

Udvikling af metode til vurdering og gennemførelse af vurderinger af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand for pesticider

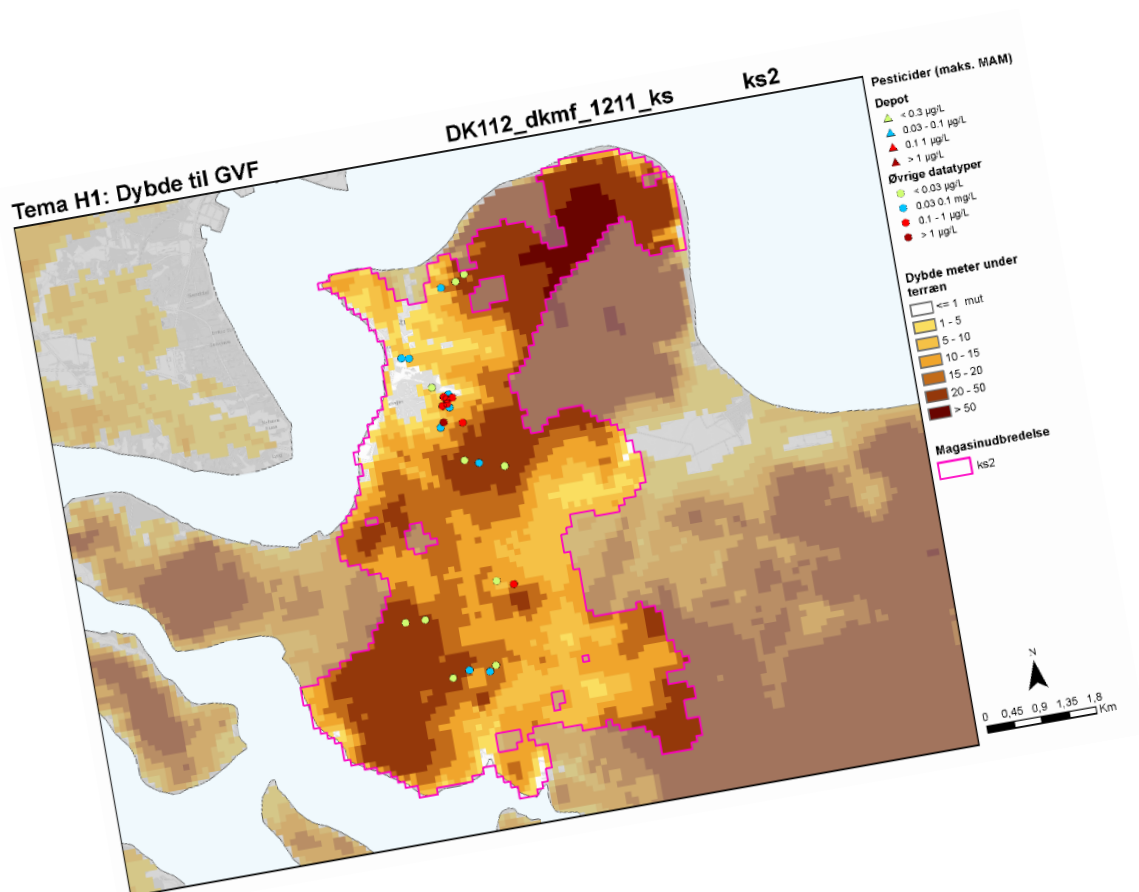
Dokumentationsrapport

Lærke Thorling, Bertel Nilsson, Ingelise Møller, Ulla E. Bollmann,
Anders R. Johnsen & Lars Troldborg

Dokumentationsrapport

Udvikling af metode og gennemførelse af vurderinger for de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand for pesticider.

Lærke Thorling, Bertel Nilsson, Ingelise Møller,
Ulla E. Bollmann, Anders R. Johnsen & Lars Trolborg



Dokumentationsrapport
Udvikling af metode og gennemførelse af vurderinger for de danske grundvands-
forekomsters kemiske tilstand for pesticider
Udarbejdet af GEUS for Miljøstyrelsen

Forfattere

Lærke Thorling
Bertel Nilsson
Ingelise Møller
Ulla E. Bollmann
Anders R. Johnsen
Lars Troldborg

Indholdsfortegnelse

1.	Resume	8
1.1	Samlet resultat	8
1.2	Konceptuelle modeller.....	9
2.	Baggrund og formål	11
3.	Introduktion	13
3.1	Grundvandskvalitetskrav og aggregering af data	13
3.2	Maskinel tilstandsvurdering og konkrete undersøgelser	13
3.3	Den trinvis metode for den konkrete undersøgelse	15
4.	Formål og leverancer	17
4.1	Formål	17
4.2	Leverancer.....	17
5.	Dokumentation og møder	19
5.1	Dokumentation	19
5.2	Møder	19
6.	Datagrundlag	21
6.1	Fastlæggelse af pesticidlisten	21
6.2	Data fra regionerne	21
6.3	Aggregerede data (MAM-værdier)	22
6.4	Geologiske data	23
7.	Den konceptuelle forståelsesmodel	24
7.1	Baggrund for den konceptuelle forståelsesmodel.....	24
7.2	I hvilket omfang er jordoverfladen udsat for pesticider?	25
7.3	I hvilket omfang er der nået pesticider ned til grundvandsforekomsten?	28
7.4	Den konceptuelle forståelsesmodel, sammenfatning	31
8.	Principper for tilstandsvurderingen for pesticider	32
8.1	Maskinel tilstandsvurdering ved et beslutningstræ	32
8.2	Håndtering af forskellige datakilder for pesticider	33
8.3	Omfang af analyser af de betydende pesticider	36
8.4	Vurdering af pesticidpåvirkning: Fortolkning af pesticiddata	36
8.5	Ensartet metode til estimering af pesticidpåvirkning, hvor pesticiddata ikke er tilstrækkelige til at vurdere pesticidkoncentrationerne i grundvandsforekomsten	38
8.6	Vurdering af omfang af overskridelse af grundvandskvalitetskravet	40
8.7	Vurdering af grundvandsforekomster uden for DK-modellen	41
8.8	Repræsentativitet af data og sikkerhed af vurderingerne.....	41
9.	Tilstandsvurderingen for tre udvalgte grundvandsforekomster	45

9.1	Præsentation af dokumentationsarket	45
9.1.1	Header af dokumentationsarket	45
9.2	Beskrivelse af dokumentationsarkets fire dele	46
9.2.1	De faglige temaer (Trin 1)	47
9.2.2	Den samlede vurdering af grundvandsforekomsten (Trin 2)	48
9.2.3	Opsummering i dokumentationsarket (Trin 3)	49
9.2.4	Vægtningsindeks, 'trafiklys' (Trin 4)	49
9.3	Ensartet udfyldning af dokumentationsark.....	50
9.4	Eksempler på grundvandsforekomster vurderet i Ringe og God tilstand.....	50
9.4.1	Grundvandsforekomst i ringe tilstand, videregående undersøgelse	50
9.4.2	Grundvandsforekomst i god tilstand, basal undersøgelse:.....	51
9.4.3	Grundvandsforekomst i ringe tilstand, basal undersøgelse.....	52
10.	Tilstandsvurderinger for pesticider, samlet resultat	55
10.1	Samlet vurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand for pesticider	55
10.2	Oversigtskort over pesticidtilstand på landsplan.....	57
10.3	De faglige temaer i dokumentationsarket: 'Trafiklyset'	60
10.4	Datarepræsentativitet og sikkerhed i tilstandsvurdering	62
10.5	Relation mellem dybden til grundvandsforekomst og tilstandsvurdering	65
10.6	Udbredelsen af pesticider på landsplan.....	67
11.	Kvalitetssikring og anbefalinger	74
11.1	Kvalitetssikring	74
11.2	Anbefalinger	74
12.	Litteratur	77
Bilag		81
	Oversigt over bilag.....	81

Ordliste

BAM	2,6-dichlornemzamid
BP	Betydende pesticider
DEIA	Desethyl-isopropyl-atrazin
DK-model	Den nationale vandressource model
DMS	N,N-dimethylsulfamid
DPC	Desphenylchloridazon
GERDA	Geofysikdatabase ved GEUS
GEUS	De nationale geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland
GKO	Grundvandskortlægning, betegnelse for boringer i tilknytning hertil.
GRUMO	Det nationale grundvandsovervågningsprogram, del af NOVANA
GVF	Grundvandsforekomst
Indtag	Den del af boringen, hvor vandet strømmer ind. Typisk et filter, men i kalk kan det være et åbent hul.
Jupiter	Den fællesoffentlige borings- og grundvandsdatabase ved GEUS
MAM	Middelværdi af middelværdi for årlige værdier
Maks-MAM	Højeste MAM værdi for et enkeltstof i et indtag
MAM-sum	Højeste MAM værdi for summen af pesticidstoffer i et indtag
MFS	Miljøfarlige forurenende stoffer
MST	Miljøstyrelsen
NOVANA	Det nationale overvågningsprogram for vandmiljø og natur
Trafiklys	Vægtningsindeks for de faglige temaer i dokumentationsarket
TRZ	1,2,4-triazol
VF	Vandforsyningsboring
VP3	Vandplan 3

1. Resume

Til brug for vandområdeplanerne for tredje planperiode 2021-27 er der udviklet og fastlagt en ny metode til vurdering af de danske grundvandsforekomsters generelle kemiske tilstand for pesticider. Vurderingen er foretaget for 2.050 grundvandsforekomster med den afgrænsning af grundvandsforekomsterne, der forelå ved basisanalyserne for de danske vandområdedistrikter i 2019. Metoden er udviklet i perioden december 2019 til juni 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 no. 18 'Guidance on groundwater status and trend assessment' (EU, 2009).

Nærværende slutrapportering udgør en dokumentation for den udviklede og efterfølgende anvendte metode for de gennemførte tilstandsvurderinger samt en dokumentation af resultaterne af tilstandsvurderingerne. Dokumentationsrapporten præsenterer blandt andet de principper og metoder, der er anvendt i tilstandsvurderingen, herunder ikke mindst den konceptuelle forståelsesmodel, der ligger til grund herfor. Derudover indeholder rapporten eksempler på, hvordan metoden konkret gennemføres for henholdsvis en grundvandsforekomst, der vurderes at være i 'god' tilstand og en grundvandsforekomst, der vurderes at være i 'ringe' tilstand.

1.1 Samlet resultat

Der er først udført en maskinel sortering og indledende tilstandsvurdering af de 2.050 grundvandsforekomster ud fra beslutningstræet beskrevet i kapitel 8. Heraf blev 410 placeret i kategorien 'god' tilstand og 1.361 i kategorien 'ukendt' tilstand. De resterende 279 grundvandsforekomster blev placeret i kategorien 'potentielt ringe' tilstand, og underkastes efterfølgende en konkret undersøgelse for den enkelte grundvandsforekomst ved den endelige tilstandsvurdering i forbindelse med afholdelse af en række faglige workshops.

På disse workshops er der for hver af de 279 grundvandsforekomster opstillet en konkret konceptuel model med tilhørende tilstandsvurdering, hvor resultaterne af den konkrete undersøgelse er sammenfattet i et dokumentationsark, se kapitel 9. Ud af de 279 grundvandsforekomster blev de 125 vurderet til at være i 'god' tilstand og 154 i 'ringe' tilstand. Samlet set har tilstandsvurderingen med hensyn til pesticider til vandområdeplan 3 resulteret i, at 535 grundvandsforekomster er vurderet i 'god' tilstand, 154 grundvandsforekomster vurderet i 'ringe' tilstand og 1361 grundvandsforekomster er i 'ukendt' tilstand. Da det hovedsageligt er små forekomster, der er uden data og derfor i ukendt tilstand, er den volumenmæssige fordeling af grundvandsforekomsterne ud fra grundvandsforekomsternes volumen i DK-modellen, at 81 volumen % er i 'god' tilstand, 17 volumen % i 'ringe' tilstand og 7 volumen % i 'ukendt' tilstand.

Den udviklede metode har vist sig som en effektiv måde at få opstillet de konkrete konceptuelle modeller og dokumentere processen herfor. Metoden har yderligere vist sig robust i

forhold til at håndtere det meget heterogene datagrundlag, der ligger til grund for tilstandsvurderingerne. For samtlige faglige temaer gælder, at datatætheden for de anvendte data varierer meget både mellem grundvandsforekomsterne og indenfor grundvandsforekomsterne. Den valgte metode giver rum til at håndtere dette, og ikke mindst til kvalitativt at beskrive de usikkerheder, der knytter sig til såvel datagrundlag som de hydrostratigrafiske modeller.

Samlet set er tilstandsvurdering for pesticider i grundvandsforekomsterne forbundet med ret udbredte udfordringer for repræsentativiteten af de tilgængelige data, herunder ringe data-tæthed, der ofte resulterer i en ringe sikkerhed i vurderingerne.

Samlet set førte de konkrete undersøgelser til, at et væsentligt mindre volumen af grundvandsforekomster er vurderet i 'ringe' tilstand sammenlignet med det volumen, der efter den maskinelle vurdering indledningsvist blev kategoriseret som i 'potentielt ringe' tilstand.

1.2 Konceptuelle modeller

De konkrete undersøgelser for grundvandsforekomster i 'potentielt ringe' tilstand, bestod i en systematisk vurdering af de konkrete pesticiddata i grundvandsforekomsten set i lyset af den konceptuelle forståelsesmodel for pesticider, beskrevet i kapitel 7. Dermed var det muligt at vurdere repræsentativiteten af de tilgængelige pesticidanalyser og skønne koncentrationsfordelingen for den samlede grundvandsforekomst, herunder også i de dele af grundvandsforekomsten, hvorfra der ikke forelå målinger.

Hvis det blev vurderet gennem den konkrete undersøgelse, at mindre end 20 % af grundvandsforekomstens volumen var påvirket med pesticider, der overskrider grundvandskvalitetskravet, blev grundvandsforekomsten klassificeret som i 'god' tilstand.

Den konceptuelle forståelsesmodel er baseret på GEUS faglige arbejde med pesticider i såvel GRUMO som den pesticidforskning, som finder sted på GEUS. De væsentligst hovedpunkter er:

- Få betydende pesticider forklarer hovedparten af fund.
- Dybdeforholdene i grundvandsforekomsten er den vigtigste risikofaktor, idet koncentrationerne falder med dybden.
- 30 % af volumen af det terrænnære grundvand (ned til 40 m u.t.) indeholder et eller flere pesticider over 0,1 µg/l fra diffuse kilder.
- Pesticidbelastning kan opdeles på landbrug, by, skovbrug og natur.
- Der er ingen pesticidpåvirkning under vedvarende naturområder.
- Gamle skove medfører ikke nogen pesticidpåvirkning, mens nyere plantager bidrager noget.
- Ingen simpel sammenhæng til traditionelle faglige temaer som dæklagstykkelser, geologi, osv.
- Opadrettet gradient beskytter mod pesticider.
- Skråtstillede lag øger sårbarheden.

Der viste sig undervejs i projektet at være en god overensstemmelse mellem denne konceptuelle forståelsesmodel beskrevet i kapitel 7 og de anvendte data for pesticider i tilstandsvurderingen, bortset fra data fra punktkilder (datatypen Depot). Som forventet ud fra de indledende undersøgelser er BAM, DPC og DMS de pesticider, som har højeste fundhyppigheder, og disse tre stoffer var indledningsvis udvalgt som 'betydende pesticider' (se GEUS-notat 05-VA-2020-03, bilag 8). BAM findes stort set i hele Danmark, dog findes høje koncentrationer over kvalitetskravet i dag primært i depot-indtag, hvilket er i overensstemmelse med at der i grundvandsovervågningen er fundet en faldende tendens for grundvandets påvirkning med BAM (Thorling mfl., 2021).

Relationen mellem dybden til grundvandsforekomsten og tilstandsvurderingen kan ret entydigt sammenfattes således, at grundvandsforekomster i 'ringe' tilstand primært består af kvartære sandmagasiner (DK-modellag ks1-ks4) med en middeldybde fra få meter til maksimum 40 meters dybde, mens grundvandsforekomster i 'god' tilstand viser meget større variation i middeldybde og er fordelt på alle bjergartstyperne, se Figur 10.12.

2. Baggrund og formål

Denne rapport er udarbejdet i forbindelse med projekterne 'Udvikling af metode til vurdering og gennemførelse af vurderinger af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand for pesticider' og 'Videreudvikling, test og kalibrering af metode for vurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand og nye vurderinger af tilstanden for pesticider', udført af GEUS for Miljøstyrelsen. Det samlede projekt, i denne rapport kaldet 'Pesticidtilstands-vurderingen', er gennemført i perioden november 2019 - december 2020.

Metoden er udviklet til brug for vandområdeplanerne for tredje planperiode 2021-27 under 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). Den nye metode til vurdering af grundvandsforekomsternes generelle kemiske tilstand for pesticider er, som led i projektet, testet på en kalibreringsworkshop, og på den baggrund er metoden anvendt til gennemførelse af de endelige vurderinger af disse grundvandsforekomsters kemiske tilstand for pesticider til vandområdeplanerne 2021-27.

GEUS har til vandområdeplanerne for anden planperiode 2015-21 vurderet de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand. Vurderingens metode og resultat er afrapporteret i 'Grundvandets kemiske tilstandsvurdering Vandområdeplan 2015-21 – data og metodevalg, Kemisk tilstand af danske grundvandsforekomster samlet rapportering' (Thorling og Sørensen, 2014). De nye tilstandsvurderinger, der præsenteres i denne rapport, vil erstatte de vurderinger, der indgår i de gældende vandområdeplaner for 2015-21.

Projektet er gennemført på basis af GEUS' eksperter 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 pesticider og biocider i jord og grundvand
- Nedbrydning af pesticider og biocider i jord og grundvand
- Tidligere gennemførte vurderinger af grundvandsforekomsternes kemiske tilstand
- Fortolkning og bearbejdning af geofysiske data
- Evaluering af geologisk heterogenitet i forhold til geologiske modelkoncepter

Rapportens formål

Nærværende dokumentationsrapport er slutrapporteringen for Pesticidtilstandsvurderingen og har følgende formål:

- At give en kort beskrivelse af opdrag, dokumentation og datagrundlag, kapitel 4 til 6.
- At give en kort beskrivelse af den grundlæggende konceptuelle forståelsesmodel for forekomst af pesticider i grundvandet i Danmark, kapitel 7.
- At give en kort beskrivelse af de anvendte metoder i tilstandsvurderingen, kapitel 8.
- Give eksempler på tilstandsvurderinger for udvalgte forekomster, kapitel 9.
- Præsentere det samlede resultat for tilstandsvurderingen, kapitel 10.
- Præsentere alle resultater som bilag. En del af disse vil alene foreligge som datasæt i elektronisk form (blandt andet i GIS format), idet der er tale om et meget omfattende datamateriale.

Bilagene omfatter alle notater udarbejdet i projektet i den seneste version.

3. Introduktion

I dette kapitel gives der en introduktion til de metodiske principper og værktøjer, der i de efterfølgende kapitler beskrives mere i detaljer.

Tilstandsvurderingerne udføres på grundvandsforekomstniveau. Som led i basisanalysen for de danske vandområdedistrikter 2019, er der afgrænset grundvandsforekomster på basis af DK-modellen, og efterfølgende koblet indtag fra borer i Jupiter til disse grundvandsforekomster (se bilag 3 og Troldborg, 2020). På den måde kan pesticiddata i Jupiter relateres til en grundvandsforekomst og danne grundlag for tilstandsvurderingen. Datagrundlaget for tilstandsvurderingen er diskuteret i kapitel 6.

Det har været en vigtig del af kvalitetssikringen af arbejdet, at alle procedurer er så gennemskuelige som mulige. Derfor er der udarbejdet en grafisk afbildning af beslutningstræet, der ligger til grund for tilstandsvurderingerne, for at synliggøre de algoritmer, der er anvendt i arbejdet. For at sikre en ensartet undersøgelse af alle grundvandsforekomster er der blandt andet udarbejdet et dokumentationsark, hvor alle væsentlige iagttagelser fra de faglige teamer noteres på en systematisk måde, lige som dokumentationsarket sikrer en ensartet opstilling af den konkrete konceptuelle model og tilstandsvurdering, se kapitel 8.

3.1 Grundvandskvalitetskrav og aggregering af data

Grundvandsdirektivet har fastsat grundvandskvalitetskrav for pesticider, med en værdi på 0,1 µg/l for enkeltstoffer og 0,5 µg/l for sumværdien (se bilag 4). Grundvandskvalitetskravene vurderes for hvert enkelt indtag og anvendes i tilstandsvurderingen for aggregerede data. Med aggregerede data forstås de værdier, der for hvert indtag udtrykker koncentrationsniveauet for enkeltstoffer og sumværdien i perioden 2013-2019. Aggregeringen finder sted ved at beregne en såkaldt MAM-værdi, middel af årlige middelværdier for hvert indtag for enkeltstoffer, og derefter også beregne den højeste MAM værdi for et enkeltstof i indtaget (Max-MAM) og summen af påviste pesticider (MAM-sum), se kapitel 6 og bilag 6.

3.2 Maskinel tilstandsvurdering og konkrete undersøgelser

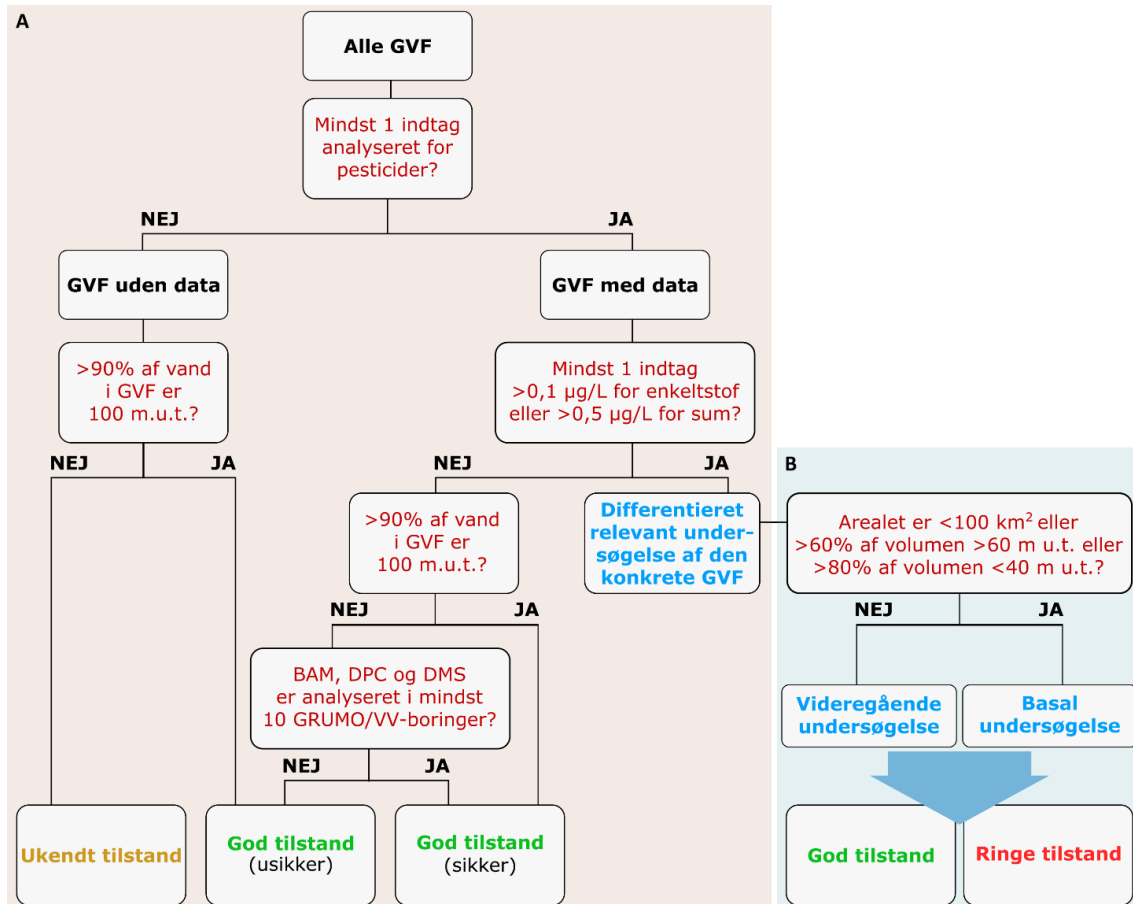
Første trin i tilstandsvurderingen er en maskinel tilstandsvurdering, der følger algoritmen vist i Figur 3.1. Proceduren er detaljeret gennemgået i afsnit 8.1. De enkelte trin tager udgangspunkt i omfanget af tilgængelige data og den konceptuelle forståelsesmodel, se kapitel 7. Beslutningstræet i Figur 3.1 bygger derudover på de retningslinjer for tilstandsvurderingen som fremgår af grundvandsdirektivet og EU-CIS Guidance document no.18 (EU, 2009), der er diskuteret i bilag 4.

Den maskinelle tilstandsvurdering består af to trin.

1. I første trin (delfigur 3.1A) gennemgås alle grundvandsforekomster og tildeles en maskinel tilstand: 'Ukendt', 'god(sikker)', 'god(usikker)' og 'potentielt ringe'. Alle grundvandsforekomster i 'potentielt ringe' tilstand skal efterfølgende gennemgå en konkret

undersøgelse, hvorefter den endelige tilstand fastlægges, mens den maskinelle tilstand er den endelige tilstand for de øvrige grundvandsforekomster.

2. I andet trin (delfigur 3.1B) vurderes det, om den konkrete undersøgelse skal bestå af en basal eller videregående undersøgelse, idet der for grundvandsforekomster, der kan være vanskelige at vurdere, anvendes en mere omfattende undersøgelse.
- 3.



Figur 3.1 (A) Beslutningstræ til maskinel sortering af grundvandsforekomster. (B) Den efterfølgende opdeling af den differentierede relevante undersøgelse for grundvandsforekomster maskinelt vurderet 'potentielt ringe' i henholdsvis en basal og en videregående undersøgelse.

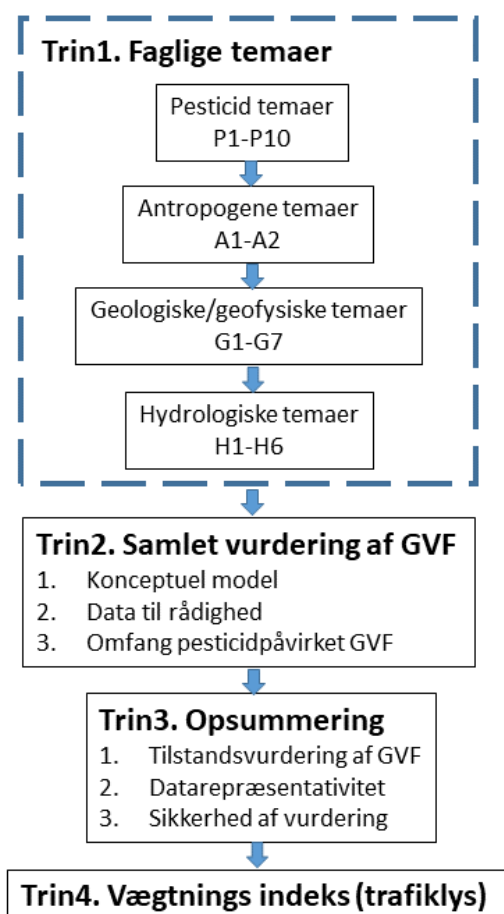
Det fremgår af beslutningstræet, at alle grundvandsforekomster, hvor der er mindst én MAM-overskridelse af grundvandskvalitetskravet på 0,1 µg/l for enkeltstoffer (eller sumværdien Max-MAM) skal gennemgå en konkret undersøgelse, se delfigur 3.1B. Hvis det kunne vurderes ved en konkret undersøgelse, at påvirkningen med pesticider i koncentrationer over grundvandskvalitetskravene er af mindre omfang i en konkret grundvandsforekomst, så er tilstanden 'god' i denne grundvandsforekomst.

I forbindelse med gennemgangen af data blev det klart, at ingen grundvandsforekomster har tilknyttet indtag med en overskridelse af grundvandskvalitetskravet for sumværdien (MAM-sum) på 0,5 µg/l, uden der samtidig er en overskridelse af grundvandskvalitetskravet for enkeltstoffer i et andet indtag i samme grundvandsforekomst. Samlet set var der kun ét indtag, hvor der var en overskridelse af sumværdien men ikke en overskridelse af grundvandskvalitetskravet for enkeltstoffer, udtrykt ved Max-MAM.

I dette projekt betyder en påvirkning af 'mindre omfang', at der er mindre end 20 % af grundvandsforekomstens volumen, hvor pesticidkoncentrationerne overskrider grundvandskvalitetskravene, jf. EU CIS-Guidance document no. 18 (EU, 2009) se bilag 4. Grundvandsforekomster med overskridelse af grundvandskvalitetskravet, hvor det ikke kan godtgøres, at dette er repræsentativt for mindre end 20 % af det samlede volumen af grundvandsforekomsten, tildeles derfor tilstanden 'ringe'. Proceduren for de konkrete undersøgelser fremgår af afsnit 3.3.

3.3 Den trinvis metode for den konkrete undersøgelse

Figur 3.2 viser de fire trin i den konkrete undersøgelse, af grundvandsforekomster i 'potentielt ringe' tilstand. Metoden bygger på metoden anvendt ved kemisk tilstandsvurdering af grundvandsforekomster for nitrat, der er nærmere beskrevet i Thorling mfl. (2019). I kapitel 8 gennemgås de enkelte trin i metoden for tilstandsvurdering for pesticider. Hele vurderingen sammenfattes i det såkaldte dokumentationsark, se afsnit 9.1, hvor alle væsentlige iagttagelser og konklusioner noteres på en systematisk måde.



Figur 3.2 Tilstandsvurderingen: Trinvis metode for opstilling af en konkret konceptuel model og vurderingen af omfanget af pesticidpåvirkning i de enkelte grundvandsforekomster i 'potentielt ringe' tilstand.

I første trin gennemgås de faglige temaer, som vurderingen baseres på. Hver af de faglige temaer er beskrevet i bilag 10, og dækker de fire faglige hovedområder, der ses under trin 1 i Figur 3.2.

I trin 2 opstilles den konkrete konceptuelle model for den aktuelle grundvandsforekomst, og der laves en vurdering af kvaliteten og repræsentativiteten af de data, der er til rådighed. Derudover vurderes omfanget af påvirkningen af grundvandsforekomsten med pesticidkoncentrationer over grundvandskvalitetskravene. I tredje trin fastsættes tilstanden, og datarepræsentativitet og sikkerheden for tilstandsvurderingen klassificeres. Endeligt vægtes betydningen af de forskellige faglige temaer i fjerde trin. På Vandplandata.dk vil hele materialet kunne genfindes for alle 279 undersøgte grundvandsforekomster.

4. Formål og leverancer

4.1 Formål

Tilstandsvurderingen for pesticider har fundet sted i tre delprojekter.

