne opdeling kræver at der søges på disse niveauer:

- Anlæg
 - Anlægstype
- Boring
 - Formål
 - GRUMO nr.
 - Anvendelse
- Prøve
 - Projekt
 - Dataejer

Dette leveres som en Excel fil.

Bilag 1**Sporstoffer til tilstandsvurdering i vandområdeplan 3**

Stof	Standatkode
Aluminium	1501
Arsen	1511
Bly	1531
Cadmium	1546
Chrom tot	2002
Kobber	2061
Kviksølv	2071
Nikkel	2101
Zink	2251
pH	41
Nitrat	1176
NVOC	380

Bilag 9

GEUS-notat 07-VA-2020-15.

Leverance 5B og 5C: Aggregering af data og udarbejdelse af datasæt til brug for tilstandsvurderingen for sporstoffer.

Bilaget indeholder:

- GEUS-notat nr.: 07-VA-2020-15.
- Bilag 1: Procedure for leverance 5B.
- Bilag 2: Procedure for leverance 5C.
- Bilag 3: Uddrag af projektbeskrivelsen, leverance 5B og 5C.

Til: Miljøstyrelsen, Mia Rohde Nielsen
Fra: GEUS, Lærke Thorling, Denitza Voutchkova

Kopi til:

Fortroligt: Nej

Dato: 18. december. 2020

GEUS-NOTAT nr.: 07-VA-2020-15

J.nr. GEUS: 218-00062

Emne: Leverance 5B og 5C: Aggregering af data og udarbejdelse af datasæt til brug for tilstandsvurderingen for sporstoffer

Dette notat udgør sammen med de fremsendte data en formaliseret udgave af leverance 5B og 5C i projektet ”Metode for vurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand for sporstoffer og nye vurderinger af forekomsternes tilstand fsva sporstoffer”.

Idet det blev opdaget, at der manglede filtreringskoder i det første dataudtræk fra leverance 5A, GEUS-notat 07-VA-20209-16, er data fremsendt i to omgange. Aggregerede data og programkode for udtræk, leverance 5B og 5C, blev fremsendt via OneDrive hhv. d. 16. juni 2020 og 27. november 2020.

Dette notat beskriver kun den endelige version af aggregering af data, som forberedelse til den maskinelle tilstandsvurdering, på basis af det reviderede dataudtræk der indeholder filtreringskoder.

Baggrund

Denne leverance skal etablere aggregerede data på indtagniveau for perioden 2013-2019 til brug for tilstandsvurderingerne. Der er i forlængelse heraf lavet en maskinel gennemgang af data, for at identificere hvilke grundvandsforekomster (GVF), der har overskridelse af tærskelværdien (TV) for mindst et sporstof i mindst et indtag.

I projektbeskrivelsen for ovennævnte projekt udgør leverance 5B:

Dataaggregering og middelværdier for relevante sporstoffer

Efter dataaggregering i leverance 5B opdeles grundvandsforekomster i følgende i 5C:

Grundvandsforekomsterne rubriceres i følgende grupper:

- *Ukendt kemisk tilstand fsva sporstoffer.*
- *God kemisk tilstand fsva sporstoffer.*
- *Potentielt ringe tilstand fsva sporstoffer.*

Grundvandsforekomster hvor der er mindst et indtag med overskridelse af nationale tærskelværdierne for mindst et stof er i potentielt ringe tilstand.

Dette notat redegør kort for metoderne i forbindelse med disse leverancer.

Bilag 1 gengiver på engelsk de enkelte trin i klargøring af data, dataaggregeringen.

Bilag 2 gengiver på engelsk de enkelte trin for den efterfølgende opdeling af grundvandsforekomsterne i de tre grupper, ”Ukendt”, ”God” og ”Potentielt ringe” tilstand.

Bilag 3 gengiver projektbeskrivelsen for leverance 5B og C, hvoraf de tekniske kravsspecifikationer fremgår.

Den konkrete leverance

Leverance 5B og 5C består af en lang række filer:

Dataleverance 5B (6 filer):

- MAM_SPORSTOF_20201119.xlsx
- SPORSTOF-DG-20201119.xlsx
- SPORSTOF-DLs.xlsx
- SPORSTOF-DG_substitutes_20201119.xlsx
- SPORSTOF-substitution_check.xlsx
- SPORSTOF-overview_n_excl.xlsx

Filen '*MAM_SPORSTOF_20201119.xlsx*' indeholder det endelige aggregerede datasæt, hvor der for hvert indtag er beregnet en gennemsnitsværdi (MAM-værdi, middelværdi af årlige middelværdier, se nedenfor og i bilag 1) for perioden 2013-2019 for alle sporstoffer og støtteparametre. Filen '*SPORSTOF-DG-20201119.xlsx*' indeholder alle enkeltanalyser, der indgår i beregningerne af MAM-værdierne efter datarensning. Datasættet består af i alt 139.143 enkeltanalyser for sporstoffer og støtteparametre fordelt på 9.323 indtag. Filen indeholder på grund af dataforberedelsen færre enkeltresultater end rådata-udtrækket fra leverance 5A, GEUS-notat, 07-VA-2020-16. Dataforberedelsen er beskrevet nedenfor.

De øvrige filer er beskrevet i bilag 1, og har til formål at dokumentere dataforberedelsen og kvalitetssikringen af de tre ovennævnte filer.

Dataleverance 5C (4 filer):

- SPORSTOF-A_B_C_D_lists_GVF_20201119.xlsx
- SPORSTOF-CD_longformat_20201119.xlsx
- SPORSTOF-Table1a_n_20201119.xlsx
- SPORSTOF-Table1b_perc_20201119.xlsx

Filen '*SPORSTOF-A_B_C_D_lists_GVF_20201119.xlsx*', angiver hvilke grundvandsforekomster, der for perioden 2013-2019 og med udgangspunkt i de beregnede MAM-værdier:

- A, Ingen indtag har med analyser for sporstoffer
- B, Har mindst ét indtag med analyser for mindst ét sporstof
- C, Har mindst ét indtag med mindst ét stof/én sumværdi med en overskridelse af TV
- D, Har data men ingen indtag har MAM-værdier, der overskrider TV.

Hver af disse oversigter er vist i et selvstændigt ark og derudover er der et ark, der giver et samlet overblik over grundvandsforekomsterne mht. data og overskridelser af tærskelværdier for disse 4 kategorier, og således giver et overblik over den maskinelt tildelte foreløbige tilstand for de enkelte grundvandsforekomster, se overblikstabel nedenfor i dette notat.

Fileerne '*SPORSTOF-Table1a_n_20201119.xlsx*' og '*SPORSTOF-Table1b_perc_20201119.xlsx*' angiver for hver grundvandsforekomst, hvilke sporstoffer, der har MAM-værdier over tærskelværdien, med angivelse af hhv. antal indtag og procent af indtag for hver grundvandsforekomst, der har overskridelser. Endelig er der i filen '*SPORSTOF-CD_longformat_20201119.xlsx*', for hver grundvandsforekomst og stof angivet, hvor mange indtag der er over eller under tærskelværdien både for antal og procent og således opsummerer de to foregående filer.

Dataforberedelsen

Rådataudtrækket fra leverance 5A klargøres til aggregering:

1. Datatypen tilknyttes de enkelte indtag
2. Udvælgelse af de krævede metadata
3. Kontroller at kun de krævede stoffer er med i datasættet
4. Udelad indtag der er tilknyttet en brønd
5. Udelad indtag der er bygget om i perioden
6. Udelad indtag der ligger udenfor en grundvandsforekomst
7. Slet dubletter (med alle variable fra punkt 2 ens)
8. Slet prøver, som ikke indgik i det oprindelige udtræk fra juni 2020.
9. Slet alle sporstoffer med ulovlige filtreringskoder, idet alle VF data beholdes, uanset filtreringskoder, mens der kun accepteres filteringskode 2, feltfiltrering.
10. Find prøver med flere resultater for samme stof (der er i alt 668 af disse)
11. Slet måleværdier med værdien 'o'.
12. Slet data med ulovlige attributter ud over " _ " og "<".
13. Slet data med for høje detektionsgrænser (se specifikationer i bilag 1)
14. Producer filen '*SPORSTOF-DG-20201119.xlsx*'. Det rensede rådatasæt.

Dataaggregering

Dataaggregeringen finder sted på basis af det klargjorte datasæt '*SPORSTOF-DG-20201119.xlsx*'. Da danske laboratorier angiver resultater med udgangspunkt i detektionsgrænsen, DL, og Vandrammedirektivet arbejder med kvantifikationsgrænse, QL = 3*DL, skal alle værdier under QL omregnes således: Enkeltstoffer med et indhold < QL substitueres med ½ QL, svarende til 1½*DL.

Under anvendelse af ovenstående substitutioner beregnes dernæst:

- Et prøvemiddel for alle stoffer, der er bestemt med forskelligt resultat i samme vandprøve.
- den årlige middel for hvert enkelt stof for hvert enkelt indtag, baseret på prøvemiddel.
- middelværdien af de årlige middelværdier (MAM-værdier) for hvert enkelt stof.

De beregnede MAM-værdier eksporteres sammen med de ønskede metadata til den endelige datafil, '*MAM_SPORSTOF_20201119.xlsx*'. Dette datasæt inkluderer 559 grundvandsforekomster med 9.363 indtag med 23 variable, MAM-værdier og metadata.

Maskinel tildeling af forløbelige tilstand, leverance 5B

Med udgangspunkt i de aggregerede data "MAM_SPORSTOF_20201119.xlsx", og en liste over samtlige 2050 grundvandsforekomster kontrolleres det for samtlige grundvandsforekomster om der er sporstofdata til rådighed og om der i de enkelte grundvandsforekomster er mindst et indtag med MAM-værdier over tærskelværdierne. Det samlede resultat ses nedenfor.

Liste	n/gvf	Tilstand
A : Grundvandsforekomster uden data	1491	Ukendt
B : Grundvandsforekomster med mindst ét indtag	559	God/Potentielt ringe
C : Grundvandsforekomster m. mindst én overskridelse af TV	281	Potentielt ringe
D : Grundvandsforekomster uden overskridelser af TV	278	God

Kvalitetssikring

Kvalitetskravene til data er programmeret direkte ind i koden til aggregeringen.

Udtrækskoden og udtrækket er kvalitetssikret på følgende måde:

Der er udarbejdet en klar beskrivelse af metodikken i samarbejde med MST. Selve programkoden er underkastet en fagfælle-kvalitetssikring i GEUS-afdeling GRUK. Her er blandt andet R-koden gennemgået, og det er vurderet om de valgte kriterier for dataforberedelsen er formålstjenlige. Endelig er det stikprøvemæssigt kontrolleret, at de GVF hvor der er overskridelser, også indeholder overskridelser af tærskelværdierne for MAM-værdierne. Det er diskuteret med MST både på skype-møder og på mails hvordan dataforberedelsen skal finde sted, herunder hvilke filteringskoder der skal anvendes, og hvad konsekvensen af forskellige valg vil være for datasættet.

Referencer:

GEUS-notat 07-VA-2020-16. Udtræk fra Jupiter, Leverance 5A i projektet "Metode for vurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand for sporstoffer og nye vurderinger af forekomsternes tilstand for sporstoffer".

Bilag 1

Procedure for leverance 5B

Deliverable 5B: data clean up and aggregation for VP-Sporstof project

Prepared by: DV

Version 4: last changes to code 19 Nov 2020

Changes in v.3 from v.2: new data-source 1 including the field "FELTFILTRERING"; filtering based on datatype and sample filtering (at the field/lab or not filtered); excluding PROEVEID which are new (did not exist in the previous data-download); there could be some differences in existing records, if those were altered in JUPITER database between the two data-downloads.

Changes in v.4 from v.3: for trace elements only the filtered at the field samples are included, except for VF (for VF we include all); Changes implemented on the basis of e-mail from VE (18 Nov 2020, 6:53) stating that Mia (MST) requested this specific data-cleaning.

Data sources

1. ***Sporstof-2013-2019-raadata-06112020.csv*** → includes the new raw data extracted from Jupiter specifically for this project (table with 174750 rows and 46 columns); the original xlsx file was exported as csv to be able to import properly to R (txt tab-separated did not load the entire file, most probably due to rows starting with a missing info for ANLAEGID, which was the first column)
2. ***Sporstof-2013-2019-datatype-28052020.txt*** → includes unique datatype for each intake (n=16789); the original xlsx file was saved as tab-separated text to be able to import it in R; note that this file was not updated with the new data download, so some discrepancies may exist.
3. ***bestilling lev 5B_Dataagreregering_sporstof-LTS.xlsx*** and ***bestilling lev 5C_listerGVF_overskridelser_sporstoffer.docx*** → including methodological details and descriptions on formatting and content of Deliverables 5B and 5C

Workflow steps

1. **Preparing the data-basis file ("*SPORSTOF-DG-2020119.xlsx*") (each row is a chemical analysis)**, includes the following data-cleaning procedures and QA/QC steps:
 - a. Join the data source 1 (raw data) and 2 (datatypes) by using as keys "BORID", "DGUNR", "INDTAGSNR"
 - b. Select only the needed variables from data source 1 (meta-data request provided in data-source 3): BORID, DGUNR, INDTAGSNR, INDTAG_BUND, INDTAG_TOP, BORINGSDYBDE, XUTM32EUREF89, YUTM32EUREF89, TERRAENKOTE, DATATYPE, GVFOREKOM, STOFKODE, STOFNAVN, PROEVEID, PROEVE_AAR, PROEVEDATO, ATTRIBUT, MAENGDE, ENHED, BRØND, UDELADES_GRUNDET_OMBYG_D, FELTFILTRERING
 - c. Check if only the necessary STOFKODEs are present in the dataset → OK, so no need to filter for STOFKODE
 - d. Exclude all analyses associated with BRØND (i.e. BRØND = "x" is excluded)
 - e. Exclude samples taken before the new intake was made/rebuilt (removes all observations where the UDELADES_GRUNDET_OMBYG_D has a date (i.e. not empty)

- f. Exclude all analyses associated with intakes that are not coupled to groundwater bodies (i.e. GVFOREKOM = “ “ or NA)
- g. Remove identical duplicates (“identical” is if all values in the variables listed in b. are the same for two or more analyses)
- h. Remove the new PROVEID (identified by Lotte in “Sporstof-2013-2019-raadata-06112020.xlsx” in tab “prøver siden sidste udtræk”); all 866 such samples are removed from the dataset
- i. Using the FELTFILTRERING codes to remove samples, as follow:

Dokumentation af PCJupiterXL Tabeller og koder

Vælg PCJupiterXL kodeliste:

Prøvefiltrering er en STANDAT kodeliste (STD00108) og har CodeType = 755 Søg:

Kode	Beskrivelse
0	Ikke oplyst
1	Ikke filtreret
2	Filtreret i felten
3	Filtreret i laboratoriet
4	Filtreret
99	Andet

© De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland - GEUS
Øster Voldgade 10, 1350 København K | +45 3814 2000 | geus@geus.dk

- Keep all analyses with datatype “VF” no matter which FELTFILTRERING code is used;
 - Keep all analyses for pH, NO₃, NVOC, no matter of which FELTFILTRERING code or DATATYPE
 - For all other datatypes (all except VF) and the trace elements, keep only code 2 (filtered at the field).
 - These filtering decisions were made based on assessment for the use of the FELTFILTRERING code for different DATATYPE and for each trace element specifically. The final decision was communicated by phone call and following e-mail from VE on 18 Nov 2020.
 - After this filtering, we have now 141,451 analyses (observations in the dataset). We have excluded due to the FELTFILTRERING 14,065 analyses.
- j. Check if there is need to change units (ENHED) → no, all are ok; ENHED is removed from the dataset after the check, because it is not needed anymore.
 - k. Check if there are duplicates with different concentrations for a specific chemical element (MAENGDE differs, but BORID, INDTAGSNR, STOFKODE, PROVEID are the same) → there are 668 such duplicated samples (PROVEID); These are not treated as duplicates, so they have been kept in the dataset; later in this workflow, a sample mean is calculated.
 - l. Exclude analyses with zero concentrations (keep MAENGDE > 0); These are erroneous inputs to the Jupiter database, so they are excluded from the dataset. It is not possible to know what the detection limit is or what was the exact measured concentration.
 - m. Remove obvious errors in reporting pH (pH > 15); there are few analyses with very low pH (pH < 3), but those are for DEPOT intakes, so they were kept in the dataset

- as potentially possible; The same applies for all the analyses with pH above 10 and 15, they are also for DEPOT intake (max pH is 12.92);
- n. Check what ATTRIBUT are present in the dataset → only “ “ and “<” (no need for exclusion)
 - o. Check how many analyses are present for different high detection limits (ATTRIBUT = “<”) each chemical compound; see exported table: **"SPORSTOF-DLs.xlsx"**
 - p. Exclude all analyses with high DL (ATTRIBUTE = “<” & MAENGDE > X, where X is the threshold for each element). The threshold DLs are:
 - 0.001 µg/l for Kviksølv (STOFKODE = 2071)
 - 0.003 µg/l for Cadmium (STOFKODE = 1546)
 - 0.03 µg/l for Arsen, Bly, Chrom tot, Kobber, Nikkel (STOFKODE = c(1511, 1531, 2002, 2061, 2101))
 - 0.5 µg/l for Aluminium and Zink (STOFKODE = c(2251, 1501))
 - These threshold DLs were provided in the “bestiling lev 5B_Dataagrering-Sporstof-LTS.xlsx” (“Krav til LD ved analyse af grundvand i bek om krav til miljømålinger 1071/2019”)
 - q. Calculate the number and percent of excluded analyses (in step m) and analyses below DL; See exported overview in **"SPORSTOF-overview_n_excl.csv"**, where:
 - STOFKODE and STOFNAVN are the code and name of the chemical elements in the dataset
 - n is the number of analyses before step m
 - n_DL_all is the number of analyses below DL, before step m
 - n_after is the number of analyses after step m (after excluding the high DLs)
 - DL_after_n is the number of analyses below detection limit after step m
 - below_DL_perc is the percent analyses below DL after step m
 - excl_n is the number of excluded analyses in step m (higher DL than the listed)
 - excl_perc is the percent excluded samples in step m
 - r. With step m, the clean up of the raw data and the appropriate checks at this level are completed. The dataset **"SPORSTOF-DG-20201119.csv"** is exported and saved as xlsx file in Excel. The dataset includes **139,143** chemical analyses for the trace elements of interest and the supplementary pH, nitrate, NVOC and the following 18 variables:
 - BORID: unique identification number for all wells in Jupiter (used as key)
 - DGUNR: the DGU number, it is used as label only
 - INDTAGSNR: unique identification number of all well-intakes (used as key)
 - INDTAG_BUND: depth below terrain of intake bottom
 - INDTAG_TOP: depth below terrain of intake top
 - BORINGSDYBDE: depth of the well in meters below terrain
 - XUTM32EUREF89: projected X coordinate in UTM 32 EUREF 89 coordinate system
 - YUTM32EUREF89: projected Y coordinate in UTM 32 EUREF 89 coordinate system
 - TERRAENKOTE: terrain elevation at the well in meters above sea level
 - DATATYPE: data type from data source 2
 - GVFOREKOM: unique number of the groundwater body where the intake is located

- STOFKODE: identification number of the chemical compounds
- STOFNAVN: name of the compounds from STOFKODE
- PROEVEID: unique identification number for samples (to be used as key)
- PROEVE_AAR: sampling year
- PROEVEDATO: sampling date
- ATTRIBUT: attribute indicating if the analysis is below detection limit (“<”)
- MAENGDE : concentration in the relevant units
- FELTFILTRERING: the code indicating how the sample was handled – filtered at the field, lab, not filtered, etc. (see 1i for details)

2. Preparing the aggregated dataset “MAM_SPORSTOF_20201119.xlsx” (each row is intake)

- a. Substitute all values below the quantification limit (QL) with $\frac{1}{2}$ QL, where $QL = 3 * \max(DL)$. Thus, we substitute all analyses for:
 - Kviksølv < 0.003 µg/l with 0.0015 µg/l (max DL permitted in step 1m is 0.001 µg/l)
 - Cadmium < 0.009 µg/l with 0.0045 µg/l (max DL permitted in step 1m is 0.003 µg/l)
 - Arsen, Bly, Chrom tot, Kobber, Nikkel < 0.09 µg/l with 0.045 µg/l (max DL permitted in step 1m is 0.03 µg/l)
 - Aluminium and Zink < 1.5 µg/l with 0.75 µg/l (max DL permitted in step 1m is 0.5 µg/l)
 - No high DLs were removed for Nitrate and NVOC (all ≤ 1 mg/l, threshold provided by LTS by e-mail on June 9, 2020 11:25 AM), so the highest DLs in the dataset are 1 mg/l for Nitrate and 0.2 mg/l for NVOS. Those values are used for calculating the QL and $\frac{1}{2}$ QL (all Nitrate analyses < 3 mg/l are substituted with 1.5 mg/l; all NVOC analyses < 0.6 mg/l are substituted with 0.3 mg/l).
- b. Checked if all substitutions are ok → all are ok; The table shows minimum concentrations for each substance from the original data (before substitution), and the minimum values after substitution; see exported table “**SPORSTOF-substitution_check.csv**”
- c. Export the dataset with the substituted values from step 2a for QA/QC by LTS; See file “**SPORSTOF-DG_substitutes_20201119.csv**”, includes all fields from the basis file (end of step 1.) and the field **sub_1** (stands for Substitution); further in this workflow only the field sub_1 is used for calculations (not MAENGDE)
- d. Check how many non-unique duplicates are there (different concentration, same sample number) → there are 1828 duplicated samples (no triplicates or other replicates), so before doing aggregation on intake level we calculate a sample mean (so these duplicates are not affecting the assessment)
- e. Calculate sample mean for each intake and each compound to avoid double-counting
- f. Calculate annual mean for each individual compound for each intake (using the sub_1)
- g. Calculate mean of the annual means from 2f (MAM) for individual compounds
- h. **Keep only the intakes where at least one of the trace elements was measured.** There were intakes with only pH, nitrate, and/or NVOC, without trace elements analyzed, but since the focus in Deliverable 5C is on the exceedance of trace

elements, and pH, nitrate, and NVOC are only supplementary data for the next deliveries, the intakes without trace elements are removed.

- i. Reformat the dataset, so the MAM for each compound is in a separate column, each row is unique intake
- j. Prepare the meta-data (as described in data source 3);
- k. Join the meta-data to the resulting aggregated dataset
- l. Export the aggregated dataset for the Trace elements project “**MAM_SPORSTOF_20201119.csv**”, save as xlsx file in Excel. This file is further used for the overviews for Deliverable 5C. The dataset includes **9323** observations (individual intakes) and **23** variables (MAMs and meta-data) covering **559** ground-water bodies (GVFOREKOM):
 - BORID: unique identification number for all wells in Jupiter (used as key)
 - DGUNR: the DGU number, it is used as label only
 - INDTAGSNR: unique identification number of all well-intakes (used as key)
 - INDTAG_BUND: depth below terrain of intake bottom
 - INDTAG_TOP: depth below terrain of intake top
 - BORINGSDYBDE: depth of the well in meters below terrain
 - XUTM32EUREF89: projected X coordinate in UTM 32 EUREF 89 coordinate system
 - YUTM32EUREF89: projected Y coordinate in UTM 32 EUREF 89 coordinate system
 - TERRAENKOTE: terrain elevation at the well in meters above sea level
 - DATATYPE: data type from data source 3
 - GVFOREKOM: unique number of the groundwater body where the intake is located
 - STOFKODE_STOFNAVN: **12 columns with MAMs for individual compounds**, from which 9 are for the trace elements and 3 for the supplementary nitrate, NVOC and pH

~ END OF WORKFLOW ~

Bilag 2

Procedure for leverage 5C

Assessing exceedance for the VP3-Sporstof project (D.5C)

Prepared by: DV

Version 4: last changes 19 Nov 2020

Data sources

1. **“aggregated_data.RData”** – the same as **“MAM_SPORSTOF_20201119.xlsx”**, but in RData format
2. **“dkm_gvf_kopio1092019.txt”** – list with all gvf (n=2050) (same as the one used in MSF and Pest projects)

Workflow steps

Remove the pH, Nitrate, and NVOC from the dataset before the counting of exceedances.

List A: groundwater bodies without data → anti-join source 1 and 2 with a key “GVFOREKOM”: returns only the GVF without data; saved in **“SPORSTOF-A_list_GVF_20201119.csv”** (n=1491)

List B: groundwater bodies with data (not requested in this “bestilling”) → semi-join source 1 and 2 with a key “GVFOREKOM”: returns only the GVF with data; saved in **“SPORSTOF-B_list_GVF_20201119.csv”** (n=559)

List C & D (bestiling: B & C)

Note that in the “bestiling” these are labeled as B and C, but I am keeping the labeling as it was in MSF and Pest projects, so I avoid changing the code and the documentation unnecessarily.

Check how many intakes have MAM exceeding the specific threshold values (TV) (“above_TV”), or not exceeding (“below_TV”), and in total. Calculate percent intakes for each specific substance for each gvf.

The specific threshold values were provided in the “bestiling” for Deliverable 5B, as follow:

- Aluminium, Kobber, Zink: 100 µg/l
- Chrom: 25 µg/l
- Nikkel: 10 µg/l
- Arsen: 5 µg/l
- Bly: 1 µg/l
- Cadmium: 0.5 µg/l
- Kviksølv: 0.1 µg/l

The results are saved in the following tables:

- **“SPORSTOF-Table1a_n_20201119.csv”**: number of intakes with exceedance, where 0 means that there are no intakes with exceedances, NA means there is no data; each column is a different compound

- **"SPORSTOF-Table1b_perc_20201119.csv"**: percent of intakes with MAM exceeding the TV for each parameter;
- **"SPORSTOF-CD_longformat_20201119.csv"**: a table in a long-format used for creating the previous two overviews, where:
 - *GVFOREKOM* is the groundwater body
 - *STOF* is the variable names from data-source 1, e.g. "2101_Nikkel" (format STOFKODE_STOFNAVN)
 - *above_TV*: number of intakes with MAM above the specific TV
 - *below_TV*: number of intakes with MAM below the specific TV (\leq TV)
 - *all*: number of all intakes with data for each GVF and STOF
 - *perc_above*: percent of intakes with MAM $>$ TV (rounded to two sign. digits, e.g. 20.35%)
 - *perc_below*: percent of intakes with MAM \leq TV (rounded the same way as above); note some GVF have both intakes $>$ and \leq TV

List C → from the long format table (see above), keep only GVF with at least one intake with at least one exceedance ($\text{above_TV} > 0$); save the overview in **"SPORSTOF-C_list_GVF_20201119.csv"** (n=281)

List D → from the long format, keep only GVF, which never had an exceedance (for individual compounds or the sum-Pest); save the overview in **"SPORSTOF-D_list_GVF_20201119.csv"** (n=278)

Overview of Lists A-D → join source 2 with all lists. The table is saved as **"SPORSTOF-all_gvf_20201119.csv"**, with the following columns:

- *GVFOREKOM*: groundwater body
- *data*: GVF with or without data (yes/no)
- *overskridelse*: with or without exceedances (yes/no)

All csv files are saved as xlsx in Excel.

R Script: overview_trace_elements.R

~ End of workflow~

Table 1 Summary

List	n
A : gvf without data	1491
B : gvf with at least one intake	559
C : gvf with exceedance of the TVs	281
D : gvf without exceedance of the TVs	278

Bilag 3

Uddrag af projektbeskrivelsen, leverance 5B og C

Leverance 5B – Dataaggregering og middelværdier

Dataaggregering og middelværdier for relevante sporstoffer

HVORFOR: Formålet er at genere et datasæt på rådata fra leverance 5A, som skal udgøre vurderingsgrundlaget for tilstandsvurderingen for sporstoffer.

HVORDAN: Ved vurderingen af, om en tærskelværdi for et sporstof er overskredet i indtag i grundvandsforekomsten, sammenholdes tærskelværdier for sporstoffer med den beregnede middelværdi af årlige middelværdier (MAM) for hvert enkelt sporstof på indtagsniveau fra perioden 2013-19.

For måleværdier under kvantifikationsgrænsen (LQ) anvendes den halve kvantifikationsgrænse ved beregning af middelværdier. Hvis den beregnede middelværdi af måleresultaterne bliver mindre end kvantifikationsgrænsen, angives middelværdien som mindre end kvantifikationsgrænsen. Kvantifikationsgrænsen er defineret i bekendtgørelsen om kvalitetskrav til miljømålinger¹ som 3 gange detektionsgrænsen (LD). MST oplyser hvilke maksimums detektionsgrænser for de enkelte stoffer, der mindst skal anvendes før data kan indgå dataaggregeringen.

HVAD:

Kort teknisk notat om metode, notatet dækker alle leverancer for hhv 5A, 5B og 5C. Tabel med aggregerede data i form af middel af årsmiddelværdier for hvert stof for hvert enkelt indtag over perioden. I tabellen skal alle følgende datafelter indgå:

- Grundvandsforekomst
- BORID
- DGU nr.
- indtags nr.
- Boringsdybde
- X-UTM32EUREF89
- Y-UTM32EUREF89
- Terrænkote
- Indtagstop
- Indtagsbund
- Datatype
- Attribut (kolonne overskrift –'att-stofkode' ved rækker for indtag)
- Mængde (kolonne overskrift –'stofkode' ved rækker for indtag)
- Stofkode (kun i filer hvor et stof er på en række)
- Stofnavn (kun i filer hvor et stof er på en række)

¹ Bekendtgørelse nr.1071 af 28. oktober 2019 om kvalitetskrav til miljømålinger

Resultaterne præsenteres i et excel-ark, hvor der fremgår felter som GVF, indtag, x- og y-koordinat, middelværdi for dataperioden, stofkode m.fl. Alle stoffer skal identificeres med stofkode (standatkode) og/eller navn (standatkode_navn).

Derudover leveres en tabel, der kun indeholder de indtag, hvor mindst et stof overskrider tærskelværdierne, med oplysninger om dels årlig middel og middel over perioden. Dette leveres i en række regneark sorteret efter grundvandsforekomst. Dette er leverance til det efterfølgende projekt omhandlende tilstandsvurdering for MFS på baggrund af metoden udviklet i nærværende projekt.

GEUS AKTIVITETER:

- Databearbejdning
- Udarbejdelse af tabel med aggregerede data i excel-ark
- Udarbejdelse af tabel med indtagsfordeling og antal.
- Kort teknisk notat om metode og beskrivelse af dataleverancen. Herunder et afsnit dedikeret til beskrivelse af den kvalitetssikring af data og resultater, der er udført.

KVALITETSSIKRING: Fagfælle korrektur og herunder kontrol af optællinger og algoritmer samt stikprøvekontrol. Kvalitetssikring af notatet følger i øvrigt GEUS interne kvalitetssikringsprocedure.

Leverance 5C –Rubricering af grundvandsforekomsternes ift nationale tærskelværdier

Grundvandsforekomsterne rubriceres i følgende grupper:

- Ukendt kemisk tilstand fsva sporstoffer.
- God kemisk tilstand fsva sporstoffer.
- Potentielt ringe tilstand fsva sporstoffer.

Grundvandsforekomster hvor der er mindst et indtag med overskridelse af nationale tærskelværdierne for mindst et stof er i potentielt ringe tilstand.

HVORFOR: Leverancen skal give etabler, hvor mange forekomster, der er i god tilstand fsva sporstoffer. Samt hvor mange forekomster, der er i potentielt ringe tilstand, og derfor skal vurderes yderligere. Leverancen forudsætter, at data er aggregeret i leverance 5B.

HVAD: Udarbejdelse af 3 tabeller over GVF opdelt i de forskellige klasser.

GEUS AKTIVITETER:

- programmering
- resultater præsenteret i Excel.

KVALITETSSIKRING: Fagfælle korrektur og herunder kontrol af optællinger og algoritmer samt stikprøvekontrol. Kvalitetssikring af notatet følger i øvrigt GEUS interne kvalitetssikringsprocedure

Bilag 10

Assessment exceedance based on the NBV for Al, As, Cd and Ni for the VP3-Sporstof project. Voutchkova, D., Version dated December 8th, 2020.

Assessing exceedance based on the NBV for Al, As, Cd, and Ni for the VP3-Sporstof project

Prepared by: DV

Version 4: 08 Dec 2020

Changes from previous version: As and Al conditions were revised after MST found that there is mistake in the classification of the intakes; the documentation for Cd and Ni is not revised here, so it is the same as in Version 3 from 19 Nov.

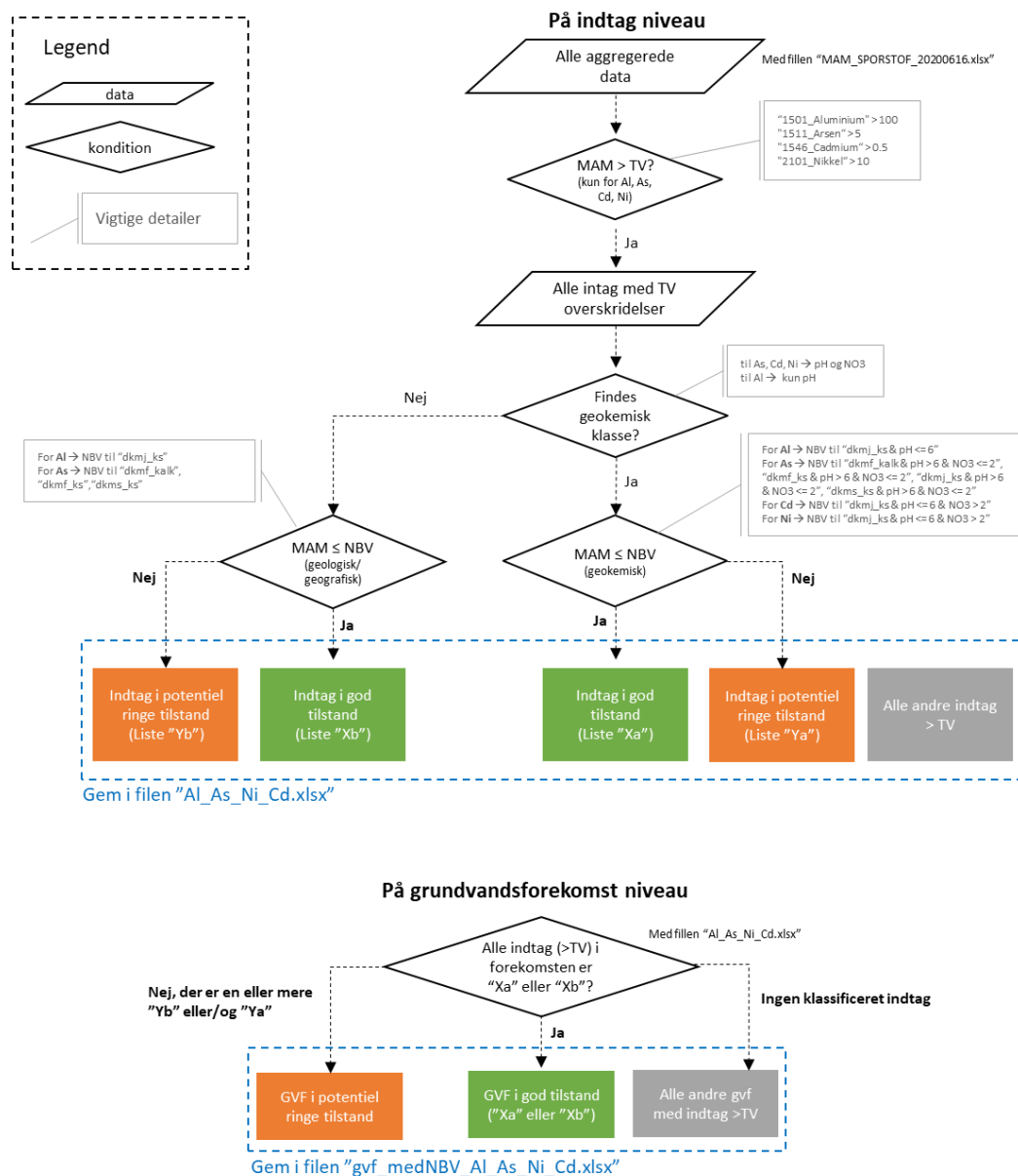


Figure 1 Decision tree for the assessment on intake and groundwater body levels (see text for explanations)

Data source: "MAM_SPORSTOF_20200619.xlsx"

Data-handling and assessment procedure details (*italic*: intake classification provided in the exported xlsx file):

1. Assess the geology/geography unit based on the GVFOREKOM; each intake is assigned to a different class in the fields:
 - a. *“geology*: classes “ks”, “ps”, “kalk”
 - b. *“geography*: “dkm”, “dkmj”, etc.
 - c. *“nbl_unit*”: combining the geology and geography, e.g. “dkmj_ks”
2. Assess the pH and Nitrate type for each intake
 - a. *“pH_type*”: classes “pH <= 6”, “pH > 6”
 - b. *“NO3_type*”: classes “NO3 <= 2”, “NO3 > 2” (2 mg/l)
3. The dataset is split in four subsets for each of the elements Al, As, Cd, and Ni; element specific details are provided for all next steps (where required)
4. Only the intakes with MAM concentrations exceeding the **national TV** are kept in the subsets:
 - a. For Al subset: all intakes with “1501_Aluminium” > **100 µg/l** (n=128)
 - b. For As subset: all intakes with “1511_Arsen” > **5 µg/l** (n=960)
 - c. For Cd subset: all intakes with “1546_Cadmium” > **0.5 µg/l** (n=30)
 - d. For Ni subset: all intakes with “2101_Nikkel” > **10 µg/l** (n=480)
5. Check for which intakes there is a geochemical classification:
 - a. For As, Cd, Ni – if both the *“pH_type”* AND the *“NO3_type”* were available, the field *“geokemisk_class”* is with “ja”, otherwise it is with “nej”
 - b. For Al – if there was *“pH_type”*, the field *“geokemisk_class”* is with “ja”, otherwise it is with “nej”
6. Classifying each intake from each of the subsets into exceeding OR not exceeding the element-specific NBVs (see below); A field *“Liste”* is added to the subsets, where the “Xa”, “Ya”, “Xb”, and “Yb” labels are provided for each intake (in accordance to the decision tree). The following element-specific conditions were used (in this specific order), when classifying the intakes for:
 - a. **Al subset**:
 - i. The **geochemical NBV for Al** for the acidic quaternary sand on Jutland (**dkmj_ks & pH <= 6**) is **1000 µg/l**; intakes belonging to “dkmj_ks & pH <= 6” exceeding this NBV are labelled with “Ya”, otherwise “Xa”
 - ii. The **geology/geography NBV** for Al for the quaternary sand on Jutland (**dkmj_ks**) when there is no pH data available is **150 µg/l**; intakes belonging to the “dkmj_ks” (without pH data) exceeding this NBV are labelled with “Yb”, otherwise “Xb”
 - iii. All other intakes (not in the two geol./geog. or geochem. classes) are not labelled (*Liste* field is empty)
 - iv. Intake status for Al:
 1. Xa (n=65)
 2. Xb (n=1)
 3. Ya (n=12)
 4. Yb (n=0)
 5. NA (n=50)
 - v. As requested, in column/field *“overskridelser”* is provided information on which specific thresholds has been exceeded for Al:
 1. *“geokemisk, 1000 ug/l”* (n=12)
 2. *“national, 100 ug/l”* (n=116)

- vi. The As subset (with all listed classifications) is exported as csv file, to become a spreadsheet in "Al_As_20201208.xlsx"

b. As subset:

- i. The **geochemical NBV** for the chalk on Funen with high pH and low NO₃ "**dkmf_kalk & pH > 6 & NO₃ <= 2**" is **7.5 µg/l**; therefore, in field "*Liste*", I classify the intakes in "Xa" and "Ya"; The "overskridelser" field for the "Ya" intakes is filled with "geokemisk, 7.5 ug/l";
- ii. There are no intakes without pH and NO₃ data for the chalk on Funen, so the geology/geography NBV is not used);
- iii. The **geochemical NBV** for the quaternary sand on Funen ("**dkmf_ks**") with high pH and low NO₃ "**dkmf_ks & pH > 6 & NO₃ <= 2**" is **15 ug/l**; therefore, in field "*Liste*", I classify the intakes in "Xa" and "Ya"; The "overskridelser" field for the "Ya" intakes is filled with "geokemisk, 15 ug/l"
- iv. There are no intakes without pH and NO₃ data for the quaternary sand on Funen, so the geology/geography NBV is not used;
- v. The **geochemical NBV** for the quaternary sand on Jutland with high pH and low NO₃ "**dkmj_ks & pH > 6 & NO₃ <= 2**" is **7.5 ug/l**; intakes belonging to "dkmj_ks & pH > 6 & NO₃ <= 2" exceeding this NBV are labelled with "Ya", otherwise "Xa"; The "overskridelser" field for the "Ya" intakes is filled with "geokemisk, 7.5 ug/l"
- vi. The **geology/geography NBV** for the quaternary sand on Jylland ("**dkmj_ks**") is the same as the national TV (TV = NVB = **5 ug/l**), so the intakes in this nbl_type were not assessed
- vii. The **geochemical NBV** for quaternary sand on Zealand with high pH and low NO₃ "**dkms_ks & pH > 6 & NO₃ <= 2**" is **15 ug/l**; intakes belonging to this geochemical class, exceeding the class specific NBV are labelled with "Ya", otherwise "Xa"; The "overskridelser" field for the "Ya" intakes is filled with "geokemisk, 15 ug/l"
- viii. The **geology/geography NBV** for quaternary sand on Sjælland ("**dkms_ks**") is **10 ug/l**; in field "*Liste*", I classify the intakes in "Xb" and "Yb" classes based on this NBV
- ix. All other intakes (not in the geol./geog. or geochem. classes listed above) are not labelled (*Liste* field is empty)
- x. Intake status for As:
 - 1. Xa (n=455)
 - 2. Xb (n=1)
 - 3. Ya (n=243)
 - 4. Yb (n=1)
 - 5. NA (n=260)
- xi. As requested, in field "*overskridelser*" is provided information on which specific As threshold is exceeded:
 - 1. "geokemisk, 15 ug/l" (n= 76)
 - 2. "geokemisk, 7.5 ug/l" (n=167)
 - 3. "geol/geog, 10 ug/l" (n=1)
 - 4. "national, 5 ug/l" (n= 716)
- xii. The As subset (with all listed classifications) is exported as csv file, to become a spreadsheet in "Al_As_20201208.xlsx"

c. Cd subset:

- i. The **geochemical NBV** for the geochemical class "**dkmj_ks & pH <= 6 & NO3 > 2**" is **0.75 ug/l**; intakes belonging to this class and exceeding the NBV are labelled with "Ya", otherwise "Yb"
 - ii. All other intakes (not in the geochem. class listed above) is not labelled (*Liste* field is empty)
 - iii. As requested, in field "*overskridelser*" is provided information on which specific Cd threshold is exceeded:
 1. geokemisk, 0.75 ug/l (n=7)
 2. national, 0.5 ug/l (n=23)
 - iv. The Cd subset (with all listed classifications) is exported as csv file, to become a spreadsheet in "Cd_Ni_20201119.xlsx"
 - d. **Ni subset:**
 - i. The **geochemical NBV** for the geochemical class "**dkmj_ks & pH <= 6 & NO3 > 2**" is **30 ug/l**; intakes belonging to this class and exceeding the NBV are labelled with "Ya", otherwise "Yb"
 - ii. All other intakes (not in the geochem. class listed above) is not labelled (*Liste* field is empty)
 - iii. As requested, in field "*overskridelser*" is provided information on which specific Ni threshold is exceeded:
 1. geokemisk, 30 ug/l (n=16)
 2. national, 10 ug/l (n=464)
 - iv. The Ni subset (with all listed classifications) is exported as csv file, to become a spreadsheet in "Cd_Ni_20201119.xlsx"
 7. The status at groundwater body (GVFOREKOMST) based on the NBVs is assessed for each of the elements based on the subsets and intake classifications from step 6.
 - a. For each elements is produced an overview file, where for each GVFOREKOM is given the number of intakes classified in "Xa", "Xb", "Ya", "Yb"; **not classified intakes are provided in field "TV" (intakes exceeding the national TV, but not assessed based on NBV)**;
 - b. The status of the groundwater bodies is provided in field "status", based on:
 - i. If the number of intakes in good status ("Xa" or "Xb") is equal to the number of all intakes, then the status of the groundwater body is good" (see also the decision tree);
 - ii. If there is at least one intake in the potentially bad status classes ("Ya" or "Yb"), the groundwater body is classified in potentially bad status; It is not discriminated between "Ya" and "Yb" status, because for some groundwater bodies there maybe intakes in both categories.
 - iii. If the groundwater body has no intakes classified in any of the four classes "Xa", "Xb", "Ya", or "Yb", the status field is left empty. These groundwater bodies were not assessed based on the NBVs but have at least one intake with exceedance of the national background value.
 - c. The overview files for all elements are exported as csv. and later saved in different spreadsheets in the files "gvf_medNBV_AI_As_20200812.xls" and "gvf_medNBV_Cd_Ni_20201119.xlsx"
 - d. Status overview (GVFOREKOM counts in each status category):

Table 1 Status of the groundwater bodies with exceedances of the national TV, assessed based on the specific NBVs (see text for details)

Element	God tilstand, (Liste Xa)	God tilstand, (Liste Xb)	Potentiel ringe tilstand (NBV)	NA ^[1]	All gvf
Al	14	-	7	27	48
As	61	1	85	49	196
Cd	5	-	5	8	18
Ni	6	-	10	103	119

[1] includes groundwater bodies with intakes exceeding the national TV that were not assessed based on NBV (did not belong to the specific geology/geography or geochemical class);

Bilag 11

**Ekspertvurdering af overskridelser af uorganiske sporstoffer med henblik på at identificere tilfælde, der skyldes naturlige forhold.
Ernstsen, V., December 2020.**

Ekspertvurdering af overskridelser af uorganiske sporstoffer med henblik på at identificere tilfælde, der skyldes naturlige forhold.

Vibeke Ernstsén, december 2020

Baggrund

I projektet "Bidrag til tilstandsvurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand for miljøfarlige forurenende stoffer uden primær anvendelse som pesticid samt for sporstoffer", er der i efteråret 2020 i samarbejde med Miljøstyrelsen gennemført en ekspertvurdering af indtag, hvor der er konstateret overskridelser af tærskelværdierne for en række konkrete sporstoffer.

Formålet med ekspertgennemgangen er, at sikre, at identificerede overskridelser er relateret til forurening.

Notatet beskriver konkrete undersøgelser af grundvandsforekomster, hvor der er konstateret overskridelser af nationale tærskelværdier og grundvandsforekomst specifikke tærskelværdier, udpeget på baggrund af naturlige forhøjede baggrundsværdier. Formålet med dette notat er således at dokumentere den gennemførte ekspertvurdering.

Den konkrete opgave

Arbejdet med de konkrete undersøgelser baserer sig på de allerede generede gennemsnitsværdier af årlige gennemsnit (kaldet MAM-værdier) for sporstoffer på indtags niveau samt enkelte simple GIS-analyser. MAM-koncentrationerne er beregnet for koncentrationer målt på feltfiltrerede grundvandsprøver, se GEUS-notat 07-VA-2020-15.

Fokus for arbejdet har været at identificere overskridelser, der ikke skyldes forurening, men istedet naturlige forhold eller manglende repræsentativitet i data. MST ønskede en vurdering af overskridelsernes karakter for hvert enkelt stof:

Aluminium: Indtag vurderes om overskridelsen er naturlig som følge af lav pH.

Arsen: Det vurderes på baggrund af en GIS-analyse om indtaget og overskridelsen er relateret til de geologiske forhold, f.eks. tertiært ler.

Bly: Det vurderes om MAM-værdien er repræsentativ.

Cd: Der undersøges for om overskridelsen er naturlig som følge af lav pH.

Nikkel: Indtag vurderes om overskridelsen er naturlig som følge af lav pH/redox.

Zink: Der undersøges for om overskridelsen er naturlig som følge af lav pH/redox.

Notatet summerer de mange overvejelser, der har indgået i slutvurderingerne af hvert enkelt uorganisk sporstof i afklaringen af om MAM-koncentrationen >TV i det enkelte indtag afspejler naturgivne forhold i grundvandsforekomsten. Som det vil fremgå, har det bl.a. været nødvendigt at supplere de geokemiske/geologiske parametre, som MST ønskede, med en række overvejelser vedr. bl.a. dybden til indtag samt mere generelle vurderinger af vandkvaliteten i enkelte udtag. Notatet afspejler på ingen måde den kompleksitet i analysetilgangen, som har været en del af projektet vedr. koncentrationer af uorganiske sporstoffers under naturgivne forhold.

Det komplette datasæt for hvert uorganisk sporstof inkl. bl.a. MAM-koncentrationer såvel ≤ og > TV samt vurderinger er afleveret til MST den 30.11.2020 (bly, cadmium, nikkel og zink) og den 4.12.2020 (aluminium og arsen) i filerne :

Al_MST_03122020_forklaring.xlsx og Al_MST_03122020_liste_alle.xlsx,
 As_MST_03122020_forklaring.xlsx og As_MST_03122020_liste_alle.xlsx,
 Pb_MST_29112020_forklaring.xlsx og Pb_MST_29112020_liste_alle.xlsx,
 Cd_MST_29112020_forklaring.xlsx og Cd_MST_29112020_liste_alle.xlsx,
 Ni_MST_29112020_forklaring.xlsx og Ni_MST_29112020_liste_alle.xlsx,
 Zn_MST_29112020_forklaring.xlsx og Zn_MST_29112020_liste_alle.xlsx,

Tabel 1 opsummerer de nationale - og forekomsts-specifikke tærskelværdier for de seks uorganiske sporstoffer, der beskrives i notatet Fastlæggelsen af disse fremgår af Ernstsen (2020).

Tabel 1. Nationale - og forekomsts-specifikke tærskelværdier for aluminium (Al), arsen (As), bly (Pb), cadmium (Cd), Nikkel (Ni) og zink (Zn), anvendt i forbindelse med tilstandsvurderingen i Vandplan 3. Værdierne er for hvert stof angivet for relevante lag i DK-modellen og evt. geokemiske kriterier.

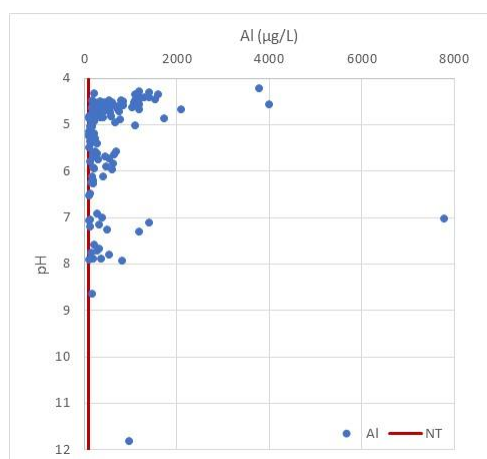
Uorganisk sporstof, DK-modellag og geokemiske kriterier	National tærskelværdi (µg/L)	Forekomsts-specifik tærskelværdi (µg/L)	
		Geografi & geologi	Geografi, geologi & geokemi
Aluminium (Al)	100		
dkmj_ks		150	
dkmj_ks & pH < 6			1000
Arsen (As)	5		
dkmf_kalk		7,5	
dkmf_ks		15	
dkmj_ks		5	
dkms_ks		10	
dkmf_kalk & pH > 6 & NO ₃ ≤ 2			7,5
dkmf_ks > 6 & NO ₃ ≤ 2			15
dkmj_ks > 6 & NO ₃ ≤ 2			7,5
dkms_ks > 6 & NO ₃ ≤ 2			15
Bly (Pb)	1		
Cadmium (Cd)	0,5		
dkmj_ks ≤ 6 & NO ₃ > 2			0,75
Nikkel (Ni)	10		30
dkmj_ks ≤ 6 & NO ₃ > 2			
Zink (Zn)	100		

Aluminium

I 128 indtag var MAM-koncentrationen i grundvandsforekomster over den nationale – og forekomstspezifiske TV (tabel 1). Heraf blev 66 indtag kategoriseret som indtag i godtilstand (= X_a/X_b) på baggrund af de forekomstspezifiske tærskelværdier (Ernstsen, 2020), 62 indtag blev ekspertvurderet og 48 indtag blev vurderet til at have naturligt betingede forhøjede koncentrationer af aluminium.

I bilag A findes de indtag med grundvand, hvor MAM-koncentrationen af aluminium overstiger TV og den forekomstspezifiske tærskelværdi (se tabel 1) og som er ekspertgodkendt. Desuden gives en forklaring for hvert indtag om årsagen til, at MAM-koncentrationen vurderes at være naturligt forekommende.

Vurderingen bygger i første omgang på de kemiske forhold, hvor opløseligheden af aluminium stiger markant ved pH-værdier under 5,5 og pH-værdier over 8. En sammenstilling af MAM-koncentrationer af aluminium for datatyperne GRUMO, Grundvandskortlægning og Vandforsyning (VF) som funktion af pH for de indtag, hvor koncentrationen oversteg den nationale tærskelværdi (TV) fremgår af figur 1. Figuren viser som forventet en overvægt af forholdsvis høje koncentrationer af aluminium ved pH-værdier mellem 4 og 5, men også mellem pH-værdier mellem 7 og 8 ses enkelte forholdsvis høje MAM-koncentrationer af aluminium.



Figur 1. MAM-koncentration af aluminium vs. pH for alle indtag > nationale TV, på nær et enkelt indtag af datatypen "DEPOT". Den røde streg viser den nationale tærskelværdi (NT).

Første trin i vurderingen af MAM-koncentrationerne af aluminium > TV omfattede en samtidig gennemgang af pH-værdier målt i grundvandet. Andet trin i vurderingen inddrog dybden til indtaget for at sandsynliggøre, at MAM-koncentrationerne ikke var et resultat af overfladeforurening. I tredje trin, der omfattede de indtag, der ikke honorerede kravet til pH eller dybde, blevet indtagene vurderet ud fra den generelle grundvandskemi ved opslag i JUPITER-databasen.

I vurderingen af MAM-koncentrationer af aluminium >TV er følgende parametre inddraget:

- Grundvandets pH
- Dybde til indtag
- Kombination af dybde, pH, og grundvandskemi

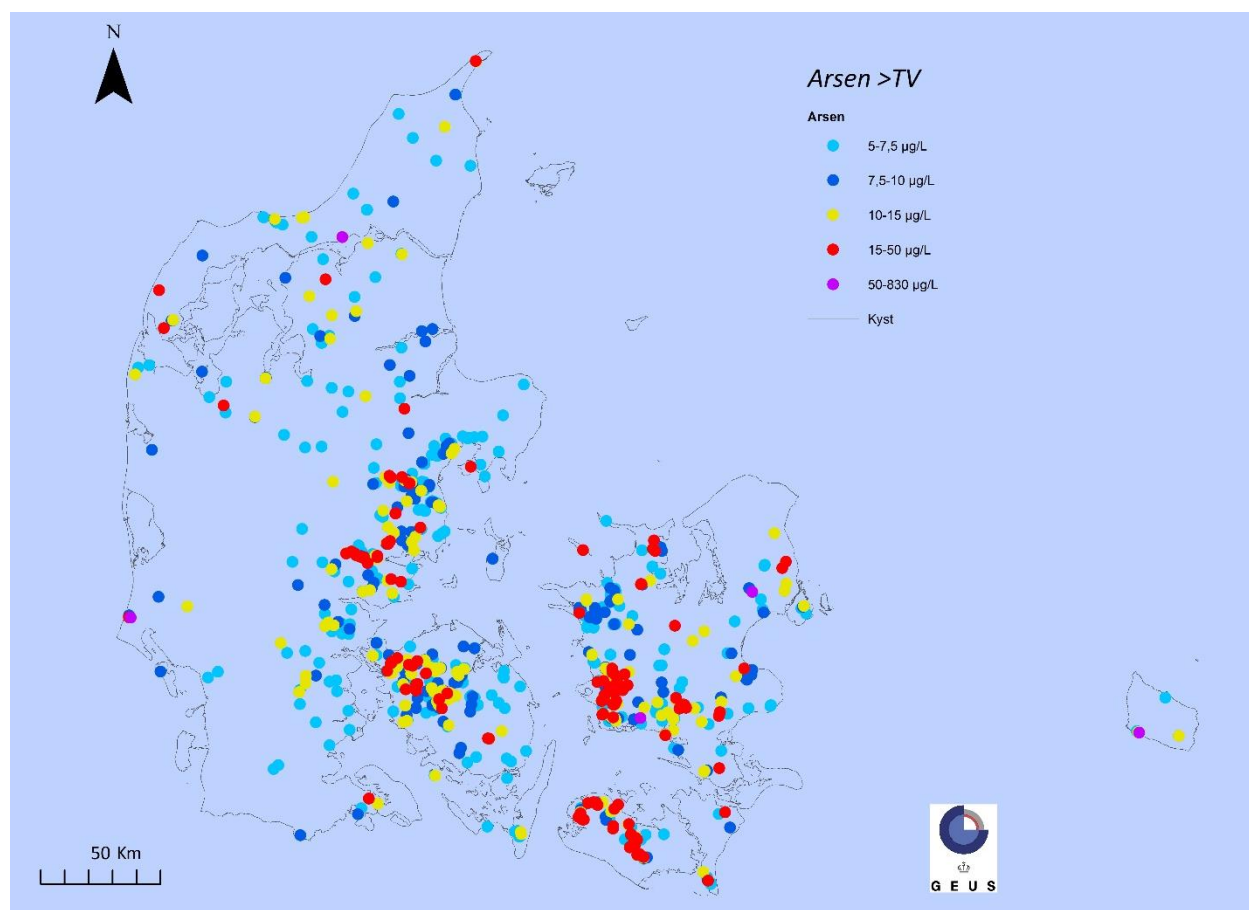
Arsen

I 960 indtag var MAM-koncentrationen i grundvandsforekomster over den nationale- og forekomstspecifikke TV. Heraf blev 456 indtag kategoriseret som indtag i godtilstand (= Xa/Xb) på baggrund af de nationale - og forekomstspecifikke tærskelværdier (Ernstsen, 2020), 504 indtag blev ekspertvurderet og 469 indtag blev vurderet til at have naturligt betingede forhøjede koncentrationer af arsen.

I bilag B findes de indtag, hvor MAM-koncentrationen af arsen overstiger TV og de forekomstspecifikke tærskelværdier (tabel 1) og som er ekspertgodkendt. Desuden gives en forklaring til hvert indtag om årsagen til, at MAM-koncentrationen vurderes at være naturligt forekommende.

Vurderingen af MAM-koncentrationer af arsen tog udgangspunkt i en GIS-analyse af den geografiske fordeling af MAM-koncentrationer for arsen for forskellige datatyper, som vist i figur 2. Større områder med forholdsvis høje MAM-koncentrationer af arsen (>15 µg/l) ses i et område vest for Horsens, i den vestlige del af Fyn, på Sjælland og Lolland. Områderne er beskrevet ved kortbladsnumre (første del af det til boringen tildelte DGU nummer). Alle kortbladsnumre er nævnt i teksten til figur 2.

Den stramme tidsramme for projektet har ikke givet mulighed for en dybere gennemgang af de geologiske forhold inden for kortområderne.



Figur 2. Den geografiske fordeling af MAM-koncentrationer af arsen >TV for datatyperne GRUMO, VF og grundvandskortlægning. Grundvand fra indtag på kortbladene 106, 107 (vest for Horsens), 135,136, 144, 145 (vestlige del af Fyn), 210, 215, 216 (Sjælland), 229, 235 og 236 (Lolland) udmærker sig ved generelt høje koncentrationer (>15 µg/L) af arsen.

Vurderingen af MAM-koncentrationerne af arsen >TV blev indledningsvis koncentreret omkring dybe, reducerende indtag, der blev sorteret efter dybde til top af indtag/bund af indtag/top & bund af indtag/boringsdybde (sidstnævnte, hvis ikke forelå oplysninger om dybden for indtag). Herefter blev kendskabet til regioner med høje naturlige indhold inddraget. Restpuljen af indtag blev vurderet ud fra den generelle grundvandskemi ved opslag i JUPITER-databasen.

I vurderingen af MAM-koncentrationer af arsen >TV er følgende parametre inddraget:

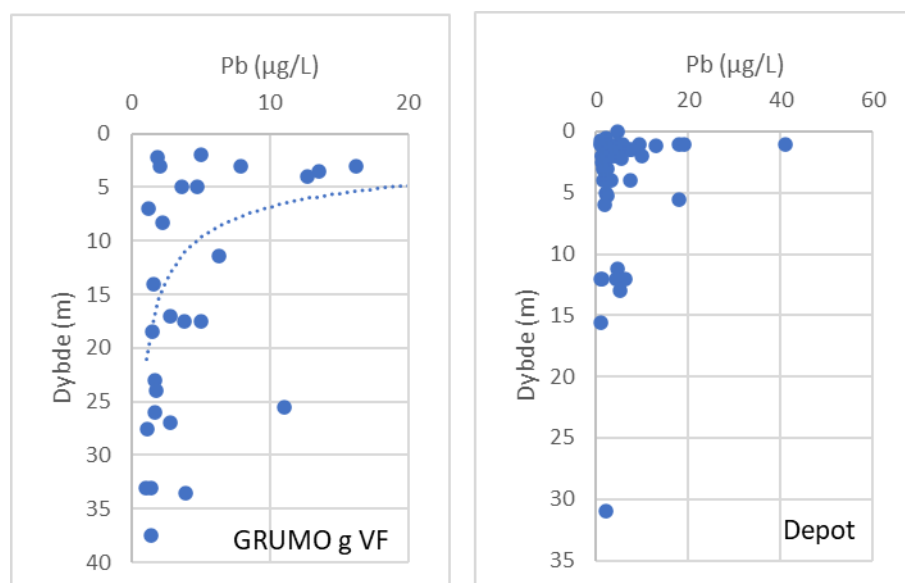
- Dybde til top/bund i indtag med reducerede forhold (proxy $\text{NO}_3 \leq 2 \text{ mg/L}$)
- Dybde til top og bund af indtag
- Boringsdybde (hvis der ikke foreligger oplysninger om dybde til top/bund af indtag)
- Kortblade med regionale høje MAM-koncentrationer af arsen (figur 2)
- Kombination af dybe og grundvandskemi
- Fejl i indberetning af koncentration (1000x)

Bly

I 80 indtag var MAM-koncentrationen i grundvandet over den nationale TV (tabel 1). Samtlige 80 indtag blev ekspertvurderet og 30 indtag blev vurderet til at have naturligt betingede forhøjede koncentrationer af bly.

I bilag C findes de indtag, hvor MAM-koncentrationen af bly overstiger TV (Ernstsen, 2020) og som er ekspertgodkendt. Desuden gives en forklaring for hvert indtag om årsagen til, at MAM-koncentrationen vurderes at være naturligt forekommende.

For at få et bedre indblik i dybdefordelingen af MAM-koncentrationer af bly >TV, blev indholdet af bly i datatyperne GRUMO og VF samt Depot afbildet vs. dybden, figur 3. Fordelingen af datapunkter viser, at langt de fleste høje MAM-koncentrationer af bly i GRUMO/VF datasættet findes indenfor de øverste 5 meter, mens de høje MAM-koncentrationer af bly kan registreres ned til 10-12 meter under terræn for datatypen Depot.



Figur 3. MAM-koncentrationer af bly vs. dybde til top af indtag i GRUMO- og vandforsyningsboringer (VF) samt depotboringer. I figuren med GRUMO- og VF-boringer er to indtag, MAM-koncentration på 61,5 µg/L

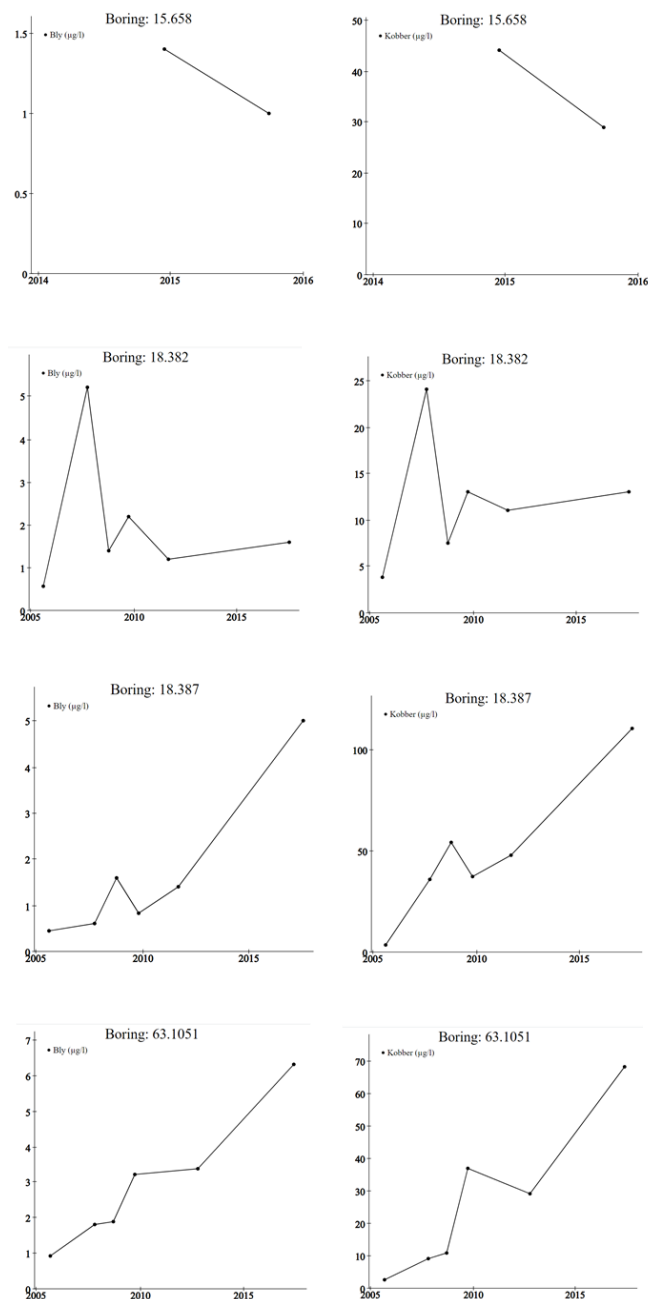
i 11,5 meters dybde samt et indtag med en MAM-koncentration på 1,1 µg/L i 140 meters dybde, på ikke at findes figuren. Bemærk forskel i skala for koncentrationen af bly på de to figurer.

Med kendskabet til MAM-koncentration og dybdefordelingen som vist i figur 3, blev alle "Depot-indtag" i dybder ≤ 10 meter ikke vurderet yderligere med henblik på naturgivne koncentrationer af bly. Dybere liggende "Depot-indtag" blev vurderet ud fra den generelle grundvandskemi ved opslag i JUPITER-databasen og accepteret, hvis ikke grundvandet fra indtaget ikke indeholdt andre forureningskomponenter.

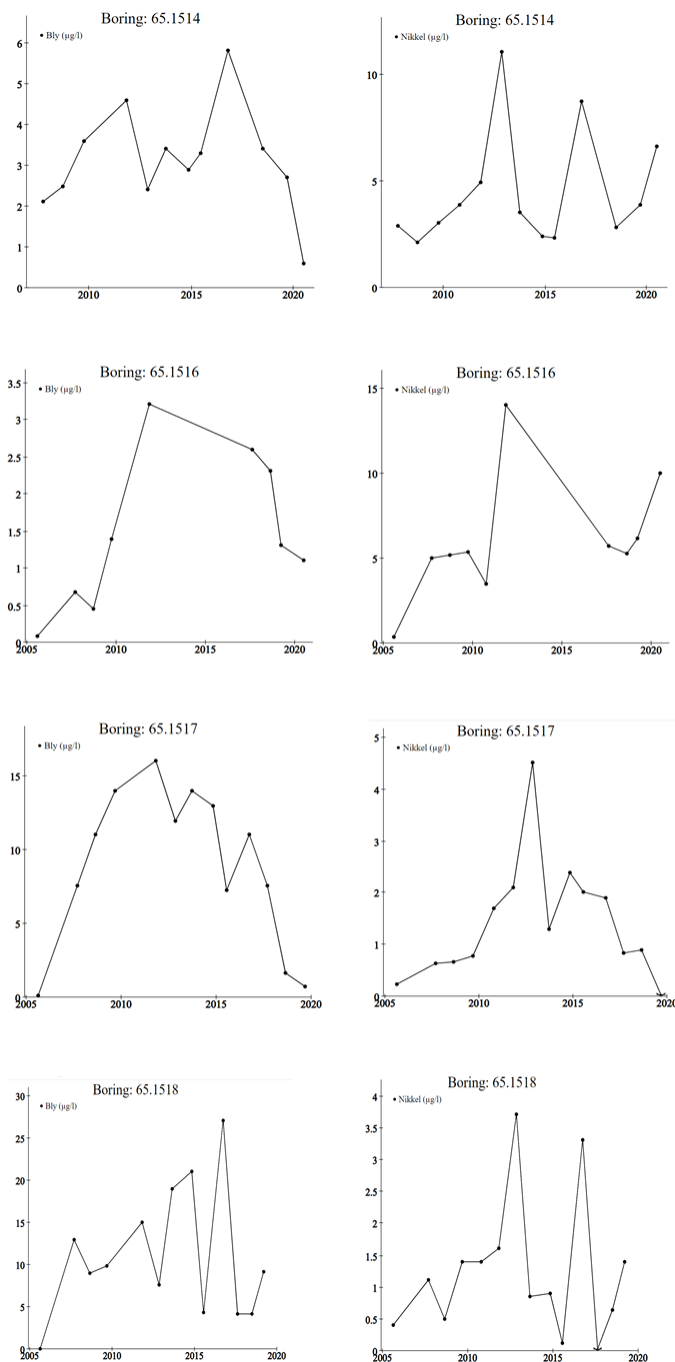
Datatyperne GRUMO og VF ligeledes vurderet ved dybden til indtaget og restpuljen af indtag blev underkastet en individuel kemisk vurdering. Vandet fra nogle indtag viste over tid en udvikling i koncentrationen af bly, der tyder på afsmitning af bly fra materialer anvendt i forbindelse med etableringen af boringen, figur 4-8. I disse indtag viste én eller flere uorganiske sporstoffer en med bly sammenlignelig udvikling over tid, figur 4-8. Disse indtag er, til trods for høje MAM-koncentrationer af bly, vurderet til at repræsenterer grundvand med naturlige koncentrationer (ikke forurenede).

I vurderingen af MAM-koncentrationer af bly $>TV$ er følgende parametre inddraget:

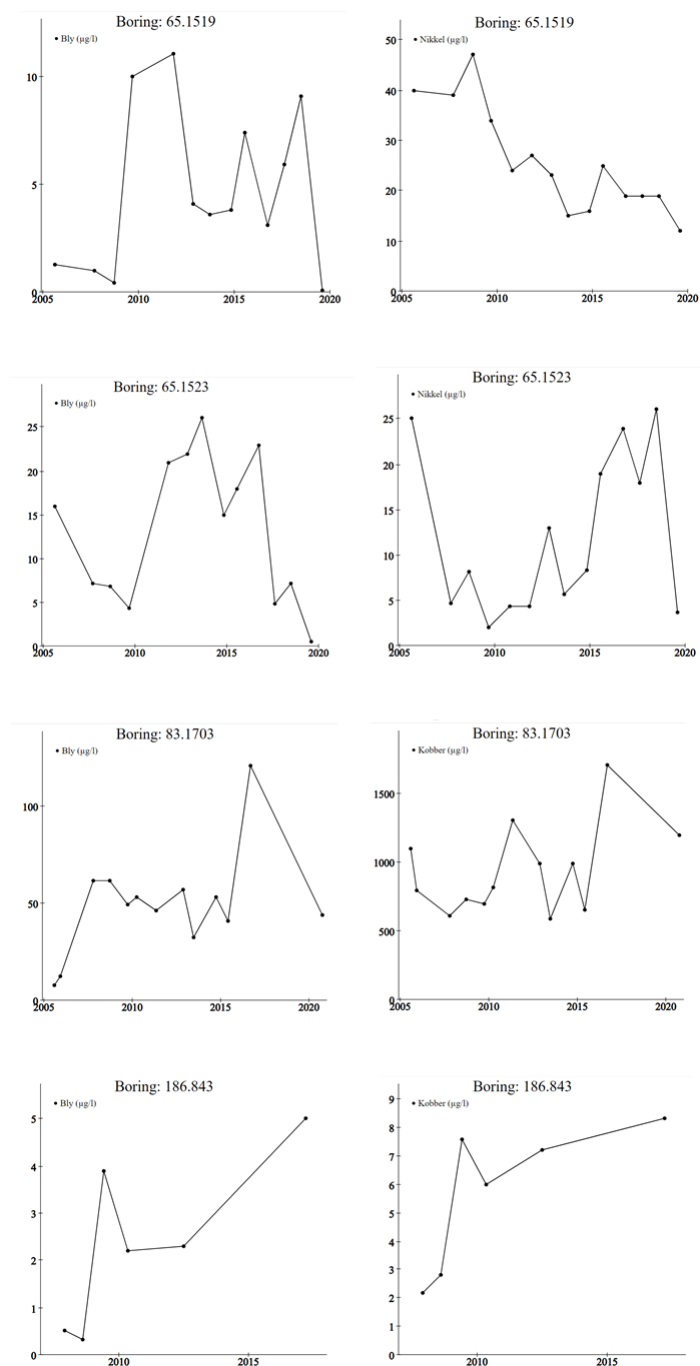
- Dybde til top/bund i indtag
- Dybde til top og bund af indtag
- MAM-koncentrationer af bly vs. dybde for datatypen "DEPOT"
- Udvikling i koncentration af bly sammenlignet med andre sporstoffer ("afsmitning fra materiale)
- Forekomst af bly i sammenhæng med andre forureningskomponenter



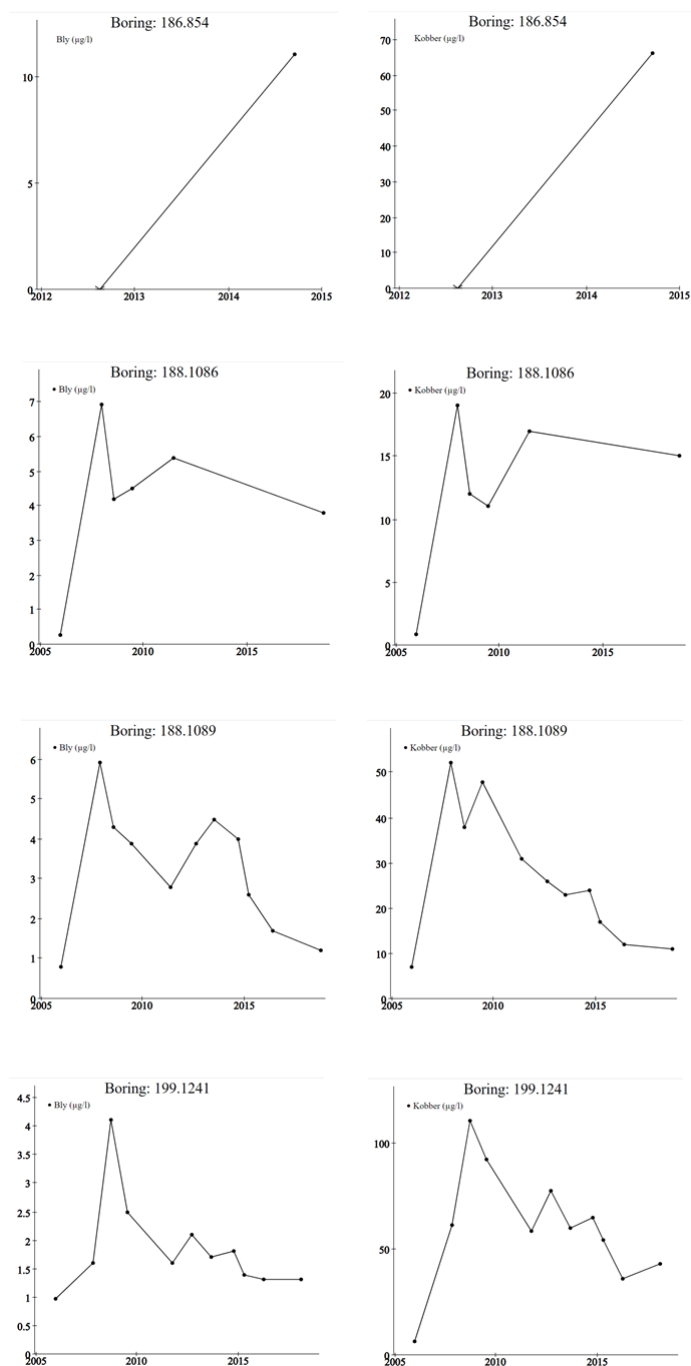
Figur 4. Udviklingen i koncentrationen af bly over tid i borerne DGU nr. 15.658 (indtag 3), DGU nr. 18.382 (indtag 1), DGU nr. 18.387 (indtag 1) og DGU nr. 63.1051 (indtag 1). Ændringen, der her ses med den samtidige udvikling for et andet uorganisk sporstof samt supplerende oplysninger om andre geokemiske parametre for hvert indtag, tyder på afsmittning af materialer efter etableringen af indtaget.



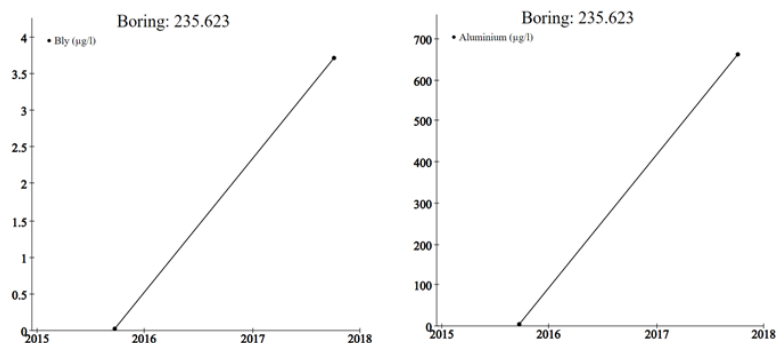
Figur 5. Udviklingen i koncentrationen af bly over tid i borerne DGU nr. 65.1514 (indtag 1), DGU nr. 65.1516 (indtag 1), DGU nr. 65.1517 (indtag 1) og DGU nr. 65.1518 (indtag 1). Ændringen, der her ses med den samtidige udvikling for et andet uorganisk sporstof samt supplerende oplysninger om andre geokemiske parametre for hvert indtag, tyder på afsmittning af materialer efter etableringen af indtaget.



Figur 6. Udviklingen i koncentrationen af bly over tid i borerne DGU nr. 65.1519 (indtag 1), DGU nr. 65.1523 (indtag 1), DGU nr. 83.1703 (indtag 1) og DGU nr. 186.843 (indtag 1). Ændringen, der her ses med den samtidige udvikling for et andet uorganisk sporstof samt supplerende oplysninger om andre geokemiske parametre for hvert indtag, tyder på afsmittning af materialer efter etableringen af indtaget.



Figur 7. Udviklingen i koncentrationen af bly over tid i borerne DGU nr. 186.854 (indtag 3), DGU nr. 188.1086 (indtag 1), DGU nr. 188.1089 (indtag 1) og DGU nr. 199.1241 (indtag 1). Ændringen, der her ses med den samtidige udvikling for et andet uorganisk sporstof samt supplerende oplysninger om andre geokemiske parametre for hvert indtag, tyder på afsmitning af materialer efter etableringen af indtaget.



Figur 8. Udviklingen i koncentrationen af bly over tid i borerne DGU nr. 235.623 (indtag 1) og DGU nr. 235.623 (indtag 1). Ændringen, der her ses med den samtidige udvikling for et andet uorganisk sporstof samt supplerende oplysninger om andre geokemiske parametre for hvert indtag, tyder på afsmitning af materialer efter etableringen af indtaget.

Cadmium

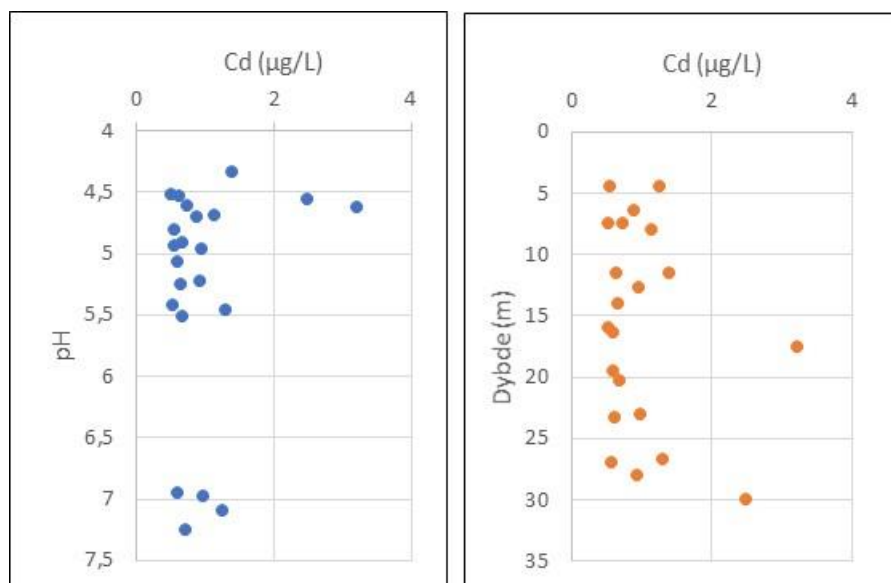
I 30 indtag var MAM-koncentrationen af cadmium i grundvandsforekomster over den nationale – og forekomstspezifiske TV (tabel 1). Heraf blev 9 indtag kategoriseret som indtag i godtilstand (= X_a/X_b) på baggrund af de nationale – og forekomstspezifiske tærskelværdier (Ernstsen, 2020), 21 indtag blev ekspertvurderet og 9 indtag blev vurderet til at have naturligt betingede forhøjede koncentrationer af cadmium.