I fase 1 blev datagrundlag, herunder stoflisten, fastlagt. I fase 2 blev der til brug for vandområdeplanerne for tredje planperiode 2021-27 udviklet og fastlagt en ny metode for vurdering af grundvandsforekomsternes kemiske tilstand for pesticider. Denne metode er udviklet i 2019-2020 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). Den nye metode er en videreudvikling af metoden for tilstandsvurderinger af grundvandsforekomster for nitrat (Thorling mfl., 2020). Metoden er detaljeret beskrevet i kapitel 8.

Formålet med fase 2 fremgår af projektbeskrivelsen:

'Projektets formål er at udvikle og fastlægge en ny metode for vurdering af grundvandsforekomsternes generelle kemiske tilstand for pesticider. Metoden skal i et efterfølgende projekt anvendes til at gennemføre en vurdering af den generelle kemiske tilstand af de danske grundvandsforekomster for pesticider.

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

I fase 3 har GEUS gennemført de konkrete tilstandsvurderinger for pesticider i grundvandsforekomster. Formålet med fase 3 er jf. projektbeskrivelsen:

'Projektets (fase 3) formål er at teste og justere den udviklede nye metode for endelig vurdering af kemisk tilstand for pesticider i grundvandsforekomster i potentiel 'Ringe kemisk tilstand' for pesticider samt at anvende metoden til at gennemføre de endelige vurderinger af disse forekomsters tilstand til vandområdeplanerne 2021-27'.

4.2 Leverancer

Fase 1, efterår 2019:

Datagrundlag

Konsolidering af stoflisten i samarbejde med Miljøstyrelsen. Derudover indledende arbejde med datakildenotatet og beslutningstræet. Rapporteredes i fase 2, som leverance 1 og 6.

Fase 2, 2020:

Metodeudvikling

Leverance 1: Det såkaldte datakildenotat redegør for opdelingen i datatyper og de forskellige datatypers repræsentativitet og karakteristika. Leverancen er beskrevet i GEUS notat 07-VA-2020-2, bilag 1.

Leverance 2. Udtræk af analyser for pesticider fra Jupiter. Etablering af rådatasæt og en række oversigter over antal indtag og grundvandsforekomster med pesticidanalyser for perioden 2013-2019. Leverancen er beskrevet i GEUS notat 07-VA-2020-04, bilag 2.

Leverance 3. Anvendelse af data fra regionerne, herunder kobling til grundvandsforekomsterne. Leverancen er beskrevet i GEUS notat 06-VA-2020-01, bilag 3.

Leverance 4. 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 4.

Leverance 5. Aggregering af data og udarbejdelse af oversigter over den indledende opdeling i grundvandsforekomster med/uden data og med/uden overskridelse af grundvandskvalitetskravene. Leverancen er beskrevet i GEUS-notat 07-VA-2020-10, bilag 6.

Leverance 6. Den maskinelle opdeling af grundvandsforekomster, efter beslutningstræet, se kapitel 8 og **Figur 3.1A**, i forhold til hvilke grundvandsforekomster, der skal underkastes en konkret undersøgelse, hvor der opstilles en konceptuel model. Leverancen er beskrevet i GEUS-notat 07-VA-2020-9, bilag 7.

Leverance 7. GEUS har i 2020 udviklet en ny metode til vurdering af grundvandsforekomsternes tilstand for pesticider. Metoden bygger på opstilling af konceptuelle modeller for de enkelte grundvandsforekomster, der er udvalgt til konkret undersøgelse. De konceptuelle modeller er baseret på GEUS' ekspertise indenfor et bredt udvalg af fagdiscipliner, fx geologisk modellering, hydrogeologi, grundvandskortlægning, grundvandsovervågning, geofysik og geokemi. De konceptuelle modeller anvendes til at vurdere, hvordan de målte pesticidkoncentrationer i grundvandsforekomsterne for de forskellige datatyper, herunder fund over grundvandskvalitetskravene for pesticider og sum af pesticider på henholdsvis 0,1 µg/l og 0,5 µg/l, repræsenterer den samlede tilstand for hele grundvandsforekomsten, kapitel 8.

Fase 3, efterår 2020:

Test og kalibrering af metode samt tilstandsvurdering

Leverance 1. Udarbejdelse af datamaterialer til tilstandsvurderingen, herunder dokumentationsark og faglige temaer, bilag 9 og 10.

Leverance 2. Opdeling af grundvandsforekomster i 'potentielt ringe' tilstand efter omfang af undersøgelse. Leverancen er beskrevet i kapitel 8 og GEUS-notat 07-VA-2020-05, bilag 5.

Leverance 3, 4 og 5. Gennemførelse af kalibreringsworkshops og efterfølgende basale og videregående undersøgelser af grundvandsforekomster med overskridelser af grundvandskvalitetskravene for pesticider. Arbejdet og resultaterne dokumenteres med denne rapport.

Leverance 6. Udarbejdelse af nærværende rapport, overdragelse af alt udarbejdet materiale og anden ekstern kommunikation.

5. Dokumentation og møder

5.1 Dokumentation

Skriftlig dokumentation

Projektet har resulteret i en lang række leverancer, se kapitel 4, i form af bearbejdede data, der danner grundlag for de faglige temaer og dokumentationsark, der kan tilgås på Vandplandata.dk. En del af disse læses bedst i A3 format grundet en stor rigdom af information. Dertil kommer en række notater, der alle foreligger i bilagene til nærværende rapport. Specifikt for selve tilstandsvurderingen, er der følgende dokumentation for arbejdet:

- Samtlige udarbejdede faglige temaer for 279 grundvandsforekomster er fremsendt til Miljøstyrelsen som pdf og i GIS format.
- Samtlige udarbejdede dokumentationsark for 279 grundvandsforekomster er fremsendt til Miljøstyrelsen som Excel ark og kan for de enkelte grundvandsforekomster findes på <https://vandplandata.dk/vandomraade> sammen med de tilhørende faglige temaer.
- Et opsummerende dokumentationsark i Excel, hvor alle resultaterne fra dokumentationsarkene er tabelleret.
- Referater fra alle workshops.
- Nærværende dokumentationsrapport, der som bilag indeholder alle udarbejdede notater og en beskrivelse af alle faglige temaer.

5.2 Møder

Projektet er primært gennemført i 2020, hvor en stor del af året har været præget af mere eller mindre omfattende nedlukninger og hjemsendelser på grund af Corona-pandemien. Derfor har en stor del af de forberedende møder været gennemført på Skype og Teams. Fysiske møder har været prioriteret til workshops og enkelte projektgruppemøder, i det omfang Corona-restriktionerne tillod dette.

Forberedende møder/workshops

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

Projektworkshops, metodeudvikling: Der er afholdt tre forberedende projektworkshops, hvor metoden er blevet udviklet og testet på en række udvalgte grundvandsforekomster, der skulle repræsentere forskellige geologiske og arealmæssige forhold. Medarbejdere fra GEUS og Miljøstyrelsen deltog i denne fase, hvoraf kun ét møde kunne afholdes med fysisk tilstedeværelse. Det måtte konkluderes, at netop metodeudvikling med deltagelse af mange forskellige fagligheder er mindre egnet til virtuelle møder.

Møder med Regioner: Der har såvel i den indledende fase af metodeudviklingen, som undervejs under selve tilstandsvurderingen, været afholdt møder med deltagelse af fagmedarbejdere fra Regionerne og Videnscenter for Jordforurening, for at sikre bedst mulig vidensdeling om pesticidundersøgelserne fra punktkilder og metoden for tilstandsvurdering for pesticider. Dertil kommer, at inddragelse af data fra regionernes pesticidundersøgelser gav en række tekniske udfordringer, se bilag 3.

Gennemførelse af tilstandsvurderinger ved workshops

Workshops, tilstandsvurdering og opstilling af konceptuelle modeller: Tilstandsvurderingerne for pesticider med opstilling af en konkret konceptuel model for hver af de 279 grundvandsforekomster i 'potentielt ringe' tilstand er gennemført i perioden september 2020 til november 2020, i løbet af 1 kalibreringsworkshop á 2 dage, 7 videregående workshopdage og 12 basale workshopdage, i alt 21 workshopdage. På hver workshop blev de faglige temaer for de aktuelle grundvandsforekomster gennemgået, og dokumentationsarkene udfyldt.

Der var forberedt faglige temaer for tilstandsvurdering for 280 grundvandsforekomster, men i forbindelse med de konkrete undersøgelser blev det klart, at der for én grundvandsforekomst, benævnt dkmj_20_ks, fejlagtigt var tilknyttet et indtag med en overskridelse af grundvandskvalitetskravet. Det pågældende indtag havde fået ændret de geografiske koordinater af dataejer, efter at koblingen til grundvandsforekomsterne var gennemført, således de nye koordinater nu lå mange kilometer udenfor grundvandsforekomsten. Da dette indtag var det eneste med overskridelse i denne grundvandsforekomst, skal forekomsten, der dermed er uden overskridelser maskinelt tildeles en tilstand, og forekomsten skal derfor ikke undergå en konkret undersøgelse, se beslutningstræet Figur 3.1. Det samlede resultat omfatter derfor konkrete undersøgelser og tilstandsvurderinger for 279 grundvandsforekomster.

Opstillingen af den konkrete konceptuelle model for hver enkelt grundvandsforekomst og tilstandsvurderingerne blev gennemført af GEUS. Miljøstyrelsen var ved alle videregående workshops til stede med repræsentanter fra den lokale enhed Nordjylland - Grundvandskortlægning og Vand- og naturovervågning og enheden for Vandmiljø og Friluftsliv.

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

6. Datagrundlag

Tilstandsvurderingerne bygger på en lang række faglige temaer, der er baseret på data fra især Jupiter- og Gerda-databaserne. De bagvedliggende data er præsenteret i de enkelte faglige temaer, se bilag 9. For pesticider er der anvendt et dataudtræk for 7 års perioden 1. januar 2013 - 31. december 2019.

6.1 Fastlæggelse af pesticidlisten

Stofgruppen pesticider skal i forbindelse med vandområdeplanerne også omfatte stoffer med biocidanvendelse. I EU-reguleringen anvendes 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").

Dette følger af grundvandsdirektivets bilag 1 (EU, 2006), hvor der i definitionen af forurenende stoffer står: *'Aktive stoffer i pesticider, herunder deres relevante omdannelses-, nedbrydnings- og reaktionsprodukter.....Ved »pesticider« forstår plantebeskyttelsesmidler og biocidholdige produkter.'* Biocider er ifølge Biocidforordningen (EU, 2012) defineret på følgende måde: *'Stoffer eller blandinger.....som består af, indeholder eller genererer et eller flere aktivstoffer, som er bestemt til at kunne ødelægge, uskadeliggøre, hindre virkningen af eller bekæmpe virkningen af skadegørere på anden vis end blot ved fysisk eller mekanisk påvirkning.'* I bilag 4 findes en uddybende beskrivelse af, hvorledes stofgruppen pesticider afgrænses over for andre stofgrupper, og specielt over for miljøfarlige organiske forurenende stoffer, MFS, idet en del stoffer er anvendt både som aktivstoffer i bekæmpelsesmidler og i industrielle processer eller i andre produkter som veterinær eller human medicin.

Der er i den første fase af dette projekt lavet et omfattende arbejde med at præcisere stofflisten for pesticider, i samarbejde med både Miljøstyrelsen og STANDAT-sekretariatet. Dataudtrækkene bygger på den stoffliste, der ligger i tilknytning til Jupiter, stofgruppe 50 (Pesticider). Listen opdateres løbende.

6.2 Data fra regionerne.

Der er til dette projekt gjort et stort forarbejde for at sikre, at flest mulige af de relevante data fra regionernes kortlægning og overvågning af punktkilder er overført til Jupiter. Det er således første gang disse data tolkes i sammenhæng med data fra grundvandsovervågningen, vandforsyningerne og grundvandskortlægningen. Der har i den anledning også været arbejdet med at koble regionernes data til grundvandsforekomsterne, se bilag 3.

6.3 Aggregerede data (MAM-værdier)

Pesticiddata for perioden 2013-2019 er udtrukket fra Jupiter d. 7. maj 2020, og efterfølgende er data klargjort og aggregeret, som detaljeret beskrevet i GEUS notaterne 07-VA-2020-04 og 07-VA-2020-10, se bilag 2 og 6. Klargøring af data omfatter blandt andet, at data med for høje detektionsgrænser slettes, og at der ikke er anvendt ulovlige attributkoder.

Beregningen af middelværdier er sket i overensstemmelse med art. 5 i Analyse kvalitetsdirektivet, som implementeret i bekendtgørelsen om miljøkvalitetskrav, således som det er beskrevet i bilag 4. Specielt skal det bemærkes, at der arbejdes med kvantifikationsgrænsen i stedet for detektionsgrænsen. Kvantifikationsgrænsen er, som det også fremgår af den relevante lovgivning, defineret som 3 gange detektionsgrænsen, og er et udtryk for den koncentration hvor der er en veldefineret usikkerhed på selve koncentrationen, mens detektionsgrænsen er den mindste mængde, hvor man er tilstrækkelig sikker på, at stoffet er til stede i prøven, men hvor der samtidig er en stor usikkerhed på størrelsen af koncentrationen. Når man som her anvender kvantifikationsgrænsen, medfører det, at fundkoncentrationen er 0,03 µg/l for hovedparten af pesticiderne, mens man i Jupiter vil have en fundkoncentration på typisk 0,01 µg/l, idet der i Jupiter arbejdes med detektionsgrænsen. Der henvises til bilag 2, 4 og 6 for flere tekniske detaljer.

For hvert indtag, der er tilknyttet en grundvandsforekomst, er der for hvert stof beregnet en såkaldt MAM-værdi. MAM er middelværdien af middelværdien for årlige værdier.

For hvert indtag, kaldes den højeste MAM-værdi af de analyserede enkeltstoffer Maks-MAM. Maks-MAM værdierne er typisk anvendt på de faglige temaer, hvor der indgår pesticiddata på indtagsniveau.

For hver pesticidprøve i perioden er der beregnet en sumværdi for alle påviste pesticider. Der er på samme måde som for enkeltstoffer beregnet en middelværdi af middelværdierne for de årlige sumkoncentrationer, kaldet MAM-sum. Bemærk, kun påviste pesticider indgår i denne værdi.

Betydende pesticider

Ikke alle pesticider optræder lige hyppigt, og derfor er der udvalgt tre pesticider, der vurderes at have særlig stor betydning for tilstandsvurderingen af grundvandsforekomsterne. De tre betydende pesticider er 2,6-dichlorbenzamid (BAM), desphenylchloridazon (DPC) og N,N-dimethylsulfamid (DMS). Disse tre stoffer omtales herefter som betydende pesticider (BP). Yderligere tre stoffer 1,2,4-triazol, 4-CPP og DEIA blev overvejet som betydende pesticidstoffer, men fravalgt, da MAM for stofferne sjældent overskrider kravværdien i vandforsyningsboringer, VF, samt mindst en af de andre datatyper: GRUMO eller ANDET.

Den samlede hyppighed af overskridelser i hele datasættet var for 1,2,4-triazol: VF 0,0 %, ANDET 0,2 %; 4-CPP: VF 0,1 %, GRUMO 0,2 %; DEIA: VF 0,1 %, GRUMO 0,9 %. Nøgletal for de tre betydende pesticider og 1,2,4-triazol og 4-CPP indgår i headeren på dokumentationsarkene, se Figur 9.1. Proceduren for udvælgelse af de betydende pesticider er beskrevet i 'Udvælgelse af betydende pesticider', GEUS-notat 05-VA-20-03, se bilag 8.

6.4 Geologiske data

Udover selve pesticidanalyserne indgår geologiske og geomorfologiske kort samt en lang række resultater fra DK-modellen og de hydrostratigrafiske modeller, der er knyttet hertil. For hver grundvandsforekomst, hvortil der opstilles en konkret konceptuel model, er der udarbejdet en beskrivelse af den overordnede geologiske ramme.

De faglige temaer er beskrevet i bilag 9, og præsenteret for tre grundvandsforekomster i bilag 10, se også kapitel 9.

For grundvandsforekomster udenfor DK-modellen og på Bornholm, har det ikke været muligt at producere alle faglige temaer, da en række af temaerne forudsætter, at der er en lagmodel til rådighed i DK-modellen. Bornholm er på grund af sin særlige geologiske opbygning repræsenteret ved en voxelmodel i DK-modellen, og disse faglige temaer kan derfor ikke udarbejdes for Bornholm.

7. Den konceptuelle forståelsesmodel

I dette kapitel beskrives den konceptuelle forståelsesmodel for forekomst af pesticider i grundvand. Den konceptuelle forståelsesmodel anvendes som udgangspunkt for de principper for tilstandsvurderingen, der er beskrevet i kapitel 8. Opsætningen af den konceptuelle forståelsesmodel anvendt i dette projekt bygger dels på GEUS's generelle viden om forekomsten og udbredelsen af pesticider i grundvandet fra GRUMO, VAP og forskningsprojekter, og en konkret analyse af datagrundlaget for tilstandsvurderingen, hvor de mange nye stoffer indgår. Dette arbejde er sammenfattet i bilag 11.

Hvor det er særligt vigtigt at skelne mellem den generelt gældende konceptuelle forståelsesmodel og de lokalt gældende forhold i de enkelte grundvandsforekomster bruges betegnelsen 'den konkrete konceptuelle model' for de specifikke grundvandsforekomster. Den konceptuelle model beskriver i ord, og med støtte i de faglige temaer, den samlede, rumlige forståelse af det konkrete område, og danner således grundlaget for den samlede vurdering af grundvandsforekomstens tilstand, hvad angår pesticidpåvirkning se EU CIS Guidance document no. 18 (EU, 2009).

Det nævnes i EU CIS Guidance document no. 26 (EU, 2010), at opstilling af en konceptuel model ikke er en statisk proces. Der vil således være brug for iterative forløb, hvor fx tilføjelse af nye data eller test af den konceptuelle forståelse ved datasammenstillingen kan kræve en revurdering. Dette gælder såvel den konceptuelle forståelsesmodel som de konkrete konceptuelle modeller for de specifikke grundvandsforekomster.

7.1 Baggrund for den konceptuelle forståelsesmodel

Jf. artikel 4 '*Procedure for vurdering af grundvands kemiske tilstand*' i grundvandsdirektivet (EU, 2006) anses en grundvandsforekomst at have en 'god' tilstand, medmindre nogle af overvågningspunkterne i den aktuelle grundvandsforekomst overskrider grundvandskvalitetskravet, hvilket for pesticider er koncentrationer over 0,1 µg/l for de enkelte stoffer og 0,5 µg/l for summen af detekterede pesticider. Endvidere følger det af direktivet i artikel 4, at en grundvandsforekomst kan anses for at have god kemisk tilstand, selvom grundvandskvalitetskravet overskrides 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*' Nærmere fastlagt i grundvandsdirektivets 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*'. Dette er indgående diskuteret i bilag 4.

Vurderingen i den gennemførte tilstandsvurdering er sket efter bestemmelserne i grundvandsdirektivet, og i forlængelse heraf EU CIS-Guidance document no. 18 (EU, 2009), hvor det konkretiseres, at hvis mindre end 20 % af grundvandsforekomstens volumen er påvirket over grundvandskvalitetskravet, er omfanget af påvirkningen af en størrelse, der resulterer i at tilstanden vurderes som 'god'.

Dvs. for at kunne gennemføre en tilstandsvurdering for pesticider i de grundvandsforekomster, hvor der optræder koncentrationer over grundvandskvalitetskravene, er det nødvendigt at gennemføre en konkret undersøgelse og opstille konceptuelle modeller for disse grundvandsforekomster. For at have et fælles fagligt grundlag for at opstille modeller formuleres der i dette kapitel de principper, som de konceptuelle modeller opstilles efter, idet der skal være en bagvedliggende konceptuel forståelsesmodel for pesticidernes udbredelse i grundvand, specielt i forhold til omfanget af grundvand, hvor MAM koncentrationer vurderes at overskride grundvandskvalitetskravet. Her er det af særlig betydning, at den konceptuelle forståelsesmodel giver grundlag for at skønne pesticidkoncentrationerne mellem de konkrete målepunkter (indtag) i grundvandsforekomsten.

I løbet af de seneste år er analysepakkerne for pesticider udvidet med et stort antal nye stoffer, hvoraf nogle af dem har væsentligt højere koncentrationer og fundhyppigheder end tidligere set, fx *N,N*-dimethylsulfamid (DMS) og desphenylchloridazon (DPC). De hidtidige konceptuelle forståelsesmodeller er imidlertid baseret alene på de "gamle" stoffer, og er de seneste år blevet udfordret af, at de "nye" stoffer oftest ikke følger de tidligere opstillede hypoteser mht. koncentrationsfordelinger. De forskellige nye og gamle stoffer har derudover meget forskellige fysisk-kemiske egenskaber og er derved meget vanskelige at integrere i en enkelt samlet konceptuel forståelsesmodel, der gælder for dem alle sammen.

Den konceptuelle forståelsesmodel til vurdering af tilstanden af grundvandsforekomster for pesticider er baseret på to grundlæggende spørgsmål:

- I hvilket omfang er jordoverfladen udsat for pesticider?
- I hvilket omfang er pesticiderne/nedbrydningsprodukterne nået ned til grundvandsforekomsten?

7.2 I hvilket omfang er jordoverfladen udsat for pesticider?

Arealanvendelsen har stor betydning for brugen af pesticider og risikoen for udvaskning. Arealanvendelsen er i dette projekt klassificeret jf. fagligt tema A-1 (se bilag 9) og har hovedkategorier som landbrug (intensiv og ekstensiv), bymæssig bebyggelse, natur, skov. Der er næsten ingen områder i Danmark, hvor der ikke er blevet brugt pesticider i form af plantebeskyttelsesmidler eller biocider som træbeskyttelse og midler til skadedyrsbekæmpelse. Mens nogle stoffer har større risiko for at være udvasket fra landbrugsarealer (især intensivt landbrug), har andre stoffer hovedsagelig været brugt og udvasket fra bebyggede områder (fx på malet træværk). I den forbindelse er det også væsentligt, at selve pesticidanvendelsen i et område, uanset arealklassificeringen, kan have ændret sig over tid, og at pesticidfund i en grundvandsforekomst i høj grad afspejler en tidligere anvendelsespraksis, idet det kan tage fra få år til årtier for pesticiderne at nå frem til indtagene.

Tabel 7.1 viser de hyppigst fundne pesticider (enkeltstoffer og grupper af beslægtede enkeltstoffer) og deres anvendelse, herunder hvilken arealanvendelse de typisk er knyttet til.

Tabel 7.1 Hyppigst fundne pesticider og deres anvendelse.

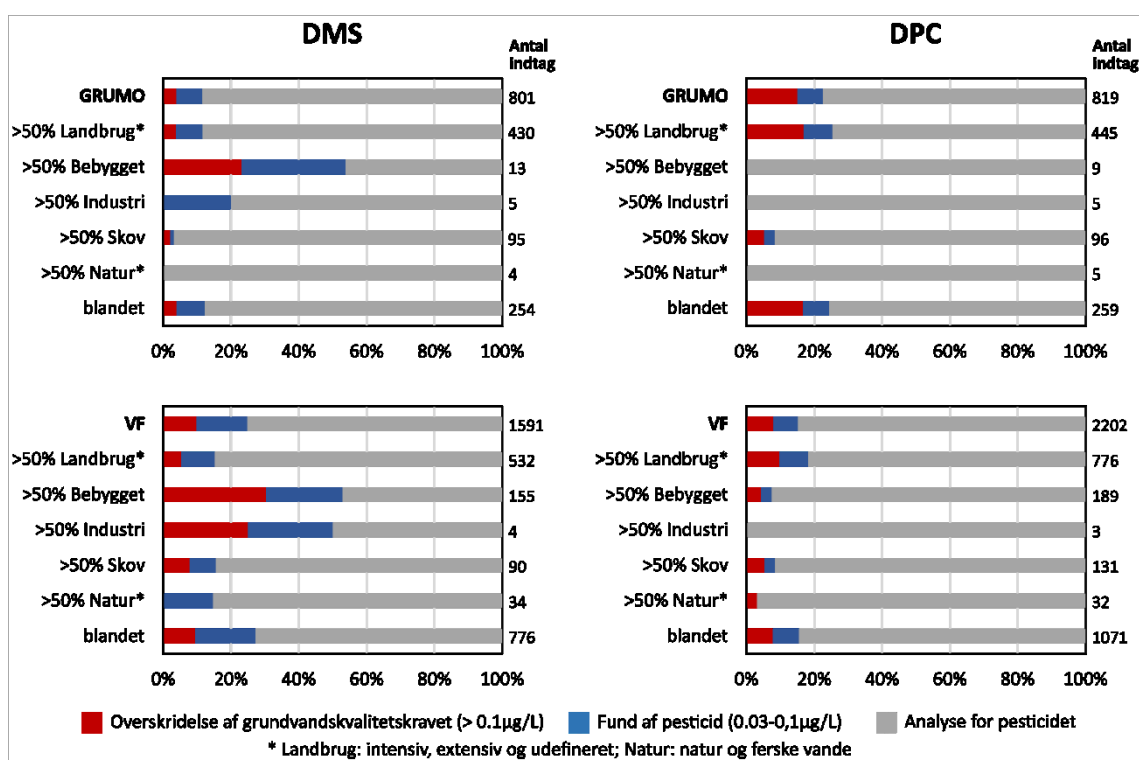
Stof eller stofgruppe	Anvendelse
2,6-dichlorbenzamid (BAM) (moderstoffer: dichlobenil, fluopicolid, chlorthiamid)	Fladebelastning fra befæstede arealer (indkørsler, gårdspladser, fortove osv.), busketter (parker og landejendomme) og frugtplantager; forekommer ofte i punktkilder i høje koncentrationer (4% af depot-indtag >1 µg/l).
Chloridazon og nedbrydningsprodukterne desphenylchloridazon (DPC) og methyldesphenylchloridazon (MDPC)	Landbrugsanvendelse i sukkerroer, fodersukkerroer, rødbeder og løg (fladebelastning og punktkilder)
<i>N,N</i> -dimethylsulfamid (DMS) (moderstoffer: tolylfluamid og dichlofluamid)	Fra malet træværk (fladebelastning fra alle former for bebyggelser); sjældnere fra frugt og bærproduktion (fladebelastning og punktkilde)
Triazol og deres nedbrydningsprodukter: tebuconazol, propiconazol, metconazol, epoxiconazol, prothioconazol o.a., 1,2,4-triazol	Landbrugsanvendelse (fladekilder og punktkilder), samt muligvis fra malet træværk (fladebelastning fra alle former for bebyggelser)
Phenoxysyrer, deres urenheder og nedbrydningsprodukter: mechlorprop, dichlorprop, 4-CPA, MCPA, 2,4-D, 2,6-DCPP, chlormethylphenoler	Har været anvendt virkelig længe i mange forskellige produkter, landbrug, private have, golfbaner, byggematerialer (tagpap) osv. (fladebelastning og punktkilder)
Triazinerne og deres nedbrydningsprodukter: atrazin, simazin, metribuzin, terbutryn, hydroxyatrazin, DEIA, desethylatrazin hydroxy-DEIA, o.a.	Landbrug, udyrkede arealer (herunder banelegemer), skovbrug (specielt juletræer og pyntegrønt); derudover bliver nogle triaziner anvendt i byggematerialer men bidraget fra disse er ukendt (fladebelastning og punktkilder)
Glyphosat/AMPA	Brugt overalt (fladebelastning og punktkilder)
Chloroacetanilider og deres nedbrydningsprodukter: alachlor, metazachlor, propachlor, dimethachlor, diverse -OA og -ESA nedbrydningsprodukter, t-sulfinyl acetic acid, CGA373464 og CGA369873	Landbrugsanvendelse (fladebelastning og punktkilder)

Mens pesticidpåvirkning fra landbruget er relativt godt undersøgt og omfanget kan vurderes fra overskridelsesprocenten i det øvre grundvand fra den årlige rapport om grundvandsovervågning (Figur 7.2 og Thorling mfl., 2021), så er pesticidpåvirkningen fra bebyggede områder ikke tilstrækkeligt undersøgt på nuværende tidspunkt.

Derfor er der foretaget en simplificeret analyse af sammenhængen mellem den nuværende arealanvendelse og pesticidindholdet i grundvandet, hvor indtagene er opdelt efter den mest udbredte arealanvendelse, (> 50 % af arealet) i en 250 m-radius omkring, eller 'blandet' når ingen arealanvendelse udgør minimum 50 %. Analysen er baseret på samme datasæt som denne tilstandsvurdering. Der er således anvendt MAM-værdier for enkeltstoffer og kun fund over kvantifikationsgrænsen indgår. For detaljer i metoden, se bilag 11.

Figur 7.1 viser fundhyppighed af de to betydende pesticider *N,N*-dimethylsulfamid (DMS) og desphenylchloridazon (DPC) – to stoffer med meget høje overskridelsesprocenter i grundvandet – fordelt på forskellige arealanvendelser. Kun indtag med top mindre end 40 m u.t. blev inddraget i analysen for at sikre, at forskellene mellem stoffernes fundprocenter ved forskellig arealanvendelse ikke påvirkes af forskellige dybdefordelinger af de undersøgte indtag (se kapitel 7.3), idet dybdefordelingen for indtagene ved de forskellige arealanvendelser er forskellig.

Figur 7.1 viser meget tydeligt, at et typisk landbrugspesticid som DPC (nedbrydningsprodukt fra chloridazon) især findes i boringer under overvejende landbrugsareal, dvs. at minimum 50 % af arealet i en 250 m-radius omkring boringen er klassificeret som 'landbrug'. Stoffet DMS (nedbrydningsprodukt fra tolylfluorid og dichlofluorid) har øgede koncentrationer især under bebyggede områder (malet træværk) og i mindre grad under landbrugsareal (bortset fra frugt- og bærproduktion).



Figur 7.1 Fundhyppighed af DMS og DPC i alle GRUMO- og vandforsyningsindtag (henholdsvis GRUMO eller VF) med toppen af indtaget < 40 m u.t., fordelt på arealanvendelse (minimum 50 % af arealet i 250 m-radius omkring boringen er klassificeret i kategorien) og indtag blandet arealanvendelse: ('blandet' = ingen arealanvendelse udgør mere end 50 % af arealet i 250 m-radius); nummeret efter kolonnen viser antal af indtag i kategorien. Analysen er baseret på samme datasæt, som anvendt i tilstandsvurderingen, og dermed MAM-værdier for enkeltstoffer.

Resultaterne fra grundvandsovervågningen (Thorling et al., 2021) viser, at over 30 % af det øverste grundvand (< 20 m u.t.) er forurenet med pesticider over kravværdien. Under gennemgangen af grundvandsforekomsterne har det vist sig, at der i områder med intensiv roe-produktion (Lolland, Falster, Nordfyn) kan iagttages et omfang af pesticidoverskridelser i det

øvre grundvand, der er højere end i det landsdækkende gennemsnit pga. meget omfattende forurening med DPC.