I bilag D findes de indtag, hvor MAM-koncentrationen af cadmium overstiger TV og den forekomstspezifiske tærskelværdi (Ernstsen, 2020) og som er blevet ekspertgodkendt. Der gives en forklaring til hvert indtag om årsagen til, at MAM-koncentrationen vurderes at være naturligt forhøjede.

Vurderingen af MAM-koncentrationer af cadmium > TV omfatter datatyperne "GRUMO" og "DEPOT". For at få et bedre indblik i fordelingen af cadmium i relation til pH og dybde blev MAM-koncentrationer for datatypen "GRUMO" afbildet i relation til pH og dybde, figur 9.

Det gav kun få oplysninger, der kunne anvendes i den videre vurdering. MAM-koncentrationen fremstår stort set upåvirket af pH med undtagelse af et par indtag med forholdsvis lave pH-værdier (ca. 4,5), hvor koncentrationen af cadmium ses markant forøget. Afbildningen MAM-koncentration vs. dybde viste heller ikke klar sammenhæng.

Vurderingen fortsatte, ikke desto mindre, ved at inddrage dybden til indtaget, idet MAM-koncentrationer af cadmium i grundvand fra indtag ≤ 10 meters dybde ikke vurderet yderligere. Dybere indtag blev vurderet, enten med dybde som eneste parameter (normalt ≥ 20 meter) eller i kombination med pH-værdien for det pågældende indtag.



Figur 9. MAM-koncentrationer af cadmium vs. henholdsvis pH og dybde til top af indtag i GRUMO-boringer.

I vurderingen af MAM-koncentrationer af cadmium >TV er følgende parametre inddraget:

- Dybde til top/bund i indtag
- Dybde af indtag i kombination med pH

Nikkel

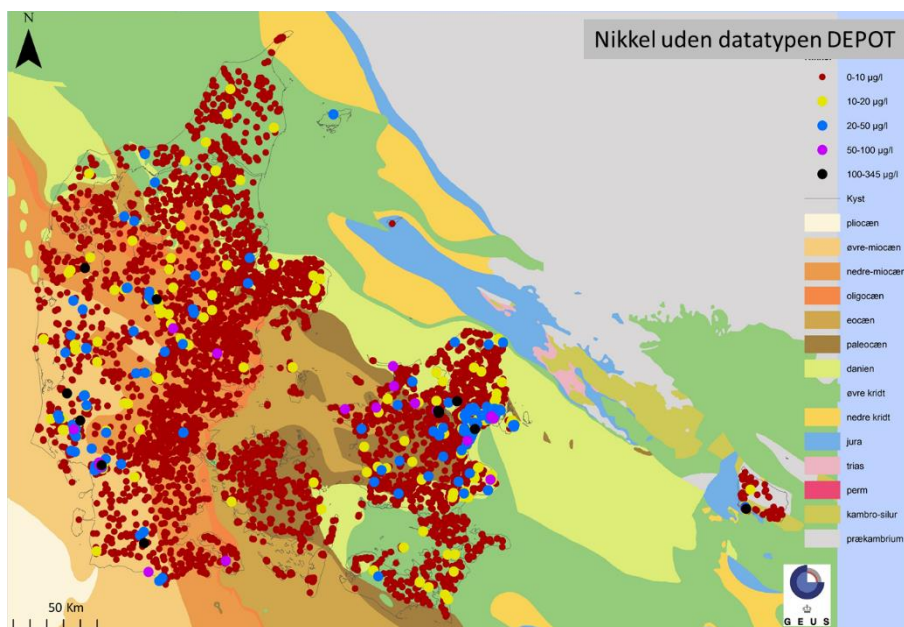
I 480 indtag var MAM-koncentrationen i grundvandsforekomster over den nationale – og forekomstspecifikke TV (tabel 1). Heraf blev 52 indtag kategoriseret som indtag i godtilstand (= Xa/Xb) på baggrund af de nationale - og forekomstspecifikke tærskelværdier (Ernstsen, 2020), 428 indtag blev ekspertvurderet og 216 indtag blev vurderet til at have naturligt betingede forhøjede koncentrationer af nikkel.

I bilag E findes de indtag, hvor MAM-koncentrationen af nikkel overstiger nationale – og forekomstspecifikke TV (Ernstsen, 2020) og som er blevet ekspertgodkendt. Der gives en forklaring til hvert indtag om årsagen til, at MAM-koncentrationen vurderes at være naturligt forekommende.

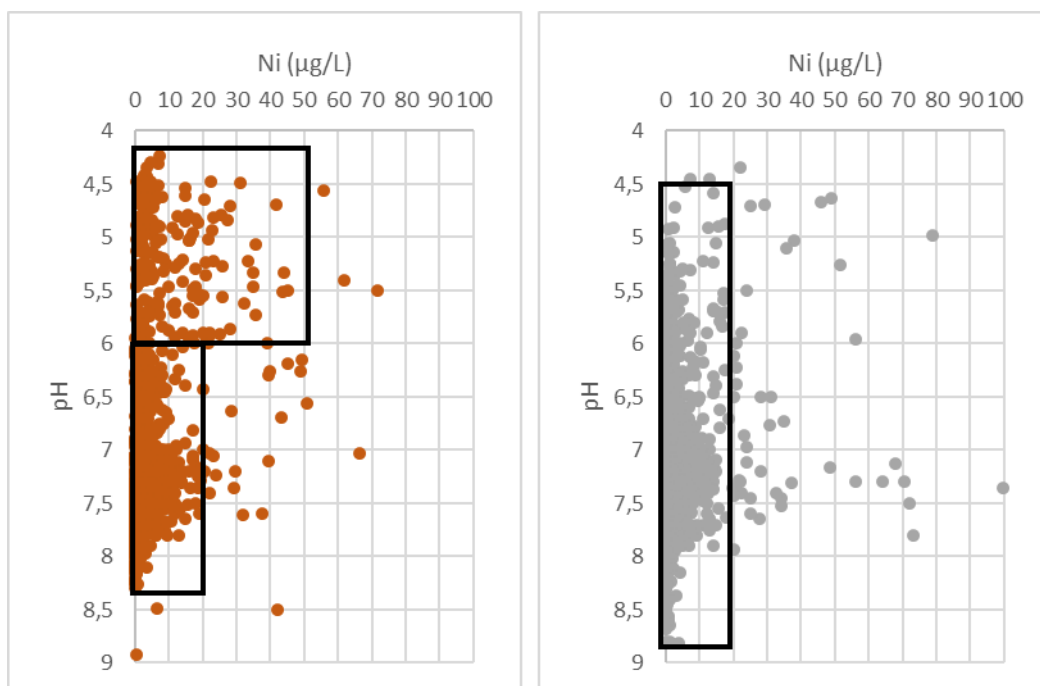
Første trin i vurderingen omfattede en identifikation af København-nære område med stor repræsentation af indtag med forholdsvis høje indtag af nikkel, ofte fremkommet som følge af vandindvinding, se den kvantitative tilstandsvurdering, Henriksen mfl. 2020. Figur 10 viser nikkel uden datatypen DEPOT for alle data der indgår i dette projekt. Området omkring København dækkes af kortbladene 199, 200, 201, og 206, 207 og 208.

Næste trin i vurderingen omfattede udviklingen af et værktøj til brug for identifikation af typiske naturlige niveauer af nikkel. Da mobiliteten af nikkel i høj grad er styret af pH og redox blev disse to parametre inddraget i analysen, figur 11.

Med udgangspunkt i den grafiske præsentation af data er der identificeret 3 grupper som vurderingsværktøj. Gruppe 1, med oxideret ($> 2\text{mg/L NO}_3$) grundvand i pH-intervallet ≤ 6 , har typiske MAM-koncentrationer på op til $50\ \mu\text{g/L}$. Gruppe 2, ligeledes med oxideret ($> 2\text{mg/L NO}_3$) grundvand men i pH-intervallet > 6 , har typiske MAM-koncentrationer på max. $20\ \mu\text{g/L}$. Gruppe 3, med reduceret grundvand ($\leq 2\text{mg/L NO}_3$) har typiske MAM-koncentrationer op til $20\ \mu\text{g/L}$.



Figur 10. MAM-koncentrationer af nikkel. I Københavnsområdet, svarende til det område der dækkes af kortblad 199, 200, 201, 206, 207 og 208, findes mange indtag med høje koncentrationer ($> 20\ \mu\text{g/L}$) af nikkel.



Figur 11. MAM-koncentrationer af nikkel vs. pH for datatyperne GRUMO, VF og grundvandskortlægning. Figuren til venstre viser data for oxideret grundvand ($\text{NO}_3 > 2\ \text{mg/L}$) og figuren til venstre viser data for

reduceret grundvand ($\text{NO}_3 \leq 2$ mg/L). MAM-koncentrationer af nikkel der relaterer sig til kortbladene 199, 200, 201, 206, 207 og 208 er ikke medtaget.

I vurderingen af MAM-koncentrationer af nikkel >TV er følgende parametre inddraget:

- Dybde til top/bund i indtag
- Grafisk præsentation af typiske MAM-koncentrationer af nikkel
- Geografisk præsentation af MAM-koncentrationer af nikkel – kortbladsafgræsning
- Dybde i relation til den generelle grundvandskemi inkl. andre forureningskomponenter

Zink

I 188 indtag var MAM-koncentrationen over den nationale TV (tabel 1). Samtlige indtag blev ekspertvurderet og 58 indtag blev vurderet til at have naturligt forhøjede koncentrationer af zink.

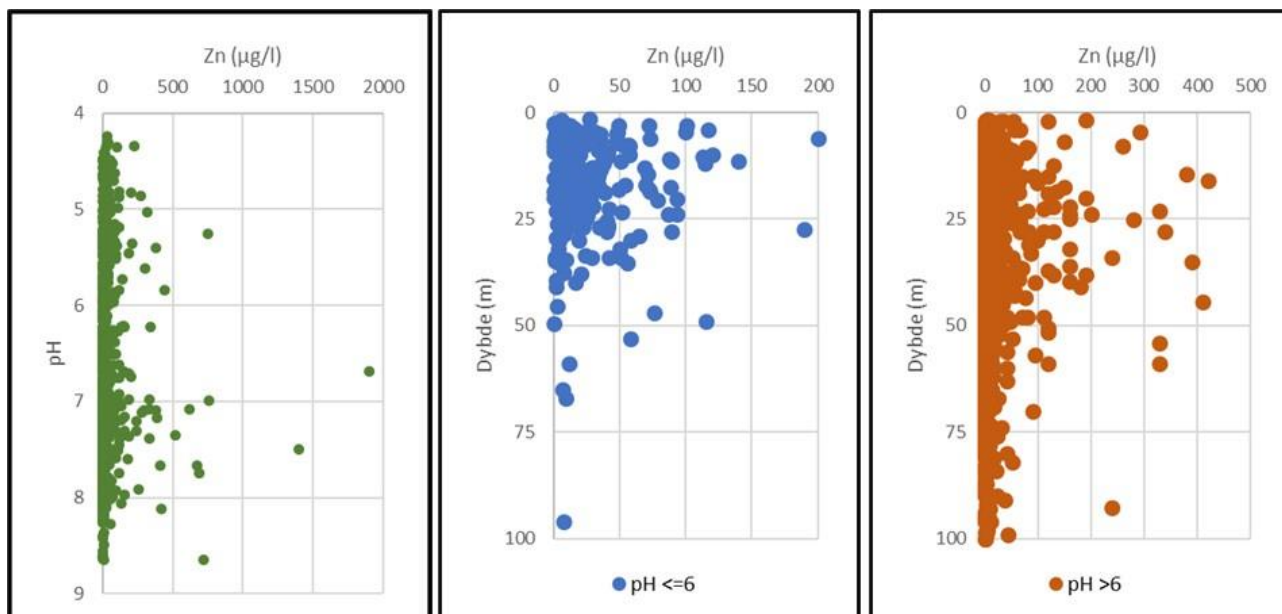
I bilag F findes de indtag med grundvand, hvor MAM-koncentrationen af zink overstiger den nationale TV og som er ekspertgodkendt. Der gives en forklaring til hvert indtag om årsagen til, at MAM-koncentrationen vurderes at være naturligt forekommende.

Mobiliteten af zink afhænger af pH-forholdene i grundvandsforekomsterne. Mobiliteten er størst under sure forhold. For at belyse mulighederne for at inddrage denne viden i vurderingsarbejdet blev der udarbejdet tre plot med alle MAM-koncentrationer af zink vs. 1) pH-værdier, 2) dybden af indtag med grundvand med pH-værdier ≤ 6 og 3) dybden af indtag med grundvand med pH-værdier < 6 , figur 11.

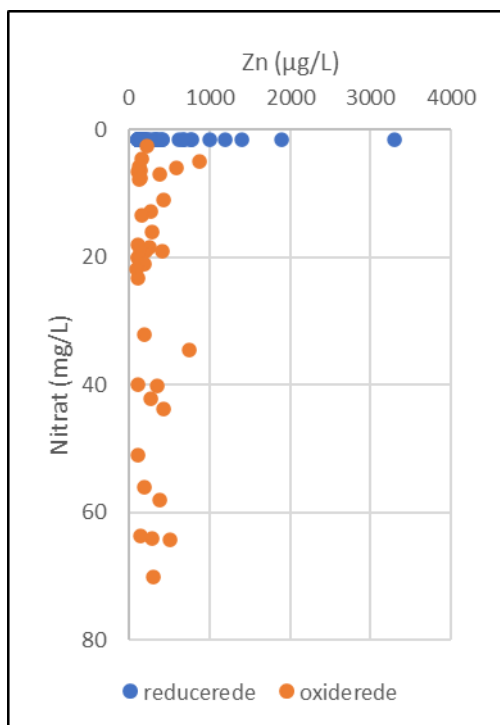
Afbildningerne bibragte ikke afgørende viden der kunne bruges i vurderingsarbejdet. Der var således ikke nogen umiddelbar sammenhæng mellem pH og koncentration. Opdelingen i to populationer efter pH ≤ 6 og > 6 viste blot, at det sure grundvand findes tættere jordoverfladen end det mere ikke-sure vand, der kunne følges fra overfladen og ned til 100 meter under terræn. MAM-koncentrationerne af zink fremstod lidt lavere for grundvand med pH ≤ 6 end for grundvand med pH > 6 .

Mobiliteten af zink påvirkes ligeledes af de herskende redox-forhold i grundvandsmagasinerne. Figur 12 viser sammenhængen mellem MAM-koncentrationer >TV og grundvandes redox-status. Her ses MAM-koncentrationen af zink at være højere i det reducerede grundvand end i det oxiderede grundvand.

Da afbildningerne i figur 11 og figur 12 nok bekræftede zinks mobilitet relateret til såvel pH- og redoxforholdene i grundvand men ikke gav et nyt "vurderingsværktøj" blev det i samråd med MST (27.november 2020) besluttet at anvende dybden af indtaget i vurderingen af om MAM-koncentrationerne af zink kunne være betinget af naturlige forhold. Efter gennemgangen af indtags dybder - top/bund/top-bund – blev restpuljen af indtag vurderet ud fra den generelle grundvandskemi ved opslag i JUPITER-databasen.



Figur 11. MAM-koncentrationer af zink i samtlige indtag vs. pH og zink vs. dybde til top af indtag for grundvand med pH ≤ 6 og pH > 6 for datatyperne GRUMO-, VF og indtag i grundvandskortlægningen.



Figur 12. MAM-koncentrationer af zink >TV vs. grundvandet indhold af nitrat (proxy for redox-status). Reducerende grundvand indeholder ≤ 2 mg/L nitrat og oxiderende grundvand indeholder >2 mg/L nitrat. Et par punkter er udeladt fra figuren, det ene med MAM-zink/nitrat 135/197 mg/L og det andet med MAM-zink/nitrat 350/680 mg/L.

I vurderingen af MAM-koncentrationer af zink >TV er følgende parametre inddraget:

- Dybde til top/bund i indtag
- Dybde i relation til den generelle grundvandskemi, herunder samtidige høje koncentrationer af andre uorganiske sporstoffer og afsmitning fra materialer efter etablering af boring.

Referencer:

GEUS-notat 07-VA-2020-15, Thorling, L. og Voutchkova, D., 2020: Leverance 5B og 5C: Aggregering af data og udarbejdelse af datasæt til brug for tilstandsvurderingen for sporstoffer.

Ernstsen, V., 2020: Naturlige baggrundsværdier. Metode og faglige forudsætninger, GEUS-notat.

Henriksen, H.J., Voutchkova, D., Troldborg, L., Ondracek, M., Schullehner, J., & Hansen, B., 2020: National Vandressource Model Beregning af udnyttelsesgrader, afsenkning og vandløbspåvirkning med DK-model 2019. GEUS-rapport 2019/32

Bilag A. Indtag der vurderes at have naturligt forhøjede MAM-koncentrationer af aluminium.

BORID	DGUNR	INDTAGSNR	INDTAG_BUND	INDTAG_TOP	BORINGSDYBDE	DATATYPE	GVFOREKOM	1501_Aluminium	41_pH	Vurdering
528884	3. 192	1	34,5	34	37,00	GRUMO	dkmj_1011_ks	1200	7,32	dybde til top af indtag >20 m
874	4. 71	1	9,3	6	12,21	VF	dkmj_16_ks	386	7,02	dybde <20 m og pH>6 - enketstående måling, øvrige uorg. sporstoffer OK.
7440	11. 893	1	84	80	117,00	GRUMO	dkmj_1007_ks	160	7,77	dybde til top af indtag >20 m
217974	18. 310	2	40,64	41	43,00	GRUMO	dkmj_1007_ks	830	7,93	dybde til top af indtag >20 m
217974	18. 310	3	40,14	40	43,00	GRUMO	dkmj_1007_ks	110	7,92	dybde til top af indtag >20 m
392998	18. 387	1	18,5	18	19,00	GRUMO	dkmj_968_ks	190	6,22	dybde til top af indtag >20 m
528886	23. 490	1	34	33	35,00	GRUMO	dkmj_973_kalk	295	7,73	dybde til top af indtag >20 m
528889	35. 896	1	22	21	22,00	GRUMO	dkmj_319_ks	362	7,89	dybde til top af indtag >20 m
373805	48. 1337	1	140	129	148,00	VF	dkmj_958_ks	190	7,91	dybde til top af indtag >20 m
516832	52. 404	1	194	182	231,00	VF	dkmj_1028_ps	550	7,82	dybde til top af indtag >20 m
391076	55. 1124	1	7	5	8,00	GRUMO	dkmj_1006_ks	1200	4,57	lav pH
378829	65. 1517	1	4,1	3	5,10	GRUMO	dkmj_1006_ks	1196	4,68	lav pH
490791	70. 949	3	30	25	103,50	Grundvandskortlægning	dkmj_982_ks	230	7,60	dybde til top af indtag >20 m
68512	86. 1633	1	31	30	30,00	GRUMO	dkmj_1104_ks	4000	4,56	lav pH
391306	86. 2075	4	23	23	36,00	GRUMO	dkmj_1104_ks	200	6,27	dybde til top af indtag >20 m
345967	87. 1274	1	39	23	75,00	VF	dkmj_1036_ps	420	6,12	dybde til top af indtag >20 m
388030	87. 1281	4	11,5	11	25,00	GRUMO	dkmj_1022_ps	620	5,97	lav pH
76775	94. 2517	1	22,6	21	35,60	GRUMO	dkmj_1067_ps	468	4,70	lav pH
81811	96. 1976	2	18,26	18	31,00	GRUMO	dkmj_1065_ps	395	4,62	lav pH
81812	96. 1977	1	19,51	19	19,00	GRUMO	dkmj_1065_ps	230	4,72	lav pH
89187	104. 1994	5	13,7	12	23,00	GRUMO	dkmj_1065_ps	1053	4,64	lav pH
378483	104. 2621	1	4	3	5,00	GRUMO	dkmj_1078_ks	1740	4,88	lav pH
500531	105. 1969	1	64	62	100,00	GRUMO	dkmj_1065_ps	286	6,93	dybde til top af indtag >20 m
265765	112. 1185	1			23,00	Grundvandskortlægning	dkmj_1106_ks	1100	5,03	lav pH
96728	113. 861	1	33	24	33,00	Grundvandskortlægning	dkmj_1106_ks	2100	4,68	lav pH
98969	114. 1444	1	6,5	6	7,00	GRUMO	dkmj_988_ks	1095	4,56	lav pH
225683	114. 1736	6	27,15	27	40,50	GRUMO	dkmj_1058_ps	130	5,25	lav pH
225683	114. 1736	11	23,35	23	40,50	GRUMO	dkmj_1058_ps	400	4,54	lav pH
225683	114. 1736	12	22,65	23	40,50	GRUMO	dkmj_1058_ps	1400	4,31	lav pH
225683	114. 1736	13	21,95	22	40,50	GRUMO	dkmj_1058_ps	1200	4,29	lav pH
225683	114. 1736	14	21,25	21	40,50	GRUMO	dkmj_1058_ps	1100	4,35	lav pH
225683	114. 1736	15	20,55	20	40,50	GRUMO	dkmj_1058_ps	340	4,52	lav pH
225683	114. 1736	16	19,85	20	40,50	GRUMO	dkmj_1058_ps	200	4,60	lav pH
225683	114. 1736	17	19,15	19	40,50	GRUMO	dkmj_1058_ps	540	4,52	lav pH
225683	114. 1736	18	18,45	18	40,50	GRUMO	dkmj_1058_ps	1300	4,43	lav pH
225683	114. 1736	19	17,75	18	40,50	GRUMO	dkmj_1058_ps	1400	4,43	lav pH
225683	114. 1736	20	17,05	17	40,50	GRUMO	dkmj_1058_ps	1200	4,43	lav pH
225683	114. 1736	21	16,05	16	40,50	GRUMO	dkmj_1058_ps	1200	4,41	lav pH
225683	114. 1736	22	14,55	14	40,50	GRUMO	dkmj_1058_ps	1200	4,47	lav pH
225683	114. 1736	23	13,05	13	40,50	GRUMO	dkmj_988_ks	1100	4,48	lav pH
102413	117. 343	1	37	28	59,00	Grundvandskortlægning	dkmj_994_ks	130	7,05	dybde til top af indtag >20 m
402597	121. 1406	1	30	24	31,00	Grundvandskortlægning	dkmj_1109_ks	170	6,26	dybde til top af indtag >20 m
386008	131. 1977	1	8	8	8,00	GRUMO	dkmj_1091_ks	1078	4,52	lav pH
480378	141. 1253	1	200	197	203	Grundvandskortlægning	dkmj_1040_ps	187	8,65	dybde til top af indtag >20 m
440248	162. 724	1	58	49	78,30	GRUMO	dkmj_37_ks	320	7,67	dybde til top af indtag >20 m
378722	174. 280	1	6	5	7,00	GRUMO	dkmj_2_ks	3800	4,24	lav pH
378724	174. 281	1	5,5	5	6,50	GRUMO	dkmj_2_ks	1600	4,35	lav pH
378728	174. 285	1	6	5	8,00	GRUMO	dkmj_2_ks	1533	4,46	lav pH

Bilag B. Indtag der vurderes at have naturligt forhøjede MAM-koncentrationer af arsen.

BORID	DGUNR	INDTAGSNR	INDTAG_BUND	INDTAG_TOP	BORINGSDYBDE	DATATYPE	GVFOREKOM	1511 Arsen	1176 Nitrat	41 pH	Vurdering
225	1. 194	1	20	14	20	VF	dkmj_16_ks	19,0	1,5	6,90	nitrat < 2 mg/L og dybde til top af indtag >=10 m
268	1. 253	1	18	10	19	VF	dkmj_16_ks	12,0	1,5	7,10	nitrat < 2 mg/L og dybde til top af indtag >=10 m
2398	6. 290	1	50,4	48,4	56,5	VF	dkmj_979_ks	12,5	1,5	8,05	dybde til top af indtag >40 m
6334	10. 748	1	37	31	40	VF	dkmj_979_ks	5,6	19,5	7,70	dybde til bund af indtag >=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
472333	10. 1064	1	42	36	43	VF	dkmj_1010_ks	6,9	12,3	7,60	dybde til bund af indtag >40 m
201701	15. 765	1	60	54	63	VF	dkmj_1009_ks	5,2	22	8,00	dybde til top af indtag >40 m
381762	16. 1054	2	23	21	77,5	VF	dkmj_980_ks	10,0	1,5	7,57	nitrat < 2 mg/L og dybde til top af indtag >=10 m
435120	16. 1221	1	62	50	65	VF	dkmj_971_kalk	5,2	1,5	7,55	dybde til top af indtag >40 m
540369	16. 1376	1	60	48	66	VF	dkmj_971_kalk	5,3	1,5	7,10	dybde til top af indtag >40 m
11437	23. 237	1	33		33	VF	dkmj_973_kalk	6,3	1,5	7,75	boringsdybde >=30 m
11482	23. 277	1			43	VF	dkmj_973_kalk	6,3	1,5	7,88	boringsdybde >=30 m
318423	23. 435	1	53	52	75	VF	dkmj_973_kalk	7,6	1,5	7,70	dybde til top af indtag >40 m
318443	23. 436	1	42	32,25	42	VF	dkmj_973_kalk	12,0	1,5	7,70	dybde til bund af indtag >40 m
12205	24. 635	1	90	56	90	VF	dkmj_973_kalk	14,8	1,5	7,75	dybde til top af indtag >40 m
12327	24. 757	1	38	20	43	VF	dkmj_973_kalk	5,5	1,5	7,70	dybde til bund af indtag >=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
323943	24. 947	1	69	57	80	VF	dkmj_973_kalk	5,8	1,5	7,45	dybde til top af indtag >40 m
522752	24. 1161	1	20	11	40	VF	dkmj_973_kalk	6,9	1,5	7,80	nitrat < 2 mg/L og dybde til top af indtag >=10 m
528887	24. 1164	1	11	10	16	GRUMO	dkmj_1008_ks	10,5	1,5	6,27	nitrat < 2 mg/L og dybde til top af indtag >=10 m
13014	25. 591	1	20	14	20,75	VF	dkmj_1008_ks	830,0	1,5	7,65	fejl i indberetning (1000x)
14557	26. 1323	1	42,65	12	42,65	VF	dkmj_974_kalk	12,3	1,5	7,13	dybde til bund af indtag >40 m
16128	26. 2893	1	49	13,48	49	VF	dkmj_974_kalk	15,0	1,5	7,35	dybde til bund af indtag >40 m
17294	26. 4031	3	46	40	80	ANDET	dkmj_971_kalk	7,6	1,5	7,98	dybde til bund af indtag >40 m
17294	26. 4031	2	62	60	80	ANDET	dkmj_971_kalk	7,8	1,5	8,07	dybde til top af indtag >40 m
17294	26. 4031	1	72	70	80	ANDET	dkmj_971_kalk	6,3	1,5	7,93	dybde til top af indtag >40 m
19804	30. 933	1	50	48	51	GRUMO	dkmj_972_kalk	8,9	1,5	7,26	dybde til top af indtag >40 m
21343	32. 1106	1	42	36	45	VF	dkmj_29_ks	8,4	1,5	7,20	dybde til bund af indtag >40 m
21909	33. 568	1	58	34	62,5	VF	dkmj_976_kalk	7,0	16	7,50	dybde til bund af indtag >40 m
21948	33. 607	1			82	VF	dkmj_976_kalk	32,0	33	7,50	boringsdybde >=30 m
337103	34. 2623	2	69	63	90	ANDET	dkmj_974_kalk	20,6	1,5	7,56	dybde til top af indtag >40 m
456285	34. 3515	1	66,5	45,5	67	VF	dkmj_974_kalk	15,0	9,0	7,60	dybde til top af indtag >40 m
480002	34. 3578	1	100	91	100	VF	dkmj_974_kalk	6,4	1,5	7,70	dybde til top af indtag >40 m
530794	34. 3950	1	152	134	152,5	VF	dkmj_974_kalk	5,7	1,5	8,40	dybde til top af indtag >40 m
25193	36. 259	1	43	40	43	VF	dkmj_147_ks	11,0	1,5	7,49	dybde til bund af indtag >40 m
25196	36. 262	1			36,5	VF	dkmj_147_ks	8,8	1,5	7,69	boringsdybde >=30 m
25202	36. 268	1	45	37,5	45	VF	dkmj_972_kalk	23,0	1,5	7,56	dybde til bund af indtag >40 m
25267	36. 333	1	42,5	36,5	42,5	VF	dkmj_147_ks	9,0	1,5	7,41	dybde til bund af indtag >40 m
25319	36. 385	1			40,5	VF	dkmj_147_ks	9,5	1,5	7,46	boringsdybde >=30 m
25414	36. 480	1	38	32	48,5	VF	dkmj_147_ks	11,0	1,5	7,40	dybde til bund af indtag >=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
25416	36. 482	1	48	45	51	VF	dkmj_147_ks	10,4	1,5	7,65	dybde til top af indtag >40 m
27784	39. 435	1			62	VF	dkmj_976_kalk	12,0	1,5	7,50	boringsdybde >=30 m
28836	40. 555	1	52	40	52,4	VF	dkmj_1096_ks	10,2	1,5	7,54	dybde til bund af indtag >40 m
29283	40. 1022	1	114	105	126	VF	dkmj_14_ks	13,0	1,5	7,80	dybde til top af indtag >40 m
29321	40. 1060	1	83	71	87	VF	dkmj_14_ks	9,9	1,5	7,50	dybde til top af indtag >40 m
31181	44. 451	1	65,5	53,5	67	VF	dkmj_32_ks	20,5	1,5	7,10	dybde til top af indtag >40 m
33482	47. 782	1	59	47	60	VF	dkmj_1096_ks	8,4	1,5	7,90	dybde til top af indtag >40 m
33668	47. 968	1	60	48	60	VF	dkmj_1096_ks	8,4	1,5	8,10	dybde til top af indtag >40 m
34705	48. 1068	1	76	64	90	VF	dkmj_1096_ks	13,7	1,5	7,60	dybde til top af indtag >40 m
34932	49. 159	1	84	61,5	84	VF	dkmj_978_kalk	6,8	1,5	7,80	dybde til top af indtag >40 m
35599	50. 240	1	100	86	100	VF	dkmj_978_kalk	8,1	1,5	7,60	dybde til top af indtag >40 m

Bilag 11: Ekspertvurdering. Sporstoffer.

35766	50. 682	1	95	66	95	VF	dkmj_978_kalk	9,6	4,1	7,70	dybde til top af indtag >40 m
36100	52. 235	1	28	22	29	VF	dkmj_999_ks	11,0	1,5	7,08	nitrat < 2 mg/L og dybde til top af indtag >=10 m
480813	52. 379	1	26,5	20,5	26,5	VF	dkmj_999_ks	9,2	1,5	7,43	nitrat < 2 mg/L og dybde til top af indtag >=10 m
207981	53. 470	1	53,5	45	55	VF	dkmj_820_ps	5,3	1,5	7,52	dybde til top af indtag >40 m
446668	53. 712	1	49	43	50	VF	dkmj_820_ps	5,7	1,5	7,29	dybde til top af indtag >40 m
402997	54. 763	1	67,5	59,5	92	VF	dkmj_414_ks	8,6	1,5	7,79	dybde til top af indtag >40 m
37615	55. 451	1	45	34,5	46,5	VF	dkmj_1101_ks	8,9	1,5	8,01	dybde til bund af indtag >40 m
38025	55. 861	1	13	11	13,5	GRUMO	dkmj_1002_ks	8,0	1,5	8,03	nitrat < 2 mg/L og dybde til top af indtag >=10 m
39838	58. 16A	1	57	48,5	57	VF	dkmj_978_kalk	7,5	1,5	7,60	dybde til top af indtag >40 m
39839	58. 16B	1	60,3	38,1	60,3	VF	dkmj_978_kalk	8,5	1,5	7,50	dybde til bund af indtag >40 m
40025	58. 193	1	75	29	75	VF	dkmj_978_kalk	6,9	1,5	7,70	dybde til bund af indtag >40 m
40208	58. 369	1	58	45	58	VF	dkmj_978_kalk	8,0	1,5	7,80	dybde til top af indtag >40 m
40287	58. 448	1	90	47,5	90	VF	dkmj_978_kalk	5,8	1,5	7,60	dybde til top af indtag >40 m
545526	61. 149	1	88	46	88	VF	dkmj_977_kalk	6,7	1,5	7,57	dybde til top af indtag >40 m
43128	64. 999	1	60	48	69	VF	dkmj_1101_ks	27,0	1,5	7,41	dybde til top af indtag >40 m
44219	65. 1067	1	20	18	21	GRUMO	dkmj_420_ks	11,0	1,5	7,51	nitrat < 2 mg/L og dybde til top af indtag >=10 m
44220	65. 1068	1	21	20	21	GRUMO	dkmj_1020_ps	5,5	1,5	7,48	nitrat < 2 mg/L og dybde til top af indtag >=10 m
44220	65. 1068	2	18	17	21	GRUMO	dkmj_420_ks	10,0	1,5	7,60	nitrat < 2 mg/L og dybde til top af indtag >=10 m
47007	67. 813	1	86	74	93	VF	dkmj_683_ks	11,5	1,5	7,75	dybde til top af indtag >40 m
461532	67. 1162	1	86	74	88	VF	dkmj_683_ks	11,0	1,5	7,90	dybde til top af indtag >40 m
489233	68. 1213	2	47	42	72	Grundvandskortlægning	dkmj_977_kalk	16,0	1,5	7,80	dybde til top af indtag >40 m
48765	70. 62	1	7,5		7,5	Grundvandskortlægning	dkmj_977_kalk	7,4	1,5	7,80	boringsdybde >=30 m
525647	73. 1229	1	27,7	26,7	28,5	GRUMO	dkmj_1_ks	9,4	1,5	7,25	nitrat < 2 mg/L og dybde til top af indtag >=10 m
55497	76. 1269	1	60	51	61,5	VF	dkmj_857_ps	5,8	1,5	7,35	dybde til top af indtag >40 m
55930	76. 1701	1	58	49	69	VF	dkmj_857_ps	5,6	1,5	7,15	dybde til top af indtag >40 m
466735	76. 2042	1	39	33	40	VF	dkmj_1018_ps	5,3	1,5	7,30	dybde til bund af indtag >=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
370182	78. 928	1	54	48	53	VF	dkmj_3_ks	9,2	1,5	8,05	dybde til top af indtag >40 m
58541	79. 330	1	100	95	104	Grundvandskortlægning	dkmj_1074_ks	8,9	1,5	7,26	dybde til top af indtag >40 m
58690	79. 478	1	34	28	34	VF	dkmj_982_ks	14,0	1,5	7,30	dybde til bund af indtag >=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
58804	79. 592	1	34	29	34,5	VF	dkmj_982_ks	11,1	1,5	7,44	dybde til bund af indtag >=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
252110	79. 1263	1	110	98	114	Grundvandskortlægning	dkmj_1074_ks	12,0	1,5	7,98	dybde til top af indtag >40 m
421888	79. 1437	1	98	86	100	VF	dkmj_982_ks	8,9	1,5	7,57	dybde til top af indtag >40 m
504257	79. 1857	1	79	61	80	VF	dkmj_3_ks	7,8	1,5	7,40	dybde til top af indtag >40 m
59820	80. 399	1	60	48	60	VF	dkmj_977_kalk	7,3	1,5	7,40	dybde til top af indtag >40 m
70552	88. 506	1	60,2	52,7	61	VF	dkmj_910_ps	7,7	1,5	7,00	dybde til top af indtag >40 m
70574	88. 528	1	33,9	33,4	55	VF	dkmj_1075_ks	8,3	1,5	7,30	dybde til bund af indtag >=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
70618	88. 572	1	41,5	29,5	43,6	VF	dkmj_1075_ks	8,4	1,5	7,40	dybde til bund af indtag >40 m
70719	88. 673	1	32,2	21,9	34,2	VF	dkmj_1075_ks	8,1	1,5	7,55	dybde til bund af indtag >=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
70729	88. 683	1	61	53	62,5	VF	dkmj_910_ps	6,0	1,5	7,35	dybde til top af indtag >40 m
70757	88. 711	1	61,5	55,5	63,5	VF	dkmj_1034_ps	9,4	1,5	6,30	dybde til top af indtag >40 m
70809	88. 763	1	35	27	36	VF	dkmj_1075_ks	17,0	1,5	7,50	dybde til bund af indtag >=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
70817	88. 771	1	61	58	61	VF	dkmj_1034_ps	5,9	1,5	7,40	dybde til top af indtag >40 m
70857	88. 811	1	34	22	35	VF	dkmj_1073_ks	8,6	1,5	7,60	dybde til bund af indtag >=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
70871	88. 825	1	68	57,5	69,5	VF	dkmj_910_ps	10,0	1,5	7,05	dybde til top af indtag >40 m
70872	88. 826	1	63,5	53,5	67	VF	dkmj_910_ps	5,9	1,5	7,25	dybde til top af indtag >40 m
70922	88. 876	1	78	64	83	VF	dkmj_592_ks	32,0	1,5	7,80	dybde til top af indtag >40 m
70951	88. 905	1	62	44	62	VF	dkmj_1075_ks	44,5	1,5	7,40	dybde til top af indtag >40 m
70971	88. 925	1	62	51	65	VF	dkmj_910_ps	8,5	1,5	7,10	dybde til top af indtag >40 m
70975	88. 929	1	38,5	32,5	40	VF	dkmj_1075_ks	14,3	1,5	7,45	dybde til bund af indtag >=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
71016	88. 970	1	67	55	68	VF	dkmj_592_ks	29,7	1,5	7,60	dybde til top af indtag >40 m

Bilag 11: Ekspertvurdering. Sporstoffer.

71094	88. 1048	1	48	31	48	VF	dkmj_1075_ks	15,4	1,5	7,55	dybde til bund af indtag >40 m
71095	88. 1049	1	32	30	32	VF	dkmj_1075_ks	19,4	1,5	7,65	dybde til bund af indtag>=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
71096	88. 1050	1	32	30	32	VF	dkmj_1075_ks	19,2	1,5	7,55	dybde til bund af indtag>=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
71143	88. 1097	1	63,5	51,5	63,5	VF	dkmj_573_ks	35,0	1,5	7,50	dybde til top af indtag >40 m
219424	88. 1227	1	126	117	134	VF	dkmj_583_ks	14,0	1,5	7,80	dybde til top af indtag >40 m
241231	88. 1240	1	84	66	87	VF	dkmj_577_ks	22,4	1,5	7,60	dybde til top af indtag >40 m
251850	88. 1261	1	78	60	87	VF	dkmj_573_ks	33,5	1,5	7,65	dybde til top af indtag >40 m
280611	88. 1276	1	39,4	34,4	52	VF	dkmj_1075_ks	9,7	1,5	7,40	dybde til bund af indtag>=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
302707	88. 1296	1	58	52	63,5	VF	dkmj_592_ks	8,5	1,5	7,60	dybde til top af indtag >40 m
314872	88. 1306	1	27	21	96	VF	dkmj_1075_ks	17,2	1,5	7,40	nitrat < 2 mg/L og dybde til top af indtag >=10 m
403611	88. 1452	1	71	68	91	GRUMO	dkmj_577_ks	14,0	1,5	7,69	dybde til top af indtag >40 m
503639	88. 1746	1	74,5	68,5	79	VF	dkmj_577_ks	12,4	1,5	7,47	dybde til top af indtag >40 m
528904	88. 1828	1	147	146	157	GRUMO	dkmj_578_ks	12,5	1,5	7,84	dybde til top af indtag >40 m
71798	89. 405	1	50,4	36,5	51,4	VF	dkmj_592_ks	7,6	1,5	7,20	dybde til bund af indtag >40 m
71872	89. 461	1	21,2	17,2	28	VF	dkmj_1074_ks	7,6	1,5	7,42	nitrat < 2 mg/L og dybde til top af indtag >=10 m
72469	89. 1042	1	79,95	61,95	81	VF	dkmj_592_ks	9,0	1,5	7,35	dybde til top af indtag >40 m
72515	89. 1088	1	84	74	84	VF	dkmj_592_ks	9,6	1,5	7,20	dybde til top af indtag >40 m
72516	89. 1089	1	90	78	92	VF	dkmj_592_ks	11,1	1,5	7,20	dybde til top af indtag >40 m
472383	89. 1904	1	89	77	90	VF	dkmj_592_ks	13,7	1,5	7,20	dybde til top af indtag >40 m
495811	89. 2038	3	55	49	244	Grundvandskortlægning	dkmj_1075_ks	10,0	1,5	7,47	dybde til top af indtag >40 m
495811	89. 2038	1	142	130	244	Grundvandskortlægning	dkmj_592_ks	7,9	1,5	7,39	dybde til top af indtag >40 m
73043	90. 120	1	30	26	33	VF	dkmj_349_ks	5,5	4,6	7,40	dybde til top af indtag 26 m og til bund af indtag 30 m
73072	90. 149	1	56	53	56	VF	dkmj_1113_ks	19,0	1,5	7,60	dybde til top af indtag >40 m
81810	96. 1975	1	36,11	35,6	37	GRUMO	dkmj_1065_ps	5,9	1,5	6,23	dybde til bund af indtag>=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
83364	98. 440	1	61	57	61	VF	dkmj_702_ks	11,0	1,5	7,50	dybde til top af indtag >40 m
83439	98. 515	1	102	58,5	102	VF	dkmj_593_ks	8,5	1,5	7,20	dybde til top af indtag >40 m
83452	98. 528	1	84	79	84	VF	dkmj_5_ks	8,5	1,5	7,40	dybde til top af indtag >40 m
83676	98. 753	1			57,5	VF	dkmj_917_ps	9,9	1,5	7,20	boringsdybde >=30 m
395398	98. 1226	1	28	24	28	VF	dkmj_357_ks	12,0	1,5	7,50	nitrat < 2 mg/L og dybde til top af indtag >=10 m
442910	98. 1288	1	94	88	97,5	VF	dkmj_5_ks	7,7	1,5	7,25	dybde til top af indtag >40 m
443592	98. 1289	1	111	105	117	VF	dkmj_591_ks	13,7	1,5	7,45	dybde til top af indtag >40 m
459998	98. 1332	1	69	63	78,5	VF	dkmj_1075_ks	8,7	1,5	7,23	dybde til top af indtag >40 m
470177	98. 1343	1	89	77	91	VF	dkmj_5_ks	10,2	1,5	7,40	dybde til top af indtag >40 m
84219	99. 237	1	77,21	60,61	85	VF	dkmj_597_ks	11,0	1,5	7,50	dybde til top af indtag >40 m
84220	99. 238	1	68,03	53,53	78	VF	dkmj_597_ks	11,5	1,5	7,35	dybde til top af indtag >40 m
84266	99. 289	1	66,31	48,61	68,9	VF	dkmj_597_ks	8,2	1,5	7,30	dybde til top af indtag >40 m
84268	99. 291	1	67,6	42,8	67,6	VF	dkmj_597_ks	8,4	1,5	7,40	dybde til top af indtag >40 m
84306	99. 329	1		72	50,5	VF	dkmj_914_ps	5,8	1,5	7,20	dybde til top af indtag >40 m
84329	99. 355	1		70	50,5	VF	dkmj_914_ps	6,3	1,5	7,17	dybde til top af indtag >40 m
84358	99. 384	1	49,6	32,9	49,6	VF	dkmj_914_ps	5,9	1,5	7,40	dybde til bund af indtag >40 m
84397	99. 423	1	41	32	41	VF	dkmj_914_ps	5,2	1,5	7,12	dybde til bund af indtag >40 m
84437	99. 463	1	24,25	23,25	32,5	GRUMO	dkmj_917_ps	6,9	1,5	7,55	nitrat < 2 mg/L og dybde til top af indtag >=10 m
84438	99. 464	1	32,1	31,4	42,5	GRUMO	dkmj_34_ks	29,0	1,5	7,56	dybde til bund af indtag>=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
84479	99. 505	2	38	29	39	VF	dkmj_914_ps	6,5	1,5	7,25	dybde til bund af indtag>=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
264844	99. 588	1	68	56	79	VF	dkmj_597_ks	11,0	1,5	7,45	dybde til top af indtag >40 m
89944	105. 511	1	56	46	56,5	VF	dkmj_1065_ps	5,2	1,5	7,19	dybde til top af indtag >40 m
91097	105. 1671	1	58	48	58	Grundvandskortlægning	dkmj_1065_ps	7,0	1,5	7,26	dybde til top af indtag >40 m
91486	106. 369	1			40	VF	dkmj_994_ks	21,0	1,5	7,20	boringsdybde >=30 m
91489	106. 372	1			25	VF	dkmj_1077_ks	7,8	1,5	7,50	kortblad med høje koncentrationer
91502	106. 385	1			45	VF	dkmj_1012_ps	8,1	1,5	7,50	boringsdybde >=30 m
91820	106. 703	1	42	36	103,5	VF	dkmj_1012_ps	7,8	1,5	7,40	dybde til bund af indtag >40 m

Bilag 11: Ekspertvurdering. Sporstoffer.

91955	106. 838	1	60	54	60	Grundvandskortlægning	dkmj_994_ks	27,0	1,5	7,54	dybde til top af indtag >40 m
91958	106. 841	1	45	39	45	VF	dkmj_994_ks	18,0	1,5	7,30	dybde til bund af indtag >40 m
92112	106. 995	1	39	36	42	Grundvandskortlægning	dkmj_1047_ps	7,0	1,5	7,46	dybde til bund af indtag>=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
92290	106. 1173	1	43	39	44	Grundvandskortlægning	dkmj_1065_ps	11,0	1,5	7,50	dybde til bund af indtag >40 m
92345	106. 1228	1	57	51	57	Grundvandskortlægning	dkmj_1077_ks	16,0	1,5	7,40	dybde til top af indtag >40 m
92360	106. 1243	1	32	24	32	VF	dkmj_1077_ks	16,5	1,5	7,45	dybde til bund af indtag>=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
306646	106. 1390	1	75,5	73,5	81	VF	dkmj_5_ks	23,0	1,5	7,50	dybde til top af indtag >40 m
408137	106. 1455	1			45	VF	dkmj_1077_ks	17,5	1,5	7,50	boringsdybde >=30 m
409278	106. 1456	1			23	VF	dkmj_228_ks	17,0	1,5	7,60	kortblad med høje koncentrationer
436362	106. 1480	1	100,1	90	100,3	VF	dkmj_39_ks	11,3	1,5	7,59	dybde til top af indtag >40 m
444469	106. 1489	1	6,8	5,8	20	GRUMO	dkmj_994_ks	7,8	1,5	7,39	kortblad med høje koncentrationer
497912	106. 1572	1	109	97	110	VF	dkmj_39_ks	16,8	1,5	7,60	dybde til top af indtag >40 m
520531	106. 1603	1	56	47	58	VF	dkmj_994_ks	16,0	1,5	7,40	dybde til top af indtag >40 m
93163	107. 654	1	141,5	118,5	143	VF	dkmj_5_ks	8,6	1,5	7,45	dybde til top af indtag >40 m
93183	107. 674	1	143,5	113,5	169	VF	dkmj_5_ks	17,6	1,5	7,51	dybde til top af indtag >40 m
93210	107. 701	1	96	67	154	VF	dkmj_1077_ks	22,0	1,5	7,48	dybde til top af indtag >40 m
93213	107. 704	1	82,5	59,5	109	VF	dkmj_1077_ks	8,7	1,5	7,31	dybde til top af indtag >40 m
93228	107. 719	1	93,5	65	93	VF	dkmj_1077_ks	15,4	1,5	7,30	dybde til top af indtag >40 m
93242	107. 733	1	92	67	95	VF	dkmj_1077_ks	13,0	1,5	7,30	dybde til top af indtag >40 m
93256	107. 747	1	30	25	31	VF	dkmj_11_ks	11,5	1,5	7,59	kortblad med høje koncentrationer
93332	107. 823	1	83,5	47,5	86,8	VF	dkmj_5_ks	13,6	1,5	7,40	dybde til top af indtag >40 m
93338	107. 829	1	87	51,9	89	VF	dkmj_5_ks	19,8	1,5	7,48	dybde til top af indtag >40 m
93366	107. 857	1	105	47,2	112	VF	dkmj_5_ks	8,7	1,5	7,50	dybde til top af indtag >40 m
93374	107. 865	1	113	57,1	128	VF	dkmj_5_ks	11,0	1,5	7,55	dybde til top af indtag >40 m
93379	107. 870	1	83	71	84	VF	dkmj_628_ks	9,4	1,5	7,30	dybde til top af indtag >40 m
93382	107. 873	1	155	120	155	VF	dkmj_5_ks	11,0	1,5	7,55	dybde til top af indtag >40 m
93383	107. 874	1	48	42	50	VF	dkmj_1077_ks	8,6	1,5	7,30	dybde til top af indtag >40 m
93403	107. 894	1	102	42	234	VF	dkmj_1077_ks	15,1	1,5	7,47	dybde til top af indtag >40 m
93406	107. 896	1	30	20	30	VF	dkmj_11_ks	10,2	1,5	7,76	dybde til bund af indtag>=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
93416	107. 906	1	36,5	30,5	36,7	VF	dkmj_11_ks	12,0	1,5	7,50	dybde til bund af indtag>=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
93417	107. 907	1	46	34	45	VF	dkmj_11_ks	14,5	1,5	7,45	dybde til bund af indtag >40 m
93699	107. 1189	1	50	44	50	VF	dkmj_34_ks	15,0	1,5	7,10	dybde til top af indtag >40 m
93710	107. 1200	1	65	61	68	VF	dkmj_5_ks	11,5	1,5	7,50	dybde til top af indtag >40 m
93739	107. 1229	1	45,7	39,7	45,7	VF	dkmj_11_ks	12,0	1,5	7,40	dybde til bund af indtag >40 m
201537	107. 1367	1	102,5	78,5	107,7	VF	dkmj_5_ks	9,2	1,5	7,35	dybde til top af indtag >40 m
284107	107. 1443	1	110,2	86,2	115	VF	dkmj_5_ks	9,6	1,5	7,35	dybde til top af indtag >40 m
337880	107. 1455	1	92	59	94	VF	dkmj_1077_ks	17,7	1,5	7,40	dybde til top af indtag >40 m
387504	107. 1467	1	132	120	135	VF	dkmj_5_ks	12,3	1,5	7,54	dybde til top af indtag >40 m
397971	107. 1473	1	76	52	115	VF	dkmj_1077_ks	8,6	1,5	7,35	dybde til top af indtag >40 m
411137	107. 1492	1	64	52	90	VF	dkmj_1077_ks	12,7	1,5	7,60	dybde til top af indtag >40 m
445912	107. 1568	1	156	148	242	GRUMO	dkmj_709_ks	36,0	1,5	7,86	dybde til top af indtag >40 m
447470	107. 1569	1	84	49	97,4	VF	dkmj_5_ks	17,6	1,5	7,45	dybde til top af indtag >40 m
94339	109. 231	1	40,2	36,2	40,2	VF	dkm_1825_ks	9,8	1,5	7,40	dybde til bund af indtag >40 m
94377	109. 270	1	40,5	37	42	VF	dkm_1825_ks	6,6	1,5	7,35	dybde til bund af indtag >40 m
95707	112. 1028	1	44,5	38,5	45	Grundvandskortlægning	dkmj_961_ks	9,4	1,5	7,94	dybde til bund af indtag >40 m
99585	115. 405	1	52,5	50,5	52,5	Grundvandskortlægning	dkmj_1089_ks	10,0	1,5	7,58	dybde til top af indtag >40 m
100444	115. 1275	1	64	62	66	Grundvandskortlægning	dkmj_1090_ks	10,0	1,5	7,80	dybde til top af indtag >40 m
101038	116. 534	1	41,7	36,7	41,7	VF	dkmj_994_ks	8,6	1,5	7,40	dybde til bund af indtag >40 m

Bilag 11: Ekspertvurdering. Sporstoffer.

101290	116. 789	1	53	49	53	Grundvandskortlægning	dkmj_997_ks	10,0	1,5	7,04	dybde til top af indtag >40 m
236686	116. 1541	1	35	25	39	VF	dkmj_997_ks	12,5	1,5	7,50	dybde til bund af indtag>=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
376496	116. 1605	1	35,25	29,25	36	VF	dkmj_997_ks	13,0	1,5	7,20	dybde til bund af indtag>=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
407003	116. 1628	1	39,5	34,5	40,5	VF	dkmj_994_ks	8,9	1,5	7,40	dybde til bund af indtag>=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
407216	116. 1629	1	40	34	41	VF	dkmj_1092_ks	10,0	1,5	7,50	dybde til bund af indtag>=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
102057	117. 14C	1	42,3	39,3	42,3	VF	dkmj_997_ks	12,0	1,5	7,30	dybde til bund af indtag >40 m
102425	117. 355	1	73,5	66	76	VF	dkmj_722_ks	44,6	1,5	7,68	dybde til top af indtag >40 m
102435	117. 365	1	26	22	26	VF	dkmj_1092_ks	7,5	1,5	7,60	nitrat < 2 mg/L og dybde til top af indtag >=10 m
102559	117. 489	1	54	48	57	VF	dkmj_997_ks	10,5	1,5	8,20	dybde til top af indtag >40 m
254684	117. 495	1	75	63	127	VF	dkmj_1092_ks	10,3	1,5	7,45	dybde til top af indtag >40 m
413763	117. 535	1	110	104	114	VF	dkmj_640_ks	12,5	1,5	7,84	dybde til top af indtag >40 m
500851	117. 591	1	47,5	46,5	75	GRUMO	dkmj_997_ks	25,5	1,5	7,52	dybde til top af indtag >40 m
102730	120. 66	1	31,7	25,7	32	VF	dkmj_1106_ks	9,0	1,5	7,70	dybde til bund af indtag>=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
102793	120. 129	1	31,5	25,5	32,2	VF	dkmj_1106_ks	9,2	1,5	7,80	dybde til bund af indtag>=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
102826	120. 162	1	32	25	42	VF	dkmj_1106_ks	17,0	1,5	7,60	dybde til bund af indtag>=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
488458	120. 236	1	32	29	48	GRUMO	dkmj_1106_ks	64,0	1,5	6,79	dybde til bund af indtag>=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
328052	123. 1207	1	11,5	10,5	15	GRUMO	dkmj_88_ks	12,5	1,5	7,59	nitrat < 2 mg/L og dybde til top af indtag >=10 m
106975	124. 545	1	37	31	37,5	VF	dkmj_990_ks	13,0	9,6	7,08	dybde til bund af indtag>=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
107540	124. 1115	1	30	27,7	30,7	Grundvandskortlægning	dkmj_1089_ks	14,0	1,5	7,54	dybde til bund af indtag>=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
108450	125. 787	1	53	42	60	VF	dkmj_990_ks	8,6	1,5	7,35	dybde til top af indtag >40 m
109430	125. 1765	1	16,5	15,8	21	GRUMO	dkmj_258_ks	15,0	1,5	7,53	nitrat < 2 mg/L og dybde til top af indtag >=10 m
298668	125. 1951	1	68	60	68	VF	dkmj_1089_ks	7,8	1,5	7,27	dybde til top af indtag >40 m
318395	125. 1992	1	88	80	101	VF	dkmj_1048_ps	6,0	1,5	7,30	dybde til top af indtag >40 m
112526	131. 1060	2	11,5	10,5	80	GRUMO	dkmj_1110_ks	5,5	1,5	4,99	nitrat < 2 mg/L og dybde til top af indtag >=10 m
115349	133. 876	1	70	67	72	Grundvandskortlægning	dkmj_1089_ks	9,4	1,5	7,37	dybde til top af indtag >40 m
446708	133. 1460	1	58	52	58	Grundvandskortlægning	dkmj_1089_ks	12,0	1,5	7,47	dybde til top af indtag >40 m
117323	135. 264	1	39,5	31,8	43	VF	dkmf_1345_ks	25,9	1,5	7,30	dybde til bund af indtag>=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
117337	135. 278	1	35,6	34	35,6	VF	dkmf_1216_ks	15,1	1,5	7,63	dybde til bund af indtag>=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
117349	135. 290	1	40	36	41,1	VF	dkmf_1345_ks	41,2	1,5	7,15	dybde til bund af indtag>=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
117350	135. 291	1	36	34	74	VF	dkmf_1345_ks	36,3	1,5	7,30	dybde til bund af indtag>=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
117985	135. 926	1	40	31	40	VF	dkmf_1345_ks	37,2	1,5	7,25	dybde til bund af indtag>=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
118157	135. 1098	1	40	28	41	VF	dkmf_1345_ks	40,1	1,5	7,40	dybde til bund af indtag>=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
118194	135. 1135	1	65	53	70	VF	dkmf_1117_ks	16,4	1,5	7,47	dybde til top af indtag >40 m
118196	135. 1137	1	72	67,5	72	VF	dkmf_1117_ks	17,0	1,5	7,50	dybde til top af indtag >40 m
118198	135. 1139	1	75	57	77	VF	dkmf_1117_ks	18,0	1,5	7,30	dybde til top af indtag >40 m
372103	135. 1395	1	27,4	22,4	28	VF	dkmf_1345_ks	18,0	1,5	7,50	kortblad med høje koncentrationer
396916	135. 1441	1	8	7	8	GRUMO	dkmf_1152_ks	24,0	1,5	7,29	kortblad med høje koncentrationer
547931	136. 1915	1	87	78	88	VF	dkmf_1344_ks	18,0	1,5	7,40	dybde til top af indtag >40 m
594927	136. 1944	1	86	77	88	VF	dkmf_1344_ks	36,5	1,5	7,40	dybde til top af indtag >40 m
122510	142. 108	1	33,4	28,4	33,4	VF	dkmj_1062_ps	5,4	1,5	7,14	dybde til bund af indtag>=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
123033	142. 631	1	34	28	39	Grundvandskortlægning	dkmj_1087_ks	11,0	1,5	7,19	dybde til bund af indtag>=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
303250	142. 997	1	40,5	28	42	Grundvandskortlægning	dkmj_964_ks	13,0	1,5	7,18	dybde til bund af indtag >40 m
412918	143. 430	1	54	48	60	VF	dkmj_1085_ks	6,5	6,7	7,68	dybde til top af indtag >40 m
123642	144. 24	1	38	34	54	VF	dkmf_1345_ks	31,0	1,5	7,80	dybde til bund af indtag>=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
123730	144. 105	1	39	33	39	VF	dkmf_1346_ks	29,0	1,5	7,30	dybde til bund af indtag>=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
123798	144. 173	1	79	71	79	VF	dkmf_1272_ks	21,0	1,5	7,60	dybde til top af indtag >40 m
123847	144. 222	1	81	71	82	VF	dkmf_1272_ks	18,0	1,5	7,50	dybde til top af indtag >40 m
124109	144. 484	1	35	29	35	VF	dkmf_1346_ks	23,0	1,5	7,40	dybde til bund af indtag>=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
124113	144. 488	1			40,5	VF	dkmf_1345_ks	20,0	1,5	7,50	boringsdybde >=30 m
125017	145. 811	1	54	42	54,6	VF	dkmf_1344_ks	16,0	1,5	7,35	dybde til top af indtag >40 m

Bilag 11: Ekspertvurdering. Sporstoffer.

125087	145. 881	1	59	41	60,5	VF	dkmf_1344_ks	19,0	1,5	7,40	dybde til top af indtag >40 m
125099	145. 893	1	36,5	30,5	37,5	VF	dkmf_1344_ks	7,0	3,5	7,45	dybde til bund af indtag>=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
126255	145. 2050	1	62,6	52,8	63	VF	dkmf_1279_ks	5,9	2,3	7,50	dybde til bund af indtag >40 m
126317	145. 2112	1	46	40	46	VF	dkmf_1344_ks	20,0	1,5	7,30	dybde til bund af indtag >40 m
126318	145. 2113	1	50	41	50	VF	dkmf_1344_ks	18,5	1,5	7,35	dybde til top af indtag >40 m
126329	145. 2124	1	48,5	47,5	83	GRUMO	dkmf_1344_ks	41,0	1,5	7,30	dybde til top af indtag >40 m
126329	145. 2124	3	12,5	11,5	83	GRUMO	dkmf_1337_ks	16,0	1,5	7,34	kortblad med høje koncentrationer
456946	146. 2986	1	78	63	79,5	VF	dkmf_1340_kalk	8,3	1,5	7,39	dybde til top af indtag >40 m
133111	153. 13	1	27	18	27	VF	dkmf_1346_ks	12,2	26,4	7,00	dybde til bund af indtag 27 m
134468	155. 192	1	32	28	34	VF	dkmf_1333_ks	25,0	1,5	7,40	dybde til bund af indtag>=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
134469	155. 193	1	36	27	36,1	VF	dkmf_1333_ks	18,0	1,5	7,40	dybde til bund af indtag>=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
366776	163. 665	1	31,7	12	34	VF	dkmf_1314_ks	5,1	19,8	7,15	dybde til bund af indtag 31,7 m
141327	164. 936	1	25,5	25	29,5	GRUMO	dkmf_1333_ks	7,5	3,1	7,37	dybde til top af indtag 25 m og til bund af indtag 25,5 m
145513	169. 81A	1	52	50	52	VF	dkmj_37_ks	10,2	1,5	7,33	dybde til top af indtag >40 m
145888	169. 421	1	49	43	52	VF	dkmj_816_ps	19,0	1,5	7,50	dybde til top af indtag >40 m
146106	169. 569	1	54,7	48,7	56,5	VF	dkmj_37_ks	11,0	1,5	7,35	dybde til top af indtag >40 m
146147	169. 610	1	48	42	50,5	VF	dkmj_816_ps	21,0	1,5	7,30	dybde til top af indtag >40 m
399780	169. 785	1	92	86	98	VF	dkmj_675_ks	10,0	1,5	7,71	dybde til top af indtag >40 m
148082	178. 74	1	28,6	20,7	28,6	VF	dkmf_1242_ks	6,8	14,4	7,21	dybde til bund af indtag 28,6 m
149059	184. 42	1	60	48	60	VF	dkms_3618_kalk	5,5	1,5	7,30	dybde til top af indtag >40 m
152652	190. 218	1	73	49	74	VF	dkms_3618_kalk	5,6	1,5	7,45	dybde til top af indtag >40 m
152811	191. 85	1	70	62	70	VF	dkms_3618_kalk	8,5	1,5	7,40	dybde til top af indtag >40 m
152850	191. 124	1	54	41,9	54	VF	dkms_3618_kalk	9,8	1,5	7,63	dybde til top af indtag >40 m
152916	191. 190	1	78	54	78	VF	dkms_3618_kalk	29,0	1,5	7,48	dybde til top af indtag >40 m
152926	191. 200	1	104	80	104	Grundvandskortlægning	dkms_3618_kalk	29,0	1,5	7,40	dybde til top af indtag >40 m
152927	191. 201	1	102	78	102	VF	dkms_3618_kalk	24,0	1,5	7,25	dybde til top af indtag >40 m
200961	191. 214	1	72	60	72	VF	dkms_3618_kalk	7,3	1,5	7,45	dybde til top af indtag >40 m
539571	194. 1569	3	23	21	56,5	VF	dkms_3617_ks	16,0	20	7,40	dybde til top af indtag 21 m og til bund af indtag 23 m
157631	197. 485	1	42,1	33,1	44	VF	dkms_3655_ks	22,5	1,5	7,40	dybde til bund af indtag >40 m
202313	197. 517	1	42	31	42,5	VF	dkms_3655_ks	26,0	1,5	7,35	dybde til bund af indtag >40 m
348754	197. 540	1	44	38	45	VF	dkms_3655_ks	17,0	1,5	7,40	dybde til bund af indtag >40 m
158171	198. 435	1	65	52,5	65	VF	dkms_3618_kalk	5,6	1,5	7,30	dybde til top af indtag >40 m
163002	200. 3169	1	35	14	35	VF	dkms_3601_kalk	9,4	1,5	6,98	nitrat < 2 mg/L og dybde til top af indtag >=10 m
163143	200. 3310	1	86,5	70,5	86,5	VF	dkms_3628_kalk	5,4	1,5	7,40	dybde til top af indtag >40 m
163173	200. 3340	1	85,5	73,5	85,5	VF	dkms_3628_kalk	5,6	1,5	7,50	dybde til top af indtag >40 m
163600	200. 3767	1	30	18	30,4	VF	dkms_3601_kalk	6,3	1,5	7,02	nitrat < 2 mg/L og dybde til top af indtag >=10 m
164220	201. 28	1	69,6	24	80	DEPOT (øvrige)	dkms_3627_kalk	20,0	1,5	6,64	dybde til bund af indtag >40 m
539569	201. 1170	1	51,5	48,5	51,5	VF	dkms_3628_kalk	26,0	1,5	7,50	dybde til top af indtag >40 m
168256	201. 3825	1	27	18	27	DEPOT (øvrige)	dkms_3627_kalk	12,5	1,5	6,87	nitrat < 2 mg/L og dybde til top af indtag >=10 m
168258	201. 3827	1	25	19,5	25	DEPOT (øvrige)	dkms_3627_kalk	60,0	1,5	6,79	nitrat < 2 mg/L og dybde til top af indtag >=10 m
168282	201. 3851	1	35	17,5	35	DEPOT (øvrige)	dkms_3627_kalk	15,5	1,5	6,90	nitrat < 2 mg/L og dybde til top af indtag >=10 m
200991	201. 4795	1	13,2	12,2	13,6	GRUMO	dkms_3627_kalk	7,7	1,5	6,81	nitrat < 2 mg/L og dybde til top af indtag >=10 m
399513	201. 6123	1	45	20	45,1	DEPOT (øvrige)	dkms_3627_kalk	6,2	1,5	7,07	dybde til bund af indtag >40 m
169933	203. 412	1	28,9	22,7	28,9	VF	dkms_3654_ks	22,0	1,5	7,30	nitrat < 2 mg/L og dybde til top af indtag >=10 m
171081	205. 330	1	36	27	37	VF	dkms_3639_ks	32,2	1,5	7,43	dybde til bund af indtag>=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
467999	206. 1824	1	65,5	35,5	72	VF	dkms_3627_kalk	6,8	1,5	7,33	dybde til bund af indtag >40 m
175995	207. 2826	2	27,5	27	47	GRUMO	dkms_3627_kalk	10,0	1,5	7,29	nitrat < 2 mg/L og dybde til top af indtag >=10 m
176173	207. 3004	1	19,6	17,6	19,8	GRUMO	dkms_3627_kalk	6,8	1,5	7,33	nitrat < 2 mg/L og dybde til top af indtag >=10 m
450958	207. 4205	1	60	22	60	VF	dkms_3627_kalk	5,1	1,5	7,05	dybde til bund af indtag >40 m
176759	208. 688	1	60	17	80	VF	dkms_3583_kalk	10,5	1,5	7,24	dybde til bund af indtag >40 m

Bilag 11: Ekspertvurdering. Sporstoffer.

177052	208. 310	1	25,8	15,2	25,8	Grundvandskortlægning	dkms_3583_kalk	6,5	56	6,29	Dybde til bund 25,8 m
178482	208. 1717	2	21,5	12,5	42,3	Grundvandskortlægning	dkms_3583_kalk	8,6	1,5	6,19	nitrat < 2 mg/L og dybde til top af indtag >=10 m
178683	208. 1918	1	30	24,2	30	VF	dkms_3583_kalk	5,1	1,5	7,20	nitrat < 2 mg/L og dybde til top af indtag >=10 m
179045	208. 2280	1	21	13	21	Grundvandskortlægning	dkms_3583_kalk	5,5	1,5	5,80	nitrat < 2 mg/L og dybde til top af indtag >=10 m
180801	209. 202	1	45	41	45	VF	dkms_3621_kalk	14,5	1,5	7,45	dybde til top af indtag >40 m
180847	210. 18H	1	30,5	23,5	32	VF	dkms_3647_ks	16,0	1,5	7,40	dybde til bund af indtag >=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
181553	210. 691	1	43,5	34,5	47,5	Grundvandskortlægning	dkms_3010_ks	16,0	1,5	7,15	dybde til bund af indtag >40 m
345867	210. 1033	1	41,25	33,25	42	VF	dkms_3621_kalk	9,4	1,5	7,30	dybde til bund af indtag >40 m
183323	212. 842	1	74	16,5	74	VF	dkms_3627_kalk	5,5	1,5	7,10	dybde til bund af indtag >40 m
183420	212. 939	1	48	18,6	48	VF	dkms_3627_kalk	6,0	1,5	7,10	dybde til bund af indtag >40 m
184155	213. 433	1	56	29,3	56	VF	dkms_3623_kalk	17,0	1,5	7,55	dybde til bund af indtag >40 m
184243	213. 521	1	52	28	52	Grundvandskortlægning	dkms_3623_kalk	5,7	680	6,22	dybde til bund af indtag >40 m
455002	213. 694	1	49,8	13,8	50	VF	dkms_3623_kalk	8,1	1,5	7,25	dybde til bund af indtag >40 m
184443	214. 98	1	65	59	90	VF	dkms_3010_ks	41,0	1,5	7,20	dybde til top af indtag >40 m
184842	214. 483	1	58,7	58,5	65,7	VF	dkms_3010_ks	34,0	1,5	7,15	dybde til top af indtag >40 m
185229	214. 869	1	35	29	41	Grundvandskortlægning	dkms_3010_ks	19,0	1,5	7,20	dybde til bund af indtag >=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
185310	215. 19	1	42,5	39,5	42,5	VF	dkms_3648_ks	16,5	1,5	7,40	dybde til bund af indtag >40 m
185685	215. 363	1			48	Grundvandskortlægning	dkms_3010_ks	18,0	1,5	11,83	boringsdybde >=30 m
185737	215. 416	1	36	17,5	36	VF	dkms_3647_ks	19,0	1,5	7,30	kortblad med høje koncentrationer
185758	215. 437	1	67,1	65,3	67,1	Grundvandskortlægning	dkms_3010_ks	35,0	1,5	7,20	dybde til top af indtag >40 m
185759	215. 438	1	46,8	42	46,8	Grundvandskortlægning	dkms_3620_kalk	6,1	1,5	7,08	dybde til top af indtag >40 m
185863	215. 542	1	42	38	42	Grundvandskortlægning	dkms_3010_ks	30,0	1,5	7,20	dybde til bund af indtag >40 m
185913	215. 592	1	42,6	37,6	42,6	VF	dkms_3648_ks	20,0	1,5	7,30	dybde til bund af indtag >40 m
185915	215. 594	1	44,5	40,5	44,5	VF	dkms_3010_ks	22,0	1,5	7,50	dybde til top af indtag >40 m
185919	215. 598	1	36,1	34,8	36,1	Grundvandskortlægning	dkms_3647_ks	27,0	1,5	7,12	dybde til bund af indtag >=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
185924	215. 603	1	37	33,5	57	VF	dkms_3647_ks	26,5	1,5	7,30	dybde til bund af indtag >=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
185948	215. 627	1	37,8	20	38,6	VF	dkms_3010_ks	16,0	1,5	7,25	dybde til bund af indtag >=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
185982	215. 661	1	17,5	11	18	Grundvandskortlægning	dkms_3635_ks	27,0	1,5	7,39	kortblad med høje koncentrationer
186035	215. 714	1	51,8	44,8	51,8	VF	dkms_3624_kalk	8,3	1,5	7,15	dybde til top af indtag >40 m
186070	215. 749	1	30,5	29,5	45	GRUMO	dkms_3647_ks	22,0	9,6	7,23	dybde til bund af indtag >=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
186074	215. 753	1	57	12	65	Grundvandskortlægning	dkms_3010_ks	21,0	1,5	7,09	dybde til bund af indtag >40 m
186089	215. 768	1	23,5	17,5	23,5	VF	dkms_3647_ks	20,3	1,5	7,33	kortblad med høje koncentrationer
186096	215. 775	1	71,5	62,5	72	VF	dkms_3010_ks	30,0	1,5	7,30	dybde til top af indtag >40 m
359910	215. 1032	1	40,5	19,5	41	VF	dkms_3010_ks	17,0	1,5	7,40	dybde til bund af indtag >40 m
370502	215. 1036	1	41	20	42	VF	dkms_3010_ks	21,5	1,5	7,29	dybde til bund af indtag >40 m
409617	215. 1060	1	62,5	46	64	VF	dkms_3010_ks	20,0	1,5	7,35	dybde til top af indtag >40 m
186247	216. 26	1	75	55,3	75	VF	dkms_3624_kalk	6,4	1,5	7,50	dybde til top af indtag >40 m
186309	216. 638	1	80,6	67,3	80,6	VF	dkms_3624_kalk	25,0	1,5	7,35	dybde til top af indtag >40 m
186481	216. 220	1	66	50,5	66	VF	dkms_3624_kalk	12,0	1,5	7,70	dybde til top af indtag >40 m
186491	216. 230	1	68,5	62,7	68,5	VF	dkms_3624_kalk	17,0	1,5	7,29	dybde til top af indtag >40 m
186607	216. 346	1	94	68,9	94	VF	dkms_3624_kalk	26,5	1,5	7,40	dybde til top af indtag >40 m
186658	216. 397	1	105	74,91	105	VF	dkms_3624_kalk	15,5	1,5	7,35	dybde til top af indtag >40 m
186695	216. 434	1	75	56	75	VF	dkms_3624_kalk	6,3	1,5	7,40	dybde til top af indtag >40 m
186726	216. 465	1	70	49,1	70	VF	dkms_3624_kalk	7,9	1,5	7,40	dybde til top af indtag >40 m
186814	216. 553	1	54,5	44,5	54,5	Grundvandskortlægning	dkms_3624_kalk	15,0	1,5	7,18	dybde til top af indtag >40 m
186818	216. 557	1	63	45	63	VF	dkms_3624_kalk	18,0	1,5	7,10	dybde til top af indtag >40 m
186862	216. 601	1	37,6	30,6	37,6	VF	dkms_3624_kalk	7,0	1,5	7,20	dybde til bund af indtag >=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
186890	216. 629	1	57	42	58	VF	dkms_3624_kalk	20,0	1,5	7,20	dybde til top af indtag >40 m
186893	216. 632	1	42	29	41,6	VF	dkms_3624_kalk	5,2	1,5	7,40	dybde til bund af indtag >40 m
186911	216. 650	1	58,3	40,3	58,3	VF	dkms_3624_kalk	15,5	1,5	7,35	dybde til top af indtag >40 m

Bilag 11: Ekspertvurdering. Sporstoffer.

186941	216. 680	1	49	34,76	49	Grundvandskortlægning	dkms_3624_kalk	8,3	1,5	7,57	dybde til bund af indtag >40 m
186949	216. 688	1	56	38,7	56	VF	dkms_3624_kalk	17,5	1,5	7,20	dybde til bund af indtag >40 m
479339	216. 810	1	35	25	35	Grundvandskortlægning	dkms_3624_kalk	6,5	1,5	7,23	dybde til bund af indtag>=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
529225	216. 859	2	12,5	11,5	28	GRUMO	dkms_3624_kalk	6,7	1,5	7,29	nitrat < 2 mg/L og dybde til top af indtag >=10 m
187241	217. 206	1	61,4	43,8	61,4	Grundvandskortlægning	dkms_3623_kalk	15,0	1,5	7,23	dybde til top af indtag >40 m
187301	217. 264	1	48	42,1	48	VF	dkms_3624_kalk	12,0	1,5	7,50	dybde til top af indtag >40 m
187593	217. 556	1	89,4	76,48	89,4	VF	dkms_3624_kalk	6,6	1,5	7,55	dybde til top af indtag >40 m
187751	217. 713	1	45,7	44,3	45,7	VF	dkms_3624_kalk	13,5	1,5	7,50	dybde til top af indtag >40 m
187774	217. 736	1	60	27,3	60	Grundvandskortlægning	dkms_3623_kalk	12,0	1,5	7,24	dybde til bund af indtag >40 m
188577	218. 628	1	61	32	61	VF	dkms_3623_kalk	6,4	1,5	7,25	dybde til bund af indtag >40 m
188626	218. 677	1	60	12	60	VF	dkms_3623_kalk	7,9	1,5	7,30	dybde til bund af indtag >40 m
188680	218. 731	1	60	20,8	60	VF	dkms_3623_kalk	7,8	1,5	7,20	dybde til bund af indtag >40 m
188737	218. 788	1	60	13	60	VF	dkms_3623_kalk	8,4	1,5	7,25	dybde til bund af indtag >40 m
188854	218. 905	1	70	25,05	70	VF	dkms_3623_kalk	6,0	1,5	7,20	dybde til bund af indtag >40 m
188907	218. 958	1			61	VF	dkms_3623_kalk	8,3	1,5	7,30	boringsdybde >=30 m
188929	218. 980	1	55	17,8	55	VF	dkms_3623_kalk	9,4	1,5	7,40	dybde til bund af indtag >40 m
188995	218. 1046	1			49	VF	dkms_3623_kalk	10,0	4,4	7,10	boringsdybde >=30 m
189643	220. 296	1			53	VF	dkms_3624_kalk	5,2	1,5	7,34	boringsdybde >=30 m
189734	220. 387	1	44,5	39	44,5	VF	dkms_3624_kalk	8,8	1,5	7,20	dybde til bund af indtag >40 m
189766	220. 419	1	60	31	60	VF	dkms_3620_kalk	14,0	1,5	7,10	dybde til bund af indtag >40 m
189767	220. 420	1	60	32,3	60	VF	dkms_3620_kalk	18,0	1,5	7,20	dybde til bund af indtag >40 m
189794	220. 447	1	62	39	62	VF	dkms_3620_kalk	23,0	1,5	7,20	dybde til bund af indtag >40 m
189813	220. 466	1	50	28,5	50	VF	dkms_3620_kalk	15,0	1,5	7,20	dybde til bund af indtag >40 m
189824	220. 477	1	46,7	39,9	46,7	VF	dkms_3624_kalk	7,7	1,5	7,25	dybde til bund af indtag >40 m
189843	220. 496	1	43	27	43	VF	dkms_3620_kalk	14,5	1,5	7,25	dybde til bund af indtag >40 m
189993	220. 646	1			43	VF	dkms_3620_kalk	17,0	1,5	7,20	boringsdybde >=30 m
190006	220. 659	1	37	27	31	VF	dkms_3624_kalk	5,2	1,5	7,25	dybde til bund af indtag>=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
190007	220. 660	1	34	28	35	VF	dkms_3484_ks	68,0	1,5	7,60	dybde til bund af indtag>=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
190032	220. 685	1	39	24	40	VF	dkms_3620_kalk	11,0	1,5	7,20	dybde til bund af indtag>=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
190033	220. 686	1	40	30	40	GRUMO	dkms_3620_kalk	9,8	1,5	7,26	dybde til bund af indtag>=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
190034	220. 687	1	41	31	41	VF	dkms_3620_kalk	5,1	1,5	7,10	dybde til bund af indtag >40 m
190054	220. 707	1	45	27	45	VF	dkms_3620_kalk	10,6	1,5	7,15	dybde til bund af indtag >40 m
190802	221. 682	1	38,1	31,9	39	VF	dkms_3624_kalk	10,0	1,5	7,00	dybde til bund af indtag>=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
190926	221. 806	1	23,5	19,15	23,5	VF	dkms_3624_kalk	6,4	1,5	7,20	nitrat < 2 mg/L og dybde til top af indtag >=10 m
190947	221. 827	1	39,8	25,25	39,8	VF	dkms_3624_kalk	13,0	1,5	7,10	dybde til bund af indtag>=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
190974	221. 854	1	38,5	31	38,5	VF	dkms_3624_kalk	12,0	1,5	7,00	dybde til bund af indtag>=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
190991	221. 871	1	43,5	36,2	43,5	VF	dkms_3624_kalk	7,9	1,5	7,00	dybde til bund af indtag >40 m
191003	221. 883	1	41	31,8	41	VF	dkms_3624_kalk	7,2	1,5	7,23	dybde til bund af indtag >40 m
191032	221. 900	1	46	33,7	46	VF	dkms_3624_kalk	14,0	1,5	7,40	dybde til bund af indtag >40 m
191052	221. 920	1	33,3	31,5	33,3	VF	dkms_3624_kalk	6,4	1,5	7,50	dybde til bund af indtag>=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
191064	221. 932	1	41		41	VF	dkms_3624_kalk	15,0	1,5	7,10	dybde til bund af indtag >40 m
191065	221. 933	1	40	31,41	40	VF	dkms_3624_kalk	24,0	1,5	7,09	dybde til bund af indtag>=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
191066	221. 934	1	43	31,4	43	Grundvandskortlægning	dkms_3624_kalk	11,0	1,5	7,32	dybde til bund af indtag >40 m
191081	221. 949	1	54	34,5	54	VF	dkms_3624_kalk	7,8	1,5	7,00	dybde til bund af indtag >40 m
191114	221. 982	1	70	34,4	70	VF	dkms_3624_kalk	14,0	1,5	7,25	dybde til bund af indtag >40 m
191115	221. 983	1	50	34	50	VF	dkms_3624_kalk	11,5	1,5	7,20	dybde til bund af indtag >40 m
191129	221. 997	1	37	28,1	37	VF	dkms_3624_kalk	6,3	1,5	7,15	dybde til bund af indtag>=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
186286	221. 1127	1	48,5	36,4	48,5	Grundvandskortlægning	dkms_3624_kalk	12,0	1,5	7,22	dybde til bund af indtag >40 m
191252	222. 16	1	41	40	41	VF	dkms_3623_kalk	10,7	1,5	7,25	dybde til bund af indtag >40 m
191415	222. 156	1	92	73,3	92	Grundvandskortlægning	dkms_3624_kalk	13,0	1,5	7,35	dybde til top af indtag >40 m

Bilag 11: Ekspertvurdering. Sporstoffer.