Figur 7.1 viser, at alene DMS har en overskridelsesprocent over 30 % i vandforsyningsindtagene med indtagstop ned til 40 m u.t. i bebyggede områder (> 50 % af arealet bebygget). Den statistiske analyse baseres dog på et begrænset antal indtag, og samtidig skal der tages højde for, at vandforsyningsindtag ofte har ret lange filtre og dermed blander pesticidbelastet vand fra toppen med dybereliggende, renere vand. Understøttet af analyser i hovedstadsområdet og Nordsjælland (fx GVF DK203_dkms_3645_ks eller DK201_dkms-_3630_ks) vurderes det, at overskridelsesprocenten kan nå op på 50 % under bebyggede områder, ikke mindst når der ses på områder med stor bebyggelsesgrad og på indtagsdybder mindre end 20 m u.t. samt inklusion af alle pesticider.

Udover landbrugs- og bebyggede arealer, forventes produktionsskovene og især juletræsplantager, som medregnes i arealanvendelsen 'skov', at bidrage til den samlede pesticidbelastning; omfanget er dog uvist. I Skovlovens §9, stk. 2 angives, at højst 10 % af arealet i fredskov kan dyrkes som juletræsplantage og pyntegrønt, hvor pesticidanvendelsen i skovbruget kan forventes at være særlig stor. Juletræer produceres dog ikke kun i fredskov, og i hvilket omfang juletræsplantager i øvrigt fremgår af arealanvendelseskortet er usikkert. Derudover findes der en række mindre arealanvendelser, som i den foreliggende tilstandsvurdering blev samlet i kategorien 'andet'. Det forventes, at der er anvendt pesticider i en stor andel af denne kategori gennem tiden, fx er golfbaner klassificeret som 'andet'. Hvis en grundvandsforekomst er dækket af et stort areal 'andet', har et opslag på kort, fx Google Earth, været nødvendigt for den endelige vurdering. Kun i naturskove og gamle natur- og søområder vil man forventeligt se en mindre til ingen pesticidbelastning.

Det er yderligere vigtigt at huske, at arealanvendelseskort, A-1 (se bilag 9), kun er et øjebliksbillede og arealanvendelsen kan have ændret sig over årene – fx kan tidligere landbrugsarealer i dag være bebygget, beplantet med skov eller omdannet til naturområder, og der kan derfor stadig findes påvirkning med landbrugspesticider herfra (se vurdering af arealet 'andet' i afsnit 8.6). I bilag 9, er datagrundlaget for arealanvendelseskortet og klassificeringen nærmere beskrevet. I den forbindelse er det også væsentligt, at selve pesticidanvendelsen i et område under alle omstændigheder varierer over tid, da forskellige pesticider har haft deres hovedanvendelse i forskellige perioder, og der samtidigt har været en betydelig strukturudvikling i landbruget. Det gælder i såvel områder med uændret arealanvendelsesklasse, som der hvor der fx har været byudvikling eller er anlagt/reableret råstofgrave. Udviklingen i arealanvendelse og pesticidforbrugsmønster skal ses i sammenhæng med, at pesticidfund i grundvandsforekomsten i høj grad afspejler tidligere tiders anvendelsespraksis, idet det kan tage fra få år til årtier for pesticiderne at nå frem til indtagene.

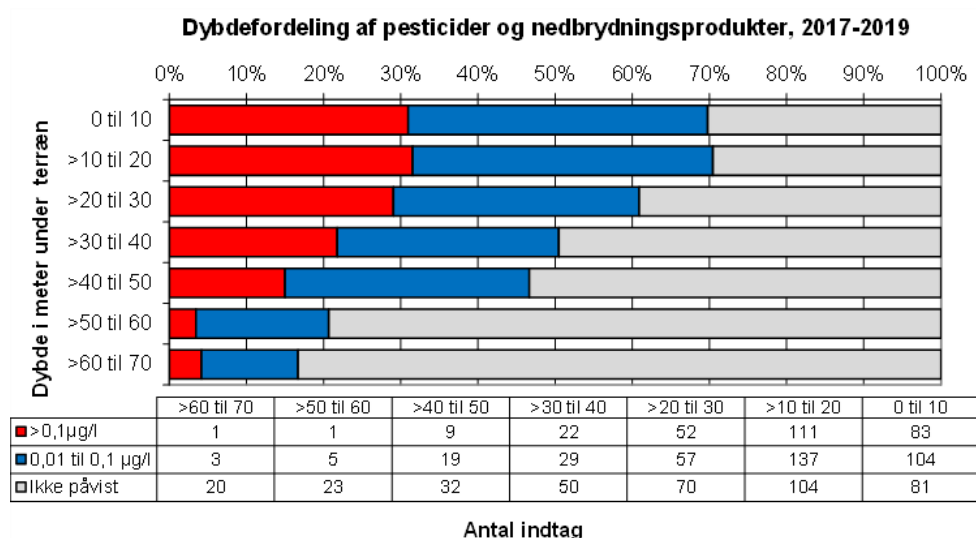
7.3 I hvilket omfang er der nået pesticider ned til grundvandsforekomsten?

Som beskrevet i kapitel 6 (Datagrundlag) omfatter begrebet 'pesticider' både plantebeskyttelsesmidler og biocider samt de respektive nedbrydningsprodukter. Det betyder, at den samlede pesticidpåvirkning skyldes en blanding af mange forskellige stoffer med stor variation i

deres kemiske egenskaber: Nogle er fx meget stærkt sorberende stoffer og forholdsvis immobile, mens andre er letopløselige i vand og kan være meget mobile; nogle stoffer nedbrydes hurtigt, mens andre er persistente. Den komplekse blanding af stoffer med forskellige egenskaber gør opsætningen af en konceptuel forståelsesmodel meget vanskelig.

Tidligere forskningsresultater (Malaguerra, 2012; COWI, 2020) har vist, at forskellige parametre, fx akkumuleret lertykkelse, kan have stor betydning for pesticidsårbarheden af en grundvandsforekomst. En indledende undersøgelse i nærværende projekt med de foreliggende data kunne imidlertid ikke understøtte disse hypoteser (se nærmere beskrivelse i bilag 11 'Understøttende analyser til den konceptuelle model'). Det skyldes formentlig, at tidligere studier har været baseret på små geografiske områder og især, at flere af de nye pesticidfund (fx DMS) ikke indgik i undersøgelseerne.

Den konceptuelle forståelsesmodel udarbejdet til dette projekt tager udgangspunkt i, at dybden til et indtag er den vigtigste parameter i vurderingen af omfanget af pesticider i grundvandet. Dette er dels baseret på resultaterne fra den årlige rapport om grundvandsovervågning (se Figur 7.2 og Thorling mfl., 2021) og dels på den indledende undersøgelse i nærværende projekt (Figur 7.3 og bilag 11).



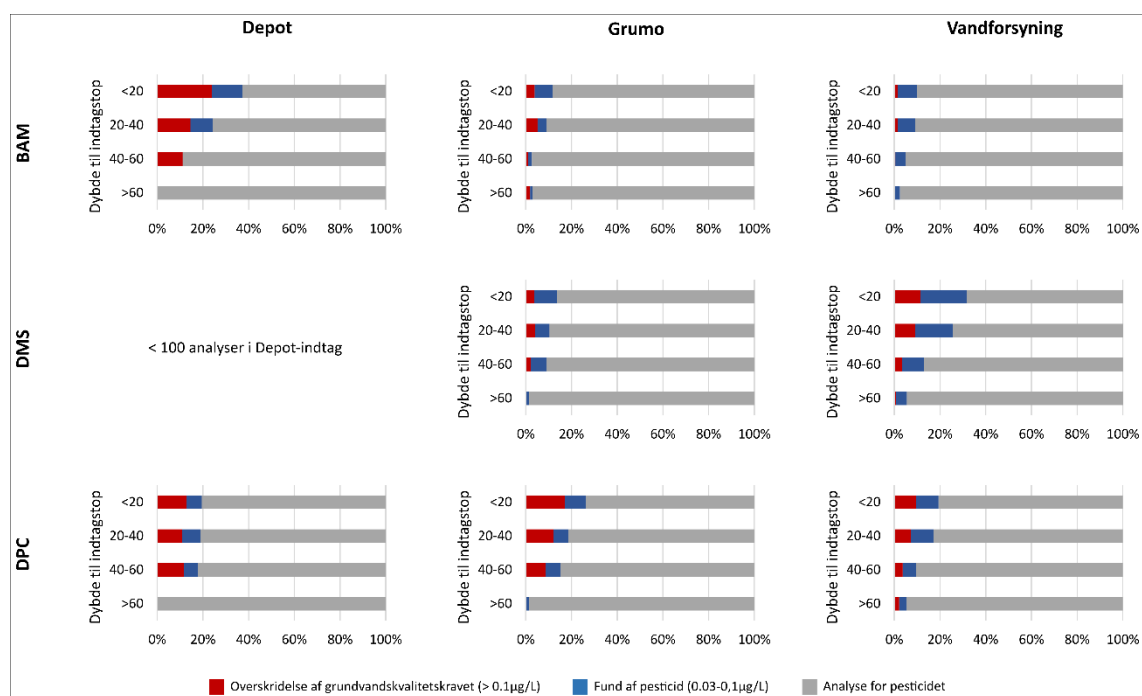
Figur 7.2 GRUMO. Dybdefordeling af fundhyppighed for pesticider opdelt på tre koncentrationsklasser (Thorling mfl., 2021).

Dybdeeffekten skyldes, at grundvandets indhold af pesticider fortyndes med dybden, og at vandets alder som hovedregel også stiger med dybden. Dette giver længere tid til en eventuel langsom nedbrydning, hvor det skal tages i betragtning, at pesticider generelt nedbrydes uhyre langsomt, når de har forladt rodzonen. Derudover tilbageholdes pesticider, som sorberer til jorden, hvilket betyder at støvningshastigheden for nogle pesticider er mindre end vandets strømningshastighed. Det betyder, at de pesticider, der optræder i et givet indtag, kan bruge længere tid undervejs til et indtag, end det tager for vandet, at transporteres fra jordoverfladen og frem til indtaget.

Figur 7.2 viser, at i dybder mindre end 30-40 m u.t. er der stor sandsynlighed for en 'ringe' tilstand i en grundvandsforekomst (for >20 % af alle GRUMO-indtag er pesticidkoncentrationen >0,1 µg/l). Omvendt er der i dybder større end 50-60 m u.t. færre overskridelser, og derfor vil dybere grundvandsforekomster ofte være i 'god' tilstand. Under 100 m u.t. optræder overskridelser af grundvandskvalitetskravet for pesticider kun sporadisk, hvorfor kriteriet '>90 % af volumen under 100 m u.t.' blev indført i beslutningstræet, se Figur 3.1 og bilag 6. Dybe grundvandsforekomster, her defineret ved at mere end 90 % af volumenet ligger dybere end 100 m u.t., vurderes derfor generelt i 'god' tilstand med relativ stor sikkerhed, uanset om der er analyser for pesticider eller ej.

Dybdeafhængighed ses ikke kun for den samlede population af pesticidfund, men også for hver af de tre betydende pesticider, som generelt har meget store fundhyppigheder i både GRUMO-, vandforsynings- og depot-indtag.

Figur 7.3 viser dybdeafhængighed for de tre betydende pesticider (BAM, DPC og DMS) fordelt på de tre datatyper depot-, GRUMO- og vandforsynings-indtag. Mens BAM overskrider kvalitetskravet i mere end 20 % af de meget terrænnære depot-indtag, så er der meget færre overskridelser og fund af BAM i GRUMO- og især vandforsyningsindtag. Omvendt overskrider DMS og DPC grundvandskvalitetskravet i mere end 10 % af de terrænnære vandforsyningsindtag. Andelen af overskridelser af DPC i de terrænnære GRUMO-indtag for alle arealanvendelser ligger på 16 %, mens der er DMS overskridelser i mindre end 5 % af de terrænnære GRUMO-indtag. Den store forskel i fordelingen af fund for DPC og DMS i henholdsvis GRUMO- og vandforsyningsindtag hænger sammen med, at GRUMO-indtagene overvejende er placeret i landbrugsområder, og dermed underrepræsenterer påvirkninger fra byområderne. I alle datatyper falder overskridelses- og fundprocent med stigende dybde i overensstemmelse med den generelle optræden af pesticider, se Figur 7.2.



Figur 7.3 Fundhyppighed af de tre betydende pesticider som funktion af dybden til indtagstop [m u.t.]. Analysen er baseret på samme datasæt, som anvendt i tilstandsvurderingen, og dermed MAM-værdier for enkeltstoffer.

7.4 Den konceptuelle forståelsesmodel, sammenfatning

Som diskuteret ovenfor, bygger den konceptuelle forståelsesmodel på både viden fra grundvandsovervågningen og den forskningsbaserede vurdering fra de involverede fagpersoner, herunder også igangværende forskningsprojekter.

Den resulterende konceptuelle forståelsesmodel indebærer følgende systemforståelse:

- Få betydende pesticider forklarer hovedparten af fund.
- Dybden af grundvandsforekomsten er den vigtigste forklarende faktor for koncentrationsfordelingerne, idet koncentrationerne og fundhyppighederne falder med dybden.
- 30 % af volumen af det terrænnære grundvand (ned til 40 m u.t.) indeholder et eller flere pesticider over 0,1 µg/l.
- I visse områder er der særlig stor påvirkning med pesticider, fx områder med udpræget roe-dyrkning (intensiv chloridazon-anvendelse) og bebyggede områder (op til 50 % påvirkning over grundvandskvalitetskravet, DMS og BAM).
- Pesticidbelastning afhænger af arealanvendelsen, der groft kan opdeles på landbrug, by, skovbrug og natur.
- Gamle skove er uden pesticider, nyere plantager bidrager noget.
- Ingen simpel sammenhæng mellem udbredelsen af pesticider og traditionelle faglige temaer som dæklagstykkelse, geologi osv.
- Opadrettet gradient beskytter mod pesticider.
- Skråtstillede lag øger sårbarheden.

Da der ikke umiddelbart kunne vises en direkte sammenhæng mellem pesticidfund og de øvrige geologiske og hydrogeologiske faglige temaer (G og H temaer, se bilag 9), indgår disse derfor ikke direkte i den konceptuelle forståelsesmodel, men bruges som beskrivende og understøttende værktøjer for at forstå de geologiske forhold og hydrogeologien i de enkelte grundvandsforekomster. Den konkrete anvendelse af den konceptuelle forståelsesmodel er beskrevet i kapitel 8.

8. Principper for tilstandsvurderingen for pesticider

Dette kapitel redegør for de grundlæggende metodiske principper for Pesticidtilstandsvurderingen. Dvs. hvordan den konceptuelle forståelsesmodel, beskrevet i kapitel 7, i praksis overføres til tilstandsvurderingerne og opstillingen af de konkrete konceptuelle modeller for de enkelte grundvandsforekomster.

8.1 Maskinel tilstandsvurdering ved et beslutningstræ

Første trin i tilstandsvurderingen består i en maskinel gennemgang af grundvandsforekomsterne med udgangspunkt i beslutningstræet, se også kapitel 3. Figur 8.1A viser beslutningstræet, som beskriver den algoritme, som resulterede i en maskinel sortering af alle 2.050 grundvandsforekomster. Som nærmere beskrevet i GEUS-notat 07-VA-2020-9 (Bilag 7) resulterede den maskinelle tilstandsvurdering i henholdsvis 'ukendt' tilstand, 'god' tilstand (usikker eller sikker) og 'potentielt ringe' tilstand, hvoraf den sidste klasse skal underkastes en nærmere undersøgelse i forbindelse med de faglige workshops.

I næste trin, Figur 8.1B, bliver grundvandsforekomster med indtag med MAM-værdier for pesticider over grundvandskvalitetskravet udsorteret til en differentieret relevant undersøgelse.

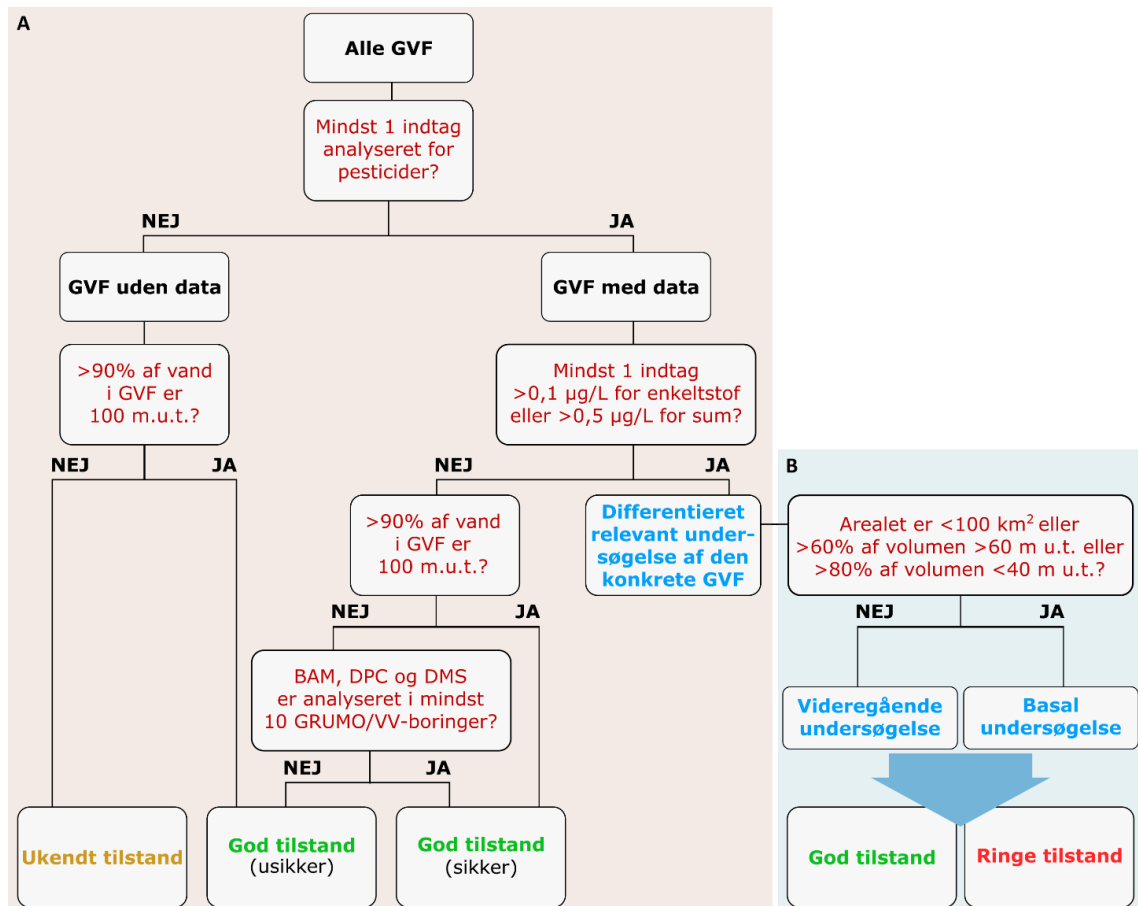
Den maskinelle opdeling i beslutningstræet, se Figur 8.1A, er baseret på disse kriterier:

- Foreligger der pesticiddata?
- Er der en overskridelse af grundvandskvalitetskravene i mindst ét indtag?
- Ligger > 90 % af grundvandsforekomstens volumen dybere end 100 m u.t.?
- Er der analyseret for de tre betydende pesticider i mindst 10 indtag?

Baseret på den generelle konceptuelle forståelsesmodel er de 279 grundvandsforekomster yderligere blevet opdelt i to kategorier (se Bilag 8), som behandles ved en relevant undersøgelse (Figur 8.1B). Ifølge den generelle konceptuelle forståelsesmodel kan det forventes, at de meget terrænnære grundvandsforekomster er i 'ringe' tilstand, mens de meget dybe grundvandsforekomster med stor sandsynlighed er i 'god' tilstand, selvom der optræder enkelte overskridelser af kravværdien. Derfor blev disse vurderet efter en basal undersøgelse. Det blev yderligere vurderet, at der i de mindre grundvandsforekomster ikke ville være datagrundlag for en videregående undersøgelse, og at de kunne forventes at være relativt homogene, hvorfor de mindre forekomster som udgangspunkt alle fik en basal undersøgelse. De øvrige grundvandsforekomster, der typisk omfattede større regionale og mere heterogene grundvandsforekomster, blev vurderet ved en videregående undersøgelse. Udvælgelsen af grundvandsforekomster til basale undersøgelser er baseret på følgende kriterier, se Figur 8.1B:

- Mindre forekomster: Areal < 100 km².
- Dybe forekomster: > 60 % af volumen ligger dybere end 60 m u.t.
- Terrænnære forekomster: > 80 % af volumen ligger højst 40 m u.t.

Der er ikke forskel på de faglige temaer, der anvendes ved tilstandsvurderingerne for henholdsvis de basale og videregående undersøgelser, men alene på omfanget af faglige temaer, der inddrages, idet alle faglige temaer indgår i den videregående undersøgelse, mens der efter en konkret vurdering inddrages de relevante faglige temaer i den basale undersøgelse. Derudover adskiller de to undersøgelser sig i udfyldningsmetoden af dokumentationsarket, tidsforbruget pr. grundvandsforekomst samt antal og sammensætning af workshop-deltagerne.



Figur 8.1 (A) Beslutningstræ til maskinel sortering af grundvandsforekomster og indledende tilstandsvurdering. (B) Den efterfølgende opdeling af den differentierede relevante undersøgelse for grundvandsforekomster maskinelt vurderet i 'potentielt ringe' tilstand i henholdsvis en basal og en videregående undersøgelse.

8.2 Håndtering af forskellige datakilder for pesticider

Den foreliggende tilstandsvurdering er baseret på data fra en række forskellige datatyper. Datatyperne og deres definition og tekniske afgrænsninger er præsenteret i datakildenotatet: 07-VA-2020-02, bilag 1. Datarepræsentativiteten for de enkelte datatyper afhænger blandt meget andet af: Forskellige formål og strategi for analyseprogrammernes omfang og forskellige geografiske og dybdemæssige fordelinger af borerne. Dermed kan data fra de enkelte datatyper udvise større eller mindre bias i forhold til give en retvisende tilstandsvurdering af en grundvandsforekomst. I datakildenotatet redegøres der for den repræsentativitet, der er tilknyttet de forskellige datatyper. Herunder gives en kortfattet oversigt med særligt henblik

på de aspekter af repræsentativiteten, der har betydning for anvendelsen af data under opstilling af konkrete konceptuelle modeller for udbredelsen af pesticider i de enkelte grundvandsforekomster.

Grundvandsovervågningen (GRUMO)

Data fra GRUMO-indtagene repræsenterer især belastningen i det åbne land, men dækker også andre arealanvendelser, som natur og bebyggede områder. Disse data giver det mest retvisende billede af koncentrationerne i grundvandet (mindst bias, jf. afsnit 8.9), idet stort set alle indtag er testet for de tre betydende pesticider 2,6-dichlorbenzamid (BAM), desphenylchloridazon (DPC) og *N,N*-dimethylsulfamid (DMS), og idet de korte indtag er rumligt og geografisk repræsentative for det åbne land. Datatætheden for GRUMO falder dog ved dybder under 60-70 m u.t. Belastning fra punktkilder og bebyggede områder er underrepræsenteret i GRUMO-data. Observationer fra GRUMO tillægges størst vægt ved opstilling af de konceptuelle modeller.

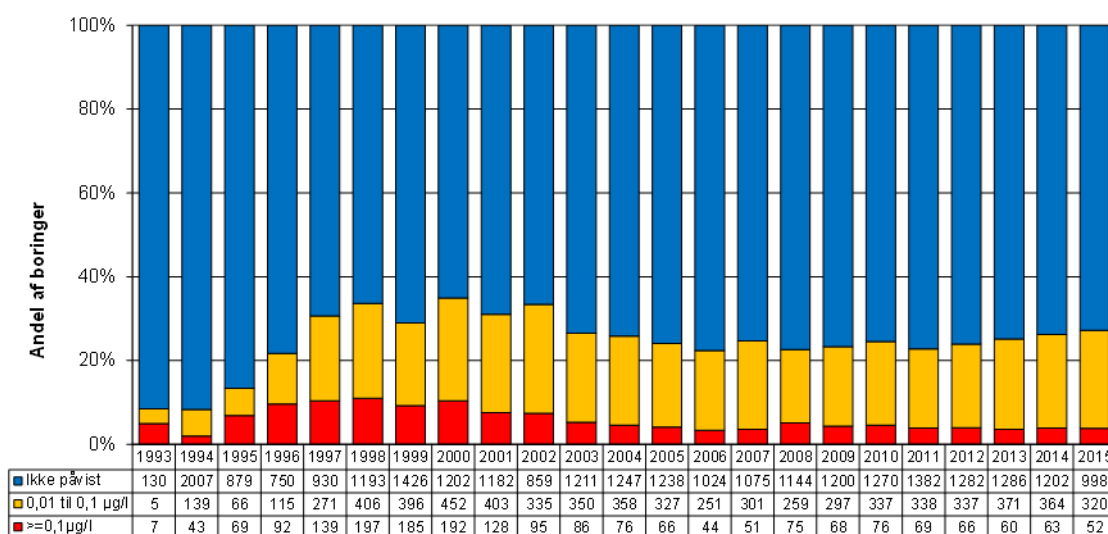
Grundvandskortlægning (GKO)

I en grundvandskortlægning undersøges kvaliteten af grundvandet i relation til drikkevandsinteresser. Indtagene ligger derfor ofte dybere end GRUMO-indtag, og der er en overrepræsentation af magasiner, der potentielt kan udnyttes til drikkevandsindvinding. De fleste GKO-indtag er ikke analyseret for de betydende pesticider DPC og DMS, idet de fleste prøver er udtaget, inden disse stoffer kom på boringskontrollens obligatoriske lister i drikkevandsbekendtgørelsen. Det vurderes derfor, at der er en underestimering af pesticidbelastningen i disse indtag. GKO-data tillægges derfor stor vægt, hvis MAM-værdien for et pesticid (middel af årlige middelværdier) overskrider grundvandskvalitetskravet, men lille vægt hvis grundvandskvalitetskravet ikke er overskredet, og de betydende pesticider ikke er analyseret.

Vandforsyning (VF)

VF-datasættet repræsenterer belastningen i den del af grundvandet, der indvindes til drikkevand. VF-indtag er ofte placeret tæt på bebyggede områder, og datasættet har derfor høj forekomst af det betydende pesticid DMS. Mange VF-indtag er desuden lange indtag og blander vand fra flere dybder, hvorved terrænnært vand med relativt høje pesticidkoncentrationer kan opblandes med dybere vand med et forventeligt lavere indhold af pesticid. I det omfang, der er fundet overskridelser, tillægges disse stor vægt, da vandforsyningsboringerne repræsenterer et stort volumen. Omvendt har fravær af overskridelser, særligt for stoffer, der har indgået i analyseprogrammerne i mange år, lavere vægt. Nogle stoffer har været på boringskontrollens liste i mange år og ud fra **Figur 8.2** samt oplysninger fra DANVA (Thorling mfl., 2016) vurderes det, at drikkevandsboringer med overskridelser løbende tages ud af drift, hvorfor VF-indtag sandsynligvis undervurderer en række stoffers udbredelse. Dette gælder stoffer, der har været analyseret gennem mange år, fx BAM, phenoxysyrerne og triazinerne og deres nedbrydningsprodukter og urenheder. Stoffer som for nylig er sat på boringskontrollen (fx DMS, DPC og 1,2,4-triazol) har ikke denne bias.

Fordeling af boringer med fund af pesticider og nedbrydningsprodukter



Figur 8.2 Boringskontrollen. Fordeling af pesticidindholdet i aktive vandværksboringer 1993-2015. Figuren viser status for de vandværksboringer, der var aktive hvert af de viste år. Figuren indeholder ikke de samme boringer fra år til år, da disse analyseres i en turnus på op til fem år, og der løbende lukkes eller etableres nye vandværksboringer. Hvert år bygger på data fra årsspecifikke udtræk fra Jupiter, anvendt i den løbende rapportering. Boringerne er opdelt i tre koncentrationsintervaller: $\geq 0,1 \mu\text{g/l}$, $0,01-0,1 \mu\text{g/l}$, samt ikke påvist (under detektionsgrænsen, typisk $< 0,01 \mu\text{g/l}$). Antal boringer i hver kategori er anført under de enkelte år. (Figur 42 i Thorling mfl., 2016)

DEPOT

Depot-datasættet repræsenterer data indsamlet omkring erkendte punktkildeforureninger. Pesticider og nedbrydningsprodukter er her ofte påvist i meget høje koncentrationer, og har langt større fundhyppigheder og koncentrationer end forventet generelt i grundvandsforekomsterne (bias mod høj andel med MAM $> 0,1 \mu\text{g/l}$). Ofte er der overskridelser for flere forskellige pesticider i samme indtag, og en større andel af moderstoffer end i de øvrige datatyper. Regionerne har kun kortlagt få pesticidpunktkilder. Det fører til en kraftig bias mod underestimering af punktkildernes antal, idet der kan forventes at ligge punktkilder ved mange landbrug, gartnerier og maskinstationer. Den rumlige udbredelse af pesticider fra punktkilder vurderes at være forholdsvis lille, med en smal fane med en skønnet længde oftest mindre end 250 m, jf. tilstandsvurderingen for miljøfarlige organiske forurenende stoffer (Bjerg mfl., 2021). Det har derfor stor betydning for den samlede vægtning af overskridelser, hvor stor volumenandel disse punktkilder kan forventes at udgøre af den samlede grundvandsforekomst.

Andet

Disse data kan stamme fra en lang række andre kilder såsom pejleboringer, vandforsyningsboringer ude af drift eller vandforsyningens egne undersøgelser, og der kan være behov for opslag i Jupiter for at vurdere disse data, afhængig af hvor stor en andel af de samlede data, disse data udgør i en grundvandsforekomst.

8.3 Omfang af analyser af de betydende pesticider

Viden om omfanget af analyser af de betydende pesticider i en grundvandsforekomst understøtter vurdering af datasikkerheden. Begrundelse for udvælgelsen af de tre betydende pesticider (BAM, DMS, og DPC) er nærmere beskrevet i GEUS-notat 05-VA-2020-03, bilag 8. Grundlæggende er de betydende pesticidstoffer karakteriseret ved deres høje fundprocenter og væsentlige udbredelse i grundvandet fra andet end punktkilder. Det faglige tema P-2 (se bilag 9) viser den geografiske fordeling af antal betydende pesticider og indgår med stor vægt i fastlæggelse af vurderingernes sikkerhed: Jo flere indtag med en analyse for de betydende pesticidstoffer, jo større sikkerhed i vurderingen. Pesticidpåvirkningen vil typisk blive vurderet i områder af grundvandsforekomsten med få indtag med analyser for de 3 betydende pesticider, idet der mangler analyser for stofferne med størst risiko for MAM > 0,1 µg/l. Det vil sige, hvis store områder har undersøgte indtag uden fund eller overskridelser, så har det stor betydning for sikkerheden af vurderingen, om de betydende pesticider er analyseret i den pågældende del af grundvandsforekomsten eller ej. Det faglige tema P-3 viser den geografiske fordeling af hvert af to af de betydende pesticider, DPC og DMS, og indgår med stor vægt i den konkrete konceptuelle model for den enkelte grundvandsforekomst.