191483	222. 224	1	36	31,4	36	VF	dkms_3624_kalk	21,6	1,5	7,15	dybde til bund af indtag>=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
191537	222. 278	1	70,1	11,1	70,1	VF	dkms_3623_kalk	9,1	1,5	7,32	dybde til bund af indtag >40 m
191587	222. 328	1	73	31,34	73	VF	dkms_3623_kalk	25,0	1,5	7,30	dybde til bund af indtag >40 m
191708	222. 449	1	74	67	74	VF	dkms_3623_kalk	15,1	1,5	7,35	dybde til top af indtag >40 m
191731	222. 472	1	98,5	81,8	98,5	VF	dkms_3624_kalk	5,3	1,5	7,30	dybde til top af indtag >40 m
414461	222. 617	1	42	20,3	42	VF	dkms_3623_kalk	5,4	1,5	7,25	dybde til bund af indtag >40 m
191839	223. 54	1	45		45	VF	dkms_3623_kalk	5,7	1,5	7,20	dybde til bund af indtag >40 m
192030	225. 118	1	37,6	29,8	37,6	VF	dkms_3622_kalk	7,5	1,5		dybde til bund af indtag>=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
192064	225. 152	1	35	31,6	35	VF	dkms_3622_kalk	5,3	1,5	7,10	dybde til bund af indtag>=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
192067	225. 155	1	36	26,65	36	VF	dkms_3622_kalk	8,3	1,5		dybde til bund af indtag>=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
192458	226. 293	1	60	41	60	VF	dkms_3622_kalk	7,3	1,5	7,20	dybde til top af indtag >40 m
192459	226. 294	1	57	38,1	57	VF	dkms_3622_kalk	9,3	1,5	7,15	dybde til bund af indtag >40 m
192706	226. 541	1	62	37,9	62	VF	dkms_3622_kalk	12,0	1,5	7,15	dybde til bund af indtag >40 m
192707	226. 542	1	62	35	62	VF	dkms_3622_kalk	12,5	1,5	7,20	dybde til bund af indtag >40 m
192841	226. 676	1	30	22	30	VF	dkms_3002_ks	6,9	6,9	7,20	dybde til bund af indtag>=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
193553	229. 33	1	41,7	34,9	41,9	VF	dkms_3613_kalk	5,5	1,5	7,08	dybde til bund af indtag >40 m
193588	229. 62	1	72	41	72	VF	dkms_3613_kalk	23,0			dybde til top af indtag >40 m
193663	229. 132	1	48	32	48	VF	dkms_3613_kalk	28,0	1,5	7,20	dybde til bund af indtag >40 m
193703	229. 172	1	40	35	40	VF	dkms_3613_kalk	20,0	1,5	7,25	dybde til bund af indtag>=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
193704	229. 173	1	40	33,5	40	VF	dkms_3613_kalk	17,0	1,5	7,20	dybde til bund af indtag>=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
193713	229. 182	1	120	47	120	VF	dkms_3613_kalk	19,0	1,5	7,20	dybde til top af indtag >40 m
193743	229. 212	1	64	34,5	64	VF	dkms_3613_kalk	22,5	1,5	7,48	dybde til bund af indtag >40 m
193746	229. 215	1	50	35	50	VF	dkms_3613_kalk	10,0	1,5	7,30	dybde til bund af indtag >40 m
193756	229. 225	1	50	37,7	65	VF	dkms_3613_kalk	15,0	1,5	7,19	dybde til bund af indtag >40 m
193758	229. 227	1	50	29	50	VF	dkms_3613_kalk	26,0	1,5	7,15	dybde til bund af indtag >40 m
193759	229. 228	1	60	34	60	VF	dkms_3613_kalk	14,0	1,5	7,20	dybde til bund af indtag >40 m
193766	229. 235	1	75	31	75	VF	dkms_3613_kalk	15,5	1,5	7,25	dybde til bund af indtag >40 m
193770	229. 239	1	36	18	36	VF	dkms_3613_kalk	19,0	1,5	7,20	kortblad med høje koncentrationer
443613	229. 314	1	41,8	29,8	42	VF	dkms_3613_kalk	24,0	1,5	7,20	dybde til bund af indtag >40 m
455806	229. 329	1	37	29,5	40	VF	dkms_3613_kalk	14,0	1,5	7,25	dybde til bund af indtag>=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
455807	229. 330	1	40	30	40	VF	dkms_3613_kalk	8,3	1,5	7,25	dybde til bund af indtag>=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
456906	229. 344	1	35,5	25,5	35,5	VF	dkms_3613_kalk	19,5	1,5	7,25	dybde til bund af indtag>=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
193960	230. 154	1	42	30	48	VF	dkms_3613_kalk	6,1	1,5	7,20	dybde til bund af indtag >40 m
193973	230. 167	1	45	24	45	VF	dkms_3613_kalk	13,0	1,5	7,17	dybde til bund af indtag >40 m
194058	230. 252	1	45,5	44,5	47	GRUMO	dkms_3613_kalk	12,0	1,5	7,25	dybde til top af indtag >40 m
194061	230. 255	1	43	34,8	43	VF	dkms_3613_kalk	20,5	1,5	7,21	dybde til bund af indtag >40 m
202855	230. 277	1	47,8	32,3	48	VF	dkms_3613_kalk	21,5	1,5	7,17	dybde til bund af indtag >40 m
529226	232. 645	2	19,5	18,5	40	GRUMO	dkms_3001_ks	22,0	1,5	7,30	nitrat < 2 mg/L og dybde til top af indtag >=10 m
453668	235. 531	1	28,6	25,6	29	VF	dkms_3613_kalk	22,0	1,5	7,20	kortblad med høje koncentrationer
456687	235. 642	1	32,5	22,5	32,5	VF	dkms_3613_kalk	16,0	1,5	7,20	dybde til bund af indtag>=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
195687	236. 42C	1	28,8	25	28,8	VF	dkms_3613_kalk	8,5	1,5	7,23	kortblad med høje koncentrationer
195880	236. 218	1	50	45	60	VF	dkms_3007_ks	25,0	1,5	7,50	dybde til top af indtag >40 m
195898	236. 236	1	42,5	22	42	VF	dkms_3007_ks	16,0	1,5	7,20	dybde til bund af indtag >40 m
195917	236. 255	1	54	19	54	VF	dkms_3613_kalk	5,2	1,5	7,10	dybde til bund af indtag >40 m
195978	236. 316	1	42	37	100	VF	dkms_3007_ks	34,5	1,5	7,64	dybde til bund af indtag >40 m
195982	236. 320	1	46,5	34,5	46,5	VF	dkms_3007_ks	24,0	1,5	7,30	dybde til bund af indtag >40 m
196000	236. 338	1	59	47	62	VF	dkms_3007_ks	21,0	1,5	7,32	dybde til top af indtag >40 m
196014	236. 352	1	47	25,7	66,5	VF	dkms_3613_kalk	6,7	1,5	7,10	dybde til bund af indtag >40 m
196023	236. 361	1	58,3	46,3	60	VF	dkms_3007_ks	23,0	1,5	7,29	dybde til top af indtag >40 m
196024	236. 362	1	54	44	54,4	VF	dkms_3007_ks	17,5	1,5	7,39	dybde til top af indtag >40 m

Bilag 11: Ekspertvurdering. Sporstoffer.

196029	236. 367	1	51	30	53	VF	dkms_3007_ks	24,0	4,3	7,30	dybde til bund af indtag >40 m
196037	236. 375	1	51	39	52	VF	dkms_3007_ks	23,5	1,5	7,37	dybde til bund af indtag >40 m
196072	236. 410	1	43	31	45	VF	dkms_3007_ks	19,0	1,5	7,23	dybde til bund af indtag >40 m
209737	236. 461	1	51	36	52	VF	dkms_3007_ks	21,0	1,5	7,30	dybde til bund af indtag >40 m
228248	236. 476	3	33	32	58,6	GRUMO	dkms_3007_ks	23,0	1,5	7,18	dybde til bund af indtag >=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
369124	236. 521	1	34,5	24	34,5	Grundvandskortlægning	dkms_3613_kalk	7,2	1,5	6,98	dybde til bund af indtag >=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
451691	236. 536	1	74	34	74	VF	dkms_3613_kalk	16,0	1,5	7,10	dybde til bund af indtag >40 m
458420	236. 553	1	50	34	50	VF	dkms_3613_kalk	11,3	1,5	7,23	dybde til bund af indtag >40 m
459337	236. 554	1	27	19	27	VF	dkms_3007_ks	15,5	1,5	7,15	kortblad med høje koncentrationer
596286	236. 825	1	18	14	18,4	VF	dkms_3007_ks	17,0	1,5	7,20	kortblad med høje koncentrationer
196501	237. 374	1	18	12	18	Grundvandskortlægning	dkms_3613_kalk	5,9	1,5		nitrat < 2 mg/L og dybde til top af indtag >=10 m
197235	238. 577	1	72,8	60	72,8	VF	dkms_3614_kalk	8,8	1,5	7,40	dybde til top af indtag >40 m
197857	240. 291	1	54,1	46,1	54,8	VF	dkms_3007_ks	6600,0	1,5	7,04	dybde til top af indtag >40 m
197863	240. 297	1	56	44	57	VF	dkms_3007_ks	19,0	1,5	7,27	dybde til top af indtag >40 m
197865	240. 299	1	51	39	52,5	VF	dkms_3007_ks	24,0	1,5	7,33	dybde til bund af indtag >40 m
461513	240. 635	1	55	49	55,5	VF	dkms_3007_ks	18,0	1,5	7,37	dybde til top af indtag >40 m
356535	242. 301	1	47,5	33,5	48	VF	dkms_3009_ks	16,5	1,5	7,20	dybde til bund af indtag >40 m
529094	245. 237	1	19	18	33	GRUMO	dkmb_1809_uu	7,1	1,5	7,25	nitrat < 2 mg/L og dybde til top af indtag >=10 m
199859	246. 554	1	65	53	65	VF	dkmb_1795_uu	5,0	1,5	5,50	dybde til top af indtag >40 m
199861	246. 556	1	57	47	57	Grundvandskortlægning	dkmb_1795_uu	14,0	1,5	5,96	dybde til top af indtag >40 m
200648	247. 575	2	21,5	18,5	48	GRUMO	dkmb_1795_uu	7,9	1,5	7,00	nitrat < 2 mg/L og dybde til top af indtag >=10 m

Bilag C. Indtag der vurderes at have naturligt forhøjede MAM-koncentrationer af bly.

	BORID	DGUNR	INDTAGSNR	INDTAG_BUND	INDTAG_TOP	BORINGSDYBDE	DATATYPE	GVFOREKOM	1531_Bly	380_Carbon	Vurdering
8713	528884	3. 192	1	34,5	33,5	37	GRUMO	dkmj_1011_ks	3,9	23,00	dybde til bund af indtag >=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
6640	8504	15. 658	3	10	7	41	GRUMO	dkmj_981_ks	1,2	6,57	koncentrationsudvikling over tid som følge af afsmitning efter etablering
8124	392993	18. 382	1	15	14	16	GRUMO	dkmj_968_ks	1,6	1,90	koncentrationsudvikling over tid som følge af afsmitning efter etablering
8119	392998	18. 387	1	18,5	17,5	19	GRUMO	dkmj_968_ks	5,0	1,38	koncentrationsudvikling over tid som følge af afsmitning efter etablering
9143	590434	48. 2026	1	17,6	15,6	18	DEPOT	dkmj_1005_ks	1,1		på baggrund af koncentrationfordeling for DEPOT
526	37486	55. 322	1	45,5	37,5	45,5	VF	dkmj_1101_ks	1,4	1,07	dybde til bund af indtag >40 m
7923	379589	63. 1051	1	12,4	11,4	13,6	GRUMO	dkmj_999_ks	6,3	0,66	koncentrationsudvikling over tid som følge af afsmitning efter etablering
8014	378826	65. 1514	1	6	5	7	GRUMO	dkmj_1006_ks	3,6	1,02	koncentrationsudvikling over tid som følge af afsmitning efter etablering
8016	378828	65. 1516	1	4	3	5	GRUMO	dkmj_1006_ks	2,1	0,88	koncentrationsudvikling over tid som følge af afsmitning efter etablering
8017	378829	65. 1517	1	4,1	3,1	5,1	GRUMO	dkmj_1006_ks	7,9	2,69	koncentrationsudvikling over tid som følge af afsmitning efter etablering
8115	378830	65. 1518	1	5	4	5,3	GRUMO	dkmj_1006_ks	12,7	2,69	koncentrationsudvikling over tid som følge af afsmitning efter etablering
8018	378831	65. 1519	1	6	5	7	GRUMO	dkmj_1006_ks	4,7	0,99	koncentrationsudvikling over tid som følge af afsmitning efter etablering
8027	378835	65. 1523	1	4,5	3,5	5,5	GRUMO	dkmj_1006_ks	13,5	6,39	koncentrationsudvikling over tid som følge af afsmitning efter etablering
7918	379382	83. 1703	1	12,5	11,5	14	GRUMO	dkmj_1105_ks	61,5	0,52	koncentrationsudvikling over tid som følge af afsmitning efter etablering
7847	103897	121. 1095	5	28	27	91	GRUMO	dkmj_992_ks	2,8	0,30	dybde til bund af indtag >=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
7987	352397	123. 1258	1	28	26	35	Grundvandskortlægning	dkmj_992_ks	1,7	0,76	dybde til top af indtag >=20 m
5480	415447	130. 1587	1	146	140	162	VF	dkmj_1054_ps	1,1	1500,00	dybde til bund af indtag >40 m
4383	117300	135. 241	1	41,5	24	41,5	VF	dkmf_1211_ks	1,8	1,95	dybde til bund af indtag >40 m
8153	389987	186. 843	1	3	2	4	GRUMO	dkms_3643_ks	5,0	16,00	koncentrationsudvikling over tid som følge af afsmitning efter etablering
8133	395117	186. 854	3	25,59	25,49	30,5	GRUMO	dkms_3663_ks	11,0		koncentrationsudvikling over tid som følge af afsmitning efter etablering
8316	389983	188. 1086	1	18,5	17,5	18,6	GRUMO	dkms_3644_ks	3,8	1,27	koncentrationsudvikling over tid som følge af afsmitning efter etablering
8108	389986	188. 1089	1	18	17	18	GRUMO	dkms_3644_ks	2,8	0,99	koncentrationsudvikling over tid som følge af afsmitning efter etablering
9098	599843	193. 3871	1	14	12	14,7	DEPOT	dkms_3617_ks	1,2		på baggrund af koncentrationfordeling for DEPOT
8157	390016	199. 1241	1	19,5	18,5	20	GRUMO	dkms_3640_ks	1,5	1,43	koncentrationsudvikling over tid som følge af afsmitning efter etablering
7626	217054	201. 5116	1	28,5	27,5	29	GRUMO	dkms_3645_ks	1,1	1,11	dybde til bund af indtag >=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
8250	399511	201. 6121	1	39	31	40	DEPOT (øvrige)	dkms_3627_kalk	2,1	9,12	på baggrund af koncentrationfordeling for DEPOT
8703	529218	226. 1415	2	34	33	62	GRUMO	dkms_3002_ks	1,4	2,97	dybde til bund af indtag >=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
8654	504213	235. 623	1	3,2	2,2	15	GRUMO	dkms_3008_ks	1,9	2,15	koncentrationsudvikling over tid som følge af afsmitning efter etablering
7530	200414	247. 333	3	30	23	30	GRUMO	dkmb_1795_uu	1,7		dybde til bund af indtag >=30 m og dybde til top af indtag >=20 m
7198	200623	247. 550	1	41	33	41	GRUMO	dkmb_1795_uu	1,1	0,74	dybde til bund af indtag >40 m

Bilag D. Indtag der vurderes at have naturligt forhøjede MAM-koncentrationer af cadmium.

BORID	DGUNR	INDTAGSNR	INDTAG_BUND	INDTAG_TOP	BORINGSDYBDE	DATATYPE	GVFOREKOM	1546_Cadmium	41_pH	Vurdering
505728	85. 2667	1	29	28	41	GRUMO	dkmj_1105_ks	0,9	5,23	Expert: Dybde til top af indtag >=20 m
68512	86. 1633	1	31	30	30	GRUMO	dkmj_1104_ks	2,5	4,56	Expert: Dybde til top af indtag >=20 m
73872	93. 609	1	27,7	26,7	28,3	GRUMO	dkmj_1105_ks	1,3	5,46	Expert: Dybde til top af indtag >=20 m
81811	96. 1976	2	18,26	17,6	31	GRUMO	dkmj_1065_ps	3,2	4,62	Expert: pH og dybde til indtag
90821	105. 1395	3	13,36	12,66	41	GRUMO	dkmj_1078_ks	1,0	4,97	Expert: pH og dybde til indtag
225683	114. 1736	11	23,35	23,25	40,5	GRUMO	dkmj_1058_ps	0,6	4,54	Expert: Dybde til top af indtag >=20 m
112522	131. 1056	1	12	11,5	12	GRUMO	dkmj_1110_ks	1,4	4,34	Expert: pH og dybde til indtag
200414	247. 333	3	30	23	30	GRUMO	dkmb_1795_uu	1,0	6,98	Expert: Dybde til top af indtag >=20 m
374367	247. 617	1	17,4	16,4	20	GRUMO	dkmb_1795_uu	0,6	6,95	Expert: Dybde (16 m)

Bilag E. Indtag der vurderes at have naturligt forhøjede MAM-koncentrationer af nikkel.

BORID	DGUNR	INDTAGSNR	INDTAG_BUND	INDTAG_TOP	BORINGSDYBDE	DATATYPE	GVFOREKOM	2101_Nikkel	1176_Nitrat	41_pH	Vurdering
5226	9. 447	1	62	53	62	VF	dkmj_1010_ks	11	1,5	7,70	høj værdi sammenlignet med grafisk afbildning
301263	16. 927	1	60	48	62	VF	dkmj_971_kalk	12	4,0	7,50	koncentration <=50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
540369	16. 1376	1	60	48	66	VF	dkmj_971_kalk	12	1,5	7,10	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
217974	18. 310	2	40,64	40,5	43	GRUMO	dkmj_1007_ks	20	1,9	7,93	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
12412	24. 842	1	15	13	16	GRUMO	dkmj_973_kalk	24	63,3	7,23	koncentration <=50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
12539	25. 49	1	17	1	16,5	VF	dkmj_973_kalk	13	4,4	7,80	dybde til bund af indtag , kalk og NO3
19805	30. 934	1	26	22	27	GRUMO	dkmj_972_kalk	15	1,5	7,18	koncentration <=50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
321495	32. 1233	1	90	60	100	VF	dkmj_976_kalk	29	11,5	7,35	høj værdi sammenlignet med grafisk afbildning
330232	32. 1327	1	90	60	100	VF	dkmj_976_kalk	14	12,0	7,30	koncentration <=50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
23803	34. 1662	1	74	56	79	VF	dkmj_974_kalk	12	19,7	7,60	høj værdi sammenlignet med grafisk afbildning
231043	34. 2364	1	73	61	80	VF	dkmj_974_kalk	11	6,6	7,51	høj værdi sammenlignet med grafisk afbildning
231059	34. 2365	1	78	66	81	VF	dkmj_974_kalk	15	2,8	7,51	koncentration <=50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
395081	34. 2855	1	47,5	35,5	80	VF	dkmj_974_kalk	11	17,8	7,53	koncentration <=50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
24837	35. 528	1	78	66	80	VF	dkmj_974_kalk	15	11,3	7,65	koncentration <=50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
378921	35. 789	1	69,3	41,5	70	VF	dkmj_974_kalk	13	23,0	7,55	koncentration <=50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
466968	41. 1536	2	43	40	84	GRUMO	dkmj_974_kalk	18	1,5	7,64	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
32599	46. 694	1	30	20	30	VF	dkmj_952_kalk	32	4,8	7,61	koncentration <=50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
525644	46. 1307	1	24	23	24,5	GRUMO	dkmj_8_ks	11	58,3	7,67	koncentration <=50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
34718	48. 1081	1	73	67	75	VF	dkmj_1096_ks	19	24,0	7,60	høj værdi sammenlignet med grafisk afbildning
379587	53. 612	1	18	17	19	GRUMO	dkmj_999_ks	14	1,5	5,23	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
36874	54. 341	1	30	25	30	VF	dkmj_335_ks	17	6,9	6,81	koncentration <=50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
38536	56. 398	1	117,5	99,5	117,5	VF	dkmj_15_ks	13	1,5	7,75	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
215105	56. 1000	1	21	19	22	GRUMO	dkmj_902_ps	14	1,5	6,46	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
40318	58. 479	1	64	36	64	VF	dkmj_978_kalk	14	17,0	7,25	koncentration <=50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
40319	58. 480	1	66	53	66	VF	dkmj_978_kalk	18	12,0	7,50	koncentration <=50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
40422	59. 33	1	40,75	32,5	40,8	VF	dkmj_977_kalk	38	8,6	7,60	koncentration <=50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
416829	60. 98	2	4	3	16	GRUMO	dkmj_48_ks	15	1,5	5,05	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
331487	63. 1036	3	18	15	63	GRUMO	dkmj_999_ks	14	1,5	4,58	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
43954	65. 802	1	42	34	44	Grundvandskortlægning	dkmj_1060_ps	19	8,5	5,58	koncentration <=50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
45930	66. 1484	1	26	22	26	Grundvandskortlægning	dkmj_1006_ks	21	1,5	6,22	koncentration <=50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
528899	67. 1247	1	12,5	11,5	15	GRUMO	dkmj_1003_ks	36	7,6	5,73	koncentration <=50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
49335	71. 135	1	50	7	50	VF	dkmj_977_kalk	14	23,0	7,30	dybde til top af indtag og NO3
49336	71. 136	1	50	7	50	VF	dkmj_977_kalk	12	27,0	7,30	dybde til top af indtag og NO3
49457	71. 261	1	60	8	60	VF	dkmj_977_kalk	12	19,0	7,30	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
49489	71. 293	1	50	13	50	VF	dkmj_977_kalk	11	17,0	7,40	koncentration <=50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
49644	71. 448	1	61	28	61	VF	dkmj_977_kalk	12	11,0	7,30	koncentration <=50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
49666	71. 471	1	23,7	22,7	27,7	GRUMO	dkmj_982_ks	20	1,5	7,42	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
525646	73. 1228	1	21,3	20,3	22	GRUMO	dkmj_999_ks	44	64,5	5,52	koncentration <=50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
55398	76. 1170	1	23,5	21,5	23,5	Grundvandskortlægning	dkmj_1104_ks	15	5,8	6,94	koncentration <=50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
55443	76. 1215	1	27	21	27	Grundvandskortlægning	dkmj_1104_ks	14	1,5	5,69	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
55447	76. 1219	1	30,5	22,5	31	Grundvandskortlægning	dkmj_1104_ks	17	1,5	5,52	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
55488	76. 1260	1	27	21	27	Grundvandskortlægning	dkmj_1104_ks	16	1,5	6,79	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
55500	76. 1272	1	34	28	34	Grundvandskortlægning	dkmj_1104_ks	14	18,0	6,03	koncentration <=50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
326676	76. 1768	1	26	23	27	Grundvandskortlægning	dkmj_1104_ks	46	1,5	4,67	dybde til top af indtag >10m og pH <6
593032	76. 2578	1	38	30	38	DEPOT	dkmj_1104_ks	12	46,0	6,50	nikkel < 20 µg/l, dybde til top af indtag > 10 m og NO3 > 2mg/l
57004	77. 1072	1	16,5	12,5	16,5	Grundvandskortlægning	dkmj_862_ps	13	1,5	4,45	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
317713	78. 856	4	34	31	184	GRUMO	dkmj_1074_ks	12	56,7	6,33	koncentration <=50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
505728	85. 2667	1	29	28	41	GRUMO	dkmj_1105_ks	34	13,0	5,23	koncentration <=50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning

Bilag 11: Ekspertvurdering. Sporstoffer.

68550	86. 1671	1	78	66	80	VF	dkmj_4_ks	10	1,5	6,05	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
69523	87. 687	1	85	79	85	VF	dkmj_1035_ps	18	1,5	5,70	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
69804	87. 968	1	84,5	78,5	84,5	VF	dkmj_1035_ps	17	1,5	5,83	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
69981	87. 1145	1	72	60	76	Grundvandskortlægning	dkmj_1017_ps	45	30,0	6,19	koncentration <=50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
447608	87. 1377	1	76	70	77,5	VF	dkmj_1017_ps	12	1,5	5,90	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
73988	93. 725	1	31	23	31	VF	dkmj_781_ps	21	1,5	6,38	koncentration <=20 µg/L (21 µg/l), bestemt ved grafisk afbildning
76774	94. 2516	3	7,5	6,5	15,2	GRUMO	dkmj_1105_ks	28	4,2	4,71	koncentration <=50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
76775	94. 2517	1	22,6	20,6	35,6	GRUMO	dkmj_1067_ps	29	1,5	4,70	dybde til top af indtag >10m og pH <6
525650	94. 3009	1	14	13	14,5	GRUMO	dkmj_1066_ps	13	1,5	4,91	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
84304	99. 327	1	25	17	28	VF	dkmj_917_ps	10	1,5	7,22	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
84620	100. 79	1	14	13,2	16	GRUMO	dkm_1825_ks	18	3,7	7,15	koncentration <=50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
86966	103. 1406	2	20	19,5	100	GRUMO	dkmj_1001_ks	36	19,0	5,07	koncentration <=50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
88594	104. 1401	1	71	63	71	VF	dkmj_1065_ps	20	1,5	6,12	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
89187	104. 1994	6	5	4	23	GRUMO	dkmj_1078_ks	16	1,5	4,89	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
89187	104. 1994	5	13,7	12,2	23	GRUMO	dkmj_1065_ps	49	1,5	4,64	dybde til top af indtag >10m og pH <6
378483	104. 2621	1	4	3	5	GRUMO	dkmj_1078_ks	18	1,5	4,88	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
94843	112. 157	1	26	20	28,5	VF	dkmj_1106_ks	11	1,5	6,18	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
94990	112. 304	1	24	19	24	Grundvandskortlægning	dkmj_1109_ks	11	1,5	7,01	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
95721	112. 1042	1	30	24	35,5	Grundvandskortlægning	dkmj_1106_ks	35	8,6	5,47	koncentration <=50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
95796	112. 1117	1	38	32	61	VF	dkmj_1106_ks	16	1,5	5,79	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
96603	113. 736	1	17	11	17,5	Grundvandskortlægning	dkmj_253_ks	35	54,0	5,33	koncentration <=50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
225683	114. 1736	11	23,35	23,25	40,5	GRUMO	dkmj_1058_ps	15	53,7	4,54	koncentration <=50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
102992	121. 183	1	30,5	21,75	30,5	VF	dkmj_1109_ks	20	1,5	6,50	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
103392	121. 589	1	32	22	34	VF	dkmj_1109_ks	45	22,3	5,50	koncentration <=50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
103451	121. 648	1	26	20	26	VF	dkmj_1109_ks	39	11,0	6,00	koncentration <=50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
103709	121. 907	1	21	15	21	VF	dkmj_1109_ks	11	3,9	6,10	koncentration <=50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
103710	121. 908	1	21	15	21	VF	dkmj_1109_ks	13	4,8	6,25	koncentration <=50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
103779	121. 977	1	89	65	150	VF	dkmj_1109_ks	19	1,5	6,70	høj værdi sammenlignet med grafisk afbildning
103848	121. 1046	1	71	53	88	VF	dkmj_961_ks	28	8,5	6,63	koncentration <=50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
402597	121. 1406	1	30	24	31	Grundvandskortlægning	dkmj_1109_ks	49	7,9	6,26	koncentration <=50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
449828	121. 1500	1	49	43	86	VF	dkmj_1109_ks	40	3,7	6,30	koncentration <=50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
458768	122. 1823	6	29	25	225	GRUMO	dkmj_960_ks	17	1,5	5,59	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
111840	131. 336	1	17	15	17	Grundvandskortlægning	dkmj_1091_ks	14	1,5	6,31	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
112242	131. 774	1	19	10	19	Grundvandskortlægning	dkmj_1110_ks	17	1,5		koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
112377	131. 909	1	18,5	12,5	18,5	Grundvandskortlægning	dkmj_1091_ks	14	78,0		koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
112408	131. 940	1	24	14	24	Grundvandskortlægning	dkmj_1110_ks	16	1,5		koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
112517	131. 1051	3	8	7	135	GRUMO	dkmj_1091_ks	32	59,0	5,62	koncentration <=50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
112717	131. 1251	1	12	6	12	Grundvandskortlægning	dkmj_986_ks	21	1,5	6,00	koncentration <=20 µg/L (dog 21 µg/l), bestemt ved grafisk afbildning
303874	131. 1931	1	16	10	16	Grundvandskortlægning	dkmj_1110_ks	38	19,0		koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
395558	131. 1993	1	17	13	18	Grundvandskortlægning	dkmj_1091_ks	29	19,0		koncentration <=50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
396597	131. 1995	1	8	7,5	8	GRUMO	dkmj_1091_ks	31	43,3	4,49	koncentration <=50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
401817	131. 2006	4	14	11,5	80	VF	dkmj_1110_ks	25	1,5	4,70	dybde til top af indtag >10 m og pH <6
410257	131. 2015	1	20	8	20	Grundvandskortlægning	dkmj_1091_ks	22	53,0		dybde til top af indtag og NO3
113566	132. 736	2	14	12	67	Grundvandskortlægning	dkmj_1110_ks	44	32,0	5,33	koncentration <=50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
384492	147. 1104	1	7	6	7	GRUMO	dkmf_1224_ks	14	1,5	7,15	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
133111	153. 13	1	27	18	27	VF	dkmf_1346_ks	12	26,4	7,00	koncentration <=50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
135615	156. 330	1	48	31	48	VF	dkmf_1341_kalk	11	1,5	7,20	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
201247	174. 214	1	10	9	21,9	GRUMO	dkmj_2_ks	11	1,5	5,22	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
148977	183. 19	1	92	53	92	VF	dkms_3628_kalk	14	1,5	7,30	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
395117	186. 854	13	12,48	12,38	30,5	GRUMO	dkms_3643_ks	11	5,7	7,20	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning

Bilag 11: Ekspertvurdering. Sporstoffer.

395117	186. 854	12		13,49	13,39	30,5	GRUMO	dkms_3643_ks	11	7,0	7,09	koncentration <=50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
395117	186. 854	11		14,49	14,39	30,5	GRUMO	dkms_3643_ks	17	7,1	7,09	koncentration <=50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
395117	186. 854	2		27,6	27,5	30,5	GRUMO	dkms_3663_ks	13	1,5	7,14	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
153361	192. 338	1		60	40,5	60	VF	dkms_3625_kalk	16	1,5	7,55	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
153687	192. 664	1		35	25	35,5	VF	dkms_3414_ks	13	1,5	7,65	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
155581	193. 1353	1		60	42,5	60	VF	dkms_3601_kalk	14	1,5	7,90	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
351281	193. 2020	1		36	32	36	Grundvandskortlægning	dkms_3617_ks	11	1,5	7,48	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
155973	194. 128	1		57	43,8	57	VF	dkms_3628_kalk	12	1,5	7,37	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
157412	197. 266	1		69,3	62,8	69,3	VF	dkms_3655_ks	10	1,5	7,45	høj værdi sammenlignet med grafisk afbildning
157465	197. 319	1		73	65,5	73	VF	dkms_3655_ks	10	1,5	7,40	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
157466	197. 320	1		45	36	45	VF	dkms_3004_ks	12	1,5	7,60	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
157475	197. 329	1		43	35	44	VF	dkms_3004_ks	15	1,5	7,70	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
481235	199. 1592	1				52	VF	dkms_3430_ks	19	1,5	7,45	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
162861	200. 3029	1		19	18,6	19	VF	dkms_3601_kalk	16	4,6	7,10	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
163002	200. 3169	1		35	14	35	VF	dkms_3601_kalk	13	1,5	6,98	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
163271	200. 3438	2		16,2	15,5	35	GRUMO	dkms_3645_ks	11	1,5	6,86	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
163461	200. 3628	1				52	VF	dkms_3627_kalk	20	7,0	7,08	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
163577	200. 3744	1		35	9	35	VF	dkms_3627_kalk	15	3,1	6,96	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
415263	200. 5539	1		40	30	70	VF	dkms_3601_kalk	11	1,5	7,17	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
416680	200. 5551	1		36	24	41	VF	dkms_3601_kalk	15	1,5	7,40	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
164534	201. 274	1		41,5	27	41,7	VF	dkms_3627_kalk	12	1,5	7,12	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
168340	201. 3909	1		22	10	22	DEPOT	dkms_3627_kalk	13			kalk og dybde til top af indtag =10 m
169367	201. 4937	2		29	19	52	ANDET	dkms_3645_ks	20	1,5	6,82	nikkel <=20 µg/l
462492	201. 7924	1		65	45	65	VF	dkms_3627_kalk	11	1,5	7,07	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
539569	201.11703	1		51,5	48,5	51,5	VF	dkms_3628_kalk	11	1,5	7,50	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
596536	201.12620	1		4	2	4,01		dkms_3100_ks	14	1,5	6,40	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
596537	201.12621	1		4	2	4,01		dkms_3100_ks	12	1,5	6,60	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
171253	205. 502	1		27,5	18,9	28,5	VF	dkms_3638_ks	12	1,5	7,30	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
171581	206. 94N	1		65	24	74	VF	dkms_3626_kalk	14	1,5	7,80	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
172377	206. 833	1		31,6	25,6	31,6	Grundvandskortlægning	dkms_3627_kalk	15	1,5	6,71	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
172601	206. 1056	1		28,1	20	28,1	VF	dkms_3601_kalk	13	1,5	7,00	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
373604	206. 1654	1		85	65	85	VF	dkms_3626_kalk	13	1,5	7,09	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
173209	207. 181A	1		20	14	20	VF	dkms_3627_kalk	10	3,0	6,98	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
173212	207. 181D	1		20	14,8	20	VF	dkms_3627_kalk	14	1,5	6,97	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
173213	207. 181E	1		20	14,8	20	VF	dkms_3627_kalk	17	1,5	7,00	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
173227	207. 183B	1		34		34	VF	dkms_3627_kalk	20	10,7	7,70	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
174290	207. 1141	1		60	14,3	60	VF	dkms_3627_kalk	11	1,5	6,95	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
175462	207. 2313	1		42		42	VF	dkms_3627_kalk	14			koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
175648	207. 2499	1		60	18	60	VF	dkms_3627_kalk	13	1,5	7,10	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
175721	207. 2572	1		33	18	33	VF	dkms_3627_kalk	13	6,4	7,04	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
175753	207. 2595	1		61	13,6	61	VF	dkms_3627_kalk	17	1,5	6,88	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
175863	207. 2694	1		34,5	17	36	VF	dkms_3627_kalk	17	1,5	7,07	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
175871	207. 2702	1		20,6	15,1	21,1	VF	dkms_3627_kalk	13	5,2	7,10	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
175872	207. 2703	1		20,9	15,3	22	VF	dkms_3627_kalk	11	5,7	7,03	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
175873	207. 2704	1		29,7	16	30,5	VF	dkms_3627_kalk	11	5,7	7,06	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
175879	207. 2710	1		75	10,6	75	VF	dkms_3627_kalk	16	1,5	7,35	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
175886	207. 2717	1				38,5	VF	dkms_3627_kalk	18	1,5	7,01	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
175912	207. 2743	1		25	13	25	VF	dkms_3627_kalk	14	19,5	7,15	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
176072	207. 2903	1		20,2	12,2	20,2	VF	dkms_3627_kalk	16	5,5	7,05	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
176073	207. 2904	1		18	12,8	18	VF	dkms_3627_kalk	20	6,3	7,04	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
176074	207. 2905	1				42,6	VF	dkms_3627_kalk	18	5,7	7,07	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning

Bilag 11: Ekspertvurdering. Sporstoffer.

176105	207. 2936	1	17	15	18	Grundvandskortlægning	dkms_3601_kalk	15	1,5	6,96	koncentration < =20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
176134	207. 2965	1	33,5	18	33,5	VF	dkms_3627_kalk	17	6,2	6,99	koncentration < =20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
176135	207. 2966	1	33,6	18,6	33,6	VF	dkms_3627_kalk	20	5,6	7,03	koncentration < =20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
176176	207. 3007	1	50	9,5	50	VF	dkms_3627_kalk	14			koncentration < =20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
176216	207. 3047	1	54,9	8,5	54,9	VF	dkms_3627_kalk	10	1,5	7,00	koncentration < =20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
176374	207. 3205	1	40	10,5	40	VF	dkms_3627_kalk	11	1,5	7,05	koncentration < =20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
399501	207. 4005	1	65	29	66	VF	dkms_3627_kalk	10	6,1	7,24	koncentration < =20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
509922	207. 5242	1	40	10	40	VF	dkms_3627_kalk	13	1,5	7,23	koncentration < =20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
177199	208. 434	1	16	9,3	16	Grundvandskortlægning	dkms_3583_kalk	16	1,5	6,35	koncentration < =20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
178292	208. 1527	1	50	23,5	50	VF	dkms_3583_kalk	17	1,5	7,08	koncentration < =20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
178324	208. 1559	1	60	8,3	60	VF	dkms_3583_kalk	13	1,5	7,28	koncentration < =20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
178358	208. 1593	1	20,5	14,5	21,5	Grundvandskortlægning	dkms_3583_kalk	11	1,5	6,63	koncentration < =20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
179045	208. 2280	1	21	13	21	Grundvandskortlægning	dkms_3583_kalk	12	1,5	5,80	koncentration < =20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
180802	209. 203	1	19,5	13,5	20	VF	dkms_3634_ks	13	1,5	7,40	koncentration < =20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
181613	210. 751	1	20	13	22	Grundvandskortlægning	dkms_3647_ks	11	1,5	6,88	koncentration < =20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
182353	211. 498	1	36	30	36	VF	dkms_3637_ks	11	1,5	7,20	koncentration < =20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
183009	212. 528	1	25	8,66	25	VF	dkms_3627_kalk	14	1,5	7,20	koncentration < =20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
183525	212. 1044	1	10	9	10	GRUMO	dkms_3627_kalk	23	7,8	7,06	koncentration < =50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
184136	213. 414	1	53	22	53	VF	dkms_3627_kalk	40	6,5	7,10	koncentration < =50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
184167	213. 445	1	100	17,8	100	VF	dkms_3627_kalk	13	1,5	7,30	koncentration < =20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
376793	213. 611	1	26	12	27	VF	dkms_3627_kalk	22	15,0	7,40	koncentration < =50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
184691	214. 332	1	35	29,3	35	Grundvandskortlægning	dkms_3647_ks	11	1,5	6,70	koncentration < =20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
185758	215. 437	1	67,1	65,3	67,1	Grundvandskortlægning	dkms_3010_ks	15	1,5	7,20	koncentration < =20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
185883	215. 562	1	32	31,1	32	Grundvandskortlægning	dkms_3635_ks	42	39,0	8,50	koncentration < =50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
186622	216. 361	1	42	32	42	VF	dkms_3624_kalk	12	1,5	7,50	koncentration < =20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
385222	216. 748	1	7,8	6,8	8,1	GRUMO	dkms_3469_ks	43	63,7	6,69	koncentration < =50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
187014	217. 19A	1			37	Grundvandskortlægning	dkms_3623_kalk	22	10,0	7,03	koncentration < =50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
214119	217. 911	1			48	VF	dkms_3623_kalk	11	27,0	7,30	koncentration < =50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
187961	218. 22	1	100	28	100	VF	dkms_3623_kalk	16	3,4	7,35	koncentration < =50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
187972	218. 31	1	51	22,5	51	VF	dkms_3623_kalk	14	1,5	7,20	koncentration < =20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
188707	218. 758	1	65	30,68	65	VF	dkms_3623_kalk	30	9,2	7,20	koncentration < =50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
188759	218. 810	1	75	14	75	VF	dkms_3623_kalk	13	1,5	7,15	koncentration < =20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
188939	218. 990	2	15	14	30	GRUMO	dkms_3623_kalk	14	57,3	7,31	koncentration < =50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
188943	218. 994	2	13	12	30	GRUMO	dkms_3623_kalk	12	2,0	7,16	koncentration < =20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
188991	218. 1042	1			25	VF	dkms_3623_kalk	20	1,5	7,35	koncentration < =20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
382251	218. 1919	1	14,3	13,3	14,4	GRUMO	dkms_3623_kalk	15	1,7	7,10	koncentration < =20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
382254	218. 1922	1	16,3	15,3	16,3	GRUMO	dkms_3623_kalk	19	13,4	7,29	koncentration < =50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
191259	222. 21E	1	114	35	114	VF	dkms_3623_kalk	16	4,6	7,20	koncentration < =50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
191280	222. 33	1	40	20	40	VF	dkms_3623_kalk	21	8,3	7,20	koncentration < =50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
191481	222. 222	1	52		52	VF	dkms_3623_kalk	14	7,8	7,20	koncentration < =50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
191537	222. 278	1	70,1	11,1	70,1	VF	dkms_3623_kalk	12	1,5	7,32	koncentration < =20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
191544	222. 285	1	57,37	28,2	57,4	VF	dkms_3623_kalk	14	5,5	7,25	koncentration < =50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
191685	222. 426	1	63	34	63	Grundvandskortlægning	dkms_3623_kalk	14	1,5	7,37	koncentration < =20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
191708	222. 449	1	74	67	74	VF	dkms_3623_kalk	13	1,5	7,35	koncentration < =20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
453011	222. 626	1	35	16	35	VF	dkms_3623_kalk	19	4,9	7,25	koncentration < =50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
191858	223. 73	1	56	17,2	56	VF	dkms_3623_kalk	19	5,0	7,35	koncentration < =50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
191868	223. 83	1	40,65	19,55	42	VF	dkms_3623_kalk	11	10,0	7,30	koncentration < =50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
192043	225. 131	1	35	28	35	VF	dkms_3622_kalk	13	1,5	7,00	koncentration < =20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
194233	231. 147	1	60	35,5	60	VF	dkms_3606_kalk	12	3,5	7,40	koncentration < =50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning

Bilag 11: Ekspertvurdering. Sporstoffer.