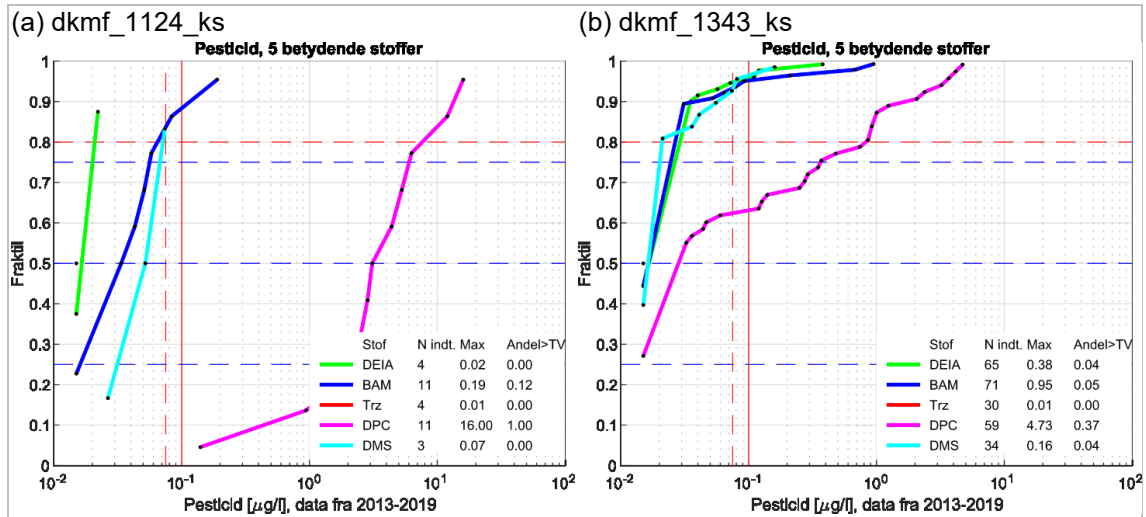
8.4 Vurdering af pesticidpåvirkning: Fortolkning af pesticid-data

Pesticiddataene udgør grundlaget for vurdering af pesticidpåvirkningen af en grundvandsforekomst. I bilag 9 findes der en detaljeret gennemgang af de enkelte faglige temaer med pesticiddata, de såkaldte P-temaer.

De første pesticidtemaer giver et overblik over datagrundlaget og -sikkerheden/repræsentativiteten, idet datatyperne (P-1), omfang af analyserne af de betydende pesticider (P-2 & P-3) og den geografiske fordeling bliver illustreret. Den geografiske fordeling af max-MAM, den højeste koncentration for et enkeltstof i et indtag (P-4), er sammen med dybdefordelingen (P-8) meget vigtige i forhold til opstilling af den konkrete konceptuelle model. P-8 viser ikke kun dybderne af fund og overskridelser, men også indtagenes placering i selve grundvandsforekomsten, så det fremgår om målingerne fx er foretaget øverst eller nederst i grundvandsforekomsten, eller om et indtag ligger over eller under grundvandsforekomstens modellerede laggrænse. Dette er særligt relevant for depotindtag, hvor meget terrænnære indtag knyttes til den øverste underliggende grundvandsforekomst, der kan være beliggende noget dybere end indtaget. Denne uhensigtsmæssige tilknytning, hvor indtaget 'trækkes for langt ned', sker som følge af de regler, der er opstillet i koblingsrutinen (se bilag 3). Sådanne indtag tillægges mindre vægt i den konkrete konceptuelle model for grundvandsforekomsten.

Fordelingskurverne (P-7), se Figur 8.3, giver et hurtigt overblik over koncentrationsniveauerne i en grundvandsforekomst. Koncentrationerne for datatypen depot (punktkilder) ligger sædvanligvis langt over grundvandskvalitetskravet, mens koncentrationer fra typisk fladebelastning oftest ligger under 1 µg/l. Derudover viser kurvens facon en stærk sammenhæng med den konceptuelle forståelsesmodel.

Som et eksempel, viser Figur 8.3 for to nordfynske grundvandsforekomster, at der forekommer meget høje koncentrationer terrænnært i dkmf_1124_ks, mens kurven bliver forskudt mod lavere koncentrationer i den dybereliggende grundvandsforekomst, dkmf_1343_ks. Tendensen er mest tydeligt for DPC og BAM, da der er for få målinger for DMS og DEIA i den terrænnære grundvandsforekomst.



Figur 8.3 Fordelingskurver for 5 betydende pesticider (fagligt tema P-7) i (a) den terrænnære grundvandsforekomst, dkmf_1124_ks og (b) den dybereliggende grundvandsforekomst, dkmf_1343_ks.

Listen over stoffer, hvor MAM-værdien overskrider 0,1 µg/l i grundvandsforekomsten (fagligt tema P-6), giver et billede af omfanget af pesticidforurening, og især forureningernes oprindelse (jf. Tabel 7.1). Her vægtes den bias, der er for de forskellige datatyper jf. afsnit 8.3. I vurderingen indgår også, at der kan have været tidligere pesticidfund (analyseret før perioden 2013-2019, der anvendes her). Bias består i at vandværksboringer med overskridelser af kravværdien før 2013 (fx BAM) i mange tilfælde kan være lukkede, og potentielle målepunkter med høje værdier derfor ikke er tilgængelige for datatypen VF (Vandforsyning) skønt grundvandet kan forventes fortsat at være forurenet i et eller andet omfang.

I de meget terrænnære grundvandsforekomster, hvor 90-100 % af volumen ikke er dybere end 20 m u.t. er der ofte et meget begrænset antal af indtag med pesticiddata og kun en enkelt eller få datatyper. I meget store grundvandsforekomster findes også ofte områder med få datapunkter. I disse tilfælde kan pesticiddata fra grundvandsforekomster over eller under den aktuelle grundvandsforekomst (P-5) være meget nyttige til at give en idé om pesticidbelastningen i området. Pesticidfund og overskridelser under den grundvandsforekomst, der vurderes, tillægges her særlig vægt.

Generelt var pesticiddatagrundlaget utilstrækkeligt for de grundvandsforekomster, hvor der kun var data fra depotindtag, fordi de i sagens natur har indtag med meget høje koncentrationer og samtidig kun repræsenterede en mindre del af den samlede påvirkning med pesticider. Mange gange er disse indtag tilmed beliggende over selve grundvandsforekomsten, som de derfor reelt ikke repræsenterer (visualiseres i fagligt tema P-8). Dette skyldes den anvendte koblingsprocedure, hvor helt terrænnære indtag kobles til den underliggende

grundvandsforekomst, se bilag 3. I disse tilfælde måtte tilstandsvurderingen helt overvejende baseres på den konceptuelle forståelsesmodel.

8.5 Ensartet metode til estimering af pesticidpåvirkning, hvor pesticiddata ikke er tilstrækkelige til at vurdere pesticidkoncentrationerne i grundvandsforekomsten

Oftest rækker pesticiddata alene ikke til at beskrive den enkelte grundvandsforekomsts samlede tilstand. I disse tilfælde bliver vurderingen af pesticiddata suppleret med skøn over pesticidkoncentrationer baseret på den konceptuelle forståelsesmodel, samt en gennemgang af de hydrogeologiske forhold, for at undersøge om der er forhold, som vil kunne begrunde en afvigelse fra den konceptuelle forståelsesmodel.

Pesticidpåvirkning på terrænoverfladen vurderes med udgangspunkt i arealanvendelsen (fagligt tema A-1) med det formål at vurdere om dette vil ændre udgangspunktet fra den konceptuelle forståelsesmodel, hvor det antages, at omkring 30 % af det øverste grundvand er forurenat med pesticider over grundvandskvalitetskravet. Yderligere vurderes, om særlige områder har en større (især byområder, udbredt roeavl) eller mindre påvirkningsgrad (fx naturområder).

Større punktkilder bynært fra tidligere tiders lossepladser kan også give betydelige bidrag til grundvandets pesticidpåvirkning. En del af disse kan identificeres ud fra det faglige tema A-2 (pesticidrelevante V1 og V2 kortlagte grunde). Kortlægning af deciderede pesticidpunktkilder er dog først begyndt i de seneste år, og den aktuelle status varierer fra region til region. Det faglige tema A-2 kan pt. således kun ses som et minimumsbillede for pesticidpåvirkning fra pesticidpunktkilder.

Den konceptuelle forståelsesmodel for pesticidpåvirkningen i den enkelte grundvandsforekomst indebærer, at arealanvendelsen over grundvandsforekomsten kategoriseres i tre klasser:

1. Landbrugsareal (med typisk 30 % af volumen over 0,1 µg/l i de øverste 30-40 m u.t.)
2. Bebyggede områder (op til 50 % af volumen over 0,1 µg/l i de øverste 30-40 m u.t.)
3. Naturområder (inkl. søer), som indgår med 0 % pesticidpåvirkning. Dog kan dette afviges, hvis der indgår større områder med skovplantager, eller naturområderne skønnes nyetableret. Gamle skove bliver medregnet i naturområder.

Skovplantager indgår ikke i natur, da de som regel indebærer brug af pesticider. På den anden side er den omtrentlige påvirkningsgrad ukendt, og der indgår også en usikkerhed knyttet til, om det er juletræsplantager eller blot nyanlagte plantager. Skovplantager indgår derfor således, at hvis vurdering af pesticidpåvirkning er tæt ved 20 %, medfører det et usikkert bidrag, der afhængig af arealet bidrager til, at der samlet set er over 20 % af grundvandsforekomstens volumen med mere end 0,1 µg/l.

Arealerne, som er klassificeret som 'andet', er ofte svære at vurdere. Ud fra en konservativ vurdering, bliver disse områder sorteret ind i de førnævnte tre kategorier, ud fra den anslåede pesticidanvendelse, som vil være nået frem til grundvandsforekomsten:

- Byudviklingsområder regnes som landbrug, da området formentlig var landbrug på det tidspunkt, hvor den påvirkning, der har betydning for tilstanden, fandt sted.
- Golfbaner og større idrætsanlæg medregnes på niveau med landbrugsbelastning, da der typisk er anvendt pesticider til vedligehold af banerne.
- Grusgrave og graveområder bidrager som landbrug, da det formentlig var den anvendelsestype tidligere. Derudover blev graveområder tidligere ofte brugt til pesticidaf-fald og udgør derfor ofte pesticid-punktkilder. Kun i tilfælde af, at det er meget gamle områder og uden punktkilder regnes de ind i naturområder.

Jf. den konceptuelle forståelsesmodel er vurderingen af, i hvilket omfang pesticiderne er nået frem til grundvandsforekomsten, stærkt afhængig af dybden. Dette betyder, at grundvandsforekomster, der har store mægtigheder kan forventes at have forskellig påvirkningsgrad i forskellig dybde. I dokumentationsarkets header er grundvandsforekomstens procentvise volumenfordeling over dybden angivet i 20 m dybdeintervaller, se Figur 9.1. Dette anvendes sammen med den konceptuelle forståelsesmodel til at vurdere, i hvilket omfang der optræder overskridelser målt som 'volumenprocent med overskridelser' i den samlede forekomst. Således er en grundvandsforekomst med 100 % volumen over 20 m u.t., jf. den konceptuelle forståelsesmodel, umiddelbart i 'ringe' tilstand, hvis arealanvendelsen ikke peger på, at der har været en meget lille anvendelse af pesticider i større dele af grundvandsforekomsten. Omvendt vil en stor andel af volumen dybere end 60 m u.t. veje ind med en lille påvirkning jf. den konceptuelle forståelsesmodel, hvis der ikke er målinger fra denne del af grundvandsforekomsten.

Den generelle dybdeafhængighed kan dog ændres pga. lokale hydrogeologiske forhold (grundvandsdannelse og hydrauliske gradientforhold). Det er især gældende for de dybere-liggende grundvandsforekomster, da pesticiderne og især de meget vandopløselige nedbrydningsprodukter skal have tilstrækkeligt tid for at kunne transporteres med vandet til de dybere magasiner. Under den konkrete undersøgelse er der derfor fokus på muligheden for, at hydrologiske barrierer reducerer hastigheden af pesticidtransporten.

I områder uden grundvandsdannelse eller med opadrettet gradient vurderes det derfor, at pesticider når meget langsommere frem end ellers. Omvendt kan stor grundvandsindvinding fra dybere magasiner trække pesticider ned, og dermed øge påvirkningen. I områder med randmoræner er der mulighed for, at strømningsforholdene er forstyrrede, så der i højere grad er vertikal end horisontal strømning i stejltstående lag. Her ses ofte, at pesticiderne kan nå til større dybder, end der umiddelbart forventes i forhold til den konceptuelle forståelsesmodel.

8.6 Vurdering af omfang af overskridelse af grundvandskvalitetskravet

Til den samlede tilstandsvurdering indgår en kombination af de foreliggende pesticiddata, den forventede pesticidbelastning på overfladen pga. arealanvendelse og de hydrogeologiske forhold. Især i større grundvandsforekomster er en direkte samlet vurdering ofte ikke mulig, da forholdene i enkelte delområder afviger væsentligt fra hinanden. Det kan skyldes forskellige arealanvendelser, meget forskellige dybder til grundvandsforekomsten eller andre hydrogeologiske forhold. En opdeling i enkelte delområder med individuelle vurderinger, som efterfølgende sammenlægges til en samlet vurdering, anvendes i disse tilfælde. To eksempler er vist i Boks 8.1 og Boks 8.2. I det første eksempel er arealanvendelsen den afgørende faktor for opdeling af grundvandsforekomsten. I det andet eksempel sker opdeling pga. de hydrogeologiske forhold (dybde til grundvandsforekomst og grundvandsdannelse). Udgangspunktet ligger i den konceptuelle forståelse, at 30 % af volumen er påvirket af pesticider over kravværdien under landbrugsområder i de øverste 40 m u.t., mens den påvirkede volumenandel falder med dybden samt ved ingen grundvandsdannelse.

Boks 8.1 *Eksempel på beregning af omfang af grundvandsforekomsten (GVF) med pesticider >0,1 µg/l. I dette tilfælde indgår den skønnede andel af pesticidkoncentration >0,1 µg/l for hver type arealanvendelse.*

GVF meget terrænnært (<20 m u.t) og dækker:	Bidrag fra området til den samlede volumen med overskridelser:
<ul style="list-style-type: none"> • 15% by med >50 % påvirkning >0,1 µg/l • 55% landbrugsareal med >30 % påvirkning >0,1 µg/l • 30 % sø- og naturområder uden pesticidpåvirkning 	$0,15 \cdot 50 \% = 7,5\%$ $0,55 \cdot 30 \% = 16,5\%$ $0,3 \cdot 0 \% = 0 \%$
Samlet andel af GVF med påvirkning >0,1 µg/l: 24,0 %.	
Efterfølgende vurderes usikkerheden og den samlede vurdering kunne være, at andelen med overskridelser er i størrelsesordenen 20-30 %, hvilket skrives sammen med beregningen under den konkrete konceptuelle model.	

Boks 8.2 *Eksempel på beregning af omfang af grundvandsforekomsten (GVF) med pesticider >0,1 µg/l. I dette tilfælde indgår den skønnede andel af pesticidkoncentration >0,1 µg/l for områder med forskellig grundvandsdannelse.*

GVF dækker:	Bidrag fra området til den samlede volumen med overskridelser:
<ul style="list-style-type: none"> • 2/3 med overvejende landbrug, mellem til stor grundvandsdannelse, store dele af volumen 20-40 m u.t: påvirkning vurderes 25% >0,1 µg/l • 1/3 med overvejende landbrug, ingen til lille grundvandsdannelse, dels >40 m u.t: påvirkning vurderes 7,5% >0,1 µg/l 	$0,66 \cdot 25\% = 16,5\%$ $0,33 \cdot 7,5\% = 2,5\%$
Samlet andel af GVF med >0,1 µg/l: 19%.	
Efterfølgende vurderes usikkerheden og den samlede vurdering kunne eksempelvis være, at andelen med overskridelser er i størrelsesordenen 15-25%. I tilfælde som dette, hvor usikkerheden inkluderer at >20 % af volumen kunne være påvirket af pesticider over 0,1 µg/l, kan man ikke med sikkerhed fastslå at <20 % af grundvandsforekomsten er påvirket med overskridelser, vurderes den samlede tilstand som 'ringe'.	

Den konkrete undersøgelse resulterer i en konceptuel model for den enkelte grundvandsforekomst og beskriver de faktorer, som fører til den endelige samlede vurdering af pesticidpåvirkningens omfang i grundvandsforekomsten. Det omfatter således også en vurdering af om den konkrete konceptuelle model er op- eller nedjusteret i forhold til den konceptuelle forståelsesmodel pga. af lokale hydrogeologiske og pesticidrelevante forhold, samt om grundvandsforekomsten skal opdeles i forskellige delområder med individuelle vurderinger.

Den samlede vurdering af pesticidpåvirkningens omfang blev kategoriseret i fire forskellige grupper, som vist i Tabel 8.1. Sikkerheden i vurderingen afspejles i, at der opdeles i to kategorier under 20 % og to kategorier over 20 %, idet jo tættere påvirkningsgraden er på 20 % af volumen jo større er usikkerheden på den samlede vurdering, da der altid er usikkerhed på påvirkningsgraden. (Vurderes fx 30 % +/- 5 % er tilstanden 'ringe' for hele usikkerhedsintervallet, mens vurderes fx 15 % +/- 5 % er der en mindre sikkerhed for at tilstanden er 'god').

Tabel 8.1 *Vurdering af den procentuelle volumenandel af grundvandsforekomsten, som vurderes påvirket med pesticider over grundvandskvalitetskravet og den resulterende tilstand. Opdeling i to kategorier under 20 % og to kategorier over 20 % afspejler sikkerheden i vurderingen. Disse kategorier anvendes i dokumentationsskemaets konklussive del, se Figur 9.3.*

Volumen % af grundvandsforekomst påvirket	Betydning	Tilstand
Klart under 20 %	0-10 % af volumen er påvirket med pesticider over grundvandskvalitetskravet	'God'
Under 20 %	10-20 % af volumen er påvirket med pesticider over grundvandskvalitetskravet	'God'
Over 20 %	Minimum 20 % af volumen er påvirket med pesticider over grundvandskvalitetskravet	'Ringe'
Klart over 20 %	>> 20 % påvirket med pesticider over grundvandskvalitetskravet	'Ringe'

8.7 Vurdering af grundvandsforekomster uden for DK-modellen

Ikke alle grundvandsforekomster er afgrænset direkte med DK-modellen, da der er en række øer, der pt. ikke indgår i DK-modellens opsætning. Men da der sker en væsentlig vandindvinding på flere af disse øer, er der også her udpeget grundvandsforekomster. Pesticidtilstandsvurderingen må derfor ske på baggrund af lokal geologisk og hydrogeologisk viden uden brug af DK-modellen. I alt drejer det sig om Kattegat-øerne: Samsø, Tunø, Endelave, Læsø og Anholt, som alle har grundvandsforekomster af kvartært sand og grus. De benævnes i denne rapport som grundvandsforekomster med lithologi-typen 'ks på øerne'. Geologisk information i form af borer fra Jupiter er inddraget og vist på profiler i fagligt tema G-1. Volumener af disse øer er vurderet manuelt ud fra de foreliggende data i Jupiter og tilgængelige modeller fra tidligere kortlægninger mm. (Mortensen, 2020).

8.8 Repræsentativitet af data og sikkerhed af vurderingerne

Som en del af den udviklede metode vurderes repræsentativiteten af de tilgængelige data og sikkerheden af den tilstandsvurdering for pesticider, der foretages på baggrund af de konkrete konceptuelle modeller på workshoppene.

Sikkerheden er knyttet til både repræsentativiteten og kvaliteten af de data, der foreligger for en given grundvandsforekomst, men også til kvaliteten af den konkrete konceptuelle model

for den enkelte 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 i antal indtag med pesticidanalyser samt deres geografiske og rumlige udbredelse, de datatyper indtagene er knyttet til (vandforsyning/GRUMO/Depot etc.), omfanget af analyser for de betydende pesticider, omfanget af geofysik, kvaliteten af den hydrostratigrafiske model, datatætheden, osv. osv.

Datatætheden for de bedømte grundvandsforekomster varierer meget fra forekomst til forekomst for de forskellige datatyper. Det er derfor vigtigt at kunne vurdere repræsentativiteten af data for at kunne give en bedømmelse af kvaliteten af den resulterende tilstandsvurdering. I denne rapport arbejdes der med tre niveauer for den samlede bedømmelse af repræsentativiteten for data: 'God', 'mellem' og 'ringe', hvilket bidrager til vurderingen af sikkerheden for vurderingerne, der kan være: 'Stor', 'mellem', og 'ringe'. Bemærk, at repræsentativiteten for de forskellige datatyper som regel er forskellig. Med udgangspunkt i den metoderapport, der er udarbejdet i forbindelse med tilstandsvurderingen for nitrat (Thorling mfl., 2019), gives herunder en beskrivelse af begreberne sikkerhed og repræsentativitet:

Der 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 tale om vandanalyser med en ringe rumlig repræsentativitet. Hvis der imidlertid i øvrigt er en god konceptuel model for området, kan det alligevel være muligt at lave en vurdering med stor eller mellem sikkerhed. Fagligt tema P-8 (indtagsdybde) understøtter den rumlige vurdering af sikkerhed og repræsentativitet.

Kravene til datas repræsentativitet hænger sammen med den forventede heterogenitet, jf. den konceptuelle forståelsesmodel. Jo mere ensartet arealanvendelse og geologisk opbygning, jo færre data kræves for at kunne give et repræsentativt billede af grundvandsforekomsten.

Den konceptuelle model, der støtter sig på alle tilgængelige datatyper, dvs. kemidata, hydrogeologi, arealanvendelse m.m., har betydning for vurderingen af repræsentativiteten af de enkelte datatyper, idet den konceptuelle model skal afspejle systemets samlede heterogenitet, som påvirker repræsentativiteten af de enkelte datatyper hver for sig.

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

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

- Vandanalyser stammer som hovedregel fra et ret begrænset rumfang af grundvandsforekomsten, hvorfor de kan betragtes som punktmålinger.
- Boringsoplysninger er som regel vertikale linjemålinger, idet jordlagsbeskrivelserne stammer fra flere dybder.

- Geofysiske data er, ikke mindst for SkyTEM data, ofte fortolket således, at man opnår en rumlig beskrivelse af de elektriske modstandsforhold og dermed en god indikation på den rumlige geologi. De geofysiske data har af den grund meget stor betydning for fortolkning af den rumlige hydrostratigrafi, og vil derfor indirekte have meget stor betydning for vurdering af repræsentativiteten af de indsamlede vandanalyser.

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

Sammenfattende om begrebet sikkerhed kan siges at:

- Stor sikkerhed i tilstandsvurderingen forudsætter, at de forskellige datatyper er konsistente, dvs. hænger logisk sammen. Gode (tilstrækkeligt antal, geografisk dækning, mange indtag med betydende pesticider m.m.) og repræsentative kemidata forudsætter et eller flere af følgende forhold:
 - en god og sikker konceptuel model for forekomsten
 - en god overensstemmelse mellem det ekspertvurderede omfang af pesticidbelastning og det forventede omfang i forhold til den generelle konceptuelle forståelsesmodel
 - en brugbar viden om fx arealanvendelsen og hydrologiske gradienter fra de øvrige datatyper.
- Mellem sikkerhed i tilstandsvurderingen afspejler, at en eller flere af ovenstående parametre i de faglige temaer er for ringe til at give stor sikkerhed i vurderingen. Generelt er de mangelfulde data dog konsistente i forhold til den konceptuelle model.
- Ringe sikkerhed i tilstandsvurderingen af grundvandsforekomsten afspejler et eller flere af følgende forhold:
 - få kemidata, mangelfuld viden om forekomsten af de betydende pesticider
 - ringe repræsentativitet af kemidata
 - en ringe og usikker konceptuel model
 - ringe overensstemmelse mellem det ekspertvurderede omfang af pesticidbelastning og det forventede omfang i forhold til den generelle konceptuelle model
 - manglende viden om pesticider i lagene over eller under. Der kan også være tale om, at de forskellige datatyper ikke er konsistente, herunder at resultater fra DK-modellen ikke peger entydigt på, hvorledes der skal opstilles en konceptuel model.

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

Metoden har i flere tilfælde svært ved at honorere en stor sikkerhed inden for de rammer, der er aftalt for tilstandsvurderingerne, herunder ikke mindst den stramme tidsplan og det hete-

rogene datagrundlag. Derfor er forsigtighedsprincippet blevet anvendt, så der i mange tilfælde er angivet en sikkerhed på vurderingerne som 'ringe'. Dette kan ikke mindst være tilfældet, hvis omfanget af overskridelser vurderes at ligge tæt på 20 % af volumen af en grundvandsforekomst, se afsnit 8.8.

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

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

For disse grundvandsforekomster kan der i forbindelse med vurderingen af hvilke indsatser, der skal iværksættes, være behov for en supplerende vurdering af grundvandsforekomsten, se kapitel 11.

Omvendt har det i flere tilfælde vist sig, at der er grundvandsforekomster, hvor der er fundet indtag med overskridelser af grundvandskvalitetskravene, men det ekspertvurderede omfang af pesticider over 0,1 µg/l var meget mindre end 20 %; fx i tilfælde af dybe grundvandsforekomster, hvor der lokalt var terrænnære forhold med pesticidpåvirkning. Her kan der, selv når datarepræsentativiteten for pesticidmålingerne er ringe, være stor eller mellem sikkerhed for vurderingen af, at grundvandsforekomsten er i 'god' tilstand. Dette gjaldt for hovedparten af de grundvandsforekomster, der ud fra kriteriet om at være dybe, jf. beslutnings-træet i Figur 8.1, blev gennemgået på de basale undersøgelser, se kapitel 10.

9. Tilstandsvurderingen for tre udvalgte grundvandsforekomster

I afsnit 9.1 og 9.2 gennemgås den systematiske metodiske fremgangsmåde for tilstandsvurderingerne, hvorefter afsnit 9.3 viser tre eksempler på tilstandsvurderinger og vægtning af faglige temaer, for henholdsvis en grundvandsforekomst vurderet i 'god' tilstand, DK110_dkmj_43_ks (basal undersøgelse af en dyb grundvandsforekomst) og to grundvandsforekomster i 'ringe' tilstand, DK205_dkms_3194_ks, (basal undersøgelse af en lille, terrænnær grundvandsforekomst) og DK112_dkmf_1345_ks, (videregående undersøgelse).

9.1 Præsentation af dokumentationsarket.

Der er i lighed med tilstandsvurderingen for nitrat udarbejdet et dokumentationsark til brug for de konkrete undersøgelser af grundvandsforekomster i 'potentielt ringe' tilstand (Thorling mfl. 2019).

Dokumentationsarket er udviklet for at dokumentere de data, faglige temaer og vurderinger, der ligger til grund for opstilling af den konkrete konceptuelle model, og dokumentere proceduren for at nå frem til den samlede konklusion og dermed tilstandsvurderingen.

Dokumentationsarket anvendes under tilstandsvurderingen af den enkelte grundvandsforekomst til at notere de væsentligste faglige observationer for de enkelte faglige temaer. Derudover indeholder dokumentationsarket væsentlige nøgledata i headeren. Et eksempel på et udfyldt dokumentationsark kan ses nedenfor, hvor dokumentationsarket gennemgås. Der anvendes det samme dokumentationsark til de basale og videregående undersøgelser. Til de basale undersøgelser udfyldes dokumentationsarket imidlertid kun for de faglige temaer, der indgår i vurderingen, ligesom 'trafiklys' for de enkelte faglige temaer ikke anvendes.

9.1.1 Header af dokumentationsarket

GVF (størrelse, hydrogeologi og udnyttelses%)		Andel af GVF volumen:		DATATYPER (antal overskr./indtag)		Pesticider (antal overskr./indtag)		AREALANVENDELSE (% af areal)			
DKM lag:	ks2	over 20 m:	20%	GRUMO:	2 af 2	100%	Indtag i alt:	11 af 40	28%	Landbrug, intensivt, udef.:	60%
Middeldybde top magasin [mut]:	27,69	over 40 m:	61%	VF:	8 af 35	23%	BAM:	1 af 40	3%	Landbrug, ekstensivt:	2%
Areal (projektion) [km ²]	157,73	over 60 m:	91%	DEPOT:	1 af 1	100%	DPC:	9 af 36	25%	Bebyggede områder:	6%
Antal magasiner:	1	over 80 m:	98%	GKO:	0 af 0	0%	DMS:	3 af 19	16%	Industri og teknisk anlæg:	0%
Litologi:	Quaternary sand and gravel	over 100 m:	100%	ANDET:	0 af 2	0%	1,2,4-Triazol:	0 af 25	0%	Skov:	14%
Boringer i alt	40						4-CPP	0 af 40	0%	Naturarealer:	6%
Udnyttelsesgrad:	3,41%						Antal betydende pest.	3		V1/V2 (pesticid relevant):	0%

Figur 9.1 Header af dokumentationsarket, her for grundvandsforekomst DK112_dkmf_1345_ks, Nordfyn.

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

1. Generel information:

- DKM-geologi. Modellag i DK-modellen, her ks2 (kvartært sand lag2).
 - Dybde (magasin middel), viser den gennemsnitlige dybde til overkanten af grundvandsforekomsten.
 - Projektionsareal.
 - Antal magasiner.
 - Antal boringer.
 - Lithologi jf. DK-modellen, her kvartært sand og grus.
 - Udnyttelsesgrad. Denne er baseret på beregningerne til VP3 (Henriksen mfl., 2021a,b).
2. Volumenfordeling over dybden:
 - Opdelt i 20 m intervaller angives det, hvor stor en procentdel af grundvandsforekomsten, der ligger over henholdsvis 20, 40, 60, 80 og 100 m u.t. I dette tilfælde ligger blot 20 % over 20 m u.t., mens 91 % ligger over 60 m u.t. Det kan beregnes, at 30 % ligger mellem 40 og 60 m u.t.
 3. Datatyper (antal overskridelser/antal indtag/andel af indtag):
 - Alle rubrikker viser tre tal: antal indtag med overskridelse af grundvandskvalitetskravet på 0,1 µg/l, antal indtag i alt med pesticidanalyser og andel af indtag med overskridelser.
 - Antal af indtag i grundvandsforekomsten fordelt på datatyperne GRUMO, Vandforsyning (VF), Depot, Grundvandskortlægning (GKO) og andet, jf. afsnit 8.3 og datakildeno-tatet, se bilag 1.
 - Antal overskridelser for hver datatype og den procentvise andel af indtag med over-skridelser af grundvandskvalitetskravet for hver datatype.
 4. Pesticiddata (antal overskridelser/antal indtag/andel af indtag):
 - Alle rubrikker viser tre tal: antal indtag med overskridelse af grundvandskvalitetskravet på 0,1 µg/l, antal indtag i alt med pesticidanalyser og andel af indtag med overskridel-ser.
 - Fordelingen vises for henholdsvis samtlige pesticider på stoflisten og for de tre bety-dende pesticider DPC, DMS og BAM, og for 1,2,4-Triazol og 4-CPP.
 - Antal af betydende pesticider, som er analyseret i GVF er vist nederst i denne rubrik.
 5. Arealanvendelsen:
 - På baggrund af aggregerede arealanvendelsestyper, se bilag 9, vises en opdeling af den procentvise arealanvendelse på syv kategorier.
 - Kategorierne er: Intensivt landbrug, ekstensivt landbrug, bebyggede områder, industri og tekniske anlæg, skov, naturarealer og pesticid relevante V1/V2 kortlagte forurenede grunde (punktkilder).

9.2 Beskrivelse af dokumentationsarkets fire dele

Dokumentationsarket består, udover headeren vist i Figur 9.1, af fire dele, hvoraf trin 4 ikke indgår i de basale undersøgelser (trin 1-4 i arbejdsprocessen, se også Figur 3.2). De fire trin i tilstandsvurderingen er præsenteret i dette afsnit.

9.2.1 De faglige temaer (Trin 1)

Tilstandsvurderingens trin 1 udgøres af de fire emner pesticider, antropogene forhold, geologi/geofysik og hydrologi, hvortil der er udarbejdet en række faste faglige temaer, der hver for sig er uddybende beskrevet i et standardiseret format i bilag 9.

Som grundlag for opstillingen af den konceptuelle model og tilstandsvurderingen for den enkelte grundvandsforekomst gennemgås alle faglige temaer og de væsentligste forhold for hvert tema noteres, se Figur 9.2.

Pesticid temaer		Vægt:
Tema P-1:	Dat typer i x,y (kort)	grøn
Kommentar:	<i>Boringer (mest VF) spredt over store dele af GVF</i>	
Tema P-2:	Antal betydende pesticider i x,y (kort)	grøn
Kommentar:	<i>Indtag med 3 betydende pesticider spredt over hele GVF</i>	
Tema P-3:	MAM for Desphenyl chloridazon, DPC og Dimethylsulfamid, DMS i x,y (2 kort)	grøn
Kommentar:	<i>Mange overskridelser og fund af DPC spredt over hele GVF; fund og overskridelser af DMS flere steder - ingen analyse af DMS i den NØ-lige del</i>	
Tema P-4:	Maks MAM i x,y (kort)	grøn
Kommentar:	<i>Mange overskridelser og fund spredt over hele GVF</i>	
Tema P-5:	Maks MAM over og under GVF i x,y (kort)	grøn
Kommentar:	<i>Fund/overskridelser over GVF men ikke under i den nordlige del, ingen data i den sydlige del</i>	
Tema P-6:	Tabel, stoffer med MAM over TV	grøn
Kommentar:	<i>DMS, chloridazon metabolitter</i>	
Tema P-7:	Fordelingskurver for pesticider (plot)	grøn
Kommentar:	<i>Overskridelser i >20% af VF-indtag; DMS/DPC concentration op til 10x TV, mange fund under TV</i>	
Tema P-8:	Maks MAM for indtagsdybde pr. datatype (plot)	grøn
Kommentar:	<i>Fund og overskridelser alle dybder (10-50mut), toppen og bunden af magasinet</i>	
Tema P-9:	Vandtyper i x,y (kort)	rød
Kommentar:	<i>Overvejende vandtype C</i>	
Tema P-10:	Redoxfront (kort)	rød
Kommentar:	<i>Overvejende <5mut, i den sydlige del lidt dybere (<10mut)</i>	
Antropogene temaer		Vægt:
Tema A-1:	Arealanvendelse (kort)	grøn
Kommentar:	<i>62 % af arealet udgøres af landbrug mens 14 % udgøres af en større og mindre skove. spredte naturområder fx i ådale. kun småbyer med 6 % areal.</i>	
Tema A-2:	Jordforurening, V1, V2 og lossepladser (kort)	gul
Kommentar:	<i>Spredte lossepladser og pesticidrelevante jordforureninger udgør under 1 % af arealet</i>	

Geologiske/geofysiske temaer		Vægt:
Tema G-1:	Overordnet geologisk ramme	gul
Kommentar:	Se tematekst	
Tema G-2:	Geomorfologisk kort	rød
Kommentar:	Området er karakteriseret som et bundmorænelandskab mod vest og dødsiområde mod øst. Der findes et randmorænestrøg i den sydvestlige del af området med et SØ-NV forløb. Der ses tunneldale, erosionsdale og enkelte issøbakker og mindre områder med hedeslette.	
Tema G-3:	Terræn 10 m grid	rød
Kommentar:	Variert terræn, som er højestliggende og mest kuperet centralt og mod øst. I den sydvestlig lavereliggende del er terrænet ujævnt med nedskårne erosionsdale.	
Tema G-4:	Jordartskort (Kombineret 1:25.000 - 1:200.000)	rød
Kommentar:	Overvejende moræneler, dog centralt større områder med smeltvandsand og -grus. Spredte forekomster af ferskvandsaflejringer i lavninger.	
Tema G-5:	Oversigtskort over geofysik	gul
Kommentar:	Ca. 3/4 af området er dækket af geofysik.	
Tema G-6:	Boringer med litologi (kort)	gul
Kommentar:	Lille til mellem datatæthed.	
Tema G-7:	Geologiske profiler med maks MAM og antal betydende pesticider	grøn
Kommentar:	Overvejende næstøverste sandmagasin med mægtigheder på 10-20 m, overlejret af ler og sandlag af varierende tykkelse (10-40 m). Hvor dæklagene er tykke er de domineret af ler.	
Hydrologiske temaer (fra DK-model2019)		Vægt:
Tema H-1:	Dybde til Grundvandsforekomst	grøn
Kommentar:	Mere end 50 mut mod nordøst, faldende dybder fra nordøst mod nord, syd og vest, til mindre end 5 mut.	
Tema H-2:	Magasintykkelse	gul
Kommentar:	Stor variation i magasintykkelse. Største mægtigheder mod nord.	
Tema H-3:	Grundvandsdannelse til GVF med indvindinger	rød
Kommentar:	Stor variation i grundvandsdannelse til GVF. Spredte indvindinger med typisk mindre intensitet.	
Tema H-4:	Dybde til grundvandsspejl og strømningsretninger i GVF	rød
Kommentar:	Typisk lille dybde til grundvandsspejlet.	
Tema H-5:	Dæklertykkelse umiddelbart over GVF	rød
Kommentar:		
Tema H-6:	Akkumuleret lertykkelse over GVF	rød
Kommentar:		

Figur 9.2 De faglige temaer udfyldt og vægtet i forhold til tilstandsvurderingen, her for grundvandsforekomst DK112_dkmf_1345_ks på Nordfyn. Under trin 1 noteres væsentlige iagttagelser, mens vægtning med trafiklys udfyldes under trin 4.

9.2.2 Den samlede vurdering af grundvandsforekomsten (Trin 2)

Under metodens trin 2 beskrives (efter gennemgangen af de faglige temaer) den samlede vurdering af de væsentligste forhold relateret til hver grundvandsforekomst i kort prosatekst i dokumentationsarket i tre adskilte felter, hvor følgende opsummeres kort:

- Den konceptuelle model for grundvandsforekomsten.
- En vurdering af de data, der er til rådighed, herunder manglende data.
- En vurdering af omfanget af pesticidpåvirket grundvand i grundvandsforekomsten, hvor grundvandskvalitetskravene for pesticider er overskredet.

Et eksempel på udfyldning af den samlede vurdering ses i Figur 9.3.

Samlet vurdering af væsentlige forhold relateret til hver GVF:
1. Opstilling af konceptuel model:
Kvartært sandmagasin med mægtigheder på 10-20 m, overlejret af overvejende lerlag og stedvise sandlag af varierende tykkelse (10-40 m). Hvor dæklagene er tykke er de domineret af ler. Overskridelser i VF og Grumo-indtagene, hovedsagelig fra DMS og DPC. Pesticidpåvirkning i hele GVF (mange fund under TV, overskridelser og fund i alle dybder 10-60m). Mindre belastning i områder med større dæklag. Samlet set vurderes GVF påvirket af pesticid med 20-35% over tærskelværdi.
2. Vurdering af data der er til rådighed for en nærmere vurdering af påvirkningen af GVF:
Tilstrækkelig kemidata spredt over GVF, også for de 3 betydende pesticider. Det vurderes at kemidata er repræsentative for GVF. Øvrige data er fyldestgørende for den hydrogeologiske forståelse.
3. Vurdering af omfanget af pesticidpåvirket grundvand:
>20%

Figur 9.3 Den samlede vurdering og opstilling af den konceptuelle model, her for grundvandsforekomst DK112_dkmf_1345_ks. Udfyldes under trin 2 i tilstandsvurderingen.

9.2.3 Opsummering i dokumentationsarket (Trin 3)

Metodens trin 3 indebærer en konklusion for tilstandsvurdering af grundvandsforekomsten, som beskrives i feltet 'opsummering'. Her angives det, om tilstandsvurderingen for pesticider er 'god', 'ringe' eller 'ukendt'. Derudover er der en bedømmelse af datarepræsentativiteten med tre muligheder (god, mellem, ringe), samt en vurdering af sikkerheden for tilstandsvurderingen; også med tre muligheder (stor, mellem, ringe). Se eksempel i Figur 9.4.

Opsummering:		
Tilstandsvurdering af GVF: GOD/RINGE/UKENDT	ringe	Bedømmere: LTS, UEB, BN, ILM
Datarepræsentativitet: GOD/MELLEML/RINGE	god	
Sikkerhed af vurderingerne: STOR/MELLEML/RINGE	stor	Dato: 05-10-2020

Figur 9.4 Konklusion og opsummering nederst i dokumentationsarket, her for grundvandsforekomst DK112_dkmf_1345_ks. Udfyldes under trin 3 i tilstandsvurderingen.

9.2.4 Vægtningsindeks, 'trafiklys' (Trin 4)

Afslutningsvist vægtes under de videregående undersøgelser de enkelte faglige temaer efter, hvor vigtigt temaet har været i forhold til opstillingen af den konceptuelle model og den endelige tilstandsvurdering af grundvandsforekomsten ud fra skalaen:

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

Figur 9.2 viser for grundvandsforekomst DK_112_dkmf_1345_ks, hvordan denne vægtning er foretaget og fremstår i dokumentationsarket.

9.3 Ensartet udfyldning af dokumentationsark

Ved alle videregående undersøgelser er alle faglige temaer i dokumentationsarkene blevet udfyldt af de fagligt ansvarlige forud for selve workshoppen, for derefter at blive justeret på workshoppen på baggrund af den konkrete gennemgang af de faglige temaer, der ledte frem til den konkrete konceptuelle model for den givne grundvandsforekomst. Hermed sparede tid på workshoppen, samtidig med at der blev sikret en mere ensartet dokumentation. Dette princip er fraveget på de basale workshops, hvor der har været allokeret væsentligt mindre tid per grundvandsforekomst. Her er der kun udfyldt felter i dokumentationsskemaet for de faglige temaer, der indgår i den konkrete undersøgelse under selve workshoppen. I forlængelse heraf er der efter hver basal workshop en korrekturrunde på de udfyldte dokumentationsark, og erfaringer herfra er blevet anvendt til at udarbejde så mange standardformuleringer som muligt. Efter vurderingen af samtlige 279 grundvandsforekomster, blev der læst en tværgående korrektur på alle dokumentationsark for at sikre en ensartet udfyldning.

9.4 Eksempler på grundvandsforekomster vurderet i Ringe og God tilstand

Til at illustrere, hvorledes tilstandsvurderingerne har fundet sted, præsenteres her vurderingen for tre grundvandsforekomster. I disse eksempler vises der kun de faglige temaer, der understøtter den konceptuelle model for de tre grundvandsforekomster (faglige temaer vægtes med grønt eller udfyldt under basale undersøgelser). Hele dokumentationsarket og de faglige temaer for hver af de tre grundvandsforekomster fremgår af bilag 10.

9.4.1 Grundvandsforekomst i ringe tilstand, videregående undersøgelse

Som et eksempel på en grundvandsforekomst i 'ringe' tilstand vises grundvandsforekomst DK112_dkmf_1345_ks på Nordfyn. Det udfyldte dokumentationsark fremgår af afsnit 9.1 og 9.2 i figurene 9.1, 9.2, 9.3 og 9.4. Der er tale om en grundvandsforekomst, hvor der er 40 indtag, hvoraf de 11 har mindst et pesticid med MAM-værdi $> 0,1 \mu\text{g/l}$, og som derfor jf. grundvandsdirektivet skal underkastes en konkret undersøgelse for at vurdere, om overskridelsen omfatter en væsentlig del af grundvandsforekomsten, hvilket jf. EU CIS-Guidance document no. 18 (EU, 2009) er $> 20 \%$ af grundvandsforekomstens volumen.

Grundvandsforekomsten har analyser for alle tre betydende pesticider, hvor der for 9 af 36 indtag er en overskridelse for DPC og for 3 af 19 indtag er en overskridelse for DMS. Overskridelserne er fundet i VF- og GRUMO-indtag og skyldes hovedsageligt DMS og DPC. De faglige temaer viser, at der er pesticidpåvirkning i hele grundvandsforekomsten (mange fund under grundvandskvalitetskravet, overskridelser af grundvandskvalitetskravet og fund i alle dybder 10-60 m u.t.). Der er tale om en middeldyb grundvandsforekomst med 60 % af grundvandsforekomsten beliggende over 40 m u.t., mens blot 10 % ligger under 60 m u.t. Skønt den konceptuelle forståelsesmodel peger på, at især de øverste 40 m er påvirket over 20 % med overskridelser, viser det sig i dette tilfælde at gælde også i lidt større dybder. Der er dog en mindre belastning i områder med større dæklagstykkelser. Arealanvendelsen er præget

af landbrug. Såvel GRUMO-indtag som vandforsyningsindtag har mere end 20 % overskridelser. Samlet set vurderes grundvandsforekomsten påvirket af pesticid med 20-35% af grundvandsforekomstens volumen over grundvandskvalitetskravet.

9.4.2 Grundvandsforekomst i god tilstand, basal undersøgelse:

Som et eksempel på en grundvandsforekomst i 'god' tilstand vises grundvandsforekomsten DK110_dkmj_43_ks beliggende ved Ribe. Der er tale om en større grundvandsforekomst, med et projektionsareal på 440 km² og blot 42 indtag, hvoraf 12 indtag har en overskridelse af grundvandskvalitetskravet, svarende til 29 % af indtagene. Der er tale om en dyb grundvandsforekomst, udvalgt til en basal undersøgelse og hvor blot 9 % af grundvandsforekomstens volumen ligger over 40 m u.t, mens resten ligger dybere, således som det fremgår af headeren på dokumentationsarket, se Figur 9.5.

Den høje andel af indtag med overskridelser kunne umiddelbart pege på, at grundvandsforekomsten er i 'ringe' tilstand. På den anden side er det en dyb grundvandsforekomst, og den konceptuelle forståelsesmodel tilsiger, at der ikke bør være nogen større (mere end 20 %) påvirkning af grundvandsforekomsten med pesticider over grundvandskvalitetskravene. Overskridelser af grundvandskvalitetskravene optræder i 25 % af vandforsyningsboringerne. Den konkrete undersøgelse går ud på at afklare denne tilsyneladende modsætning.

Den basale undersøgelse af denne dybtliggende grundvandsforekomst (middeldybde 65 m) viser, at der er store områder uden grundvandsdannelse. Det indikerer lange opholdstider (og dermed langsom pesticidtransport), hvilket bekræftes af, at der findes vandtype D i den sydlige del. Pesticidpåvirkningen (DPC, BAM, DMS) findes i et mindre område (<20 % af det samlede areal) uden grundvandsdannelse, men med mellem til stor indvindingsintensitet på en kildeplads, der sandsynligvis forstyrrer den naturlige hydrologi. Øvrige områder i grundvandsforekomsten er uden pesticidfund.

På baggrund af denne hydrogeologiske forståelse vurderes det, at der alene er tale om lokal påvirkning, der tilmed kan være induceret af den lokale vandforsyning.

Figur 9.5 viser de udfyldte faglige temaer i dokumentationsarket, der var afgørende for bedømmelsen. Hele dokumentationsarket og de faglige temaer fremgår af bilag 10.

GVF (størrelse, hydrogeologi og udnyttelses%)		Andel af GVF volumen:		DATATYPER (antal overskr./indtag)		Pesticider (antal overskr./indtag)		AREALANVENDELSE (% af areal)			
DKM lag:	ks5 - ks6	over 20 m:	1%	GRUMO:	0 af 3	0%	Indtag i alt:	12 af 42	29%	Landbrug, intensivt, udef.:	69%
Middeldybde top magasin [mut]:	65	over 40 m:	9%	VF:	7 af 28	25%	BAM:	2 af 42	5%	Landbrug, ekstensivt:	3%
Areal (projektion) [km ²]:	440	over 60 m:	39%	DEPOT:	2 af 7	29%	DPC:	9 af 40	23%	Bebyggede områder:	5%
Antal magasiner:	2	over 80 m:	74%	GKO:	0 af 0	0%	DMS:	1 af 31	3%	Industri og teknisk anlæg:	0%
Litologi:	Quaternary sand and gravel	over 100 m:	94%	ANDET:	3 af 4	75%	1,2,4-Triazol:	0 af 32	0%	Skov:	6%
Boringer i alt:	29						4-CPP:	0 af 36	0%	Naturarealer:	7%
Udnyttelsesgrad:	13%						Antal betydnende pest.:	3		V1/V2 (pesticid relevant):	0,14%

Pesticid temaer	
Tema P-1:	Datatyper i x,y (kort)
Kommentar:	VF-boringer spredt i GVF, Grumo og Depot i den nordlige del.
Tema P-2:	Antal betydende pesticider i x,y (kort)
Kommentar:	3 betydende pesticider målt med flere indtag spredt i GVF.
Tema P-3:	MAM for Desphenyl chloridazon, DCP og Dimethylsulfamid, DMS i x,y (2 kort)
Kommentar:	DPC: flere overskridelser og fund i den nordlige del. DMS: fund og overskridelse i den nordlige del.
Tema P-4:	Maks MAM i x,y (kort)
Kommentar:	Overskridelser i den nordlige del.
Tema P-5:	Maks MAM over og under GVF i x,y (kort)
Kommentar:	Mange overskridelser og fund over GVF i den nordlige del. Kun få data i den sydlige del.
Tema P-6:	Tabel, stoffer med MAM over TV
Kommentar:	DPC, BAM, DMS (DGU nr 131.990 Andet: flere filtre i samme rør, kun indtag nr 6 betragtes)
Tema P-7:	Fordelingskurver for pesticider (plot)
Kommentar:	VF-boringer med mange fund under TV og overskridelser i 23%. Fund under TV af DMS og BAM og få overskridelser. DPC mange fund under TV og overskridelser i 20%.
Tema P-8:	Maks MAM for indtagsdybde pr. datatype (plot)
Kommentar:	Overskridelser ned til 80m.
Tema P-9:	Vandtyper i x,y (kort)
Kommentar:	Vandtype D i den sydlige del.

Antropogene temaer	
Tema A-1:	Arealanvendelse (kort)
Kommentar:	Overvejende landbrug (~75%), 2 byer og småbyer (~5-10), ådal med natur og skov mod syd (~15%).

Geologiske/geofysiske temaer	
Tema G-1:	Overordnet geologisk ramme
Kommentar:	Se tematekst
Tema G-5:	Oversigtskort over geofysik
Kommentar:	10% dækket.
Tema G-6:	Boringer med litologi (kort)
Kommentar:	Mange boringer

Hydrologiske temaer (fra DK-model2019)	
Tema H-1:	Dybde til Grundvandsforekomst
Kommentar:	Sydlige del (50% af arealet) >50m, nordlige del 20-50m.
Tema H-2:	Magasintykkelse
Kommentar:	Typisk 20-50m
Tema H-3:	Grundvandsdannelse til GVF med indvindinger
Kommentar:	75% af arealet uden grundvandsdannelse. Lille grundvandsdannelse i den nordlige del og helt mod syd. Overskridelser i område den nordlige ende med mellem til stor indvindingsintensitet og uden grundvandsdannelse.

Samlet vurdering af væsentlige forhold relateret til hver GVF:	
1. Opstilling af konceptuel model:	
Dybtliggende GVF (middeldybde 65m) med store områder uden grundvandsdannelse. Pesticidpåvirkning (DPC, BAM, DMS) i et mindre område (<20% af det samlede areal) uden grundvandsdannelse men med mellem til stor indvindingsintensitet på kileplads der sandsynligvis forstyrrer den naturlige hydrologi. Øvrige områder i GVF er uden pesticidfund.	
2. Vurdering af data der er til rådighed for en nærmere vurdering af påvirkningen af GVF:	
Tilstrækkelige kemiske data (geografisk spredt, især i den mere terrænnære nordlige del, mange indtag med 3 betydende pesticider) til vurdering af pesticidpåvirkning. Tilstrækkelige data til den hydrogeologiske forståelse.	
3. Vurdering af omfanget af pesticidpåvirket grundvand:	
<20%	

Opsummering:			
Tilstandsvurdering af GVF: GOD/RINGE/UKENDT	god	Bedømmere:	BN, UEB
Datarepræsentativitet: GOD/MELLEML/RINGE	mellem		
Sikkerhed af vurderingerne: STOR/MELLEML/RINGE	mellem	Dato:	03-11-2020

Figur 9.5 Uddraget af dokumentationsark for dyb grundvandsforekomst, DK110_dkmj_43_ks, omkring Ribe i 'god' tilstand, der har gennemgået en basal undersøgelse. De benyttede faglige temaer er vist sammen med den samlede konklusion og opsummering.

9.4.3 Grundvandsforekomst i ringe tilstand, basal undersøgelse

Som et eksempel på en grundvandsforekomst i 'ringe' tilstand, og bymæssig påvirkning vises grundvandsforekomst DK205_dkms_3194_ks beliggende ved Sorø. Der er tale om en lille (1 km²) terrænnær grundvandsforekomst, hvor 100 % af grundvandsforekomstens volumen

ligger over 20 m u.t, og derfor ifølge den konceptuelle forståelsesmodel med stor sandsynlighed er i 'ringe' tilstand. Denne grundvandsforekomst har kun tilknyttet ét indtag, med datatypen 'andet' beliggende midt i byen. Arealmæssigt er 61 % af arealet kategoriseret som by, men dertil er 27 % 'andet', som også inkluderer veje, pladser og andre bynære områder. Der er fundet pesticider typiske for bymæssig bebyggelse, BAM og DMS, over grundvandskvalitetskravet. Der er ikke noget i data, der taler for, at den konceptuelle forståelsesmodel ikke gælder her, idet det ene indtag med overskridelser for 2 af tre betydende pesticider verificerer, at der er en væsentlig påvirkning med pesticider i denne grundvandsforekomst. På baggrund af grundvandsforekomstens terrænnære beliggenhed, fund af BAM og DMS, samt en vurdering af at grundvandsforekomstens pesticidpåvirkede volumen overskrider 20 %, vurderes denne grundvandsforekomst at være i 'ringe' tilstand.

GVF (størrelse, hydrogeologi og udnyttelses%)		Andel af GVF volumen:		DATATYPER (antal overskr./indtag)		Pesticider (antal overskr./indtag)		AREALANVENDELSE (% af areal)			
DKM lag:	ks1	over 20 m:	100%	GRUMO:	0 af 0	0%	Indtag i alt:	1 af 1	100%	Landbrug, intensivt, udef.:	10%
Middeldybde top magasin [mut]:	7	over 40 m:	100%	VF:	0 af 0	0%	BAM:	1 af 1	100%	Landbrug, ekstensivt:	0%
Areal (projektion) [km ²]	1	over 60 m:	100%	DEPOT:	0 af 0	0%	DPC:	0 af 1	0%	Bebyggede områder:	57%
Antal magasiner:	1	over 80 m:	100%	GKO:	0 af 0	0%	DMS:	1 af 1	100%	Industri og teknisk anlæg:	4%
Litologi:	Quaternary sand and gravel	over 100 m:	100%	ANDET:	1 af 1	100%	1,2,4-Triazol:	0 af 0	0%	Skov:	2%
Boringer i alt	1						4-CPP	0 af 1	0%	Naturarealer:	0%
Udnyttelsesgrad:	6%						Antal betydende pest.	3		V1/V2 (pesticid relevant):	1,25%
Pesticid temaer											
Tema P-1:	Datatyper i x,y (kort)										
Kommentar:	Datatypen Andet (1 indtag)										
Tema P-6:	Tabel, stoffer med MAM over TV										
Kommentar:	BAM og DMS i by										
Tema P-8:	Maks MAM for indtagsdybde pr. datatype (plot)										
Kommentar:	Indtag beliggende midt i GVF										
Antropogene temaer											
Tema A-1:	Arealanvendelse (kort)										
Kommentar:	Hovedsagelig bebygget området og "andet"										
Tema A-2:	Jordforurening, V1, V2 og lossepladser (kort)										
Kommentar:	Losseplads mod nord										
Geologiske/geofysiske temaer											
Tema G-1:	Overordnet geologisk ramme										
Kommentar:	Se tematekst										
Tema G-5:	Oversigtskort over geofysik										
Kommentar:	Ingen geofysik										
Tema G-6:	Boringer med litologi (kort)										
Kommentar:	Få boringer										
Hydrologiske temaer (fra DK-model2019)											
Tema H-1:	Dybde til Grundvandsforekomst										
Kommentar:	5-10m										
Tema H-2:	Magasintykkelse										
Kommentar:	5-10m										
Tema H-6:	Akkumuleret lertykkelse over GVF										
Kommentar:	5-10m lerdæklag										

Samlet vurdering af væsentlige forhold relateret til hver GVF:			
1. Opstilling af konceptuel model:			
<i>Terrænnær GVF under bymæssig bebyggelse. Pesticid påvirkning fra byen bekræftet af overskridelser med BAM og DMS</i>			
2. Vurdering af data der er til rådighed for en nærmere vurdering af påvirkningen af GVF:			
<i>Tilstrækkelige kemiske data, idet datatypen "andet" repræsenterer bymæssigbebyggelse der dominerer arealet over GVF. Mindre tilstrækkelige hydrogeologiske data</i>			
3. Vurdering af omfanget af pesticidpåvirket grundvand:			
<i>klart > 20%</i>			
Opsummering:			
Tilstandsvurdering af GVF: GOD/RINGE/UKENDT	ringe	Bedømmere:	UEB, LTS, BN
Datarepræsentativitet: GOD/MELLEML/RINGE	mellem		
Sikkerhed af vurderingerne: STOR/MELLEML/RINGE	mellem	Dato:	12.10.20

Figur 9.6 Uddrag af dokumentationsark for terrænnær grundvandsforekomst DK205_
dkms_3194_ks ved Sorø vurderet til 'ringe' tilstand med hensyn til pesticider ved basal under-
søgelse. De benyttede faglige temaer er vist sammen med den samlede konklusion og opsum-
mering.

10. Tilstandsvurderinger for pesticider, samlet resultat

10.1 Samlet vurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand for pesticider

I alt er der udpeget 2.050 grundvandsforekomster til Vandplan 3, VP3. For alle de 2.050 grundvandsforekomster er der foretaget en maskinel tilstandsvurdering, hvilket for 1.771 grundvandsforekomster udgør den endelige tilstandsvurdering, således som det fremgår af beslutningstræet, se Figur 3.1. For de resterende 279 grundvandsforekomster, der er maskinelt placeret i 'potentielt ringe' tilstand, er der på de basale og videregående workshops for hver grundvandsforekomst udarbejdet en konkret konceptuel model, der er specifikt gældende den enkelte grundvandsforekomst og dernæst foretaget en konkret vurdering af pesticidtilstanden i grundvandsforekomsten. Hver af disse konkrete konceptuelle modeller tager udgangspunkt i de generelle principper fra den konceptuelle forståelsesmodel, kapitel 7.

Tabel 10.1 og Tabel 10.2 opsummerer tilstandsvurderingerne og den procentvis fordeling for samtlige grundvandsforekomster med en indledende maskinel vurdering af grundvandsforekomsterne i 'god tilstand (sikker)', 'god tilstand (usikker)', 'ukendt' tilstand (grundvandsforekomster uden pesticiddata), samt i 'potentielt ringe' tilstand. Den sidstnævnte vurderingsklasse omfatter de 279 grundvandsforekomster, der skal bedømmes ved basale og videregående workshops (fremhævet med gråt i Tabel 10.1). Antalsmæssigt er den samlede fordeling af grundvandsforekomster ved de nye VP3 tilstandsvurderinger for pesticider: 26,1 % er i 'god' tilstand; 7,5 % er i 'ringe' tilstand; og 66,4 % er i 'ukendt' tilstand. Bemærk, at 'god' tilstand i denne opgørelse er summen af de tre vurderingsklasser: 'God tilstand (sikker)' og 'god tilstand (usikker)' fra maskinvurderingen, samt 'god' tilstand fra de basale og videregående workshops.

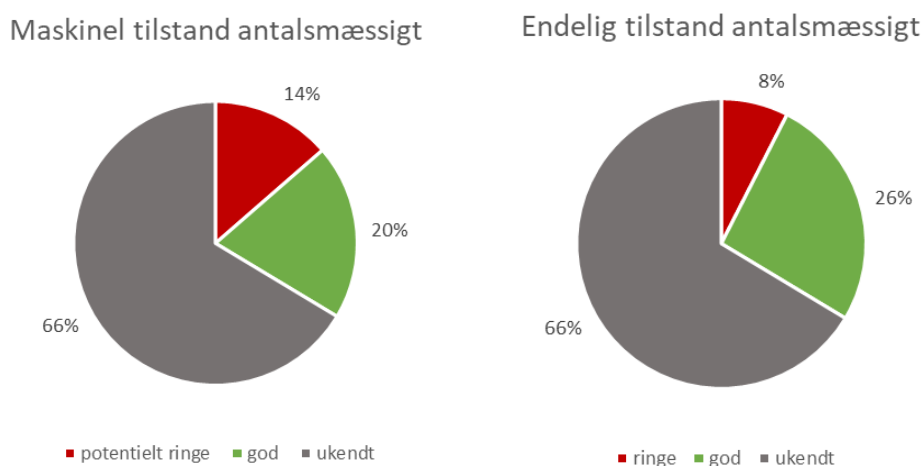
Tabel 10.1 Detaljeret overblik over pesticidtilstandsvurderinger for VP3, gennemført i dette projekt. Antal grundvandsforekomster klassificeret ved den maskinelle vurdering og på workshops, samt det samlede resultat.