194702	232. 386	1	51	41,5	51	VF	dkms_3614_kalk	12	1,5	7,10	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
333043	232. 543	1	47,4	37,4	49,5	VF	dkms_3607_kalk	11	1,5	7,00	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
195687	236. 42C	1	28,8	25	28,8	VF	dkms_3613_kalk	14	1,5	7,23	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
196221	237. 101	1	38	18	38	VF	dkms_3613_kalk	20	28,0	7,00	koncentration <=50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
196403	237. 276	1	38	17	38	VF	dkms_3613_kalk	19	6,0	7,20	koncentration <=50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
196477	237. 350	1	45	21,3	45	VF	dkms_3613_kalk	11	6,2	7,10	koncentration <=50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
196500	237. 373	1	38	18	38	VF	dkms_3613_kalk	17	22,0	7,05	koncentration <=50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
232419	238. 900	8	25,3	25,2	47,5	GRUMO	dkms_3001_ks	13	42,2	7,12	koncentration <=50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
198594	242. 231	1	23,8	12,3	23,5	VF	dkms_3614_kalk	11	1,5	7,03	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
198601	242. 238	1			40	VF	dkms_3614_kalk	13	1,5	6,90	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
199114	244. 509	1	68	15	68	VF	dkmb_1796_uu	11	1,5	7,05	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
200001	246. 696	1	99	76	99	VF	dkmb_1795_uu	18	1,5	6,25	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
200003	246. 698	1	120	96	121	VF	dkmb_1795_uu	16	1,5	5,70	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
200018	246. 713	1			30	Grundvandskortlægning	dkmb_1795_uu	21	14,0	5,94	koncentration <=50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
200059	246. 754	1	34,5	19	45	Grundvandskortlægning	dkmb_1795_uu	14	1,5	5,67	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
200061	246. 756	1	25	5	25	Grundvandskortlægning	dkmb_1795_uu	16	1,5	6,63	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
200066	246. 761	1	90	66	90	Grundvandskortlægning	dkmb_1795_uu	15	1,5	6,40	koncentration <=20 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning
470854	246. 832	2	34,5	32,5	84	Grundvandskortlægning	dkmb_1795_uu	15	32,0	6,39	koncentration <=50 µg/L, bestemt ved grafisk afbildning

Bilag F. Indtag der vurderes at have naturligt forhøjede MAM-koncentrationer af zink.

BORID	DGUNR	INDTAGSNR	INDTAG_BUND	INDTAG_TOP	BORINGSDYBDE	DATATYPE	GVFOREKOM	2251_Zink	1176_Nitrat	41_pH	Vurdering
217974	18. 310	4	39,64	39,5	43	GRUMO	dkmj_1007_ks	160	13,5	7,97	dybde til bund af indtag >=30 m og top af indtag >=20 m
392998	18. 387	1	18,5	17,5	19	GRUMO	dkmj_968_ks	150	6,4	6,22	koncentrationsudvikling over tid som følge af afsmitning efter etablering
41779	63. 632	1	46	34	50	Grundvandskortlægning	dkmj_820_ps	240	1,5	7,20	dybde til bund af indtag >=40 m
45930	66. 1484	1	26	22	26	Grundvandskortlægning	dkmj_1006_ks	130	1,5	6,22	dybde til top og bund af indtag - samtidig høje Ni og Zn
46141	66. 1695	1	34	28	36	Grundvandskortlægning	dkmj_1006_ks	110	1,5	6,98	dybde til bund af indtag >=30 m og top af indtag >=20 m
528899	67. 1247	1	12,5	11,5	15	GRUMO	dkmj_1003_ks	140	7,6	5,73	koncentrationsudvikling over tid som følge af afsmitning efter etablering
49518	71. 322	1	65	20	65	Grundvandskortlægning	dkmj_977_kalk	190	1,5	7,36	dybde til bund af indtag >=40 m
506733	82. 615	2	13	12	25	GRUMO	dkmj_1105_ks	115	39,9	4,87	koncentrationsudvikling over tid som følge af afsmitning efter etablering
61915	83. 1262	1	40,5	27,5	40,5	Grundvandskortlægning	dkmj_1105_ks	190	56,0	5,46	dybde til bund af indtag >=40 m
62013	83. 1360	1	54	24	54	Grundvandskortlægning	dkmj_1105_ks	200	21,0	6,74	dybde til bund af indtag >=40 m
379382	83. 1703	1	12,5	11,5	14	GRUMO	dkmj_1105_ks	750	34,4	5,25	koncentrationsudvikling over tid som følge af afsmitning efter etablering
391306	86. 2075	4	23	22,5	36	GRUMO	dkmj_1104_ks	110	6,7	6,27	koncentrationsudvikling over tid som følge af afsmitning efter etablering
72402	89. 975	1	65	59	65	Grundvandskortlægning	dkmj_588_ks	670	1,5	7,67	dybde til top af indtag >=40 m
72463	89. 1036	1	77	71	77,3	Grundvandskortlægning	dkmj_592_ks	760	1,5	6,99	dybde til top af indtag >=40 m
81602	96. 1767	1	43	37	43	Grundvandskortlægning	dkmj_1065_ps	120	1,5	6,62	dybde til bund af indtag >=40 m
90605	105. 1179	1	56,5	50,5	57	Grundvandskortlægning	dkmj_1065_ps	120	1,5	7,40	dybde til top af indtag >=40 m
202770	105. 1692	1	69	56	69	Grundvandskortlægning	dkmj_1065_ps	130	7,8		dybde til top af indtag >=40 m
93704	107. 1194	1	20	16	20	Grundvandskortlægning	dkmj_365_ks	420	1,5	8,12	enkelstående måling, øvrige uorg. sporstoffer OK og dybde til top og bund af indtag
94409	111. 32	1	28	22	28	Grundvandskortlægning	dkmj_1106_ks	160	1,5	6,70	enkelstående måling, øvrige uorg. sporstoffer OK og dybde til top og bund af indtag
94597	111. 220	1	30	24	30	Grundvandskortlægning	dkmj_1106_ks	160	1,5	6,22	dybde til bund af indtag >=30 m og top af indtag >=20 m
94990	112. 304	1	24	19	24	Grundvandskortlægning	dkmj_1109_ks	120	1,5	7,01	dybde til top og bund af indtag - samtidig høje Ni og Zn
265765	112. 1185	1			23	Grundvandskortlægning	dkmj_1106_ks	320	1,5	5,03	dybde af boring, samtidig høje koncentrationer af A, Ni og Zn. Lav pH
99143	114. 1618	3	50	49	107	GRUMO	dkmj_1058_ps	116	1,5	5,84	dybde til top af indtag >=40 m
99750	115. 578	1	60	54	60	Grundvandskortlægning	dkmj_1058_ps	330	1,5	7,08	dybde til top af indtag >=40 m
99947	115. 778	1	52	48	52	Grundvandskortlægning	dkmj_13_ks	110	20,0	7,51	dybde til top af indtag >=40 m
100349	115. 1180	1	65	59	65	Grundvandskortlægning	dkmj_1058_ps	120	1,5	6,75	dybde til top af indtag >=40 m
274277	115. 1358	1	79,25	73,25	83	Grundvandskortlægning	dkmj_1090_ks	690	1,5	7,74	dybde til top af indtag >=40 m
286409	115. 1365	1	94,6	92,6	100,4	Grundvandskortlægning	dkmj_1090_ks	240	1,5	7,31	dybde til top af indtag >=40 m
459045	115. 1554	1	73	59	74	Grundvandskortlægning	dkmj_1058_ps	330	1,5	7,38	dybde til top af indtag >=40 m
102408	117. 338	1	205	22	25	Grundvandskortlægning	dkmj_994_ks	120	1,5	7,05	enkelstående måling, øvrige uorg. sporstoffer OK og dybde til top og bund af indtag
102409	117. 339	1	41	38	42	Grundvandskortlægning	dkmj_1092_ks	190	1,5	6,98	dybde til bund af indtag >=40 m
102413	117. 343	1	37	28	59	Grundvandskortlægning	dkmj_994_ks	130	1,5	7,05	dybde til bund af indtag >=30 m og top af indtag >=20 m
103249	121. 445	1	20	14	20	Grundvandskortlægning	dkmj_1109_ks	300	70,0	5,62	dybde til top og bund af indtag, samtidig høje koncentrationer af Ni og Zn samt lav pH
103659	121. 857	1	21	15	21	Grundvandskortlægning	dkmj_1106_ks	120	20,0	6,92	enkelstående måling, øvrige uorg. sporstoffer OK og dybde til top og bund af indtag
106957	124. 527	1	50,5	44,5	50,5	Grundvandskortlægning	dkmj_1058_ps	410	1,5	7,67	dybde til top af indtag >=40 m
107381	124. 954	1	54,5	51,5	60	Grundvandskortlægning	dkmj_1089_ks	120	1,5	7,74	dybde til top af indtag >=40 m
560022	125. 2442	1	48	36	48	Grundvandskortlægning	dkmj_990_ks	160	1,5	7,16	dybde til bund af indtag >=40 m
415447	130. 1587	1	146	140	162	VF	dkmj_1054_ps	720		8,65	dybde til top af indtag >=40 m
112522	131. 1056	1	12	11,5	12	GRUMO	dkmj_1110_ks	223	2,5	4,34	lav pH
112526	131. 1060	2	11,5	10,5	80	GRUMO	dkmj_1110_ks	113	1,5	4,99	lav pH
395558	131. 1993	1	17	13	18	Grundvandskortlægning	dkmj_1091_ks	420	19,0		dybde til top og bund af indtag - samtidig høje Ni og Zn
302930	168. 1378	2	345	341	415	GRUMO	dkmj_1051_ps	130	1,5	8,06	dybde til top af indtag >=40 m
146095	169. 558	1	44	38	44	Grundvandskortlægning	dkmj_1084_ks	130	1,5	7,36	dybde til bund af indtag >=40 m
146115	169. 578	1	34	32	34	Grundvandskortlægning	dkmj_1084_ks	160	1,5	7,30	dybde til bund af indtag >=30 m og top af indtag >=20 m
147926	174. 192	1	28	25	36	Grundvandskortlægning	dkmj_2_ks	160	4,6	7,35	dybde til top og bund af indtag - samtidig høje Ni og Zn
395117	186. 854	13	12,48	12,38	30,5	GRUMO	dkms_3643_ks	130	5,7	7,20	koncentrationsudvikling over tid som følge af afsmitning efter etablering
395117	186. 854	11	14,49	14,39	30,5	GRUMO	dkms_3643_ks	380	7,1	7,09	koncentrationsudvikling over tid som følge af afsmitning efter etablering
390016	199. 1241	1	19,5	18,5	20	GRUMO	dkms_3640_ks	135	197,1	7,33	koncentrationsudvikling over tid som følge af afsmitning efter etablering

Bilag 11: Ekspertvurdering. Sporstoffer.

181517	210. 655	1	48,5	35	49,5	VF	dkms_3648_ks	390	1,5	7,17	dybde til bund af indtag >=40 m
182898	212. 417	1	21		21	Grundvandskortlægning	dkms_3627_kalk	120	1,5	7,33	enkelstående måling, øvrige uorg. sporstoffer OK og dybde til bund af indtag
184243	213. 521	1	52	28	52	Grundvandskortlægning	dkms_3623_kalk	340	680,0	6,22	dybde til bund af indtag >=40 m
185227	214. 867	1	44	41	45	Grundvandskortlægning	dkms_3010_ks	180	1,5	7,60	dybde til top af indtag >=40 m
185759	215. 438	1	46,8	42	46,8	Grundvandskortlægning	dkms_3620_kalk	620	1,5	7,08	dybde til top af indtag >=40 m
185915	215. 594	1	44,5	40,5	44,5	VF	dkms_3010_ks	1400	1,5	7,50	dybde til top af indtag >=40 m
232419	238. 900	8	25,3	25,2	47,5	GRUMO	dkms_3001_ks	280	42,2	7,12	koncentrationsudvikling over tid som følge af afsmitning efter etablering
199907	246. 602	1	71	53	71	Grundvandskortlægning	dkmb_1795_uu	1900	1,5	6,69	dybde til top af indtag >=40 m
200058	246. 753	1	30	10	30	Grundvandskortlægning	dkmb_1795_uu	210	1,5	5,35	dybde til bund af indtag >=30 m
200414	247. 333	3	30	23	30	GRUMO	dkmb_1795_uu	330		6,98	dybde til bund af indtag >=30 m

Bilag 12

GEUS-notat 07-VA-2020-11.

Leverance 3 i projektet ”Tilstandsvurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand for saltene: ammonium, nitrit, sulfat, fosfor og klorid til VP 3 2021-2027”.

Bilaget indeholder:

- GEUS-notat nr.: 07-VA-2020-11.
- Bilag 1: Dokumentation for fastsættelse af grundvandsforekomst-specifikke tærskelværdier (naturlige baggrundsværdier) for ammonium og klorid.

Til: Miljøstyrelsen, Mia Rohde Nielsen
Fra: Mette Hilleke Mortensen, Denitza Voutchkova

Kopi til:

Fortroligt: Nej

Dato: 18. December 2020

GEUS-NOTAT nr.: 07-VA-2020-11

J.nr. GEUS: 218-0066

Emne: Leverance 3 i projektet ”Tilstandsvurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand for saltene: ammonium, nitrit, sulfat, fosfor og klorid til VP 3 2021-2027”

Dette notat udgør sammen med nedenstående og medsendte Excel-filer leverance 3 for projektet ”Tilstandsvurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand for saltene: ammonium, nitrit, sulfat, fosfor og klorid til VP 3 2021-2027”.

Baggrund

Denne leverance indeholder data og dokumentation for fastsættelse af grundvandsforekomst-specifikke tærskelværdier (naturlige baggrundsværdier) for ammonium og klorid.

I projektbeskrivelsen for ovennævnte projekt udgør leverance 3:

I forbindelse med tilstandsvurdering for ammonium og om muligt klorid skal der tages højde for, at disse stoffer findes naturligt i alt grundvand. Grundvandsforekomster vil ikke være i ringe kemisk tilstand pga. naturligt indhold af de nævnte stoffer over de nationale tærskelværdier, og det er derfor nødvendigt at fastlægge baggrundsværdier, dvs. de koncentrationsniveauer, hvor tilstedeværelsen af de nævnte stoffer i grundvandet ikke kan anses for at være et resultat af menneskelig påvirkning.

Som en del af opgaven fastlægges naturlige baggrundsværdier i det omfang, datagrundlaget tillader det for et større geografisk område i grundvandsforekomster med samme geologiske forhold og lag i DK-modellen eller Bornholm.

Ved fastlæggelse af naturlige baggrundsværdier anvendes 90 % fraktiler af aggregerede koncentrationer i ikke forurenede boringsindtag.

Dokumentation for, hvorledes fastsættelsen af de grundvandsspecifikke tærskelværdier har fundet sted, fremgår af det engelsksprogede bilag 1.

Den konkrete leverance

Leverance 3 består af nærværende notat og følgende filer:

Dataleverance 3:

- NBVs_nbl_NO3_NVOC_type_all_classes.xlsx

Programkode:

- Documentation_with_pH_final_version.Rmd

Bagvedliggende beregninger:

- Cl_clean.xlsx
- NBV_trials.xlsx
- NH4_clean.xlsx

Sammenfattende resultat for fastsættelse af naturlige baggrundsværdier

Den naturlige baggrundsværdi (NBV) for ammonium og klorid beregnes for forskellige typer af grundvandsforekomster baseret på geografisk placering, lithologi, pH, redoxforhold (NO₃) og organisk indhold (NVOC) på tilsvarende måde som i Vandplan 3 – Sporstoffer projektet. NBV defineres som 90% fraktilen af middelværdien for årlige middelværdier (MAM) for hvert indtag og for hver grundvandsforekomst. Til beregningerne bruges GRUMO datasættet og vandværkernes boringskontrol (BK) datasættet for perioden 2000-2018. NBV beregnes for geokemiske klasser i en geologisk lagtype med mere end 50 indtag. Der er opsat et kriterie om, at der for geografi/geologi klasser skal være mere end 20 indtag, men dette er ikke relevant her i forhold til data.

For at undersøge hvilke parametre der har betydning for den naturlige baggrundsværdi i forhold til ammonium og klorid er indflydelsen af NO₃, NVOC og pH analyseret. På denne baggrund er det i samarbejde med Miljøstyrelsen besluttet at benytte parametrene NO₃ samt NVOC til fastlæggelse af den naturlige baggrundsværdi. Indtag med reduceret grundvand er derfor sorteret på baggrund af disse kriterier: NO₃ (<= 2 mg/l) og NVOC (>3 mg/l) i forbindelse med fastlæggelse af den naturlige baggrundsværdi, på tilsvarende vis som i VP3 sporstofprojektet.

Miljøstyrelsen har fastlagt den nationale tærskelværdi for ammonium til 2 mg/l. Der er tre grundvandsforekomster, hvor denne værdi er overskredet for NBV og som har fået tildelt en ny tærskelværdi, se tabel 1. For alle øvrige indtag anvendes den nationale tærskelværdi.

Grundvandsforekomst	Ny tærskelværdi
dkmf_ks; NO ₃ <= 2 & NVOC > 3	4
dkmj_ks; NO ₃ <= 2 & NVOC > 3	4
dkms_kalk; NO ₃ <= 2 & NVOC > 3	3

Tabel 1: Grundvandsforekomster med ny tærskelværdi

Miljøstyrelsen har fastlagt tærskelværdien for klorid til 250 mg/l. Ved beregning af NBV for klorid, var denne lavere for alle de anvendte geologiske og geokemiske opdelinger af grundvandsforekomster. Tærskelværdien på 250 mg/l for klorid fastholdes derfor for alle grundvandsforekomster.

Kvalitetssikring af udtræk

Kvalitetssikringen af denne opgave har bestået af en sammenligning af metodebeskrivelse og R-koden, samt gennemgang af kode. Herefter er der udført stikprøvekontrol af data. Det er kontrolleret at der er brugt de korrekte inputfiler til opgaven.

Bilag 1. Dokumentation for fastsættelse af grundvandsforekomst-specifikke tærskelværdier (naturlige baggrundsværdier) for ammonium og klorid.

Workflow documentation: NBV calculation for ammonium and chloride

Table of Contents

Introduction	3
Data	4
Part 1: intake classification	4
Part 2: preparing NH ₄ and Cl data	10
Part 3: calculation of 90th percentile and data-visualization	13
Final NBV	16

Last update by Denitza Voutchkova (DV): 2020-11-02 10:47:14

Introduction

Purpose: to document the methodological decisions and the code (i.e. the calculations) for the project VP3-Salte, in regards to calculating Natural Background Values (NBV) for ammonium and chloride.

Task summary: to calculate NBV for NH₄ and Cl for different types of aquifers, based on: location, lithology, pH, redox conditions (based on NO₃), and organic content (based on NVOC). The NBV is defined as the 90th percentile of the mean annual mean concentration for each intake and each aquifer type. Only intakes from the GRUMO and BK programs are used. NBVs are not calculated for aquifer types with <20 intakes (for geology/geography types) and < 50 intakes (for geology/geography/geochemistry types).

Workflow overview: In order to complete the task, a 3-step workflow, similar to the used one in VP3-trace elements project was adopted:

1. Classifying the GRUMO and BK intakes, based on pH, NO₃, and NVOC;
2. Preparation of NH₄ and Cl data and linking it to the classified intakes;

3. Calculation of 90th percentile and data-visualization

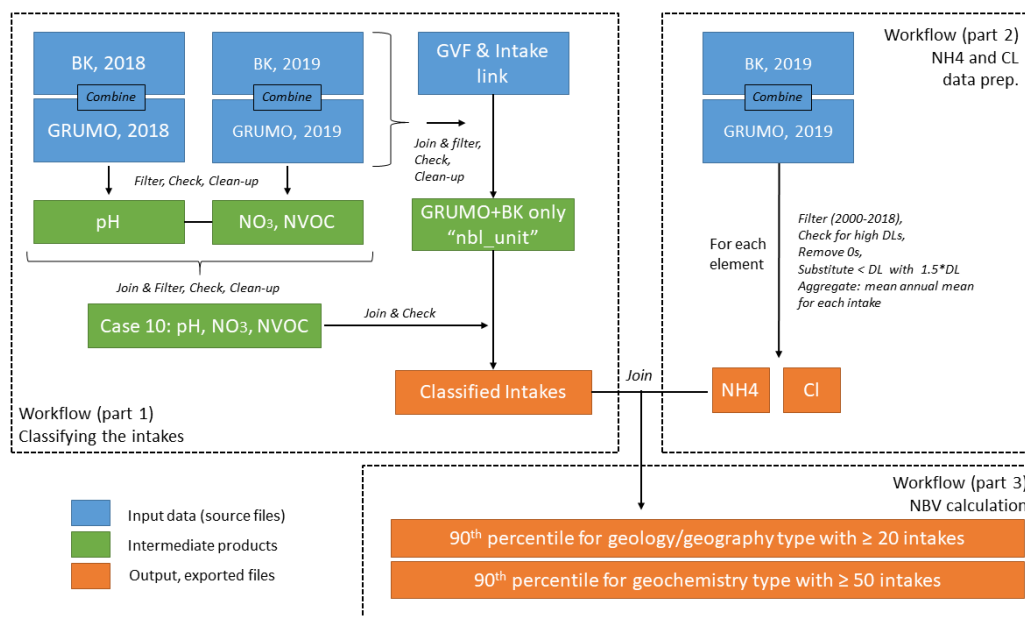


Figure 1: Flowchart

Data

Used datasets:

1. GRUMO dataset from 2019 (for NO₃, Cl, and NH₄)
2. BK dataset from 2019 (for NO₃, Cl, and NH₄)
3. GVF-Intake link: used for classifying the intakes according to DK-model layers
4. GRUMO dataset from 2018: used for the pH (there was no pH data in the 2019 files)
5. BK dataset for 2018: used for pH (there was no pH data in the 2019 files)

Part 1: intake classification

Link GVF-Intake

GVF stands for groundwater body, shortened from *GVFOREKOM*, which is the ID for the different groundwater bodies from the DK-model. We extract information on the geography and geology from the *GVFOREKOM* ID.

Extract geography and geology from the *GVFOREKOM* (source file 3)

- Unique *geology* classes: ks, kalk, ps, uu, where *ks* for Quaternary sand; *kalk* for chalk/limestone; *ps* for pre-Quaternary sand; *uu* for the geological units on Bornholm.
- Unique *geography* classes: dkmj, dkm, dkmf, dkms, dkmb, where *dkmj* for Jutland (Jylland); *dkm* for the islands Samsø, Lesø, Anholt; *dkmf* for Fyn; *dkms* for Zealand (Sjælland); *dkmb* for Bornholm.

Form the NBL-units by combining geography and geology

- Unique *nbl_unit* in the dataset (combinations): dkmj_ks, dkm_ks, dkmj_kalk, dkmj_ps, dkmf_ks, dkmf_kalk, dkms_ks, dkms_kalk, dkmb_uu

In total there are 15040 intakes and 13767 wells in the source dataset 3.

Intake meta-data

Extract the intake (BORID & INDTNR) information

- meta-data includes: X,Y coordinates, DGUnr, the latest intake top and bottom for both GRUMO and BK datasets;
- duplicates are removed, if any;
- check if there are only unique intakes left in the dataset -> yes

Compile a list containing both the GRUMO and BK intakes (joining the two)

- After the two datasets are appended together, there are 9046 rows, but only 8974 unique intakes. This is because there were 72 intakes that were present in both GRUMO and the BK.
- The duplicates were removed, there are now 8974 intakes left.

Join *Link* (gvf-intake link) and *intakes* (intake meta-data)

- Only intakes associated with an NBL-unit were retained in the dataset for further use (n=7807).
- Check if there are only unique intakes left in the dataset -> yes

There are in total 7807 unique intakes for 7328 wells.

Classifying the intakes based on pH, redox, and NVOC

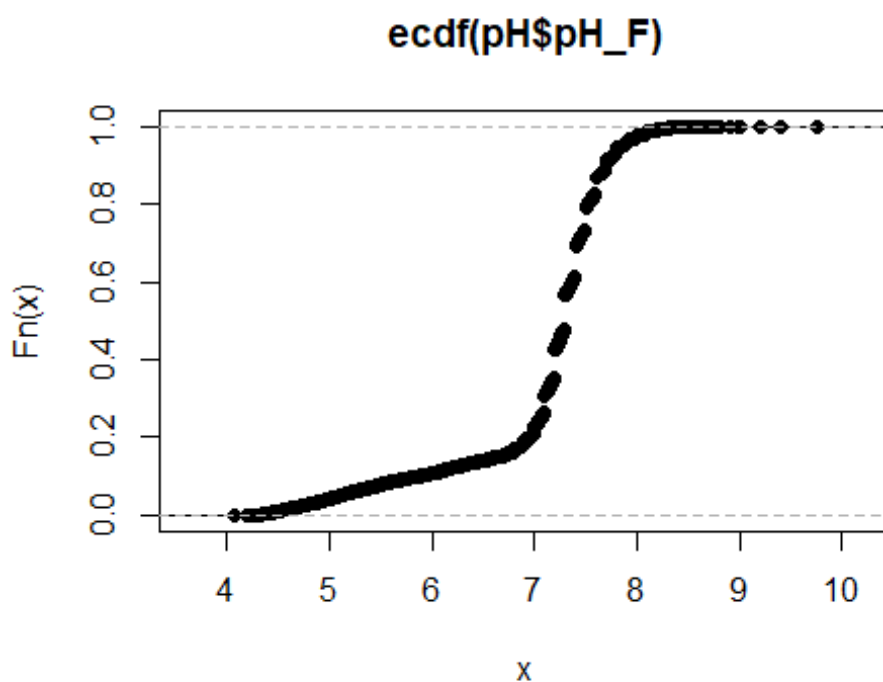
We use the same classification type as in the VP3-trace elements. For each of the intakes we calculate mean pH, NO₃, and NVOC over the period 2009-2018 (same as "case 10" from the VP3-trace elements).

Extract field pH data from source files 4 & 5

- keep fields *BORID*, *INDTNR*, *PROEVEID*, *ph_F*
- filter based on *PROVAAR*, so the dataset includes only samples from the period 20019-2018 (incl.);
- keep only complete cases (exclude samples without pH analyses)

Append the two pH subsets (BK and GRUMO) into one Quality check the pH data

- remove duplicates, if any;
- remove erroneous data, keep only pH values >0 and <10
- plot Empirical Cumulative Density Function for pH



- check for outliers based on the ECDF -> no obvious outliers

Calculate mean pH for each intake

Extract the NO₃ and NVOC from source files 1 & 2 (we keep also the data needed for part 2: NH₄, and Cl, but this is further discussed in part 2)

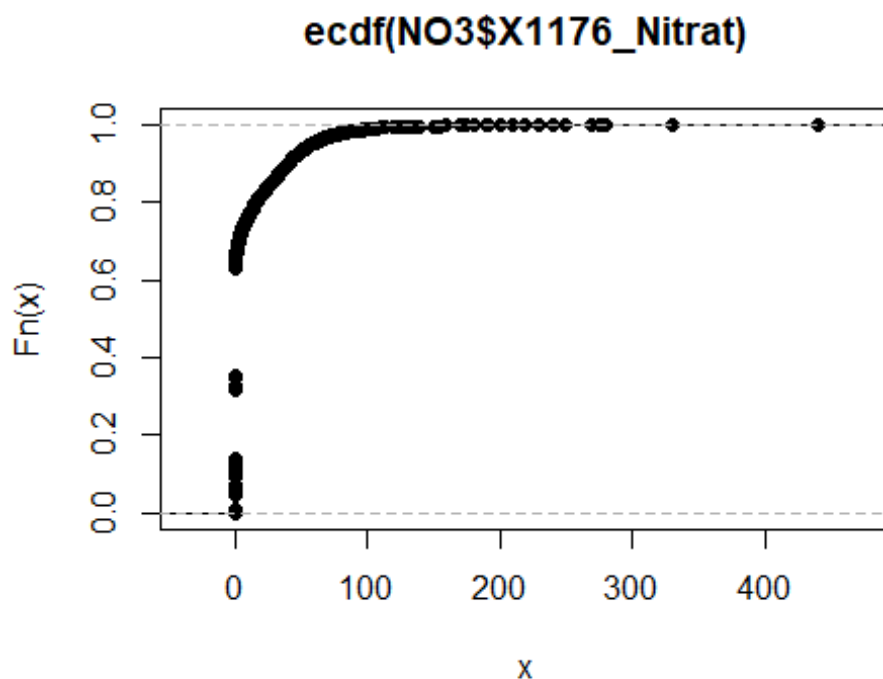
- filter based on *PROEVE_AAR*, so the dataset includes only samples from the period 2009-2018 (incl.);

- retain only the necessary chemical data (*X1176_Nitrat_A*, *X1176_Nitrat*, *X0380_Carbon.org.NVOC_A*, *X0380_Carbon.org.NVOC*)

Append the two subsets (BK and GRUMO) into one

Quality check the NO₃ data

- remove duplicates, if any;
- keep only samples with attribute " " and "<" (excludes all other flags)
- keep only NO₃ concentrations > 0 mg/l (removes errors)
- plot Empirical Cumulative Density Function for NO₃ (see below)

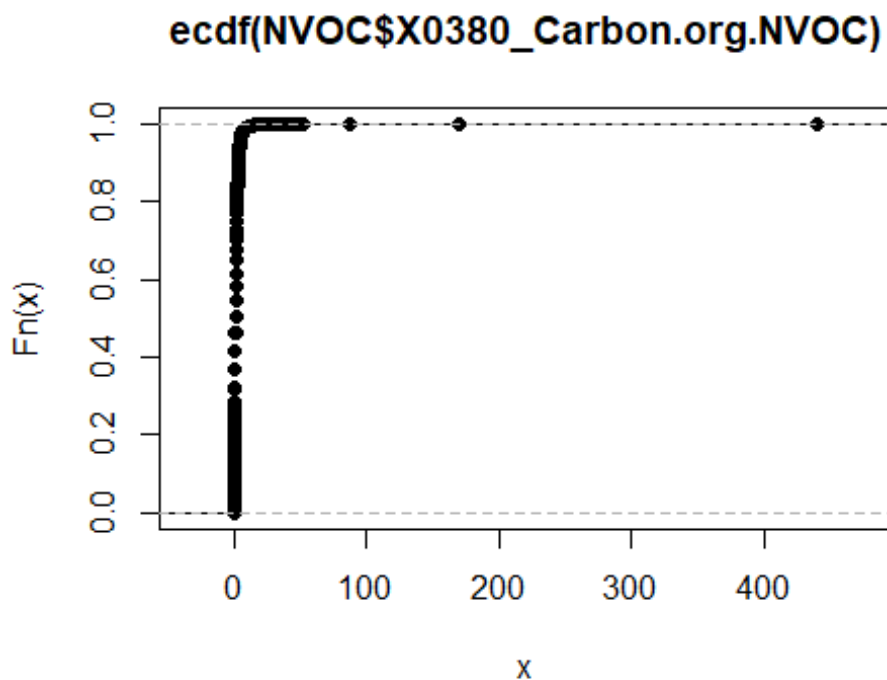


- check for outliers based on the ECDF -> no obvious erroneous values for NO₃

Quality check the NVOC data

Same steps as for NO₃

- plot Empirical Cumulative Density Function for NVOC



Potentially, there are 3 outliers for NVOC (3 different intakes), but without further investigation it cannot be said, if these are due to unit errors or just anomalously high concentrations.

No outliers have been excluded for pH, NO₃, and NVOC.

The highest detection limit in the NO₃ subset is 1 mg/l, while for NVOC it is 0.5 mg/l. There is no need to remove any high detection limits for NO₃ and NVOC.

Calculate mean NO₃ and mean NVOC

Join all subsets together

- Check for duplicates due to join -> no duplicates

There are in total 5693 unique intakes for 5371 wells.

nbl_unit	n
dkm_ks	44
dkmb_uu	92
dkmf_kalk	74
dkmf_ks	547
dkmj_kalk	486
dkmj_ks	1865
dkmj_ps	537
dkms_kalk	1283

nbl_unit	n
dkms_ks	765

- round the values for mean NO₃ and NVOC before the classification (No₃ to the 3rd digit, NVOC to the 2nd)

Classifying the intakes

The conditions are the same used in the project VP3-trace elements. Each intake was classified first in the following two categories:

- pH type: “pH > 6” or “pH ≤ 6”
- NO₃ type: “NO₃ > 2 mg/l” or “NO₃ ≤ 2 mg/l”
- NVOC type: “NVOC > 3 mg/l” or “NVOC ≤ 3 mg/l”

After that, for each intake we combine the different classifications to prepare the dataset for the NBV calculation.

Save the dataset with the classified GRUMO and BK intakes

Exported as .csv file “classified_BK_GRUMO_intakes_10y_mean_revised_NO3_NVOC.csv”

The dataset contains 5693 intakes and the following 21 variables:

Column name	Data type	Description
BORID	int	Unique ID for each well (used as key together with BORID)
INDTNR	int	Unique ID for each intake (used as key together with BORID)
DGUNR	chr	Unique well label (used for online checks only)
XUTM32EUREF89	num	X coordinate of the well
YUTM32EUREF89	num	Y coordinate of the well
INDTTOP	num	Intake top
INDTBUND	num	Intake bottom
GVFOREKOM	chr	Unique ID for groundwater bodies from the DK model (used for classification)
geology	chr	Type of geology (extracted from GVFOREKOM)
geography	chr	Geographical location
nbl_unit	chr	Label combining geography and geology
pH_mean10y	num	10-year mean of pH for each intake (-)
mean_NVOC_10y	num	10-year mean of NVOC (mg/l) for each intake
mean_NO3_10y	num	10-year mean of NO ₃ (mg/l) for each intake

Column name	Data type	Description
pH_type	chr	Intake classification based on pH
NO3_type	chr	Intake classification based on NO3
NVOC_type	chr	Intake classification based on NVOC
nbl_NO3_type	chr	Intake classification based on nbl_unit and NO3
nbl_pH_NO3_type	chr	Intake classification based on nbl_unit, pH, and NO3
nbl_NO3_NVOC_type	chr	Intake classification based on nbl_unit, NO3, and NVOC
nbl_pH_NO3_NVOC_type	chr	Intake classification based on nbl_unit, pH, NO3, and NVOC

End of Part 1

Part 2: preparing NH4 and Cl data

This part includes all necessary data pre-treatment and quality checks for NH4 and Cl. The substitution of values below DL follows the same convention as in the VP3-trace elements:

Samples < DL will be substituted with 1.5DL (this is = 0.5QL, where QL=3DL), where DL is the sample-specific detection limit

Before the substitution, we assess if there are samples < DL, which have too high DL. We follow the rule from “Analysekvalitetskravdirektivet, artikel 4 stk 1”:

“Medlemsstaterne stiller som mindstekrav til alle anvendte analysemetoder, at deres måleusikkerhed er højst 50 % (k = 2) ved værdien af det pågældende miljøkvalitetskrav, og at deres kvantifikationsgrænse er 30 % af værdien af det pågældende miljøkvalitetskrav eller lavere.”

Thus, the limit of quantification (QL) should be equal to or lower than 30% of the national TVs. The TVs we work with in the Vandplan 3 are:

- Chloride (Cl): TV = 250 mg/l, max allowed QL = 75 mg/l (however, there are no < DL)
- Ammonium (NH4): TV = 2 mg/l, max allowed QL = 0.6 mg/l

Keep only the information we need (both from GRUMO and BK datasets)

- Intake identification: BORID & INDTNR (used as key for linking with the classification)
- Sample info: year, date, ID
- Chemical analysis info:

- “X1011_Ammoniak.ammonium_A”, “X1011_Ammoniak.ammonium”
- “X1591_Chlorid_A”, “X1591_Chlorid”

Filter the period

- keep only samples taken in the period 2000-2018 (incl.)
- used field: [PROEVE_AAR](#)

Append the GRUMO and BK datasets and exclude duplicates

Join with the classified intakes (*intakes*) with the trace elements data (*chem*)

- retain only analyses that are associated with classified intakes
- export the file, if someone needs to see the samples before the clean-up

Split the dataset into subsets for each of the elements

The rest of the workflow (Part 2) is done for each element separately

Exclude samples with NA for the specific element (keep only actual analyses)

Samples below the detection limit (DL)

- Check the detection limits present in each subset (attribute “<”); Because we are substituting the samples <DL with 1.5*DL, first we evaluated if we need to exclude samples <DL because of high DL (high DL is indicative for low-precision of the lab. method, and in the substitution will introduce bias in the dataset).

X1011_Ammoniak.ammonium	n	QL
0.050000	11	0.075000
0.025000	6	0.037500
0.020000	90	0.030000
0.010000	98	0.015000
0.008000	11	0.012000
0.006430	12	0.009645
0.006000	703	0.009000
0.005000	145	0.007500
0.004000	323	0.006000
0.003858	1	0.005787
0.003000	702	0.004500

- Detection limits to exclude (samples <DL are removed):
 - Chloride (Cl): no need to exclude, as there are no analyses < DL

- Ammonium (NH₄): no high detection limits for NH₄, as the max DL is 0.05 mg/l
- We also exclude 0 values from this dataset (=0, not <DL):
 - Chloride (Cl): 1 analysis
 - Ammonium (NH₄): 1 analysis
- Overview of the dataset after removal 0-values

	Cl	NH ₄
All samples (n)	21629	20382
Samples < DL (n)	0	2102
Samples < DL (%)	0	10.3

- Substitute < DL with 1.5*DL for NH₄ (Cl does not have analyses <DL)

Aggregation for each element for each intake

- First calculate annual means (arithmetic average of all samples taken within a specific year)
- Then, calculate mean of the annual means (MAM), so for each intake we have one value for each element
- Join the MAM values to the classified intakes info (*intakes*) (intakes that had no Cl or NH₄ data have no MAM calculated, i.e. there is missing value)

Save files (export as .csv)

The two subsets contain 5693 intakes, however there are missing values for the intakes which had no data for Cl, NH₄, or NO₂. There are 23 variables/columns, but only two are new (the rest are the same as in the output from Part 1, see description there):

Column name	Data type	Description
For <i>Cl_clean</i> :		
Cl_MAM	num	Mean of the annual mean for Cl for each intake
n_years	int	Number of years with data for Cl ¹
For <i>NH4_clean</i> :		
NH4_MAM	num	Mean of the annual mean for NH ₄ for each intake

¹ shows how many values were used to calculate Cl_MAM; can be used to evaluate the uncertainty for individual intakes

Column name	Data type	Description
n_years	int	Number of years with data for NH4 ²

Note: there was no outlier removal in this part (same as in VP-trace elements)

End of Part 2

Part 3: calculation of 90th percentile and data-visualization

The 90th percentiles (NBV) are calculated for two of the well classification types:

- only taking into account the geography and geology (*nbl_unit*)
- taking into account also combination of pH, NO₃, and NVOC

It was decided that 90th percentiles are going to be calculated only for the classes with 20 or more intakes for the geography/geology and with 50 or more intakes for the geochemistry classes. .