Vurderingsklasse	Maskinel vurdering	Workshops		Endelig resultat	
		Basal	Videregående	antal	%
God tilstand (sikker)	43			43	2,1
God tilstand (usikker)	367			367	17,9
Ukendt	1.361			1.361	66,4
Potentielt ringe	279			0	0
God		85	40	125	6,1
Ringe		136	18	154	7,5
Hovedtal	2.050	222	58	2.050	100

Tabel 10.2 Samlet resultat af tilstandsvurderingerne for pesticider, antal grundvandsforekomster (GVF) og procentvis vis fordeling af antal og volumenandel, se også Figur 10.1 og Figur 10.2.

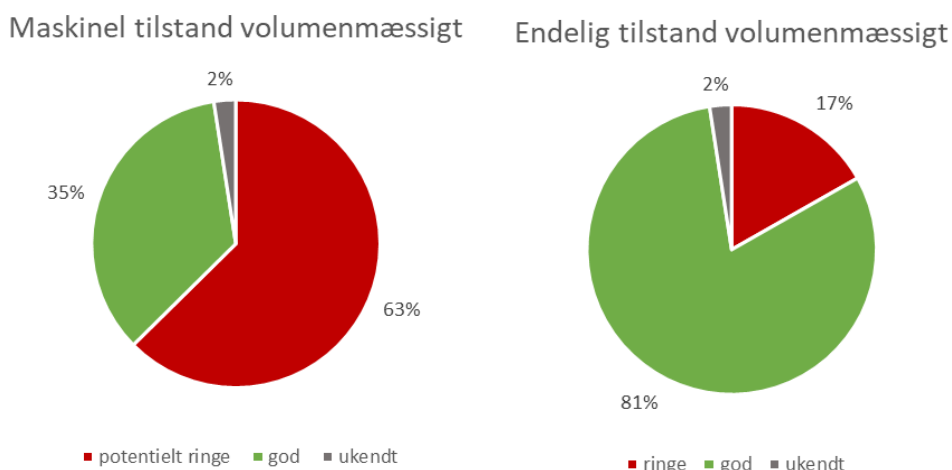
Tilstand	Antal Grundvandsforekomster	Antal %	Volumen %
God	535	26,1	81
Ringe	154	7,5	17
Ukendt	1.361	66,4	2

Resultatet af tilstandsvurderingen fra henholdsvis den maskinelle vurdering og de efterfølgende basale og videregående workshops er vist i Figur 10.1, der viser tilstandsvurderingen for samtlige 2.050 grundvandsforekomster henholdsvis før og efter opstillingen af konkrete konceptuelle modeller for de 279 grundvandsforekomster i 'potentielt ringe' tilstand.



Figur 10.1 Resultat af tilstandsvurderingen for alle 2.050 grundvandsforekomster (opgjort i antal grundvandsforekomster): Maskinel vurdering (venstre) og det samlede resultat efter de konkrete undersøgelser på workshops (højre).

Figur 10.2 viser samme opgørelse som Figur 10.1, men opgjort for grundvandsforekomsterens volumen i stedet for antal grundvandsforekomster. Fordelingen af tilstandsvurderinger efter den maskinelle vurdering (venstre) viser en volumenmæssig overvægt af de 279 grundvandsforekomster maskinelt vurderet i 'potentielt ringe' tilstand. Det fremgår af Figur 10.2, at de konkrete undersøgelser i de basale og videregående workshops har haft stor betydning for hvor stort et volumen, der vurderes i 'ringe' tilstand. Figur 10.1 viser, at det antalsmæssigt kun er en mindre del (14 %) af de samlede grundvandsforekomster, der er har gennemgået konkrete undersøgelser. Figur 10.2 viser også, at der volumenmæssigt har været en stor effekt af de konkrete undersøgelser, idet 66 % volumen var i 'potentielt ringe' tilstand, mens blot 17 % af volumenet har endelig tilstand 'ringe'. Det fremgår også, at skønt der antalsmæssigt er 63 % af grundvandsforekomsterne, der er i ukendt tilstand, udgør de kun 2 % af det samlede volumen.



Figur 10.2 Resultat af tilstandsvurderingen for alle 2.050 grundvandsforekomster (opgjort i volumener for grundvandsforekomster i DK-modellen): Maskinel vurdering (venstre) og det samlede resultat efter de konkrete undersøgelser på workshops (højre).

Tabel 10.3 viser hvor stor volumenprocent, der blev anslået påvirket med pesticider over grundvandskvalitetskravet i forbindelse med opstillingen af den konkrete konceptuelle model for hver af de 279 grundvandsforekomster. Tabellen er opdelt i fire volumenklasser på baggrund af vurderinger ved de basale og videregående workshops. Hovedparten af grundvandsforekomsterne grupperer sig i volumenklasserne lige over og under 20 %. Forsigtighedsprincippet er taget i anvendelse de relativt få gange, hvor en grundvandsforekomsts volumenprocent er skønnet at ligge akkurat i underkanten af 20 %, således at grundvandsforekomsten i denne opgørelse er grupperet i volumenkategorien '> 20 %'.

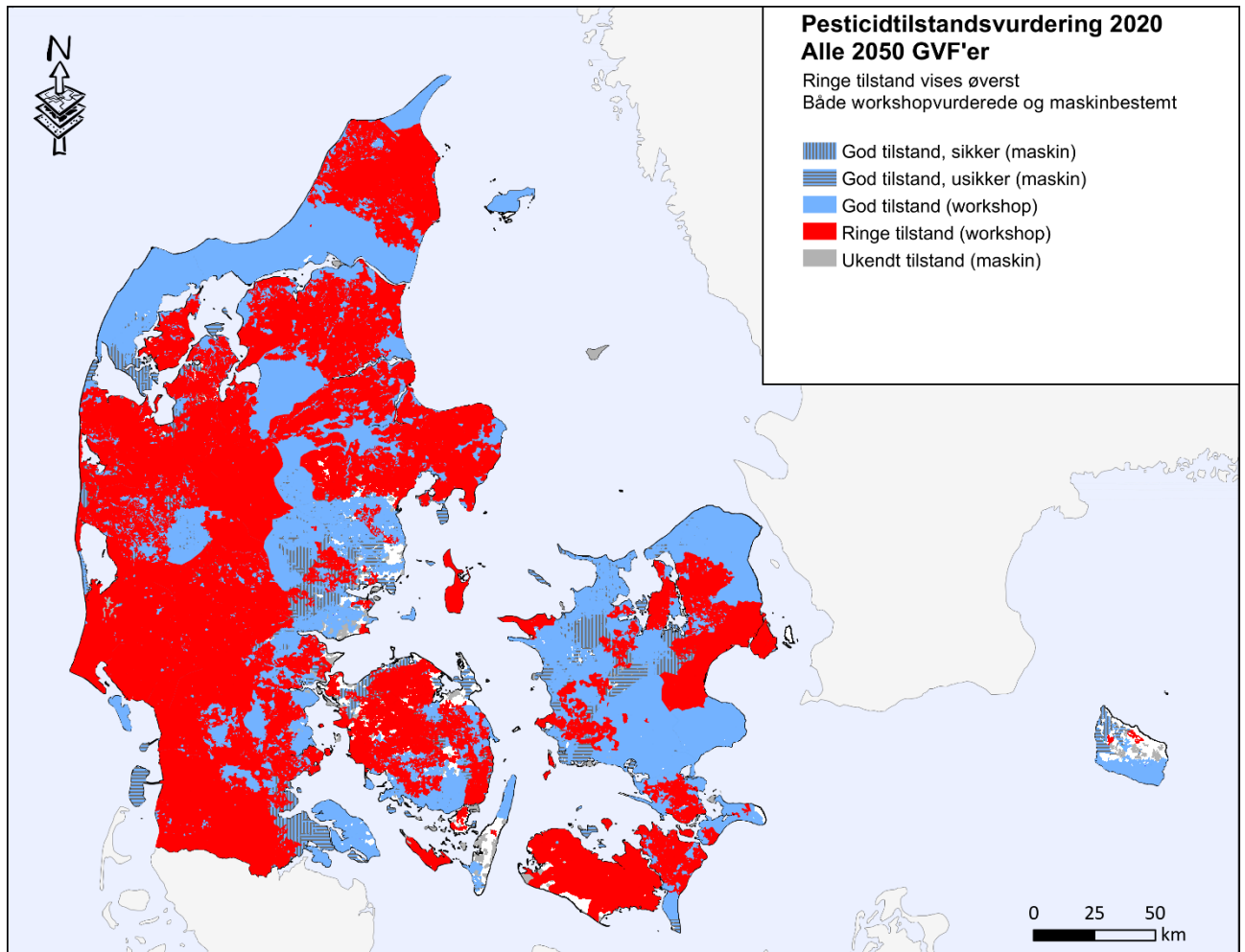
Tabel 10.3 Antalsmæssig fordeling af omfanget af overskridelser af grundvandskvalitetskravet for de 279 grundvandsforekomster, der er behandlet på de basale og videregående workshops, opdelt i volumen-kategorierne <20 % eller klart <20 % ('god' tilstand) og >20 % eller klart >20 % ('ringe' tilstand).

Volumen kategorier %	Basal workshop antal	Videregående workshop antal
Klart <20 %	20	15
<20 %	65	25
>20 %	93	14
Klart > 20 %	43	4

10.2 Oversigtskort over pesticidtilstand på landsplan

Den geografiske fordeling af den samlede tilstandsvurdering er vist på Figur 10.3-10.5 samt bilag 12A, mens den geografiske fordeling for de grundvandsforekomster, der undergik konkrete basale og videregående undersøgelser, er vist i bilag 12B.

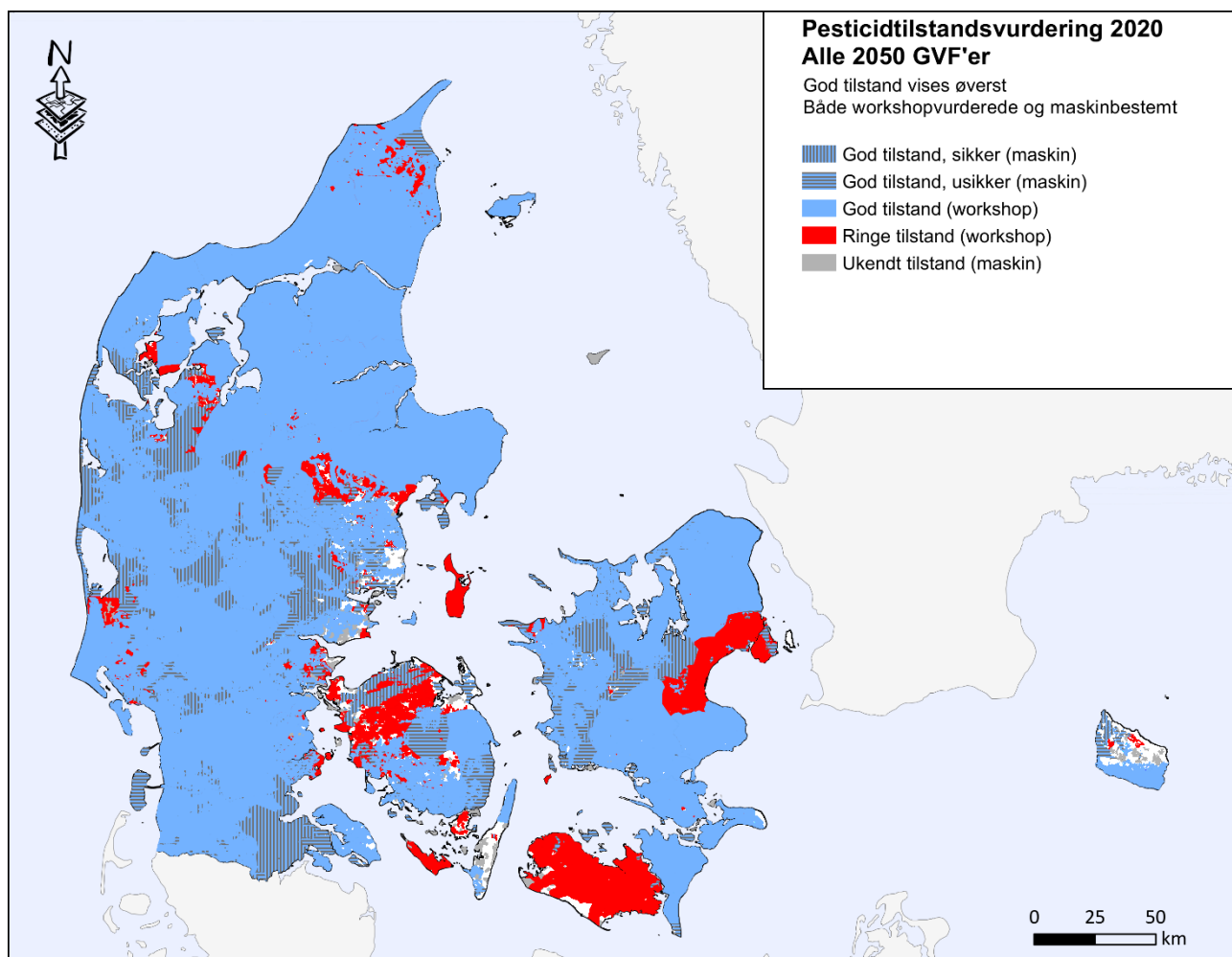
Figur 10.3 viser tilstanden for samtlige grundvandsforekomster, hvor 'ringe' tilstand vises øverst på kortet. Alle de steder, hvor kortet viser røde farver, svarer det til kvartære sandlag ks1 og ks2, på nær i Vestjylland, hvor modellag ks3 og ks4 (kvartære sandlag) ligger øverst med 'ringe' tilstand (se også bilag 12A og bilag 12B).



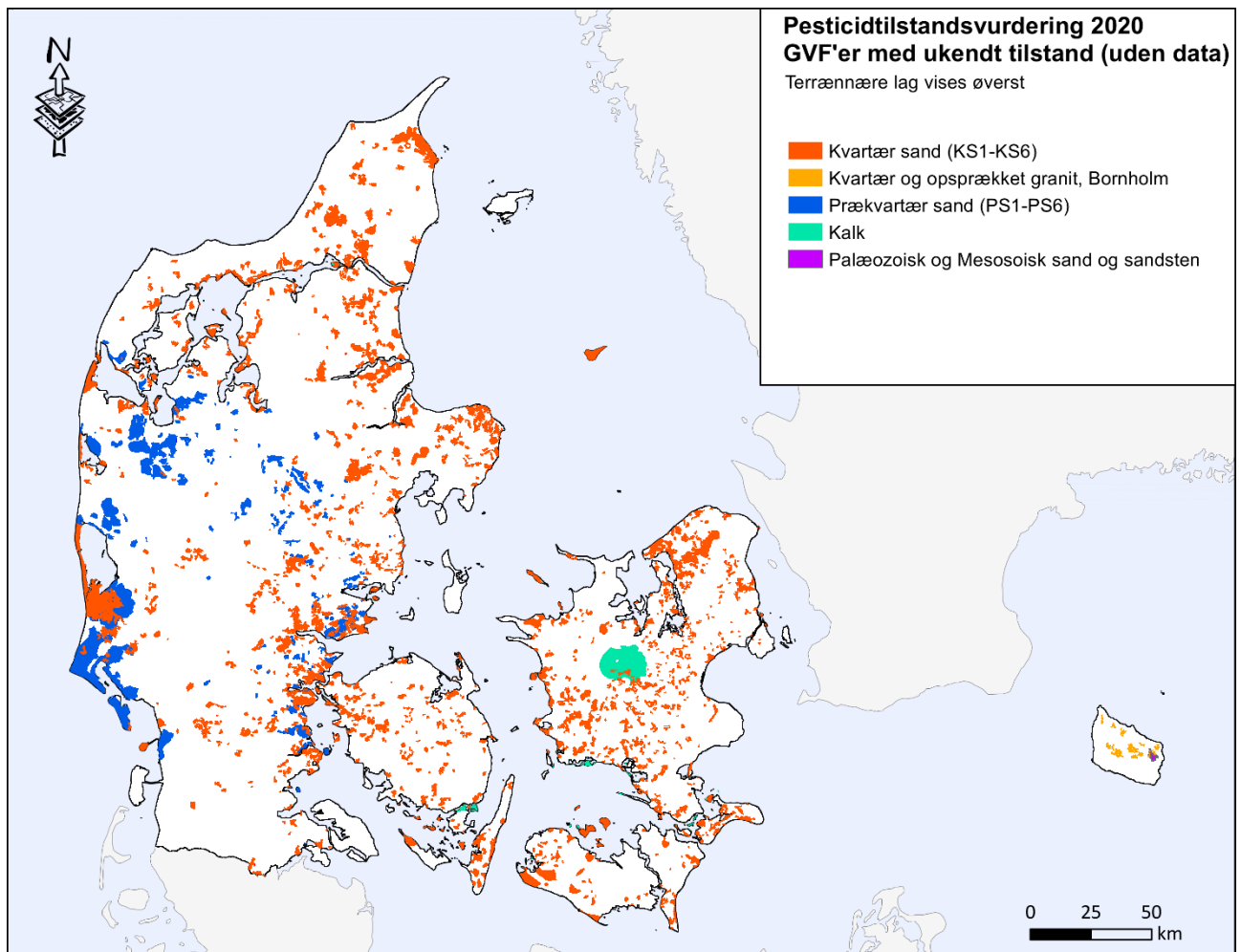
Figur 10.3 Samlet oversigt over pesticidtilstand for alle 2.050 grundvandsforekomster. Grundvandsforekomsterne er sorteret, så 'ringe' tilstand vises øverst, dernæst 'god' tilstand, 'god tilstand (sikker)', 'god tilstand (usikker)' og 'ukendt' tilstand nederst. Kategorierne 'god' tilstand og 'ringe' tilstand er anvendt for de 279 grundvandsforekomster, som er tilstandsvurderet ved workshops. Kategorierne 'god tilstand (sikker)', 'god tilstand (usikker)' og 'ukendt' tilstand er bestemt ud fra beslutningstræ (se kapitel 8.1).

Figur 10.4 viser omvendt den geografiske fordeling af grundvandsforekomsterne i 'god' tilstand øverst på kortet. Det skal bemærkes, at under de terrænnære grundvandsforekomster i 'ringe' tilstand, vist på Figur 10.3, er der mange steder en væsentlig grundvandsressource i de dybere grundvandsforekomster, der i mindre grad er påvirket af pesticid, og som nu fremtræder på Figur 10.4. Det skal også bemærkes, at i Københavnsområdet, Odense, Aarhus, Vestlolland og Nordvestfyn, samt i mindre områder i Jylland er grundvandsressourcen såvel terrænnært som dybere påvirket af pesticider over grundvandskvalitetskravet. Endelig er omkring 2/3 af alle grundvandsforekomster vurderet i 'ukendt' tilstand (manglende data) og ligger spredt i små afgrænsede grundvandsforekomster over hele landet, se Figur 10.5.

I bilag 12A og bilag 12B er der ud over de tre kort vist på Figur 10.3 - Figur 10.5 oversigtskort over udbredelsen på landsplan for grundvandsforekomster med forskellige typer af lithologi og tilstandsvurdering.



Figur 10.4 Samlet oversigt over pesticidtilstand for 2.050 grundvandsforekomster. Grundvandsforekomsterne er sorteret, så 'god' tilstand vises øverst, dernæst 'god tilstand (sikker)', 'god tilstand (usikker)', 'ringe' tilstand og 'ukendt' tilstand nederst.

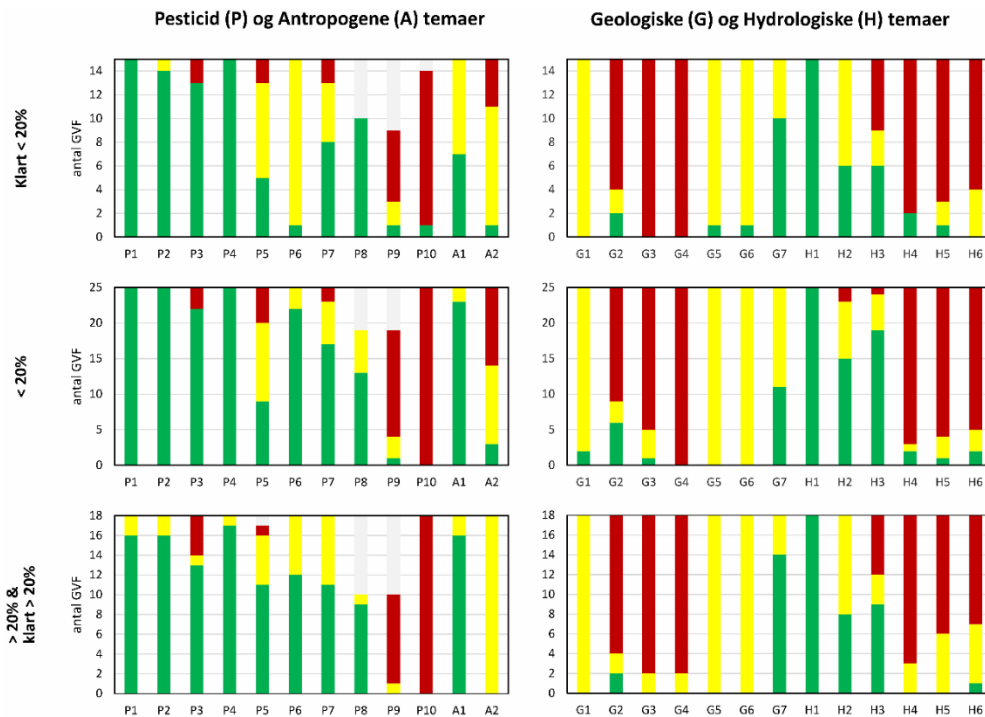


Figur 10.5 Samlet oversigt over pesticidtilstanden for de 1.361 grundvandsforekomster i 'ukendt' tilstand opdelt efter geologi. Grundvandsforekomsterne er opdelt i kategorierne 'Kvartært sand (KS1 – KS6)', 'Kvartær og opsprækket granit, Bornholm', 'Prækvartær sand (PS1 – PS6)', 'Kalk' og 'Palæozoisk og Mesosoisk sand og sandsten'. Kategorierne er dannet ud fra 'geological Formation'-parameteren, en oplysning om magasin/GVF fra DK-modellen. Grundvandsforekomsterne er sorteret så 'Kvartære sand (KS1 – KS6)' vises øverst, dernæst 'Kvartær og opsprækket granit, Bornholm', 'Prækvartær sand (PS1 – PS6)', 'Kalk' og nederst 'Palæozoisk og Mesosoisk sand og sandsten'.

10.3 De faglige temaer i dokumentationsarket: 'Trafiklyset'

Trafiklysfarver er, som omtalt i afsnit 7.1, kun anvendt i forbindelse med de *videregående* workshops (58 grundvandsforekomster). Her er der for hvert enkelt fagligt tema taget stilling til, om temaet har været afgørende for udvikling af den konkrete konceptuelle model (grøn farve); ikke afgørende, men støttende for den konkrete konceptuelle model (gul farve); tema ikke brugt til opstilling af den konkrete konceptuelle model (rød farve). Endelig er der for et mindre antal grundvandsforekomster ikke data til rådighed for de faglige temaer P-8 og P-9, som derfor ikke er udarbejdet (hvid farve). Alle de forskellige faglige temaer har alle været brugt til opstillingen af den konkrete konceptuelle model for mindst én grundvandsforekomst. Figur 10.6 viser en grafisk oversigt af de faglige temaer, der er blevet tildelt en vægtning, svarende til trafiklysets farver. De faglige temaer er, som i dokumentationsarkene, inddelt i

pesticid-temaerne P-1 til P-10, i de antropogene temaer A-1 og A-2, i de geologiske/geofysiske temaer G-1 til G-7, samt i de hydrologiske temaer H-1 til H-6. De 58 grundvandsforekomster, der har undergået en videregående undersøgelse, er ud fra omfanget af vurderet pesticidpåvirkning ved den konkrete undersøgelse inddelt i kategorierne 'Klart < 20 volumen-%' (15 grundvandsforekomster), '< 20 volumen-%' (25 grundvandsforekomster) og en samlet kategori for '< 20 % og klart > 20 %' (18 grundvandsforekomster).



Figur 10.6 'Trafiklys' vurdering af de faglige temaer for grundvandsforekomster i tre grupper. Gruppen 'klart < 20 %' påvirket med pesticidkoncentrationer over grundvandskvalitetskravet med 15 grundvandsforekomster (øverst); gruppen '< 20 %' med 25 grundvandsforekomster (midt) og gruppen '> 20 %' og 'klart > 20 %' med 18 grundvandsforekomster (nederst). Faglige temaer, der har været afgørende for udvikling af den konkrete konceptuelle model (grøn farve); ikke afgørende, men støttende for den konkrete konceptuelle model (gul farve); tema ikke brugt til opstilling af den konkrete konceptuelle model (rød farve). I de faglige temaer P-5, P-8 og P-9 har der været grundvandsforekomster, hvor data ikke var til rådighed og således ikke kunne udarbejdes (hvid farve). Grundvandsforekomster i de to øverste grupper er i 'god' tilstand, mens grundvandsforekomsterne i den nederste klasse er i 'ringe' tilstand.

Det fremgår af Figur 10.6, at der næsten ingen forskel er i fordelingen af trafiklysets farver indenfor de faglige temaer og mellem de tre kategorier ('klart < 20 %', '< 20 %' samt '> 20 % og klart > 20 %'). Med andre ord har den endelige tilstandsvurdering i 'god' eller 'ringe' tilstand ingen betydning for hvilke faglige temaer, der har betydning for opstillingen af den konkrete konceptuelle model i forbindelse med de videregående workshops. Der er stor sandsynlighed for, at dette forhold også vil gælde for alle de grundvandsforekomster, der er behandlet ved de basale workshops.

Følgende faglige temaer har været afgørende for udvikling af den konkrete konceptuelle model (i mere end 80 % af vurderingerne):

- A-1 (areal anvendelse).

- P-1 (datatyper).
- P-2 (antal betydende pesticider).
- P-3 (stofspecifikke kort for DPC og DMS).
- P-4 (maks. MAM).
- H-1 (dybde til GVF).

Bemærk, at ingen geologiske/geofysiske faglige temaer (måske lidt overraskende) har været afgørende for opstilling af den konceptuelle model for den enkelte grundvandsforekomst (inklusive dæklagenes tykkelse eller sammensætning). En del af de afgørende dybdeinformationer findes dog i headeren. At den geologiske information kun er støttende, og ikke afgørende, er dog i god overensstemmelse med den statistiske analyse, der blev lavet indledningsvis i projektet, da den konceptuelle forståelsesmodel skulle formuleres, før basale og videregående workshops startede op og dermed før det faktiske brug af faglige temaer under workshopdagene.

Følgende faglige temaer har i overvejende grad ikke været afgørende, men alligevel haft en vis betydning for udvikling af den konkrete konceptuelle model: Antropogent tema A-2, pesticid tema P-5 til P-9, geologisk/geofysisk tema G-1 og G-2 og G-5 til G-7 og de hydrologiske temaer H-2, H-3, H-5 og H-6. Alle disse temaer har i enkelte tilfælde været med til at bidrage med afgørende information til den konkrete konceptuelle model.

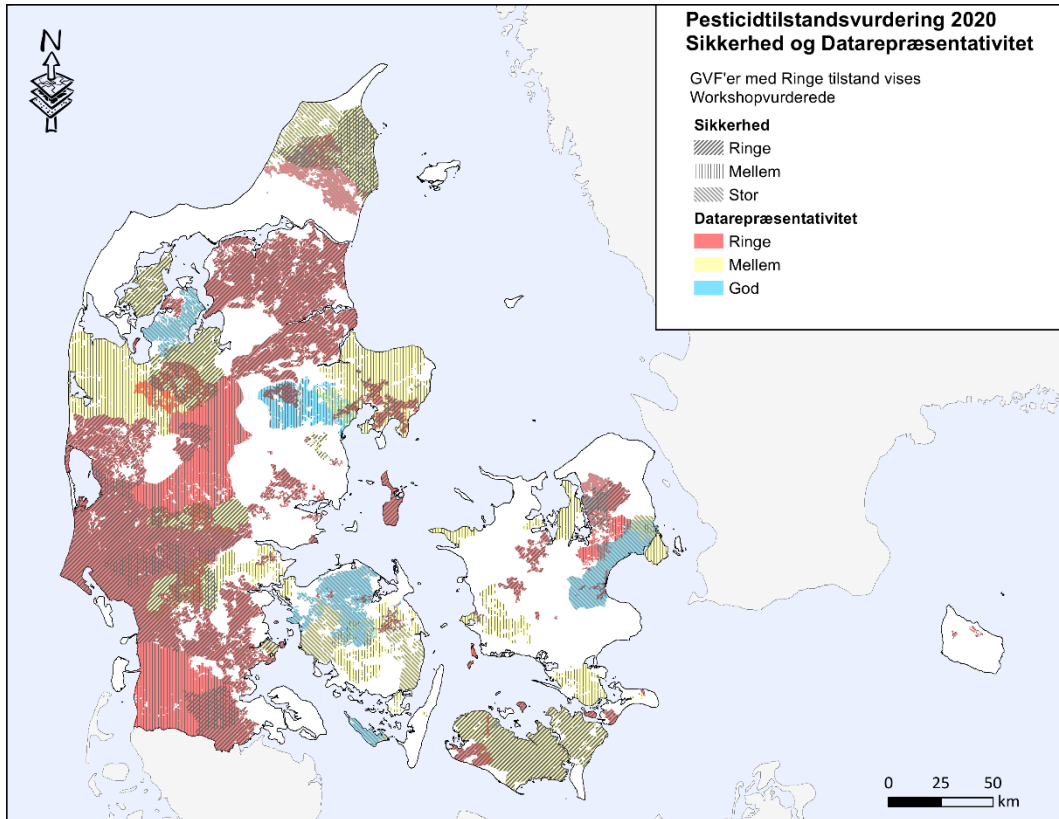
Følgende faglige temaer har ikke været brugt, eller kun i meget begrænset omfang, i >80 % af vurderingerne, til udvikling af den konkrete konceptuelle model: Pesticid tema P-10, geologisk tema G3 og G4 og hydrologisk tema H-4. Til trods for at denne liste af faglige temaer (næsten) ikke har været brugt til udvikling af konceptuelle modeller har de alligevel i enkelte tilfælde været afgørende eller været tillagt betydning for udvikling af den konkrete konceptuelle model. Det vil derfor nok være forkert i en fremtidig tilstandsvurdering helt at udelade disse faglige temaer i tilstandsvurderingen.

10.4 Datarepræsentativitet og sikkerhed i tilstandsvurdering

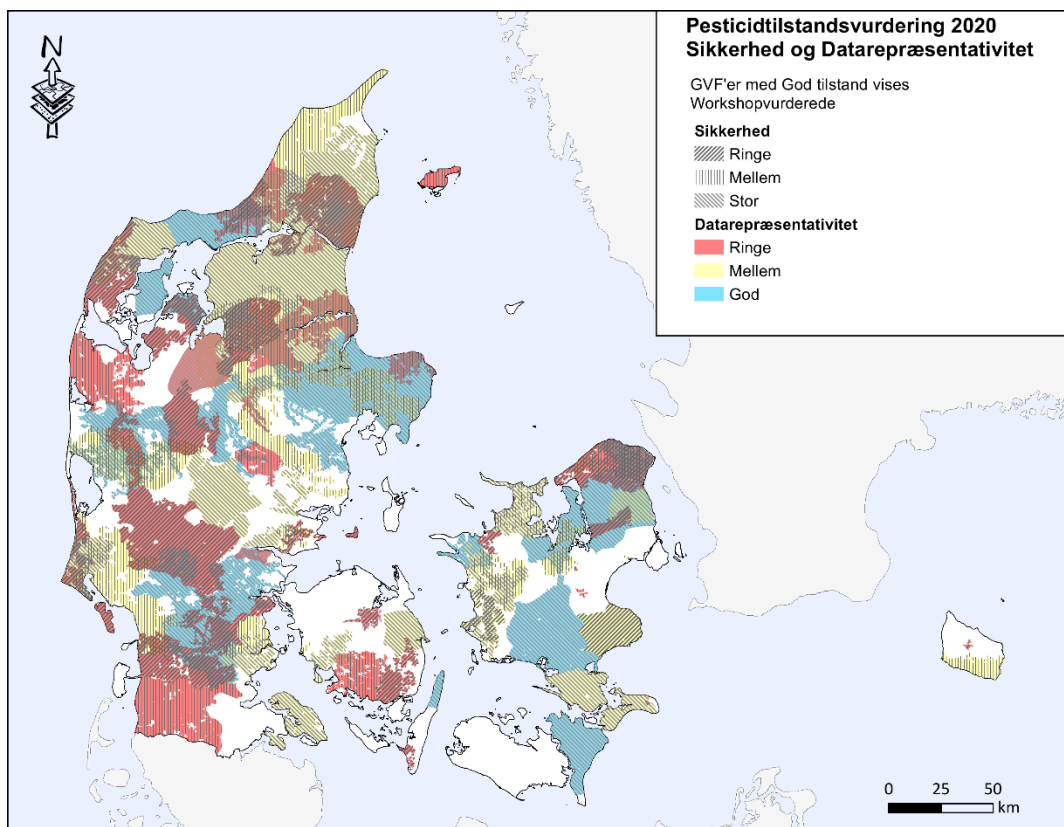
Datarepræsentativitet og sikkerhed i tilstandsvurderingen er vurderet for hver grundvandsforekomst. Den geografiske fordeling af grundvandsforekomsterne i henholdsvis 'ringe' og 'god' tilstand med tilknyttet datarepræsentativitet og sikkerhed i vurderingen er vist i Figur 10.7 og 10.8. Størstedelen af grundvandsforekomsterne i 'ringe' tilstand i Midt- og Sønderjylland, Himmerland, samt omkring Isse- og Lammefjorden på Midtsjælland har ringe datarepræsentativitet og ringe sikkerhed i tilstandsvurderingerne. Omvendt er datarepræsentativiteten stor og sikkerheden i vurderingen stor for de grundvandsforekomster, der ligger ved København og Odense.

Figur 10.9 viser, at næsten alle kombinationer af datarepræsentativitet (god/mellem/ringe) og sikkerhed i vurderingen (stor/mellem/ringe) er blevet anvendt ved gennemgang af de 279 grundvandsforekomster. Samlet set er det i 53 % af tilstandsvurderingerne blevet vurderet, at datarepræsentativiteten og sikkerheden i tilstandsvurderingen har været af mellem og ringe karakter (MR, RM og RR). Datarepræsentativitet dækker både over kvalitet af kemiske

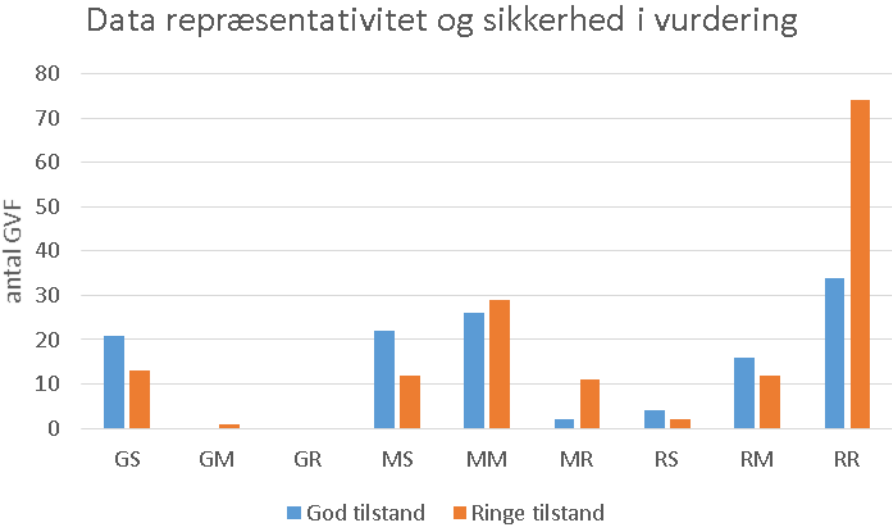
data samt tilgængelighed af hydrogeologiske data til etablering af en konceptuel model. Samlet set kan det opsummeres, at data, der ligger til grund for tilstandsvurderingerne, er præget af en begrænset til ringe datarepræsentativitet og at der er en begrænset til ringe sikkerhed i vurderingerne. Dette resulterer i en tilstandsvurdering forbundet med både en mangelfuld repræsentativitet i data og mangelfuld sikkerhed i vurderingerne.



Figur 10.7 Datarepræsentativitet og sikkerhed i vurdering for grundvandsforekomster i 'ringe' tilstand.



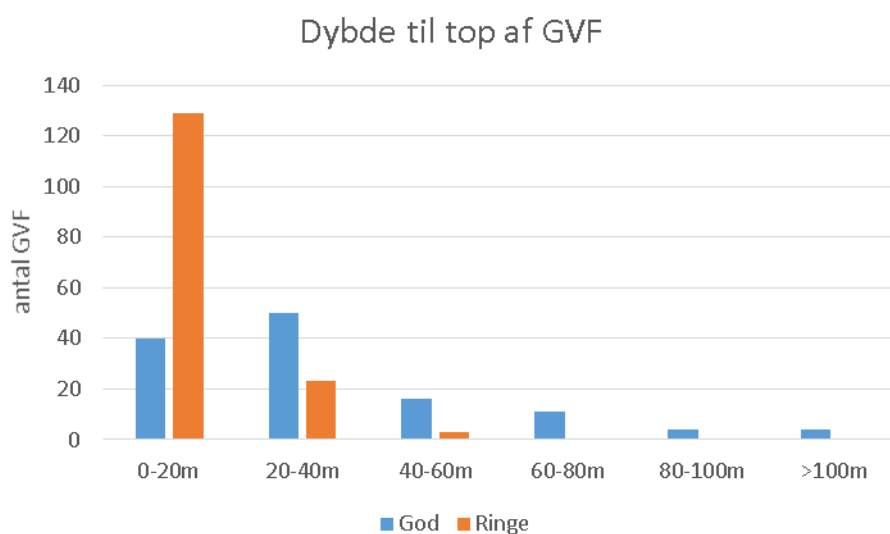
Figur 10.8 Datarepræsentativitet og sikkerhed i vurdering for grundvandsforekomster i 'god' tilstand.



Figur 10.9 Datarepræsentativitet og tilstandsvurdering for de 279 forekomster, der er vurderet på workshops. Første bogstav i forkortelserne på x-aksen er datarepræsentativitet (god (G), mellem (M), ringe (R)). Andet bogstav er sikkerhedsvurderingen (stor (S), mellem (M), ringe (R)).

10.5 Relation mellem dybden til grundvandsforekomst og tilstandsvurdering

Middeldybden til toppen af grundvandsforekomsterne er beregnet for geologien i DK-modellen. Dybden er beregnet i meter under terræn, (m u.t.) og her angivet i intervallerne 0-20 m, 20-40 m, 40-60 m, 60-80 m, 80-100 m og >100 m. Der er foretaget en vurdering af sammenhængen mellem dybden til en grundvandsforekomst og vurderingen af tilstanden for de 279 grundvandsforekomster, hvor der har været en konkret undersøgelse. Figur 10.10 viser middeldybden til toppen af grundvandsforekomster i henholdsvis 'ringe' og 'god' tilstand. Det fremgår, at grundvandsforekomster i 'god' tilstand optræder i middeldybder fra helt terrænnært (0 – 20 m under terræn) og til >100 meters dybde. Omvendt optræder grundvandsforekomster i 'ringe' tilstand først og fremmest mest terrænnært.

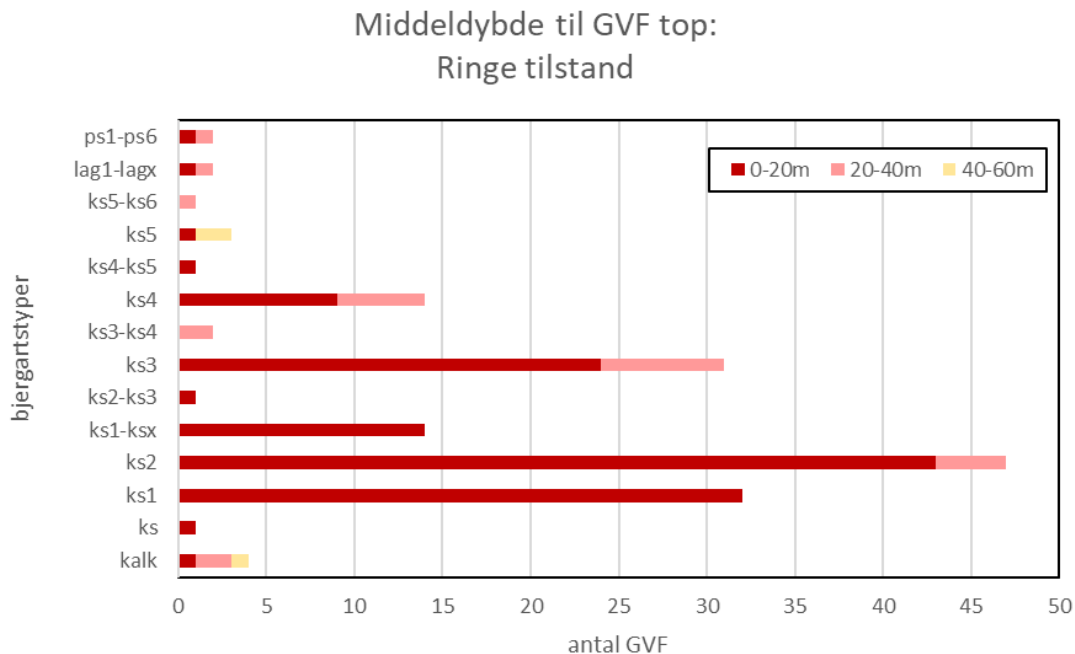


Figur 10.10 Middeldybden til toppen af de 279 grundvandsforekomster vurderet ved de basale og videregående workshops.

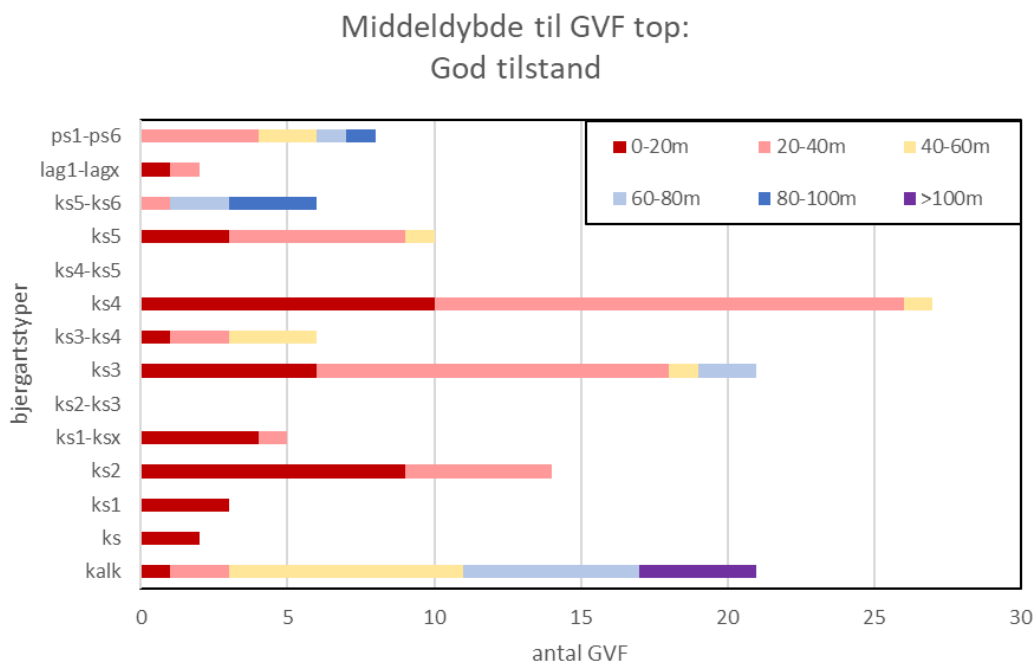
Figur 10.11 og 10.12 viser grundvandsforekomsterne opdelt i bjergartstyper med tilstand henholdsvis 'god' og 'ringe'. Middeldybden til grundvandsforekomster i 'ringe' tilstand er næsten alle fra terræn til 40 m u.t. (heraf 123 grundvandsforekomster i intervallet 0-20 m) og kun få i kalk og dybtliggende kvartært sand (ks5) til 60 m dybde. Sårbarheden i forhold til pesticidpåvirkning er således ganske betydelig i de terrænnære grundvandsforekomster.

Grundvandsforekomster i 'god' tilstand fordeler sig i hele dybdeintervallet fra terræn til mere end 100 meters dybde. De kvartære sand- og grusmagasiner (benævnt ks1, ks2, ks og ks1-ksx), samt lag1-lag6 i grundfjeld på Bornholm er meget terrænnære med middeldybder fra terræn til maksimum 40 m. Relativt få kvartære sandmagasiner har toppen af grundvandsforekomsten dybere end 40 m og kun DK-modellagene ks5 og ks6 går dybere end 80 m. Prækvartære sandmagasiner (ps1-ps6) har middeldybder fra 20 til 100 m dybde, mens kalkmagasiner kan have overfladen fra helt i terræn til over 100 m dybde. Relationen mellem dybden til grundvandsforekomsterne og tilstandsvurderingen kan ret entydigt sammenfattes således, at grundvandsforekomster i 'ringe' tilstand primært består af kvartære sandmagasiner ks1-

ks4 med en middeldybde fra få meter til maksimum 40 meters dybde, mens grundvandsforekomster i 'god' tilstand viser meget større variation i middeldybde og er fordelt på alle bjergartstyperne.



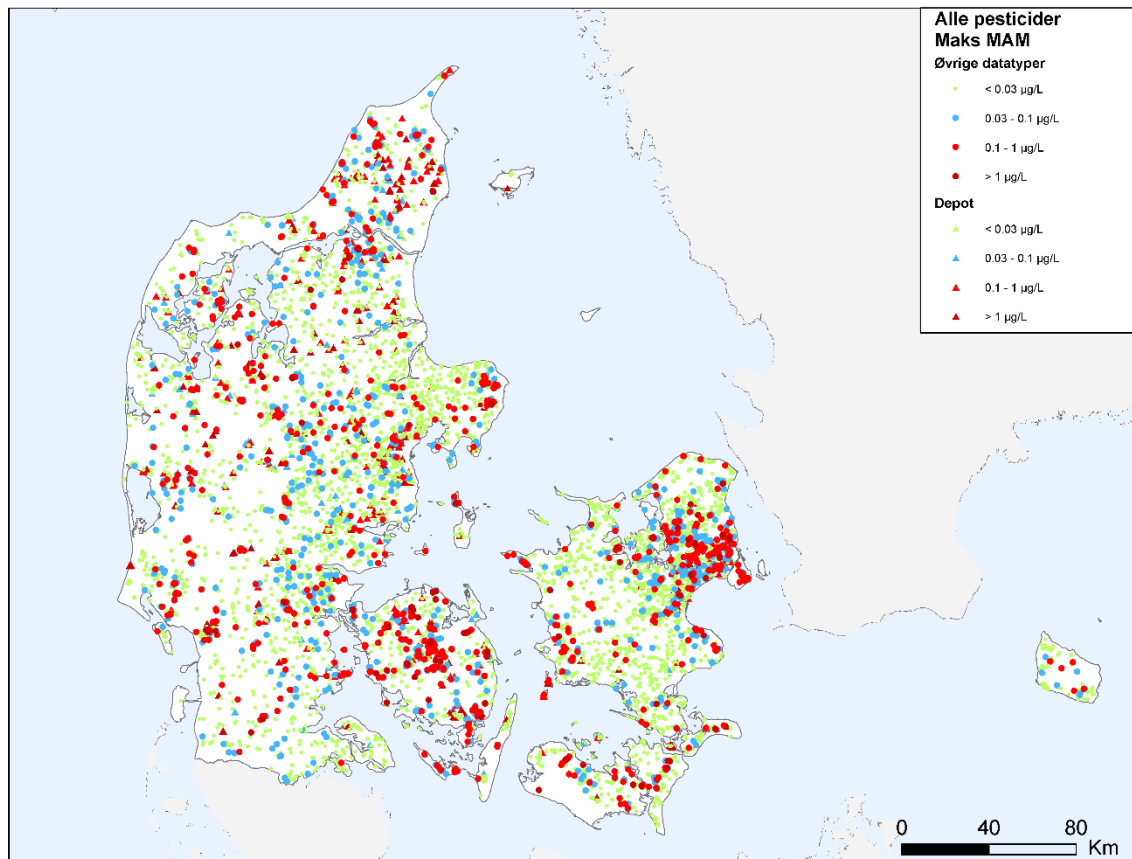
Figur 10.11 Middeldybden til grundvandsforekomster vurderet i 'ringe' tilstand ved de basale og videregående workshops inddelt i bjergartstyper. Navngivningen af bjergartstyperne er indgående beskrevet i Troldborg (2020).



Figur 10.12 Middeldybden til grundvandsforekomster vurderet i 'god' tilstand ved workshops inddelt i bjergartstyper. Navngivningen af bjergartstyperne er indgående beskrevet i Troldborg (2020).

10.6 Udbredelsen af pesticider på landsplan

Figur 10.13 viser, at overskridelser af grundvandskvalitetskravet for pesticider udtrykt ved Maks-MAM er udbredt over hele landet. Få områder har tydeligt flere overskridelser end andre. Det bliver dog også meget tydeligt, at datatætheden i fx Hovedstadsområdet eller på Nordfyn er meget højere end fx i Vestjylland. Dette er delvist afspejlet i ringe datarepræsentativitet i store dele af Vestjylland (se Figur 10.7 og Figur 10.8), dog er mange data ikke nødvendigvis ensbetydende med god datarepræsentativitet, som fx i de nordsjællandske grundvandsforekomster øst for og langs Roskilde Fjord, hvor de mange data ligger geografisk meget ujævnt fordelt.



Figur 10.13 Udbredelse af pesticider i dansk grundvand: Kortet viser Maks-MAM i alle indtag med analyser for pesticider der indgår i tilstandsvurderingen for pesticider. Der er brugt samme klasser og farver som for fagligt tema P-3, dog plottes koncentrationer $< 0,03 \mu\text{g/l}$ med lidt mindre symbol. Laget 'Øvrige datatyper', som består af datatyperne GRUMO, VF, Grundvandskortlægning og Andet, plottes øverst. For begge lag er data sorteret så de højeste koncentrationer bliver plottet øverst.

I de fleste tilfælde er overskridelser af grundvandskvalitetskravet af flere forskellige pesticider årsag til, at en grundvandsforekomst bliver vurderet til at være i 'ringe' tilstand. Udvalgelse af de tre betydende stoffer (BAM, DPC og DMS) var baseret på deres høje fundhyppighed og hyppighed af koncentrationer over grundvandskvalitetskravet. Som vist i bilag 12C, så findes flere indtag (ofte mere end 5 indtag) med overskridelser af BAM og DPC i næsten alle de grundvandsforekomster, der er vurderet til at være i 'ringe' tilstand. En mindre andel af

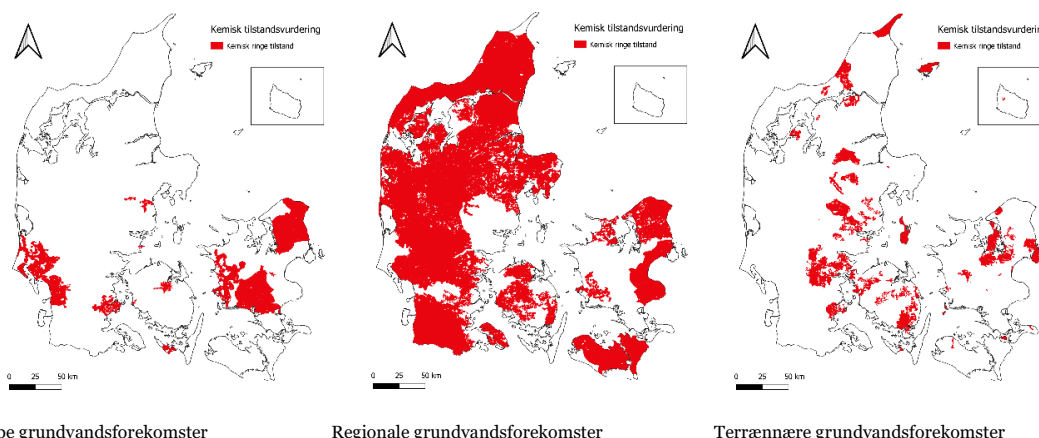
grundvandsforekomsterne har flere end 5 indtag med overskridelser af DMS. Yderligere er der også et meget mindre antal analyser for DMS, end der er for DPC eller BAM. Overskridelser for 1,2,4-triazol findes især i grundvandsforekomster i Vest- og Sydjylland. Ser man derimod på antal indtag med overskridelser af de betydende pesticider i grundvandsforekomster vurderet til at være i 'god' tilstand, så bliver det tydeligt, at der ikke findes en direkte sammenhæng mellem overskridelser af de betydende pesticider og 'god' tilstand. Det blev meget tydeligt i løbet af de konkrete undersøgelser af de enkelte grundvandsforekomster, at forekomsten af pesticiderne varierer fra stof til stof, idet forbrugsmønsteret ikke har været det samme. En gennemgang af den geografiske udbredelse af de tre betydende stoffer (BAM, DPC og DMS) og 1,2,4-triazol (TRZ) baseret på det foreliggende omfattende datasæt viser dette meget tydeligt (Figur 10.14-10.17)

2,6-dichlorbenzamid (BAM)

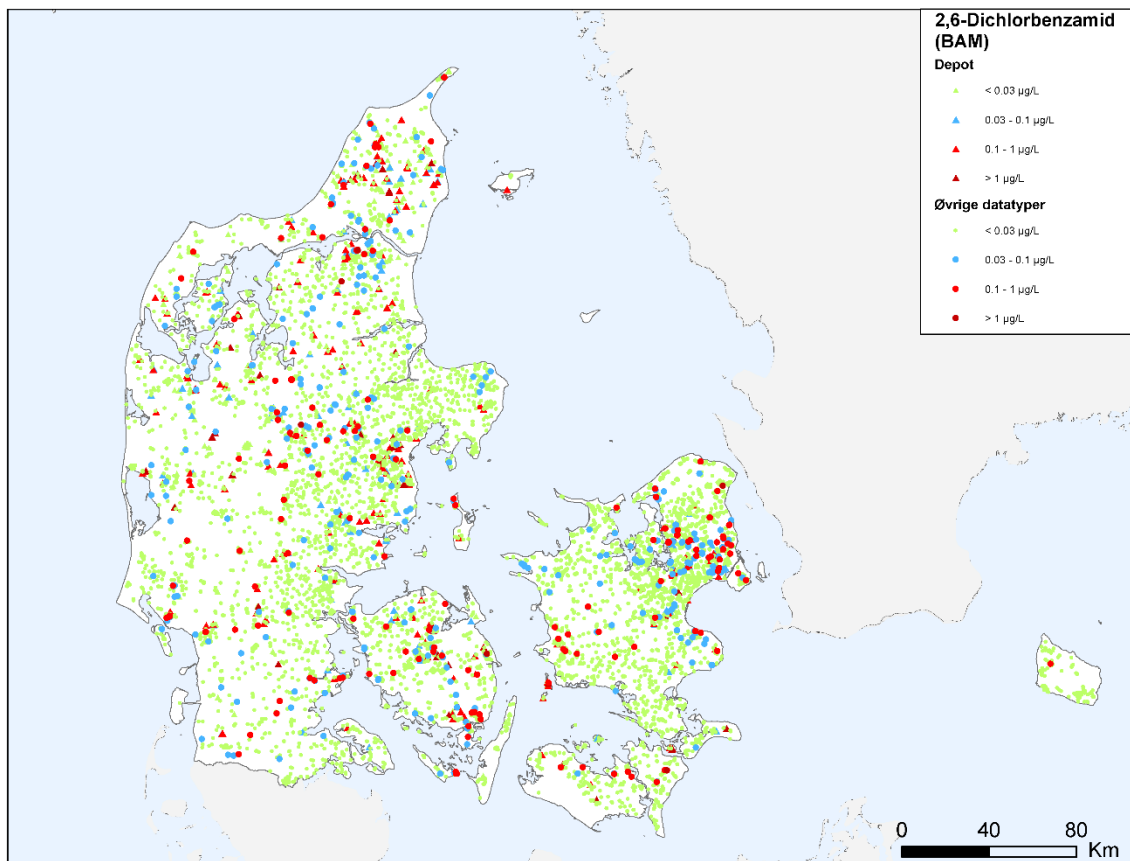
Igennem flere år, har BAM været det mest udbredte pesticidstof i det danske grundvand, og har medført lukning af utallige vandforsyningsboringer. Den resulterende bias i vandforsyningsdata er nævnt tidligere, hvor mange indvindingsboringer er lukket og ikke indgår i datasættet til denne tilstandsvurdering. GRUMO-data viser, at BAM-koncentrationerne generelt er faldende (Thorling mfl., 2021), som en konsekvens af forbuddet mod anvendelse af BAM's moderstoffer såsom dichlobenil i 1997.

Figur 10.14 viser grundvandsforekomster, hvor BAM optræder i mindst ét indtag med en MAM værdi over grundvandskvalitetskravet på 0,1 µg/l, og derfor har været medvirkende til at grundvandsforekomsten er i 'potentielt ringe' tilstand efter den maskinelle vurdering.

Figur 10.15 viser den geografiske fordeling for alle BAM-MAM-værdier fra alle datatyper anvendt til denne tilstandsvurdering. Generelt findes BAM spredt over hele Danmark. Fund og overskridelser af kravværdien er dog blandet med mange indtag uden fund af BAM, og mange overskridelser er i dag knyttet til depot-indtag. Det er i overensstemmelse med, at den generelle diffuse påvirkning er aftagende for BAM.



Figur 10.14 BAM. Geografisk fordeling af pesticidtilstanden for grundvandsforekomster i 'ringe' tilstand opdelt efter typologi (dybe, regionale og terrænnære), hvor overskridelser af grundvandskvalitetskravet for BAM har været medvirkende til, at grundvandsforekomster er vurderet i 'potentielt ringe' tilstand. Figuren er udarbejdet af Miljøstyrelsen baseret på resultater fra GEUS.

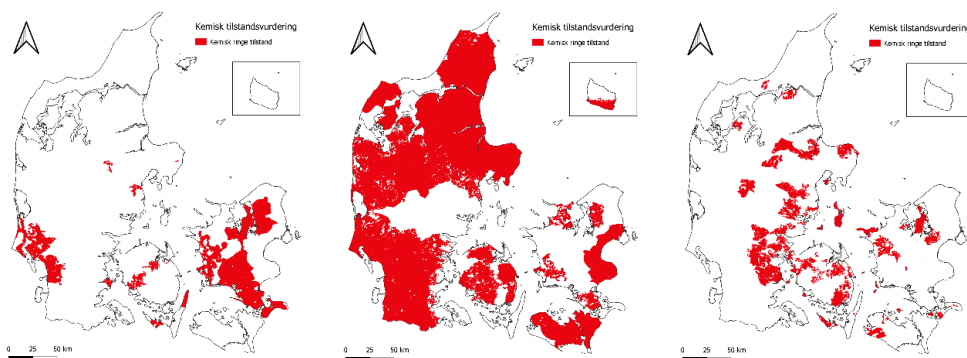


Figur 10.15 Udbredelse af BAM: Kortet viser alle indtag med analyser for BAM. Der er brugt samme klasser og farver som for fagligt tema P-3, dog plottes koncentrationer <0,03 µg/l med lidt mindre symbol. Laget 'Øvrige datatyper', som består af datatyperne GRUMO, VF, Grundvandskortlægning og Andet, plottes øverst. For begge lag er data sorteret så de højeste koncentrationer bliver plottet øverst.

Desphenylchloridazon (DPC)

Figur 10.16 viser grundvandsforekomster, hvor DPC, nedbrydningsproduktet fra chloridazon, optræder i mindst ét indtag med en MAM værdi over grundvandskvalitetskravet på 0,1 µg/l, og derfor har været medvirkende til at grundvandsforekomsten er i 'potentielt ringe' tilstand efter den maskinelle vurdering.

Figur 10.17 viser den geografiske fordeling for alle DPC-MAM-værdier fra alle datatyper anvendt til denne tilstandsvurdering. Mange indtag med overskridelser af kravværdien træffes på Nordfyn, hvor Vandcenter Syd i de seneste år har arbejdet med kildeopsporing af DPC-forurening, hvilket har givet en stor datatæthed i området. Yderligere findes mange overskridelser af kravværdien på Lolland, Falser og Møn, Vestsjælland, samt Syddjylland, Djursland og hen mod Salling/Mors. Betydeligt færre fund og overskridelser af DPC blev målt i Vestjylland og centralt på Sjælland – det skal dog ikke glemmes, at der her også er en betydelig mindre datatæthed. Chloridazon blev indtil 1996 brugt som ukrudtsmiddel i forbindelse med dyrkning af især sukker- og foderroer. En direkte sammenhæng mellem intensiv (sukker)roproduktion, som på Lolland/Falser eller Nordfyn, og de høje fundhyppigheder er tydelig. Derudover spiller de lokale hydrologiske og geologiske forhold en rolle. Samlet set viser dataene, at der findes en udbredt forurening med DPC i store dele af landet.