The output of Part 3 of the workflow results in the following tables, where the column names are following the convention:

- *X_n*, where X is the specific element, provides information on the number of intakes with MAM for the specific trace element;
- *X_nbl*, where X is the specific element, provides the 90th percentile results (the NBV);

The first one shows results for the *nbl_unit* aquifer types:

nbl_unit	Cl_n	Cl_nbl	NH4_n	NH4_nbl
dkm_ks	44	83.0	44	0.30
dkmb_uu	92	49.4	92	0.45
dkmf_kalk	74	142.8	74	0.90
dkmf_ks	547	80.0	547	0.96
dkmj_kalk	486	67.5	486	0.38
dkmj_ks	1865	63.5	1865	0.59
dkmj_ps	537	35.0	537	0.32
dkms_kalk	1283	157.2	1283	1.43
dkms_ks	763	128.7	763	1.25

nbl_NO3_type	Cl_n	Cl_nbl	NH4_n	NH4_nbl
--------------	------	--------	-------	---------

² shows how many values were used to calculate NH4_MAM; can be used to evaluate the uncertainty for individual intakes

nbl_unit	Cl_n	Cl_nbl	NH4_n	NH4_nbl
dkmb_uu & NO3 <= 2	68	48.8	68	0.50
dkmf_kalk & NO3 <= 2	70	149.4	70	0.91
dkmf_ks & NO3 <= 2	485	81.2	485	0.98
dkmf_ks & NO3 > 2	62	75.5	62	0.20
dkmj_kalk & NO3 <= 2	253	75.5	253	0.50
dkmj_kalk & NO3 > 2	233	60.8	233	0.03
dkmj_ks & NO3 <= 2	1303	60.0	1303	0.74
dkmj_ks & NO3 > 2	562	66.8	562	0.08
dkmj_ps & NO3 <= 2	478	33.0	478	0.33
dkmj_ps & NO3 > 2	59	52.1	59	0.05
dkms_kalk & NO3 <= 2	1177	164.7	1177	1.49
dkms_kalk & NO3 > 2	106	112.3	106	0.23
dkms_ks & NO3 <= 2	616	130.0	616	1.34
dkms_ks & NO3 > 2	147	120.1	147	0.13

nbl_pH_NO3_type	Cl_n	Cl_nbl	NH4_n	NH4_nbl
dkmb_uu & pH > 6 & NO3 <= 2	67	48.9	67	0.51
dkmf_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2	70	149.4	70	0.91
dkmf_ks & pH > 6 & NO3 <= 2	485	81.2	485	0.98
dkmf_ks & pH > 6 & NO3 > 2	62	75.5	62	0.20
dkmj_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2	253	75.5	253	0.50
dkmj_kalk & pH > 6 & NO3 > 2	233	60.8	233	0.03
dkmj_ks & pH <= 6 & NO3 > 2	136	87.2	136	0.03
dkmj_ks & pH > 6 & NO3 <= 2	1269	60.9	1269	0.75
dkmj_ks & pH > 6 & NO3 > 2	426	58.6	426	0.10
dkmj_ps & pH > 6 & NO3 <= 2	451	32.5	451	0.34
dkms_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2	1177	164.7	1177	1.49
dkms_kalk & pH > 6 & NO3 > 2	106	112.3	106	0.23
dkms_ks & pH > 6 & NO3 <= 2	615	130.0	615	1.34
dkms_ks & pH > 6 & NO3 > 2	147	120.1	147	0.13

nbl_NO3_NVOC_type	Cl_n	Cl_nbl	NH4_n	NH4_nbl
dkmb_uu & NO3 <= 2 & NVOC <= 3	66	49.0	66	0.52
dkmf_kalk & NO3 <= 2 & NVOC <= 3	61	164.5	61	0.84

nbl_unit	Cl_n	Cl_nbl	NH4_n	NH4_nbl
dkmf_ks & NO3 <= 2 & NVOC <= 3	425	76.2	425	0.80
dkmf_ks & NO3 <= 2 & NVOC > 3	60	146.8	60	3.15
dkmf_ks & NO3 > 2 & NVOC <= 3	57	73.1	57	0.20
dkmj_kalk & NO3 <= 2 & NVOC <= 3	246	75.3	246	0.50
dkmj_kalk & NO3 > 2 & NVOC <= 3	228	59.7	228	0.03
dkmj_ks & NO3 <= 2 & NVOC <= 3	1180	52.0	1180	0.56
dkmj_ks & NO3 <= 2 & NVOC > 3	123	177.4	123	3.63
dkmj_ks & NO3 > 2 & NVOC <= 3	523	66.4	523	0.08
dkmj_ps & NO3 <= 2 & NVOC <= 3	470	33.0	470	0.33
dkmj_ps & NO3 > 2 & NVOC <= 3	57	52.3	57	0.05
dkms_kalk & NO3 <= 2 & NVOC <= 3	916	165.1	916	1.20
dkms_kalk & NO3 <= 2 & NVOC > 3	261	156.7	261	2.95
dkms_kalk & NO3 > 2 & NVOC <= 3	102	106.1	102	0.22
dkms_ks & NO3 <= 2 & NVOC <= 3	441	120.5	441	1.09
dkms_ks & NO3 <= 2 & NVOC > 3	175	169.0	175	1.76
dkms_ks & NO3 > 2 & NVOC <= 3	137	109.1	137	0.10

nbl_pH_NO3_NVOC_type	Cl_n	Cl_nbl	NH4_n	NH4_nbl
dkmb_uu & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3	65	49.1	65	0.53
dkmf_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3	61	164.5	61	0.84
dkmf_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3	425	76.2	425	0.80
dkmf_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3	60	146.8	60	3.15
dkmf_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3	57	73.1	57	0.20
dkmj_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3	246	75.3	246	0.50
dkmj_kalk & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3	228	59.7	228	0.03
dkmj_ks & pH <= 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3	115	91.7	115	0.03
dkmj_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3	1154	52.6	1154	0.56
dkmj_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3	115	179.2	115	3.69
dkmj_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3	408	58.1	408	0.09
dkmj_ps & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3	445	32.5	445	0.33
dkms_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3	916	165.1	916	1.20
dkms_kalk & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3	261	156.7	261	2.95
dkms_kalk & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3	102	106.1	102	0.22
dkms_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC <= 3	441	120.5	441	1.09

nbl_unit	Cl_n	Cl_nbl	NH4_n	NH4_nbl
dkms_ks & pH > 6 & NO3 <= 2 & NVOC > 3	174	169.3	174	1.76
dkms_ks & pH > 6 & NO3 > 2 & NVOC <= 3	137	109.1	137	0.10

Final NBV

After the meeting on 30 Oct 2020 (with MHM and MRN from MST), it was decided that we should use the combination NO3-NVOC. The following NBVs exceeded the national TVs:

1. for Cl: there was no NBV exceeding the TV = 250 mg/l (based on nbl unit only or on the NO3-NVOC combination), so the national TV is used in the status assessment
2. for NH4: there was exceedance for the following classes:
 - dkmf_ks & NO3 <= 2 & NVOC > 3 → NBV = 3.15 mg/l > TV; the rounded NBV is used further in the assessment: NBV_rounded = 4 mg/l
 - dkmj_ks & NO3 <= 2 & NVOC > 3 → NBV = 3.63 mg/l > TV; the rounded NBV is used further in the assessment: NBV_rounded = 4 mg/l
 - dkms_kalk & NO3 <= 2 & NVOC > 3 → NBV = 2.95 mg/l > TV; the rounded NBV is used further in the assessment: NBV_rounded = 3 mg/l
 - for all other geology/geography or geochemistry types we use the national TV = 2 mg/l for the status assessments

END OF WORKFLOW

Last update by DV: 2020-11-02 10:47:33

Bilag 13

GEUS-notat 07-VA-2020-12.

Leverance 4 i projektet ”Tilstandsvurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand for saltene: ammonium, nitrit, sulfat, fosfor og klorid til VP 3 2021-2027”.

Bilaget indeholder:

- GEUS-notat nr.: 07-VA-2020-12.
- Bilag 1: Metodebeskrivelse og dokumentation for dataaggregering og beregning af ionbytning.

Til: Miljøstyrelsen, Mia Rohde Nielsen

Fra: Mette Hilleke Mortensen, Denitza Voutchkova

Kopi til:

Fortroligt: Nej

Dato: 18. december 2020

GEUS-NOTAT nr.: 07-VA-2020-12

J.nr. GEUS: 218-0066

Emne: Leverance 4 i projektet ”Tilstandsvurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand for saltene: ammonium, nitrit, sulfat, fosfor og klorid til VP 3 2021-2027”

Dette notat udgør sammen med nedenstående og medsendte Excel-filer leverance 4 for projektet ”Tilstandsvurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand for saltene: ammonium, nitrit, sulfat, fosfor og klorid til VP 3 2021-2027”.

Baggrund

Denne leverance indeholder data og dokumentation for dataaggregering og beregning af ionbytning.

I projektbeskrivelsen for ovennævnte projekt udgør leverance 4:

Dataaggregering som i projekt for sporstoffer samt beregning af ionbytningsgrad.

Der udarbejdes tabeller, der indeholder enkeltanalyser og gennemsnit af års-værdier for ammonium, klorid og ionbytning og tærskelværdier for disse stoffer under hensyntagen til naturlige baggrundsværdier. Ionbytning beregnes på prøveniveau og efterfølgende aggregeres på indtagsniveau.

Detaljeret dokumentation for, hvorledes denne rubricering af grundvandsforekomster har fundet sted fremgår af det engelsksprogede bilag 1.

Den konkrete leverance

Leverance 4 består af nærværende notat og følgende filer:

Dataleverance 4:

- MAM_SALTE_20201028.xlsx

Programkode:

- aggregation_salt_final_version.R

- aggregated_data.RData

Rådata:

- Salte-2013-2019-datatyper-20102020.xlsx

- Salte-2013-2019-raadata-20102020.xlsx

Bagvedliggende beregninger:

- SALTE-DG-20201028.xlsx

- SALTE-substituted QL.xlsx

Sammenfattende resultat for aggregerede data.

For hvert indtag aggregeres alle målinger til en såkaldt MAM værdi, middelværdien af årlige middelværdier. Dette sker efter en omhyggelig dataforberedelse, hvor data gennemgås og renses for fejl, se desuden beskrivelsen af workflow (bilag 1) i dette dokument. Data fjernes, hvis de er koblet til boringstypen 'brønd', eller hvis et indtag ikke er koblet til en specifik grundvandsforekomst (GVF). Desuden fjernes analyser, der er koblet til indtag med efterfølgende boringsrenovation. Datasættet gennemgås efterfølgende for analyser med høje detektionsgrænser. Disse renses efter proceduren beskrevet i bilag 1. Det endelige datasæt benyttes til beregningerne af MAM for ammonium, klorid, ionbytning, NVOC og nitrat.

Tabel 1 sammenfatter fordelingen af indtag på datatyper i datasættet, baseret på udtræk fra jupiter-databasen fra 20. oktober 2020. Datatyperne er defineret i /1/. Hovedparten af indtagene tilhører datatypen vandforsyning. Tabel 2 sammenfatter det aggregerede datasæt, hvor Q1 og Q3 er 1. og 3. kvartil.

DATATYPE	Indtag (antal)
ANDET	1.279
DEPOT	1.704
DEPOT (øvrige)	326
GRUMO	1.328
Grundvandskortlægning	1.004
VF	6.659
Total	12.300

Tabel 1: Oversigt over datatyper fordelt på antal indtag.

mg/l (Standatkode)	Ammoniak+ammonium (1011)	Klorid (1591)	IG	NVOC, Carbon, org, (380)	Nitrat (1176)
TV	2	250	-	-	-
QL (Kvantifikationsgrænse)	0,77	-			
Min.	0,3855	3,00	0,07	0,30	0,750
Q1 (25% fraktil)	0,3855	24,40	0,75	0,99	0,750
Median	0,3855	35,00	0,90	1,60	0,750
Middelværdi	1,64	85,63	1,05	4,25	7,49
Q3 (75% fraktil)	0,39	57,00	1,11	2,60	2,12
Maks.	1.414,60	15.500,00	27,42	4.100,00	680,00
Antal indtag	11.802	11.897	11.142	11.624	11.787

Tabel 2: Oversigt over koncentrationsfordelingen for MAM værdierne i det aggregerede datasæt. QL er kvantifikationsgrænsen, Q1 og Q3 er hhv. 25% og 75% fraktilen og Antal indtag er antal indtag med data af de 12300 indtag i datasættet.

Kvalitetssikring af udtræk

Kvalitetskravene til data er programmeret direkte ind i koden til udtrækket. Kvalitetssikringen af denne opgave har bestået af en sammenligning af metodebeskrivelse og R-koden, samt gennemgang af kode. Herefter er der udført stikprøvekontrol af data. Det er kontrolleret at der er brugt de korrekte inputfiler til opgaven.

Referencer

- /1/ Thorling, L. & Johnsen A. R., 2020: Datakilder i form af vandanalyser, der anvendes ved vurdering af grundvandets tilstand i forbindelse med vandområdeplanerne 2021-2023. GEUS-NOTAT nr: 07-VA-2020-02. For Miljøstyrelsen.

Bilag 1. Metodebeskrivelse og dokumentation for dataaggregering og beregning af ionbytning.

Deliverable 4: data clean up and aggregation for VP-Salte

Prepared by: DV

Version 2: last changes 2 Nov 2020 after the QA/QC by JSC

Data sources

1. **Salte-2013-2019-raadata-20102020.csv** → includes the raw data extracted from Jupiter specifically for this project (table with 322781 rows and 45 columns);
2. **Salte-2013-2019-datatypes-20102020.csv** → includes unique datatype for each intake (n=16127);

Workflow steps

1. **Preparing the data-basis file (“SALTE-DG-20201028.xlsx”) (each row is a chemical analysis)**, includes the following data-cleaning procedures and QA/QC steps:
 - a. Join the data source 1 (raw data) and 2 (datatypes) by using as keys "BORID", "DGUNR", "INDTAGSNR"
 - b. Select only the needed variables from data source 1 (meta-data same as in VP-sporstof): BORID, DGUNR, INDTAGSNR, INDTAG_BUND, INDTAG_TOP, BORINGSDYBDE, XUTM32EUREF89, YUTM32EUREF89, TERRAENKOTE, DATATYPE, GVFOREKOM, STOFKODE, STOFNAVN, PROEVEID, PROEVE_AAR, PROVEDATO, ATTRIBUT, MAENGDE, ENHED, BRØND, UDELADES_GRUNDET_OMBYG_D
 - c. Exclude all analyses associated with BRØND (i.e. BRØND = "x" is excluded)
 - d. Exclude samples taken before the new intake was made/rebuilt: removes all observations where the UDELADES_GRUNDET_OMBYG_D is not empty (those containing a date were removed)
 - e. Exclude all analyses associated with intakes that are not coupled to groundwater bodies (i.e. GVFOREKOM = "" or NA)
 - f. Remove identical duplicates ("identical" is if all values in the variables listed in b. are the same for two or more analyses)
 - g. Check if there is need to change units (ENHED) → no, all are ok; ENHED is removed from the dataset after the check, because it is not needed anymore.
 - h. Check if only the necessary STOFKODEs are present in the dataset → including here only Cl, Na, NVOC, NH4, and NO3 (STOFKODES = 380, 1011, 1176, 1591, 2096). The rest of the elements are not needed for the assessment.
 - i. Exclude analyses with zero concentrations (keep MAENGDE > 0); There were 5 such analyses. These are erroneous inputs to the Jupiter database, so they are excluded from the dataset. It is not possible to know what the detection limit is or what was the exact measured concentration.
 - j. Check what ATTRIBUT are present in the dataset → only "" and "<" (no need for exclusion)

- k. Check how many analyses are present for different high detection limits (ATTRIBUT = "<") for each chemical compound; see exported table: "**SALTE-DLs.xlsx**"; The limit of quantification ($QL = 3 * \max(DL)$) should be equal to or lower than 30% of the national TVs.
- No need to exclude anything for Cl, as there are no <DL
 - No need to exclude anything for NVOC and Na → since these are supplementary elements, we used TV based on BEK nr 1070 af 28/10/2019 (Drikkevandsbekendtgørelsen) and for NVOC additionally the classification criterion (3 mg/l). There was no high DLs
 - For NH₄ and NO₃ there was need to exclude high DLs (> 0.6 mg/l). For NO₃, the exclusion was done because the classification criterion is 2 mg/l, so this was used as the TV. For NH₄ we use the national TV, as provided by MST (2 mg/l).
- l. Exclude all analyses with high DL (ATTRIBUTE = "<" & MAENGDEN > 0.6) for STOFKODE = 1011 (Ammoniak+ammonium) and 1176 (Nitrat)
- m. Calculate the number and percent of excluded analyses and analyses below DL; See exported overview in "**SALTE-overview_n_excl.csv**", where:
- STOFKODE and STOFNAVN are the code and name of the chemical elements in the dataset
 - n is the number of analyses before step m
 - n_DL_all is the number of analyses below DL, before step l
 - n_after is the number of analyses after step m (after excluding the high DLs)
 - DL_after_n is the number of analyses below detection limit after step l
 - below_DL_perc is the percent analyses below DL after step l
 - excl_n is the number of excluded analyses in step l (higher DL than the listed)
 - excl_perc is the percent excluded samples in step l
- n. With step l, the clean up of the raw data and the appropriate checks at this level are completed. The dataset "**SALTE-DG-20201028.csv**" is exported and saved as xlsx file in Excel. The dataset includes 142851 chemical analyses (Cl, NH₄, NO₃, NVOC, and Na) and the following 18 variables:
- BORID: unique identification number for all wells in Jupiter (used as key)
 - DGUNR: the DGU number, it is used as label only
 - INDTAGSNR: unique identification number of all well-intakes (used as key)
 - INDTAG_BUND: depth below terrain of intake bottom
 - INDTAG_TOP: depth below terrain of intake top
 - BORINGSDYBDE: depth of the well in meters below terrain
 - XUTM32EUREF89: projected X coordinate in UTM 32 EUREF 89 coordinate system
 - YUTM32EUREF89: projected Y coordinate in UTM 32 EUREF 89 coordinate system
 - TERRAENKOTE: terrain elevation at the well in meters above sea level
 - DATATYPE: data type from data source 2
 - GVFOREKOM: unique number of the groundwater body where the intake is located
 - STOFKODE: identification number of the chemical compounds
 - STOFNAVN: name of the compounds from STOFKODE
 - PROVEID: unique identification number for samples (to be used as key)
 - PROEVE_AAR: sampling year
 - PROEVEDATO: sampling date

- ATTRIBUT: attribute indicating if the analysis is below detection limit (“<”)
- MAENGDE : concentration in the relevant units (mg/l)

2. Preparing the aggregated dataset “MAM_SALTE_20201028.xlsx” (each row is intake)

- a. Substitute all values below the quantification limit (QL) with $\frac{1}{2}$ QL, where $QL = 3 * \max(DL)$. Thus, we substitute all analyses for:
 - “Nitrat” (STOFKODE 1176) < 1.5 mg/l with 0.75 mg/l (max DL in the dataset = 0.5 mg/l)
 - “Carbon,org,NVOC” (STOFKODE 380) < 0.6 mg/l with 0.3 mg/l (max DL in the dataset is 0.2 mg/l)
 - “Ammoniak+ammonium” (STOFKODE 1011) < 0.771 mg/l with 0.3855 mg/l (max DL in the dataset is 0.257 mg/l)
 - “Natrium” (STOFKODE 2096) < 0.3 mg/l with 0.15 mg/l (max DL in the dataset is 0.1 mg/l)
 - Cl doesn’t have any <DL values, so nothing is substituted (i.e. sub_1 = MAENGDE)
- b. Checked if all substitutions are ok → all are ok; The table shows minimum concentrations for each substance from the original data (before substitution), and the minimum values after substitution; see exported table “*SALTE-substitution_check.csv*”
- c. Export the dataset with the substituted values from step 2a for QA/QC by MHM or JSC; See file “*SALTE-substituted QL.xlsx*”, includes all fields from the basis file (end of step 1.) and the field **sub_1** (stands for Substitution); further in this workflow only the field sub_1 is used for calculations (not MAENGDE)
- d. Check how many non-unique duplicates are there (different concentration, same sample number):
 - there are 336 replicates (duplicates or triplicates) in total, however:
 - If the MAENGDE and ATTRIBUT fields are removed and only the substituted values are taken into consideration (meaning that < QL differences are excluded), then there are 112 replicates;
 - If the substituted values are rounded to 1 decimal digit, then the replicates are 92; Most of these have small differences, probably due to different conversion factor and different rounding at the lab. Some are actual laboratory replicates, some are due to reporting in two different STOFKODE (e.g. Ammonium as Nitrogen) which were converted during the raw data preparation. For more details see Lotte’s notes.
- e. Calculate sample mean for each intake and each compound to avoid double-counting
- f. Calculate ion exchange ($IG = (Na/23)/(Cl/35.5)$, p.34 GEUS Geovejledning 2018/2) on sample ID level for each intake
- g. Calculate annual mean for each individual compound for each intake (using the sub_1)
- h. Calculate mean of the annual means from 2g (MAM) for individual compounds
- i. **Keep only the intakes where there is data for Cl or NH4.** The focus here is on the Cl and NH4, so only the intakes where there is such data are kept (i.e. if there was only Na for an intake, and no other element measured, this intake would be excluded).
- j. Reformat the dataset, so the MAM for each compound is in a separate column, each row is unique intake

- k. Prepare the meta-data (as in the trace-elements project);
- l. Join the meta-data to the resulting aggregated dataset
- m. Export the aggregated dataset for the Trace elements project
“MAM_SALTE_20201028.csv”, save as xlsx file in Excel. The file is also exported in RData format, so it can be used for the next Deliverables (the status assessment at gvf level). The dataset includes **12300** observations (individual intakes) and **16** variables (MAMs and meta-data) covering **613** groundwater bodies (GVFOREKOM):
 - BORID: unique identification number for all wells in Jupiter (used as key)
 - DGUNR: the DGU number, it is used as label only
 - INDTAGSNR: unique identification number of all well-intakes (used as key)
 - INDTAG_BUND: depth below terrain of intake bottom
 - INDTAG_TOP: depth below terrain of intake top
 - BORINGSDYBDE: depth of the well in meters below terrain
 - XUTM32EUREF89: projected X coordinate in UTM 32 EUREF 89 coordinate system
 - YUTM32EUREF89: projected Y coordinate in UTM 32 EUREF 89 coordinate system
 - TERRAENKOTE: terrain elevation at the well in meters above sea level
 - DATATYPE: data type from data source 3
 - GVFOREKOM: unique number of the groundwater body where the intake is located
 - STOFKODE_STOFNAVN: **5 columns with MAMs for individual compounds (NH4, Cl, IG (ion exchange), NVOC, NO3)**

~ END OF WORKFLOW ~

Check for where the gvf disappear:

At step:	Number of gvf in dataset
Loading raw data	649
After 1f (basic clean-up)	648
Before 1l (before high DL removal, only the elements we use here)	615
After 1l (excluding high DLs)	615
After 2i (excluding the intakes without Cl or NH4 data)	613

Count of intakes by DATATYPE (based on the aggregated dataset)

DATATYPE	Intakes
ANDET	1279
DEPOT	1704
DEPOT (øvrige)	326
GRUMO	1328
Grundvandskortlægning	1004
VF	6659

Summary for the aggregated dataset, where NA is for missing values (no data); Q1 and Q3 are the first and third quartiles.

mg/l	Ammoniak+ammonium (1011)	Clorid (1591)	IG	Carbon, org, NVOC (380)	Nitrat (1176)
Min	0.3855	3.00	0.0710	0.300	0.750
Q1	0.3855	24.40	0.7506	0.990	0.750
Median	0.3855	35.00	0.8980	1.600	0.750
Mean	1.6394	85.63	1.0510	4.246	7.489
Q3	0.3855	57.00	1.1138	2.600	2.121
Max	1414.60	15500.00	27.417	4100.000	680.000
NAs	498	403	1158	676	513

Bilag 14

GEUS-notat 07-VA-2020-13.

Leverance 5 og 6: Opdeling i tilstand efter beslutningstræ (leverance 5) i projektet ”Til-standsvurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand for saltene: ammonium, nitrit, sulfat, fosfor og klorid til VP 3 2021-2027”, samt rubricering af grundvandsforekomster (leverance 6).

Bilaget indeholder:

- GEUS-notat nr.: 07-VA-2020-13.
- Bilag 1: Metodebeskrivelse for tildeling af tilstand efter beslutnings-træ, leverance 5 og 6.

Til: Miljøstyrelsen, Mia Rohde Nielsen

Fra: GEUS, Mette Hilleke Mortensen, Denitza Voutchkova

Kopi til:

Fortroligt: Nej

Dato: 18. dec. 2020

GEUS-NOTAT nr.: 07-VA-2020-13

J.nr. GEUS: 218-0066

Emne: Leverance 5 og 6: Opdeling i tilstand efter beslutningstræ (leverance 5), i projektet ”Tilstandsvurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand for saltene: ammonium, nitrit, sulfat, fosfor og klorid til VP 3 2021-2027”, samt rubricering af grundvandsforekomster (leverance 6)

Dette notat udgør en formaliseret udgave af leverance 5 og 6 i projektet ”Tilstandsvurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand for saltene: ammonium, nitrit, sulfat, fosfor og klorid til VP 3 2021-2027”, med udarbejdelse af beslutningstræ samt rubricering af grundvandsforekomster (GVF).

Baggrund

Denne leverance etablerer en metode til maskinel konkret tilstandsvurdering på indtagsniveau, herunder anvendelse af forekomst-specifikke tærskelværdier (leverance 5). Efterfølgende udføres en rubricering af grundvandsforekomster.

I projektbeskrivelsen for ovennævnte projekt udgør leverance 5:

Baseret på fremgangsmåden i projekt om sporstoffer udarbejdes et beslutningstræ, der vurderer tilstanden på indtagsniveau under hensyntagen til evt. forekomsts-specifikke tærskelværdier.

I projektbeskrivelsen for ovennævnte projekt udgør leverance 6:

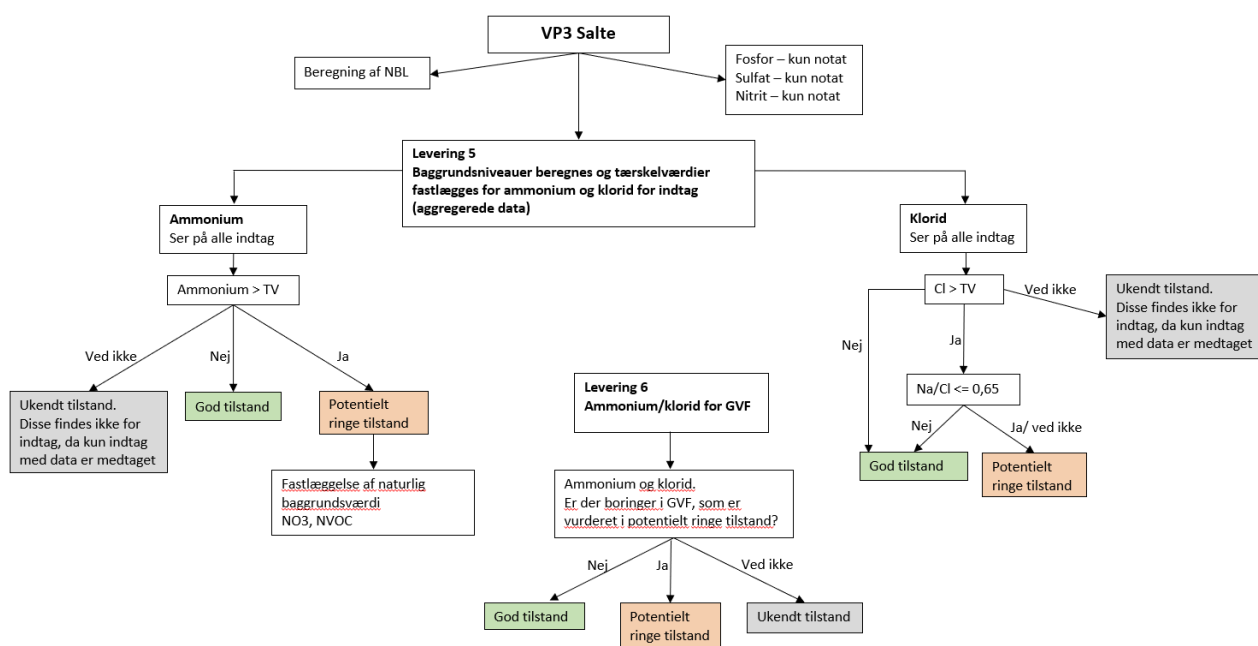
Rubricering af grundvandsforekomster jf. det i leverance 5 fastlagt beslutningstræ. Der udarbejdes tabeller over GVF opdelt i de forskellige klasser.

En detaljeret dokumentation for, hvorledes denne rubricering af grundvandsforekomster har fundet sted, fremgår af det engelsksprogede bilag 1.

Beslutningstræet

Der er udarbejdet et beslutningstræ til vurdering af tilstanden for ammonium og klorid både på indtagsniveau og for grundvandsforekomster. Beslutningstræet redegør for brugen af tærskelværdierne defineret i projektet, for de geokemiske parametre, som har betydning for tilstandsvurderingen samt for den prioriterede rækkefølge, som parametrene vurderes efter. Beslutningstræet benyttes herefter til den maskinelle udpegning af grundvandsforekomsternes kemiske tilstand.

Det endelige beslutningstræ er fastlagt i samarbejde med MST, og fremgår af nedenstående figur 1.



Figur 1. Beslutningstræ for maskinel tildeling af kemisk tilstand for salte i GVF.

Beslutningstræ på indtagniveau for ammonium

Det første beslutningsniveau er en skelnen mellem, om der er indtag, hvor ammonium (MAM, middel af årlige middelværdier) overskrider tærskelværdien (TV) fastsat af Miljøstyrelsen (2 mg/l). Indtag uden ammonium-data sættes i "ukendt tilstand". Hvis MAM værdien for ammonium i indtaget er mindre end eller lig TV sættes indtaget i "God tilstand", mens indtag med MAM for ammonium større end tærskelværdien sættes i "Potentielt ringe tilstand". For indtag i "Potentielt ringe tilstand" undersøges, om de er tilknyttet en af de grundvandsforekomster, hvor tærskelværdien er fastsat på baggrund af den naturlige baggrundsværdi, idet denne er højere end den nationalt fastsatte TV, under visse geokemiske forhold.

Beslutningstræ på indtagniveau for klorid

Det første beslutningsniveau er en skelnen mellem, om der er data for klorid i et indtag. Indtag uden klorid-data sættes i "ukendt tilstand". Dernæst ses på om der er indtag, hvor MAM værdien for klorid overskrider tærskelværdien (TV) fastsat af Miljøstyrelsen (250 mg/l). Hvis MAM værdien for klorid i indtaget er mindre eller lig TV sættes indtaget i "God tilstand". Endeligt ses der på om tærskelværdien er overskredet i et indtag, hvorefter ionbytningsgraden (IG) inddrages. Hvis ionbytningsgraden er større end 0,65 sættes indtaget i "God tilstand". Er ionbytningsgraden mindre end 0,65, eller der ikke foreligger data om ionbytningsgraden, sættes indtaget til "Potentielt ringe tilstand".

Ionbytningsgraden (IG) beskriver grundvandets og sedimenternes ligevægt i forhold til ionerne natrium og klorid. I rent havvand ligger forholdet Na/Cl på ca. 0,8. Natriumindholdet i grundvand søger ligevægt med natrium bundet til mineraloverfladerne. Når indholdet i grundvandet ændres, vil denne ligevægt forskydes. Bliver vandet mere fersk frigives Na, mens Na bindes på overfladerne

når grundvandet bliver mere salt. Frigivelse af natrium resulterer i såkaldt omvendt ionbyttet grundvand, der er defineret som et natrium/kloridforhold på under 0,65. Det opstår når saltvand infiltrerer fersk grundvand, for eksempel ved infiltration fra overfladen i forbindelse med vejsaltning eller indtrængning af salt grundvand ved kraftig indvinding.

Beslutningstræ for grundvandsforekomster

Grundvandsforekomsterne klassificeres som værende i "God tilstand" i forhold til ammonium og klorid, hvis alle indtag i forekomsten overholder de fastsatte tærskelværdier og geokemiske kriterier. Hvis der er mindst et indtag i grundvandsforekomsten, der overskrider tærskelværdien og det opstillede geokemiske kriterium, sættes grundvandsforekomsten i "Potentielt ringe tilstand". For grundvandsforekomster uden data sættes tilstanden til "Ukendt tilstand".

Den konkrete leverance

Leverance 5 og 6 består af nærværende notat og følgende filer:

Dataleverance 5 og 6:

- SALTE_Cl_intake_status_20201030.xlsx
- SALTE_NH4_intake_status_20201030.xlsx
- SALTE_Cl_gvf_status_20201030.xlsx
- SALTE_NH4_gvf_status_20201030.xlsx

Programkode:

- assessment_salt.R

Sammenfattende resultat for automatisk tildeling af tilstand

Tabel 2 sammenfatter resultaterne af den automatiske tildeling af tilstand.

GVF status for Cl	n	all
God tilstand	513	566
God tilstand (IG) 1	53	
Potentielt ringe tilstand	43	43
Ukendt	1441	1441

GVF status For NH4	n	all
God tilstand	491	502
God tilstand (NBV)	11	
Potentielt ringe tilstand	108	108
Ukendt	1440	1440

Tabel 2. Sammenfattende automatisk tilstandsvurdering for klorid og ammonium.

Kvalitetssikring af udtræk

Kvalitetssikringen af denne opgave har blandt andet bestået af, at en lang række krav til datakvaliteten er direkte skrevet ind i koden. Derudover er det kontrolleret, at beslutningstræet er korrekt implementeret i metoden. Der er udført sammenligning af metodebeskrivelse og R-koden, samt gennemgang af kode. Herefter er der udført stikprøvekontrol af data. Det er kontrolleret, at der er brugt de korrekte inputfiler til opgaven.

Bilag 1. Metodebeskrivelse for tildeling af tilstand efter beslutningstræ, leverance 5 og 6.

Intake exceedance and groundwater bodies status assessment for the VP3-Salte project

Prepared by: DV

Version 1: last changes 30 Oct 2020

Data sources

1. “**aggregated_data.RData**” – the same as “**MAM_SALTE_20201028.xlsx**”, but in RData format
2. “**dkm_gvf_kopio1092019.txt**” – list with all gvf (n=2050) (same as the one used in MSF, Pest, and Trace elements projects)

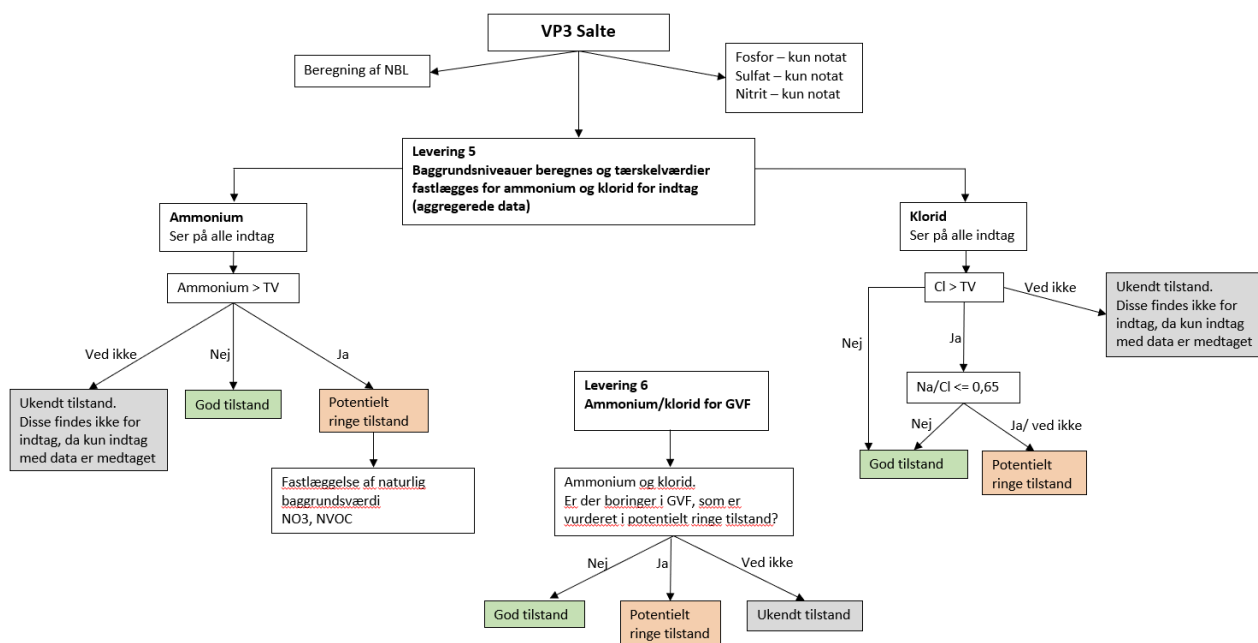


Figure 1 Decision tree (v.5 from 30 Oct 2020), for details in the implementation of the tree and the specific conditions used see the workflow description below

Table 1 Natural background levels for NH4 (rounded) exceeding the national TV for specific geochemical conditions; for Cl there was no exceedance of the TV, so the TV = 250 mg/l is used as a criterion

Groundwater type	NVB for NH4 (rounded ¹) [mg/l]
dkmf_ks & NO3 <= 2 & NVOC > 3	4
dkmj_ks & NO3 <= 2 & NVOC > 3	4
dkms_kalk & NO3 <= 2 & NVOC > 3	3

¹ rounding according to the rules used for the VP3 trace elements project

Workflow steps

A. Chloride (Cl)

1. Keep only the data we need (Cl, IG, meta data) and remove intakes without Cl data
2. Sort the intakes (field "tilstand") into:
 - a. **"Indtag i god tilstand"**, if the $Cl \leq TV$ (250 mg/l)
 - b. **"Indtag i god tilstand (IG)"**, if $Cl > TV$ AND $IG > 0.65$, where IG is the ion exchange
 - c. **"Indtag i potentielt ringe tilstand"**, if $Cl > TV$ AND $IG \leq 0.65$ or if there is no IG data
3. On GVF level, count the number of intakes by type (a, b, c categories from 2.) and reformat the table, so each row is a different gvf. Also count the total number of intakes (field "n") for each GVF and append to the table. Check \rightarrow the types $a + b + c = "n" \rightarrow$ yes
4. Join the resulting table with the data-source 2 (all 2050 gvf) using as a key the GVFOREKOM (the gvf ID). For the gvf without intakes with Cl data, the cells are empty (NA).
5. The gvf status is assessed based on the following conditions:
 - a. **"God tilstand"**: If all intakes in a gvf are "Indtag i god tilstand" (2a)
 - b. **"Potentielt ringe tilstand"**: if there is at least one "Indtag i potentielt ringe tilstand" (2c)
 - c. **"God tilstand (IG)"** if the number "Indtag i god tilstand" (2a) is different from "n" AND there are no "Indtag i potentielt ringe tilstand" (i.e. there are no intakes in bad state, because of the IG condition)
 - d. **"Ukendt"**: if there is no data for the specific gvf (no intakes with Cl data)
6. Two files are exported as csv and saved as xls:
 - a. "SALTE_Cl_intake_status_20201030.csv" – all intakes with Cl data, classified in the categories shown in 2, incl. meta-data for each intake and the MAM for Cl and IG
 - b. "SALTE_Cl_gvf_status_20201030.csv" – all gvf with number of intakes in each category (2a) and gvf status according to the categories in 5.
7. Summary

Intakes status for Cl	n	all
Indtag i god tilstand	11450	11697
Indtag i god tilstand (IG) ¹	247	
Indtag i potentielt ringe tilstand	200	200

GVF status for Cl	n	all
God tilstand	513	566
God tilstand (IG) ¹	53	
Potentielt ringe tilstand	43	43
Ukendt	1441	1441

¹ Note that these intakes/gvf would have classified in potentially bad status if only the TV for Cl was used (250 mg/l), but due to $IG \leq 0.65$ they are now in a good state.