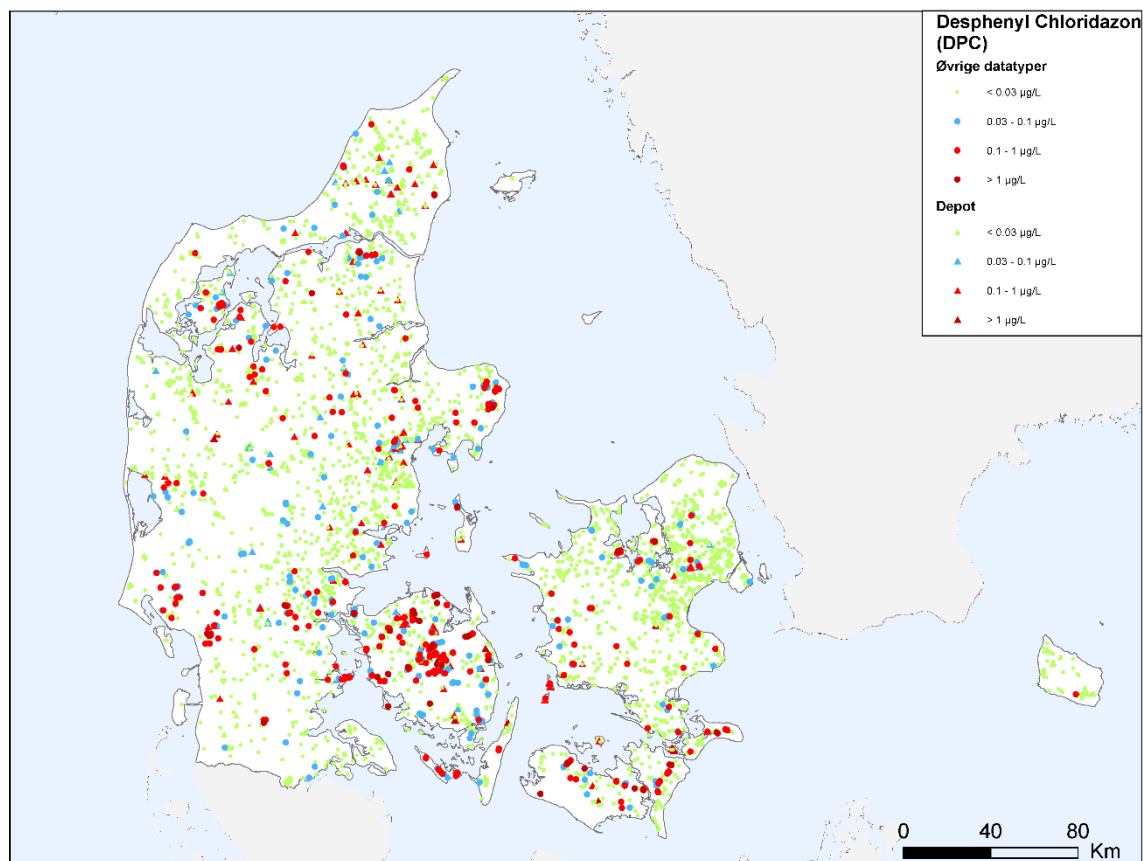


Dybe grundvandsforekomster

Regionale grundvandsforekomster

Terrænnære grundvandsforekomster

Figur 10.16 DPC. Geografisk fordeling af pesticidtilstanden for grundvandsforekomster i 'ringe' tilstand opdelt efter typologi (dybe, regionale og terrænnære), hvor overskridelser af grænseværdien for DPC har været medvirkende til, at grundvandsforekomster er vurderet i 'potentielt ringe' tilstand. Figuren er udarbejdet af Miljøstyrelsen baseret på resultater fra GEUS.



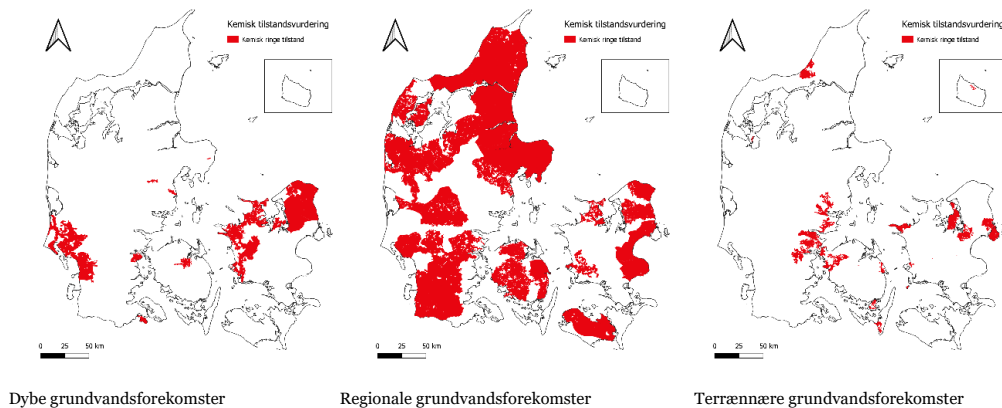
Figur 10.17 Udbredelse af DPC: Kortet viser alle indtag med analyser for DPC. Der er brugt samme klasser og farver som for fagligt tema P-3, dog plottes koncentrationer <0,03 µg/l med lidt mindre symbol. Laget 'Øvrige datatyper', som består af datatyperne GRUMO, VF, Grundvandskortlægning og Andet, plottes øverst. For begge lag er data sorteret så de højeste koncentrationer bliver plottet øverst.

***N,N*-dimethylsulfamid (DMS)**

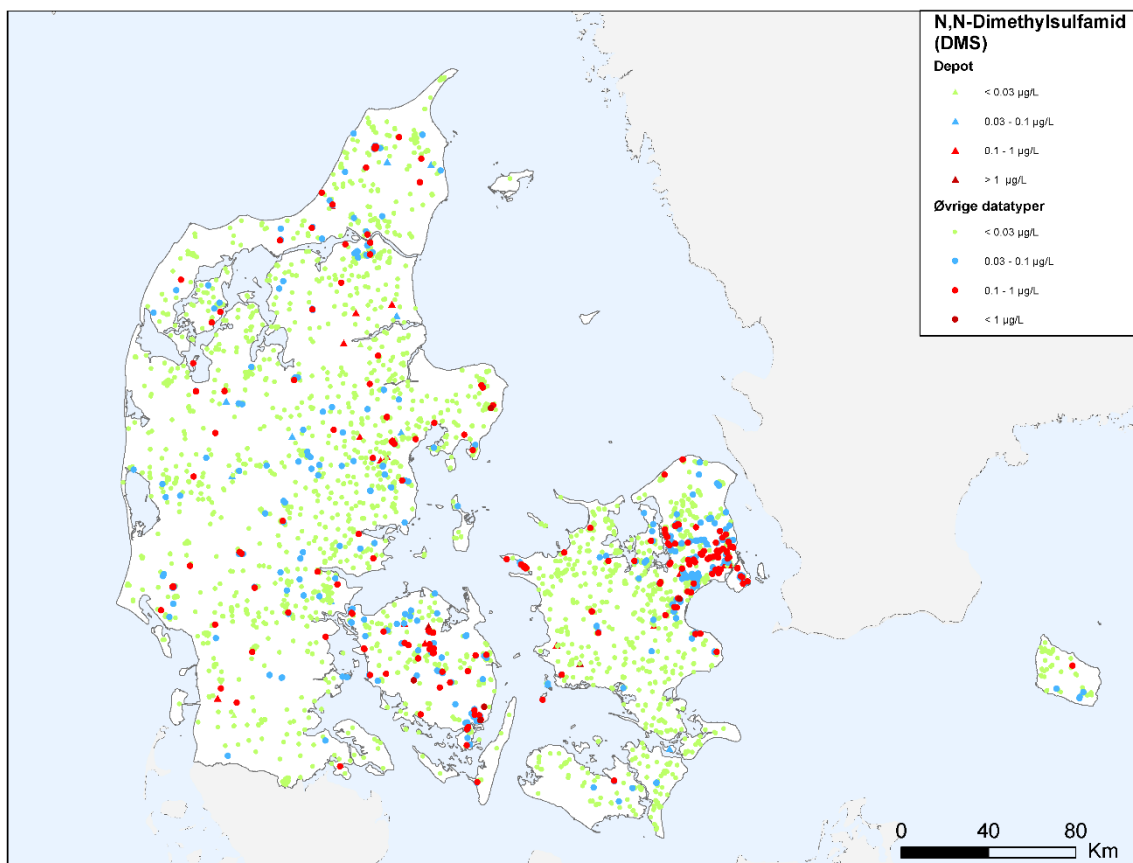
Figur 10.18 viser grundvandsforekomster, hvor DMS optræder i mindst ét indtag med en MAM værdi over grundvandskvalitetskravet på 0,1 µg/l, og derfor har været medvirkende til at grundvandsforekomsten er i 'potentielt ringe' tilstand efter den maskinelle vurdering.

Tolylfuanid og dichlofluanid, de to moderstoffer til DMS, blev brugt i frugt- og bærproduktion indtil forbuddet i 2006. Derudover er begge stoffer (dichlofluanid indtil 2019) udbredt brugt som biocid i træbeskyttelsesprodukter og malinger. Sidstnævnte anvendelse formodes at være årsagen til, at nedbrydningsproduktet DMS især optræder bynært.

Figur 10.19 viser, at mange fund og overskridelser af kravværdien især er fundet i Københavnsområdet. Derudover findes flere fund og overskridelser omkring fx Odense, Svendborg og Aalborg. DMS er ikke blevet analyseret indenfor Danmarks andenstørste by Aarhus, hvilket formentlig forklarer den forholdsvis lave udbredelse af DMS i dette område. I betragtning af den mindre datatæthed i mange øvrige landsdele, så er det generelle billede dog, at forureningen med DMS kan detekteres i stort set hele landet.



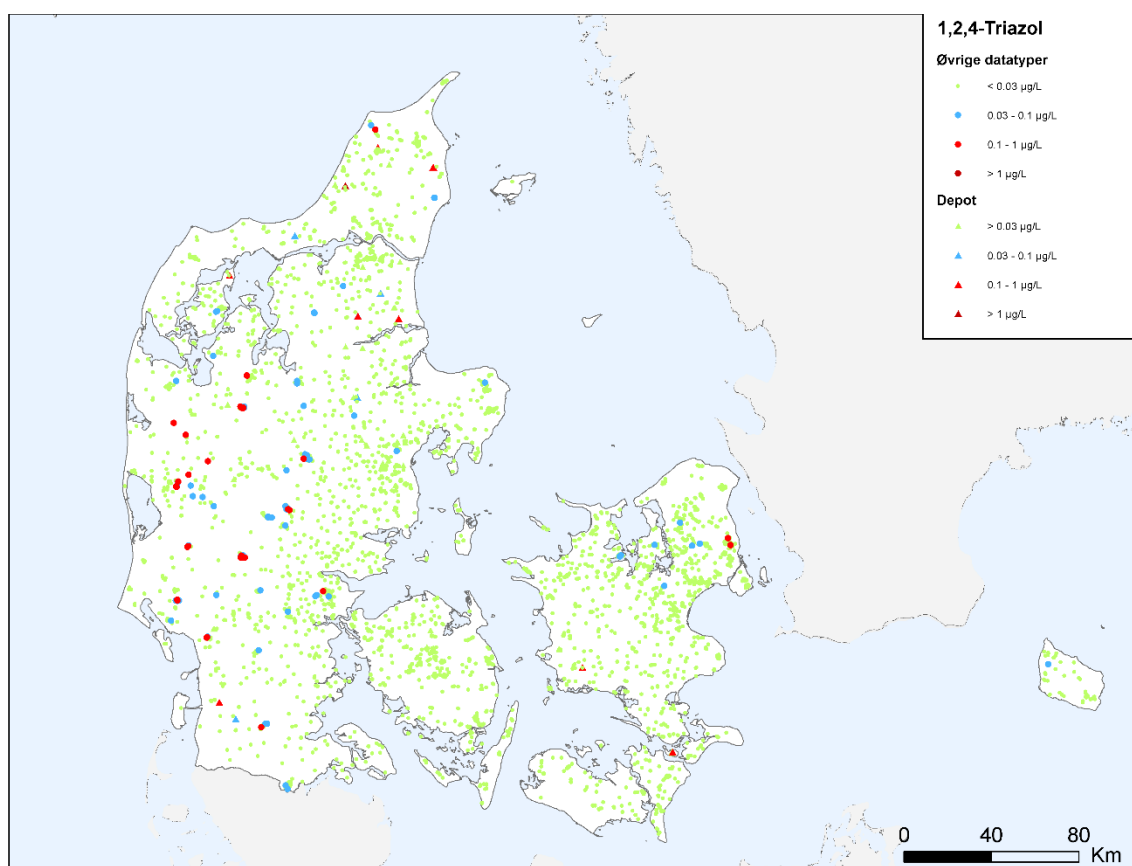
Figur 10.18 Geografisk fordeling af pesticidtilstanden for grundvandsforekomster i 'ringe' tilstand opdelt efter typologi, hvor overskridelser af grænseværdien for DMS har gjort, at grundvandsforekomster er vurderet i 'potentielt ringe' tilstand. Figuren er udarbejdet af Miljøstyrelsen baseret på resultater fra GEUS.



Figur 10.19 Udbredelse af DMS: Kortet viser alle indtag med analyser for DMS. Der er brugt samme klasser og farver som for fagligt tema P-3, dog plottes koncentrationer $< 0,03 \mu\text{g/L}$ med lidt mindre symbol. Laget 'Øvrige datatyper', som består af datatyperne GRUMO, VF, Grundvandskortlægning og Andet, plottes øverst. For begge lag er data sorteret så de højeste koncentrationer bliver plottet øverst.

1,2,4-triazol (TRZ)

Figur 10.20 viser udbredelsen af stoffet 1,2,4-triazol. Det fremgår meget tydeligt af figuren, at fundene, og især koncentrationer over kravværdien, er betydeligt mindre udbredt end for de tre betydende stoffer BAM, DPC og DMS. Fundene af 1,2,4-triazol er geografisk meget tydeligt lokaliseret i det vestlige Jylland, samt i et område på Sjælland. 1,2,4-triazol er nedbrydningsproduktet fra en række triazol-fungicider, som bliver anvendt på mange forskellige afgrøder heriblandt vintersæd, vårsæd, kartofler og som bejdsemiddel. Derudover er tebuconazol og propiconazol også godkendte biocider til især træbeskyttelse. Dermed er anvendelsen bredt ud over hele landet, og de områdespecifikke fund af 1,2,4-triazol formodentlig forbundet med andre faktorer såsom hydrologien og geologien i disse områder og muligvis også forskellig intensitet af anvendelsen.



Figur 10.20 Udbredelse af 1,2,4-triazol: Kortet viser alle indtag med analyser for 1,2,4-triazol. Der er brugt samme klasser og farver som for fagligt tema P-3, dog plottes koncentrationer <0,03 µg/l med lidt mindre symbol. Laget 'Øvrige datatyper', som består af datatyperne GRUMO, VF, Grundvandskortlægning og Andet, plottes øverst. For begge lag er data sorteret så de højeste koncentrationer bliver plottet øverst.

11. Kvalitetssikring og anbefalinger

11.1 Kvalitetssikring

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

En meget væsentlig del af kvalitetssikringen har bestået i at udarbejde strengt systematiske arbejdsformer og sikre dokumentation af disse undervejs i projektet. Formålet med dette har været at opretholde en så ensartet tilgang som muligt hen over de mange workshops. Da hovedparten af de faglige temaer for de 279 grundvandsforekomster er automatisk genereret på basis af GIS-programmer og andet programmel, er der opnået en sikkerhed for en stor ensartethed i vurderingerne. Derudover har der i forbindelse med udarbejdelse af de enkelte faglige temaer været en konkret kvalitetssikring af disse, fx ved at temaerne har været gennemset af flere personer i arbejdsgruppen. Hertil kommer, at der ved hver workshop er sket en gennemgang af de faglige temaerne i plenum, hvorved eventuelle fejl og mangler er blevet noteret.

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

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

11.2 Anbefalinger

Der er mange grundvandsforekomster med en samlet vurdering 'ringe, ringe, ringe':

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

Det vurderes, at der i forbindelse med eventuelle konkrete indsatser i disse grundvandsforekomster kan være behov for at genbesøge disse, idet vurderingen i mange tilfælde er foretaget på et meget spinkelt grundlag, og der kan være behov for at inddrage flere og andre data.

Samlet set er det i 53 % af de workshopvurderede grundvandsforekomster blevet skønnet, at datarepræsentativiteten og sikkerheden i tilstandsvurderingen har været af 'mellem' til 'ringe' karakter (MR, RM, RR). Datarepræsentativitet dækker både over karakteren af de

kemiske data samt tilgængelighed af hydrogeologiske data til etablering af en konkret konceptuel model. Samlet set kan det opsummeres, at data, der ligger til grund for tilstandsvurderingerne, er præget af en mellem til ringe datarepræsentativitet og en mellem til ringe sikkerhed i vurderingerne.

I få tilfælde kan der være behov for en nærmere vurdering af grundvandsforekomstens afgrænsning ved et genbesøg, som ligger udover, hvad der var muligt i nærværende projekt, dette gælder fx for kalkmagasiner, der overlejrer en salt diapir.

Ved næste fastlæggelse af algoritmer for kobling af indtag til grundvandsforekomster skal laves en justering, da der kan optræde indtag, der ligger væsentligt over toppen af grundvandsforekomstens modellerede overkant, men som er knyttet til grundvandsforekomsten. Dette gælder især for depotindtag. Det anbefales at genbesøge koblingsalgoritmen, særligt for kobling af depotindtag.

Med hensyn til indsatsbehov og tilstand gælder der helt generelt det forhold, at de koncentrationer, der observeres i grundvandsforekomsterne, stammer fra tidligere tiders anvendelse af pesticider. Det anbefales derfor kun at iværksætte yderligere indsatser, hvis det ud fra modellering af den aktuelle og fremtidige udvaskning ser ud til, at der fortsat er for stor udvaskning til disse grundvandsforekomster.

Øvrige anbefalinger:

- Der kan være et stort behov for at arbejde videre med at detaljere den konceptuelle forståelsesmodel. Fx er der kommet mange nye data for hyppigt forekommende pesticidstoffer de seneste par år i GRUMO og på vandværker. Derudover er Regionernes data for første gang i dette arbejde inddraget i at skabe et samlet billede af pesticidforekomsten i dansk grundvand. Endelig kan forbedret analyse af påvirkningsgrad fra flere arealanvendelsestyper udbygges med seneste viden til næste vandplan periode for fx for golfbaner, militærarealer mm.
- Generelt var der udfordringer med tilstandsvurderingen for de grundvandsforekomster, hvor der kun var data fra depotindtag, som kun repræsenterede en lille del af den samlede arealbelastning. Mange gange er disse indtag tilmed også 'trukket ned' til en GVF, som de reelt ikke repræsenterer. Dette betød at nogle af grundvandsforekomsterne, der undergik en konkret undersøgelse, reelt var uden kemiske data.
- Der er generelt behov for at genbesøge koblingsalgoritmen for indtag og grundvandsforekomster. Dette gælder især terrænnære depotindtag beliggende væsentligt over grundvandsforekomsten.
- I fremtiden bør det overvejes, hvordan vi behandler grundvandsforekomster med data udelukkende fra datatypen 'depot'. Det kan overvejes, om der skal være krav om at depotindtagene skal sidde indenfor den udpegede grundvandsforekomst. I de tilfælde hvor depotindtagene ikke er trukket ned ved koblingsrutinen (jf. bilag 3) kræver det en ekspertvurdering om denne type depotdata kan anvendes til udvikling af den konkrete konceptuelle model for en grundvandsforekomst.
- Grundvandsforekomster i kalk har alle en konstant mægtighed på 50 m. Mange steder er det i overensstemmelse med de tilgængelige boringsoplysninger, men det anbefales

at revurdere grundvandsforekomster i kalk med henblik på en kvalificering af den hydrogeologiske tolkning og dermed den konkrete konceptuelle model for de af grundvandsforekomsterne, hvor den ferske og opsprækkede del af kalkmagasinet reelt afviger væsentligt fra 50 m mægtighed.

- Det anbefales, at opdele Samsø i to grundvandsforekomster; revidere den hydrostratigrafiske model på Bornholm; samt revurdere kalkmagasiner over/nær salthorste, fx på Mors, hvor kalklag dykker til stor dybde eller ligger kystnært og er saltvandspåvirket.
- En gruppering af grundvandsforekomster kunne overvejes, jf. mulighederne i vandrammedirektivet, således at antallet af grundvandsforekomster 'uden data' eller 'med meget få data' kunne mindskes.

12. Litteratur

Litteraturlisten dækker såvel selve rapporten som bilagene.

Bjerg, P.L.; Broholm, M.M.; Floks, F.; Bøllingtoft, A., Thorling, L., Møller, I., Nilsen, T.Ø. & Harder, D.B., 2021: Vurdering af en grundvandsforekomsters kemiske tilstand for MFS: Metodeudvikling og resultater. Rapport DTU Miljø.

COWI, 2020: Værktøj til vurdering af grundvandets pesticidsårbarhed. <https://arcgisportal.cowi.com/pesticidsaarbarhed/>.

COWI, 2020: Værktøj til vurdering af grundvandets pesticidsårbarhed. Teknisk baggrundsrapport. <https://arcgisportal.cowi.com/baggrundsrapport/>.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Henriksen, H.J., Ondracek, M., Troldborg, L. 2021a: Genberegning af udnyttelsesgrad og vandløbspåvirkning på basis af indberettede fordelinger og indvindinger på boringsniveau i Jupiter.

GEUS-rapport 2021/1. <https://www.geus.dk/Media/A/9/Genberegning%20af%20kvantitativ%20tilstand%202021%20januar.pdf>

Henriksen, H.J., Voutchkova, D., Ondracek, M., Troldborg, L. & Thorling, L. 2021b: Konsolidering af kvantitativ tilstandsvurdering for danske grundvandsforekomster i potentiel ringe tilstand på basis af ekspertvurdering. GEUS-rapport 2021/2. <https://www.geus.dk/Media/7/6/Konsolidering%20og%20ekspertvurdering%20af%20endelig%20tilstandsvurdering%202021%20202.pdf>

Højberg, A.H., Stisen, S., Olsen, M., Troldborg, L., Uglebjerg, T.B. & Jørgensen, L.F. 2015: DK-model2014 - Model opdatering og kalibrering. GEUS-rapport 2015/8. <https://vandmodel.dk/media/8075/dk-model2014.pdf>

Høyer, A.-S., K.E.S. Klint, G. Fiandaca, P.K. Maurya, A.V. Christiansen, N. Balbarini, P.L. Bjerg, T.B. Hansen, and I. Møller. 2019: 'Development of a High-Resolution 3D Geological Model for Landfill Leachate Risk Assessment.' *Engineering Geology* 249 (January): 45–59. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2018.12.015>.

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

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

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

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

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

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

Malaguerra F, Albrechtsen H-J, Thorling L, Binning PJ. 2012: Pesticides in water supply wells in Zealand, Denmark: A statistical analysis. *Sci. Tot. Environ.* 414 (2012) 433–444.

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

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

- Mortensen M.H., 2020: Vurdering af grundvandsforekomsters volumen. GEUS-notat 07-VA-2020-17.
- Pedersen, S.A.S, Hermansen, B., Nathan, C. & Tougaard, L., 2011: Digitalt kort over Danmarks jordarter 1:200.000, version 2. Geologisk kort over de overfladenære jordarter i Danmark. GEUS-rapport 2011/19 (http://pubs.geus.net/Danmark/jordartskort/Jordart_200000_v2_beskriv.pdf).
- Rambøll, 2012: Delaftale 28 Sydsamsø. Endelig rapport.
- Sandersen & Jørgensen, 2016: Kortlægning af begravede dale i Danmark. Opdatering 2010-2015. GEUS Særudgivelse, bind 1 & 2.
- Sandersen, P.B.E., Jørgensen, F., Kallesøe, A.J. & Møller, I., 2018: Opstilling af geologiske modeller til grundvandsmodellering. Geovejledning 2018/1. GEUS Særudgivelse.
- Smed, P., 1979: Landskabskort over Danmark. Blad 1, Nordjylland, Geografforlaget.
- Smed, P., 1981a: Landskabskort over Danmark. Blad 2, Midtjylland, Geografforlaget.
- Smed, P., 1981b: Landskabskort over Danmark. Blad 3, Sønderjylland, Fyn, Geografforlaget.
- Smed, P., 1981c: Landskabskort over Danmark. Blad 4, Sjælland, Lolland, Falster, Bornholm, Geografforlaget.
- Thorling, L. og Sørensen B.L., 2014: Kemisk tilstandsvurdering Vandplan II. Rapportering af data og metodevalg. <https://www.geus.dk/media/7935/lthorling-2014-78pdf-adobe-acrobat-pro.pdf>
- Thorling, L., Hansen, B., Larsen, C.L., Larsen, F., Mielby, S., Johnsen, A.R., & Troldborg, L. 2016: Grundvand. Status og udvikling 1989 – 2015. Teknisk rapport, GEUS 2016. <https://www.geus.dk/Media/8/B/g-o-2015.pdf>
- Thorling, L., Møller, I., Nilsson, B., Sandersen, P. & Troldborg, L., 2019: Dokumentationsrapport, Nitrattilstand for grundvandsforekomster, metodeudvikling. Miljøstyrelsens projekt 'Udvikling af metode for relevante undersøgelser for vurdering af nitratpåvirkning af grundvandsforekomsterne (GVF) – Leverance 7'. GEUS-rapport 2019/6. <https://www.geus.dk/media/6844/dokumentationsrapport-nitrattilstand-for-grundvandsforekomster-metodeudvikling-2019-2.pdf>
- Thorling, L., Albers, C.N., Ditlefsen, C., Ernstsens, V., Hansen, B., Johnsen, A.R., & Troldborg, L., 2019a: Grundvand. Status og udvikling 1989 – 2018. Teknisk rapport, GEUS 2019. <https://www.geus.dk/media/8321/grundvand1989-2018-rettet.pdf>
- Thorling, L., Vangkilde-Pedersen, T., & Troldborg, L., 2019b: Opdateret Leverance 2 i projektet 'Metode for vurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand og nye vurderinger af tilstanden fsva. Nitrat' GEUS-notat nr. 07-VA-2019-5.
- Thorling, L., Nilsson, B., Møller, I., Troldborg, L. og Sandersen, P., (2020): Metode for vurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand og nye vurderinger af tilstanden fsva.

Nitrat". Slutrapportering". GEUS-rapport 2020/4. https://www.geus.dk/media/6842/nitratil-stand-geusrap_2020-4-m-bilag-og-forside-uden-bilag2.pdf

Thorling, L., Ditlefsen, C., Ernstsén, V., Hansen, B., Johnsen, A.R., & Troldborg, L. 2021: Grundvand. Status og udvikling 1989 – 2019. Teknisk rapport, GEUS 2021. <https://www.geus.dk/Media/2/1/Grundvandsoverv%C3%A5gning%201989-2019.pdf>

Troldborg, L., Sørensen, B.L., Kristensen, M. & Mielby, S., 2014: 'Afgrensning af grundvandsforekomster - Tredje revision af grundvandsforekomster i Danmark'. GEUS-rapport 2014/58, København.

Troldborg, L. 2019: Leverance 3, opdateret notat om indtagkobling og indvindingsmængde. GEUS Notat 06-VA-19-02

Troldborg, L., 2020: Afgrensning af de danske grundvandsforekomster. GEUS-rapport 2020/1, København. https://www.geus.dk/Media/2/5/GEUSrapport_2020_1_GVF_afgraensning_web.pdf

Vigtige Links:

GRUMO: <https://www.geus.dk/vandressourcer/overvaagningsprogrammer/grundvandsovervaagning/>

VAP: <http://pesticidvarsling.dk/>

Vandplanerne: <https://mst.dk/natur-vand/vandmiljoe/vandomraadeplaner/>

Adgang til data i Jupiter: <https://www.geus.dk/produkter-ydelser-og-faciliteter/data-og-kort/national-boringsdatabase-jupiter/adgang-til-data/>

Adgang til alle resultater: <https://vandplandata.dk/vandomraade>

Bilag

Alle GEUS-notater tilknyttet leverancerne i projektet fremgår af Bilagene.
Samtlige faglige temaer og dokumentationsark vil blive tilgængelige på vandplandata.dk

Oversigt over bilag

Bilag 1	GEUS-notat 07-VA-2020-2. Datakildenotatet: Datakilder i form af vandanalyser, der anvendes ved vurdering af grundvandets tilstand i forbindelse med vandområdeplanerne 2021-2027
Bilag 2	GEUS-notat 07-VA-2020-04. Udtræk af data fra Jupiter databasen og etablering af datatyper <ul style="list-style-type: none">• GEUS-NOTAT nr.: 07-VA-2020-4• Appendiks 1: Bestilling og udtræk af overblikstabeller.• Bilag 1 Uddrag af projektbeskrivelse pr. 2. april 2020 for metodeudvikling af pesticidtilstandsvurderingen.
Bilag 3	GEUS-notat 06-VA-2020-01. Revision af indtagkobling til grundvandsforekomster.
Bilag 4	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 5	GEUS-notat 07-VA-2020-05. Kriterier til at fordele grundvandsforekomster i risiko for ringe tilstand til en basal eller videregående undersøgelse baseret på en adækvat konceptuel model.
Bilag 6	GEUS-notat 07-VA-2020-10. Leverance 5: Aggregering af data og udarbejdelse af datasæt til brug for tilstandsvurderingen for pesticider. <ul style="list-style-type: none">• GEUS-NOTAT nr.: 07-VA-2020-10 - Leverance 5: Aggregering af data og udarbejdelse af datasæt til brug for tilstandsvurderingen for pesticider.• Bilag 1. Procedure for leverance 5A• Bilag 2. Procedure for leverance 5B• Bilag 3. Uddrag af projektbeskrivelsen, leverance 5
Bilag 7	GEUS-notat 07-VA-2020-9. Leverance 6: Opdeling i tilstand efter beslutningstræ, til brug for tilstandsvurderingen for pesticider. <ul style="list-style-type: none">• GEUS-NOTAT nr.: 07-VA-2020-9. Leverance 6: Opdeling i tilstand efter beslutningstræ, til brug for tilstandsvurderingen for pesticider.• Bilag 1. Metodebeskrivelse for tildeling af tilstand efter beslutningstræ, leverance 6B.• Bilag 2. Uddrag af projektbeskrivelsen, leverance 6B

Bilag 8	GEUS-notat 05-VA-2020-03. Notat om udvælgelse af betydende pesticid-stoffer til vurdering af grundvandsforekomsters tilstand.
Bilag 9	Beskrivelse af de faglige temaer i dokumentationsarkene.
Bilag 10	Faglige temaer for tre udvalgte Grundvandsforekomster. <ul style="list-style-type: none"> • DK112_dkmf_1345_ks, (videregående undersøgelse) i ringe tilstand. • DK110_dkmj_43_ks (basal undersøgelse af en dyb GVF) i god tilstand. • DK205_dkms_3194_ks, (basal undersøgelse, lille terrænnær) ringe tilstand.
Bilag 11	Understøttende analyser til den konceptuelle model
Bilag 12	Kort over de resulterende tilstandsvurderinger mm. <ul style="list-style-type: none"> • Bilag 12.1. Alle maskin- og workshopvurderede GVF inddelt efter bjergartstype. • Bilag 12.2. Kun workshop vurderede GVF inddelt efter bjergartstype • Bilag 12.3. Forekomst af de betydende pesticider i workshop vurderede GVF'er