B. Ammonium + Ammonia (NH₄)

1. Keep only the data we need (NH₄, NVOC, NO₃) and remove intakes without NH₄ data
2. Prepare the intake classification according to geography/geology and geochemistry (NO₃ and NVOC conditions only), the classes are as follow:
 - a. geology: "ks", "kalk", "ps", "uu"
 - b. geography: "dkmj" "dkm" "dkmf" "dkms" "dkmb"
 - c. NO₃: "NO₃ > 2", "NO₃ <= 2"
 - d. NVOC: "NVOC > 3", "NVOC <= 3"
3. Check for exceedance of the national TV for NH₄ (2 mg/l) and the NBV for the specific groundwater types (see Table 1, page 1). Classify the intakes in the following classes (the classification follows this specific order):
 - a. **"Indtag i potentielt ringe tilstand (TV 2 mg/l)":** if NH₄ > 2 mg/l (otherwise the intakes are marked as **"Indtag i god tilstand (TV)"**). At this point, "Indtag i potentielt ringe tilstand (TV 2 mg/l)" is a place holder, as it will be overwritten if any of the next conditions is fulfilled)
 - b. **"Indtag i potentielt ringe tilstand (NBV 4 mg/l)":** if NH₄ > 4 mg/l for the dkmf_ks & dkmj_ks with NO₃ <= 2 & NVOC > 3 (see Table 1)
 - c. **"Indtag i god tilstand (NBV 4 mg/l)":** if 2 ≤ NH₄ ≤ 4 mg/l for the dkmf_ks & dkmj_ks with NO₃ <= 2 & NVOC > 3 (see Table 1)
 - d. **"Indtag i potentielt ringe tilstand (NBV 3 mg/l)":** if NH₄ > 3 mg/l for dkms_kalk with NO₃ <= 2 & NVOC > 3 (see Table 1)
 - e. **"Indtag i god tilstand (NBV 3 mg/l)":** if NH₄ ≤ 3 mg/l for dkms_kalk with NO₃ <= 2 & NVOC > 3 (see Table 1)
4. On GVF level, count the number of intakes by type (the 6 categories from 3.) and reformat the table, so each row is a different gvf. Also count the total number of intakes (field "n") for each GVF and append to the table. Check → the sum of all types = "n" → yes
5. Join the resulting table with the data-source 2 (all 2050 gvf) using as a key the GVFOREKOM (the gvf ID). For the gvf without intakes with NH₄ data, the cells are empty (NA).
6. The gvf status is assessed based on the following conditions:
 - a. **"God tilstand":** if all intakes in a gvf are "Indtag i god tilstand (TV)" (no other classes)
 - b. **"Potentielt ringe tilstand":** there is at least 1 intake in one of the 3 categories with potentially bad status (see 3a, 3b, 3d)
 - c. **"God tilstand (NBV)":** if the number of intakes with good status is not equal to the total number of intakes and there are 0 intakes in the 3 categories with potentially bad status (3a, 3b, 3d)
7. Two files are exported as csv and saved as xls:
 - a. "SALTE_NH₄_intake_status_20201030.csv" – all intakes with NH₄ data, classified in the categories shown in 2, incl. meta-data for each intake and the MAM for NH₄, NO₃, and NVOC

- b. "SALTE_NH4_gvf_status_20201030.csv" – all gvf with number of intakes in each category (3) and gvf status according to the categories in 6.

8. Summary

Intakes status for NH4	n	all
Indtag i god tilstand (NBV 3 mg/l)	30	11354
Indtag i god tilstand (NBV 4 mg/l)	68	
Indtag i god tilstand (TV)	11256	
Indtag i potentielt ringe tilstand (NBV 3 mg/l)	54	448
Indtag i potentielt ringe tilstand (NBV 4 mg/l)	120	
Indtag i potentielt ringe tilstand (TV 2 mg/l)	274	

GVF status	n	all
God tilstand	491	502
God tilstand (NBV)	11	
Potentielt ringe tilstand	108	108
Ukendt	1440	1440

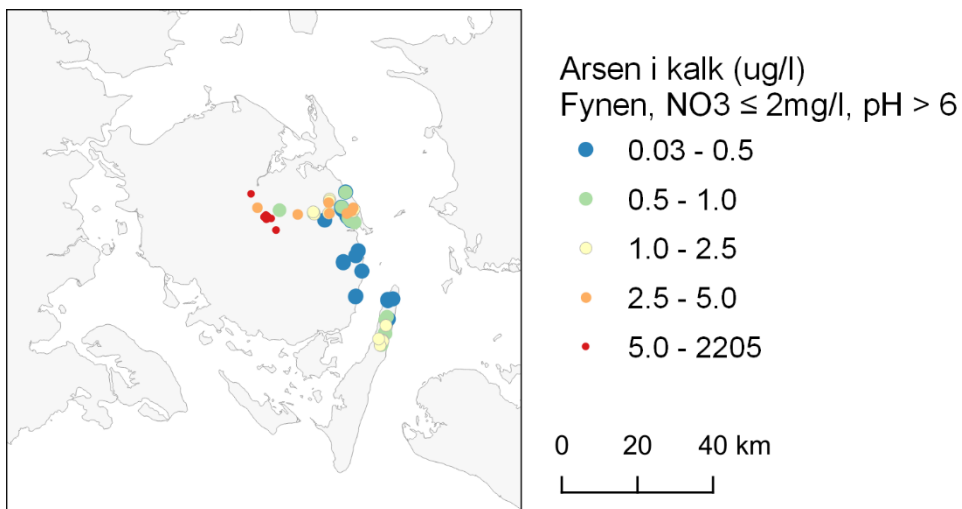
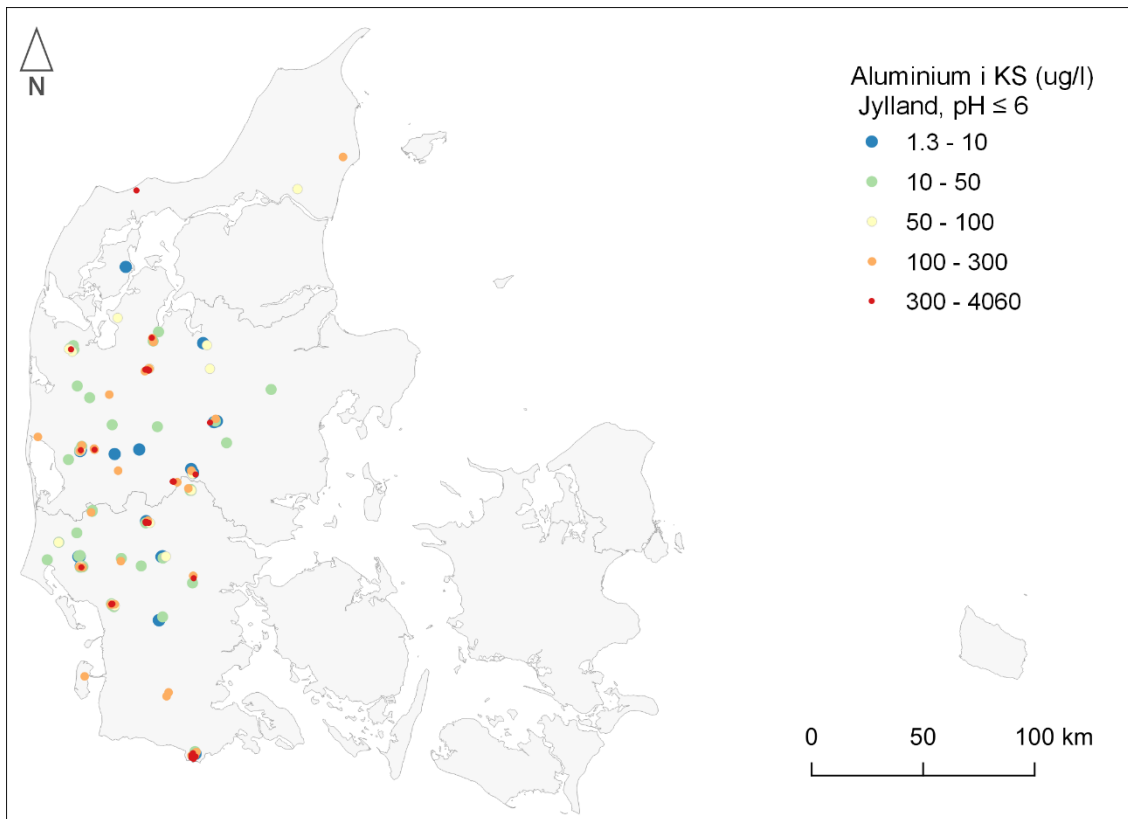
~ End of workflow~

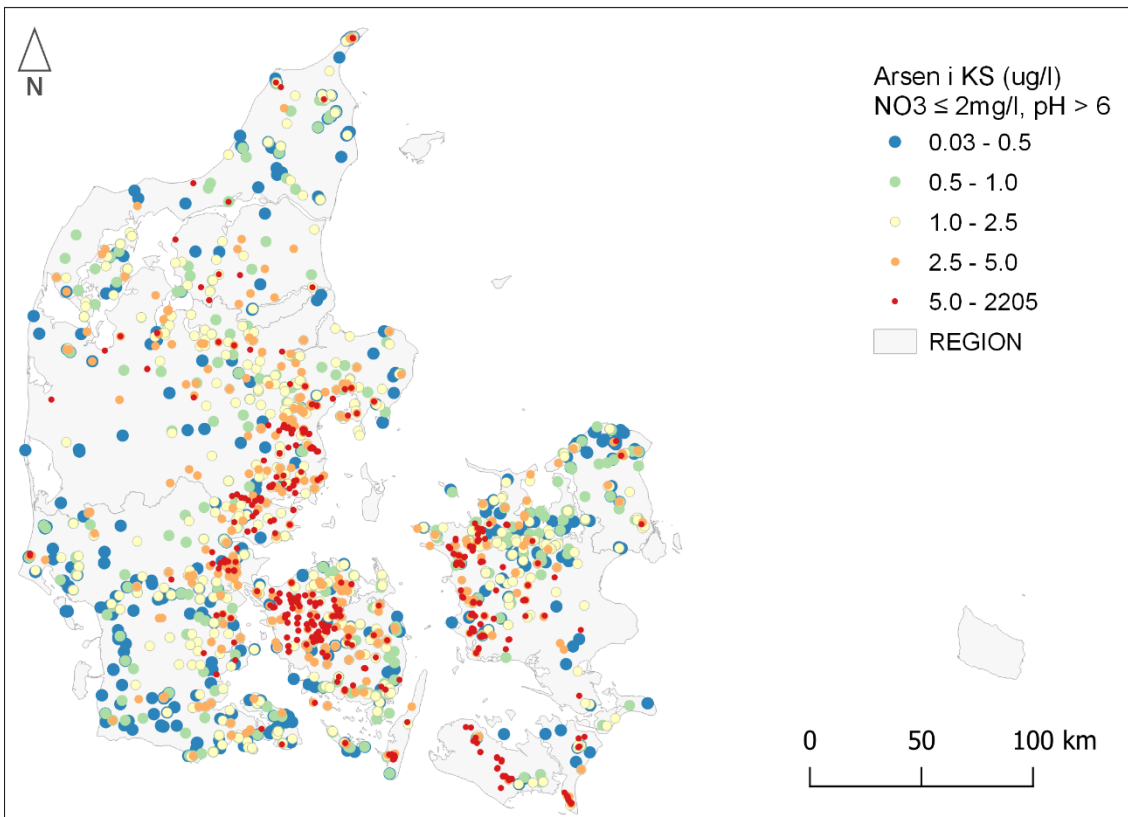
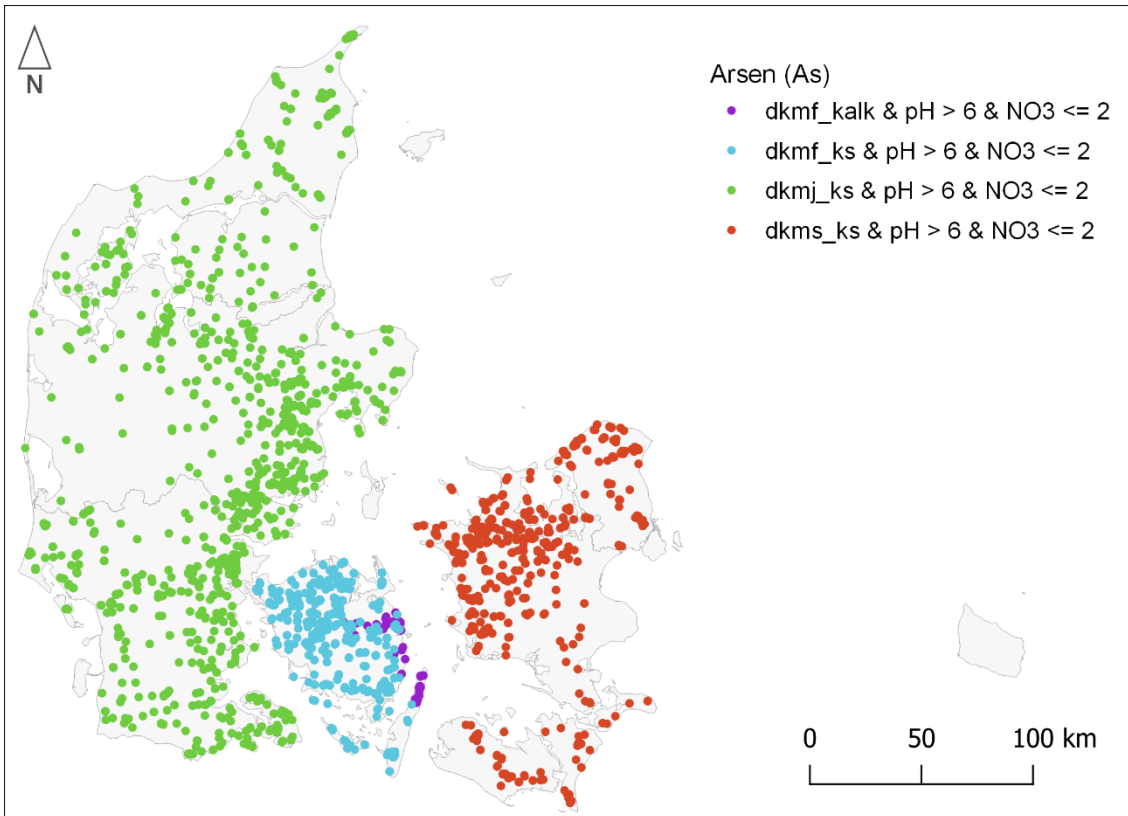
Bilag 15

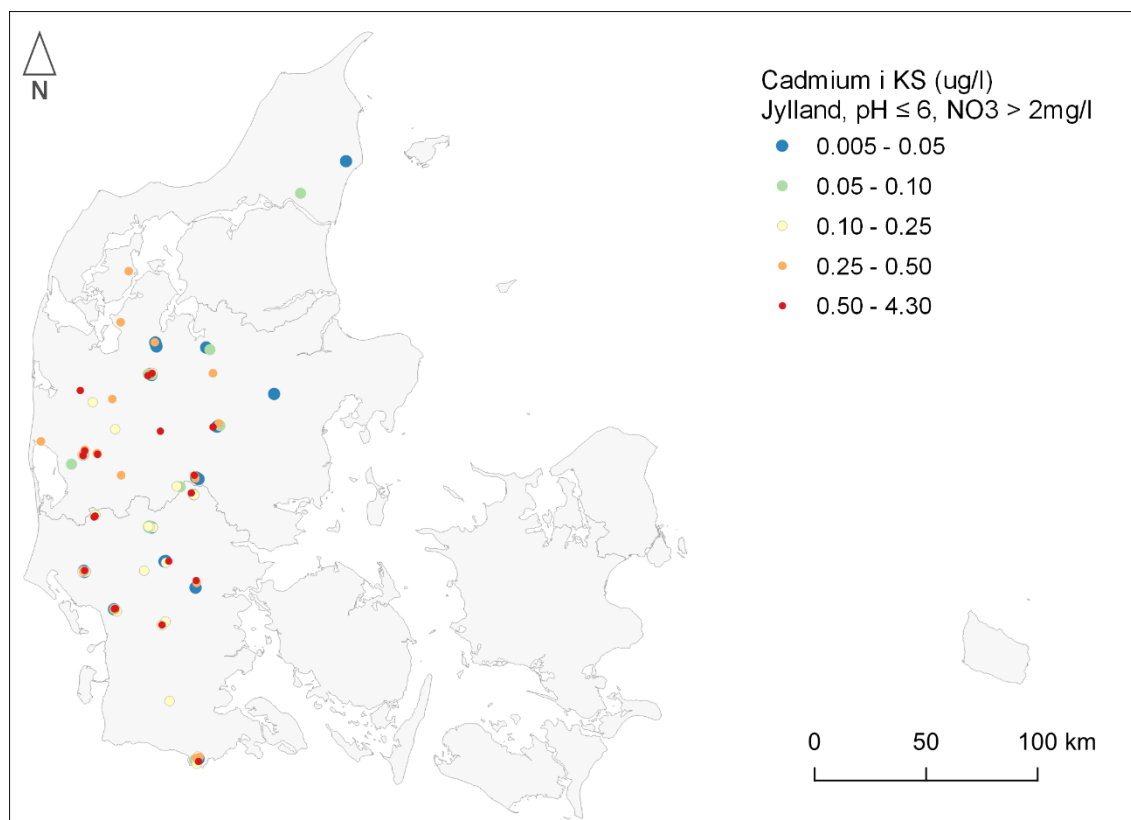
Oversigtskort over geografiske/geologiske grundvandsforekomstklasser, hvor der er udarbejdet forekomsts-specifikke tærskelværdier.

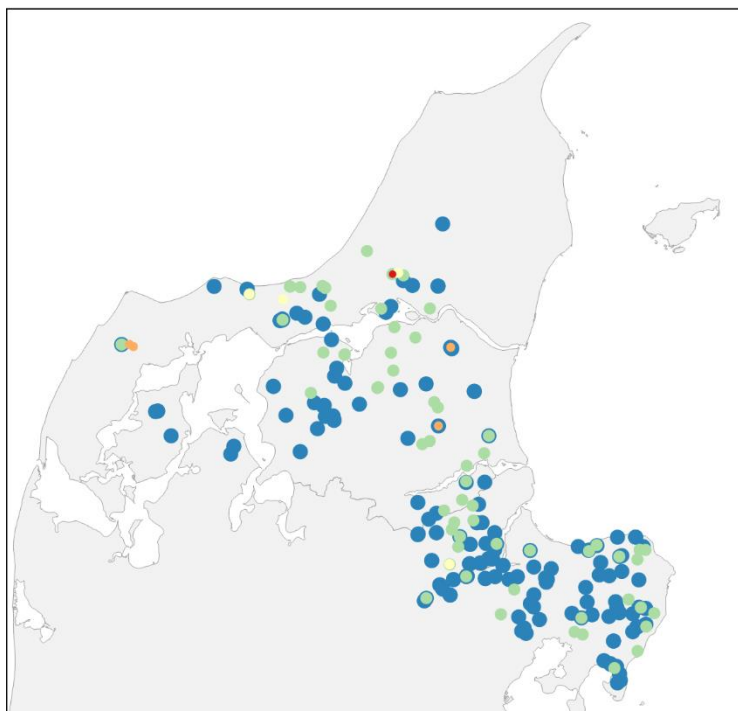
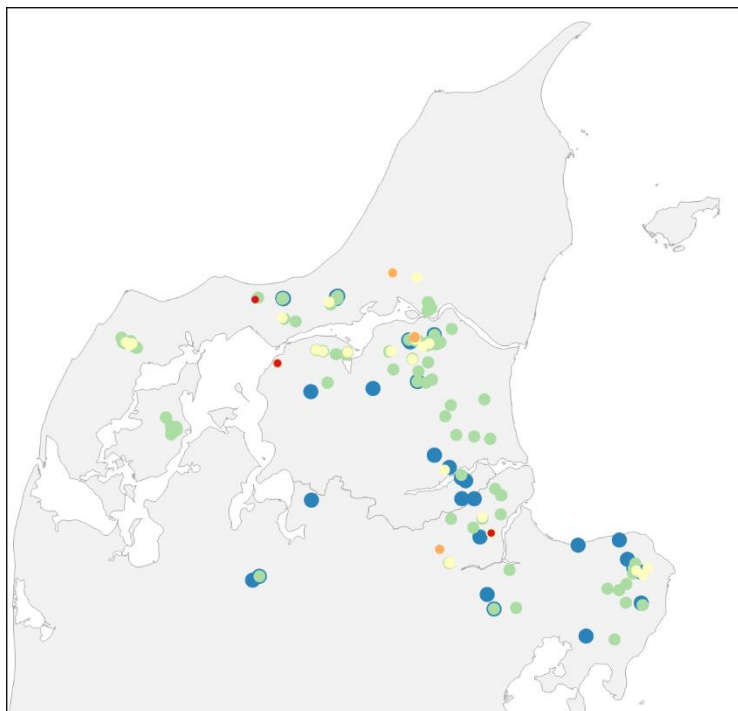
Bilag 15

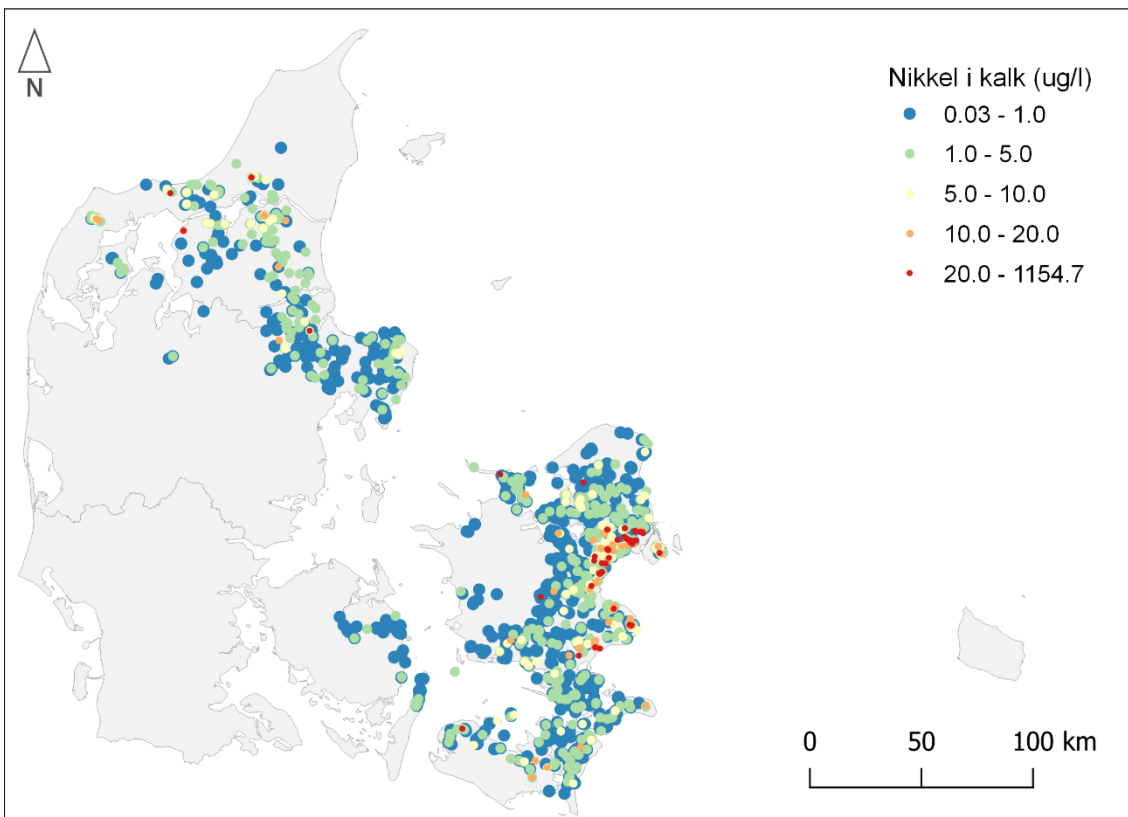
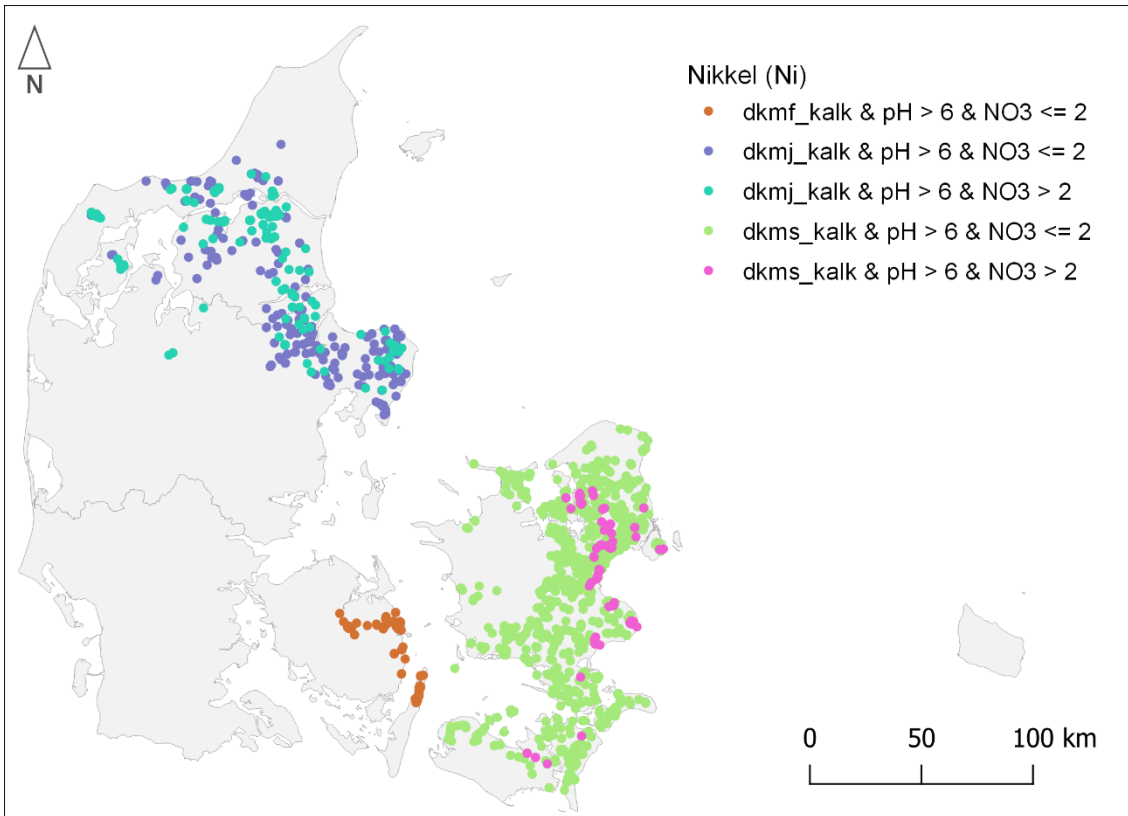
Oversigtskort over MAM-værdier i grundvandsforekomster med forekomstspecifikke tærskelværdier

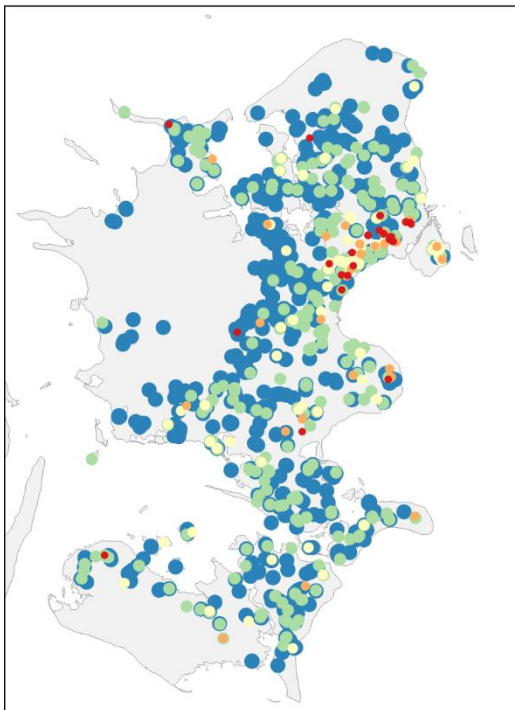
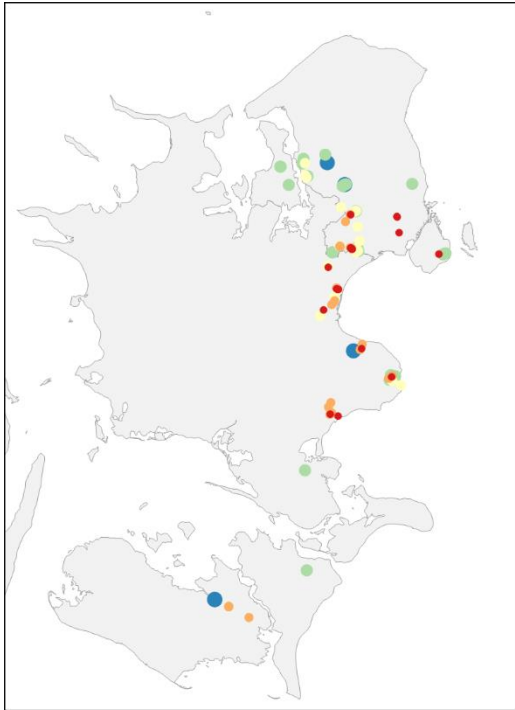


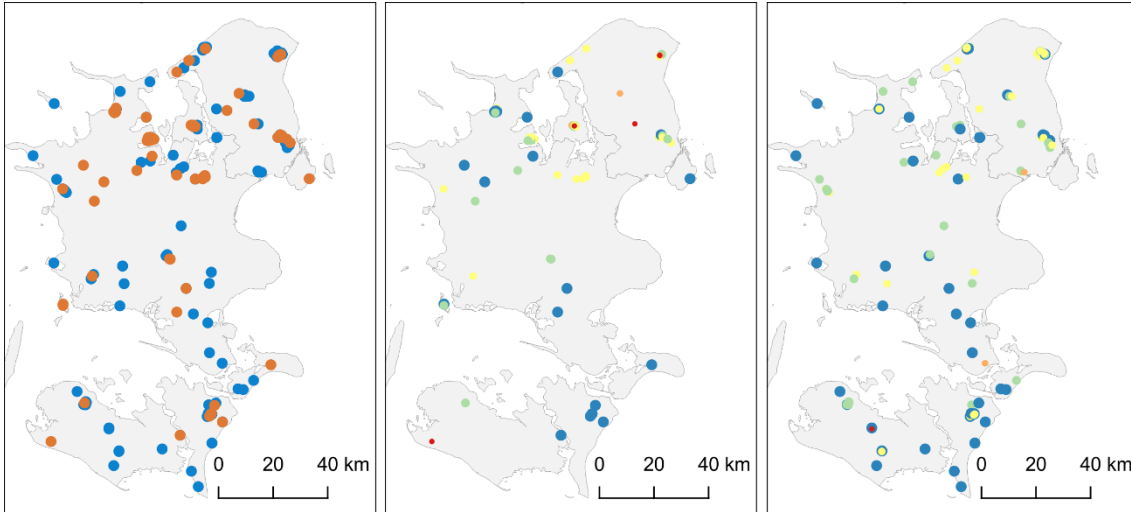












Bly (Pb)

- dkms_ks & NO3 ≤ 2
- dkms_ks & NO3 > 2

Bly i KS (ug/l)

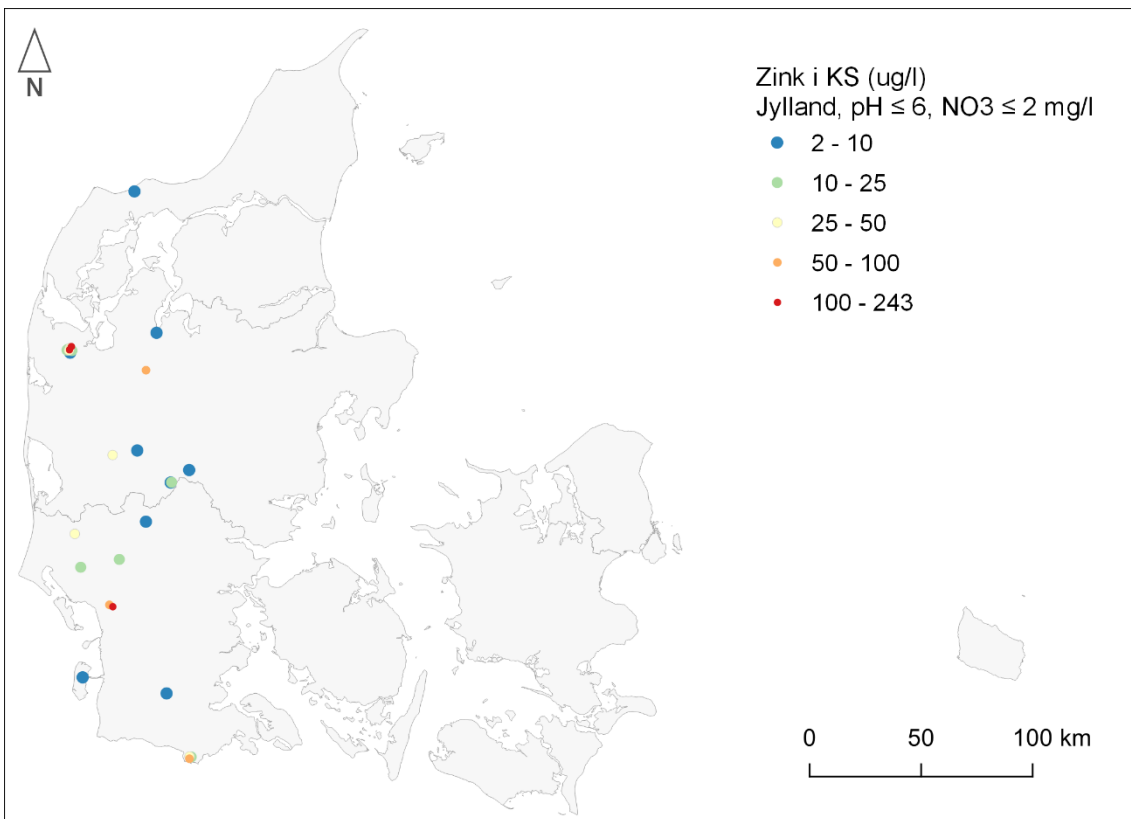
Sjælland, NO3 > 2 mg/l

- 0.03 - 0.05
- 0.05 - 0.08
- 0.08 - 1.00
- 1.00 - 1.50
- 1.50 - 3.50

Bly i KS (ug/l)

Sjælland, NO3 ≤ 2mg/l

- 0.03 - 0.05
- 0.05 - 0.08
- 0.08 - 1.00
- 1.00 - 1.50
- 1.50 - 3.50



Zink i KS (ug/l)

Jylland, pH ≤ 6, NO3 ≤ 2 mg/l

- 2 - 10
- 10 - 25
- 25 - 50
- 50 - 100
- 100 - 243

Bilag 16

Miljøministeriet. Notat, juni 2021:

Metode for beregning af kemisk tilstand for de danske grundvandsforekomster fsva sporstoffer og salt til VP3. Juni 2021.



NOTAT

Vandmiljø og Friluftsliv
Ref. MIROH
Den 25. juni 2021

Metode for beregning af kemisk tilstand for de danske grundvandsforekomster fsva sporstoffer og salt til VP3

Baggrund

Til brug for vandområdeplaner 2021-2027 (VP3) har MST foretaget den endelige tilstandsvurdering af kemisk tilstand for de danske grundvandsforekomster for salt (klorid) og sporstofferne aluminium, arsen, bly, cadmium, krom, kobber, kviksølv, nikkel og zink efter den metode, der er beskrevet neden for.

Jævnfør CIS Guidance no. 18¹ skal den kemiske tilstand af en grundvandsforekomst vurderes konkret, såfremt koncentrationen af det aktuelle stof i et indtag overskrider relevant tærskelværdi, dvs enten nationalt gældende tærskelværdi eller forekomsts-specifik-tærskelværdi. Hvis den konkrete vurdering viser, at mere end 20 % af grundvandsvolumenet er påvirket af det aktuelle stof i koncentrationer over relevant tærskelværdi, vurderes forekomsten at være i ringe kemisk tilstand. Såfremt mindre end 20 % af grundvandsvolumenet er påvirket vurderes forekomsten at være i god kemisk tilstand.

Det har i praksis ikke været muligt at gennemføre konkrete vurderinger for de pågældende stoffer, og MST har derfor valgt at anvende en statistisk tilgang i overensstemmelse med den metode, som blev anvendt ved vurdering af tilstand til vandområdeplaner 2015-2021 (VP2). MST har beregnet, om mere eller mindre end 20 % af alle indtag i en forekomst overskrider relevant tærskelværdi.

Beregning af kemisk tilstand for grundvandsforekomster

Fastlæggelse af tilstand sker på baggrund af den maskinelle tildeling af tilstand for indtag², beskrevet i kapitel 8, samt den gennemførte ekspertvurdering beskrevet i kapitel 10 i nærværende rapport (GEUS rapport 2021/19).

- Indtag med koncentrationer under relevant tærskelværdi mærkes ”god”.
- Indtag med koncentrationer, der overskrider relevant tærskelværdi, mærkes ”potentielt ringe”.
- Indtag med koncentrationer, der overskrider relevant tærskelværdi og som ved efterfølgende ekspertvurdering er vurderet at være af naturlig oprindelse, mærkes ”god”.

Fastlæggelse af kemisk tilstand for en grundvandsforekomst følger nedenstående procedure:

¹ Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC), Guidance Document no. 18, “Guidance on Groundwater Status and Trend Assessment”.

https://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/facts_figures/guidance_docs_en.htm

² Et fåtal af indtag (listerne Yb og Xb) er tildelt ”potentielt ringe” se bemærkning.

- a) Grundvandsforekomster med mindre end 20 % af alle indtag mærket ”potentielt ringe” tildeles tilstand ”**God**”.

$$\frac{\sum \text{Indtag}_{\text{potentielt ringe}}}{\sum \text{Indtag}_{\text{god}} + \sum \text{Indtag}_{\text{potentielt ringe}}} < 20 \% \rightarrow \text{God}$$

- b) Grundvandsforekomster med mere end 20 % af alle indtag mærket ”potentielt ringe” tildeles tilstanden ”**Ring**”

$$\frac{\sum \text{Indtag}_{\text{potentielt ringe}}}{\sum \text{Indtag}_{\text{god}} + \sum \text{Indtag}_{\text{potentielt ringe}}} > 20 \% \rightarrow \text{Ring}$$

- c) Grundvandsforekomster uden indtag med analysedata for det aktuelle stof tildeles tilstanden ”**Ukendt**”

Tildeling af sikkerhed

For grundvandsforekomster med mere end 5 indtag, der indeholder analyser for det aktuelle stof, i hele forekomsten vurderes sikkerheden af tilstandsvurderingen at være middel. Ved mere end 5 indtag i en forekomst, vil et enkelt indtag ikke vægte over 20 %. For grundvandsforekomster, der har 5 indtag eller der under med analyser af det aktuelle stof i hele forekomsten, vurderes sikkerheden af tilstandsvurderingen at være ringe.

Bemærkning

Der blev i arbejdet med naturlige baggrundsværdier udarbejdet et udkast til alternative forekomstspecifikke-tærskelværdier (kaldet de geologisk/geografiske) for indtag, der ikke havde de nødvendige støtteparametre i form af geokemiske oplysninger. Ved den maskinelle vurdering viste det sig, at udkast til geologisk/geografiske tærskelværdier kun blev taget i anvendelse ganske få gange og for blot *en* forekomst bidrog til ”god tilstand”. MST har af hensyn til overskueligheden i fastsættelse af tærskelværdier derfor valgt *ikke* at tage de geologisk/geografiske-udkast i anvendelse ved tilstandsvurderingerne.

Konkret betyder det, at indtag på liste Yb er mærket ringe, og at det ene indtag på liste Xb også er mærket ringe og har indgået i den efterfølgende ekspertvurdering. Tilgangen til indplacering på listerne Yb og Xb fremgår af kapitel 8 og ekspertvurderingen, der er foretaget på udvalgte indtag, er bekræftet i kapitel 10 i nærværende rapport.