

GRUNDVANDSOVERVÅGNING

1989-2021

Resume



Resume

Grundvandsovervågning

Status og udvikling 1989 – 2021

GEUS 2023

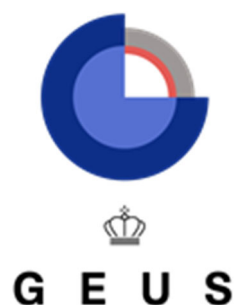
Redaktør: Lærke Thorling

Forfattere:

Lærke Thorling
Christian Nyrop Albers
Birgitte Hansen
Anders R. Johnsen
Jolanta Kazmierczak
Mette Hilleke Mortensen
Ingelise Møller
Lars Troldborg

Dato 3. marts 2023

Rapporten kan hentes på: www.grundvandsovervaagning.dk



1 Sammenfatning

1.1 Grundvandsressourcen og dens udnyttelse

Indledning

De seneste 100 år har nedbørsmængden i Danmark været stigende. DMI laver opgørelser af nedbørsmængder i Danmark og har for den seneste klimanormal (1991-2020) opgjort en stigning på ca. 7 % i forhold til den forudgående klimanormal (1961-1990) (DMI 2021). I absolutte tal svarer det til ca. 50 mm/år i forskel mellem de to klimanormaler, hvilket kan have medført en højere grundvandsstand i dele af landet. Højere grundvandsstand må især forventes at optræde i områder, der ikke er kunstigt drænet. I drænedede områder vil en større nedbør især øge drænvandsafstrømningen til vådområder og vandløb.

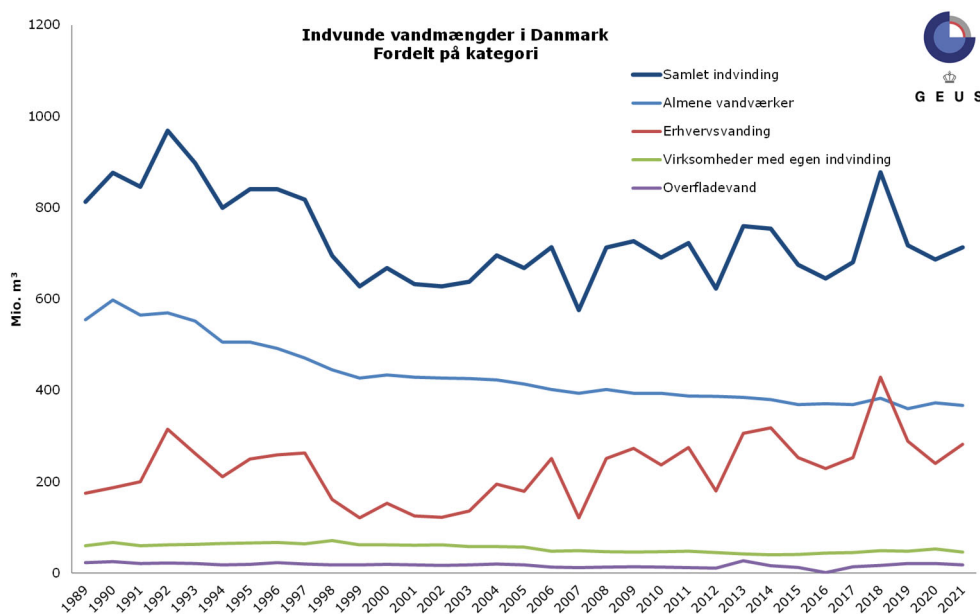
Drikkevandsforsyningen i Danmark er baseret på indvinding af grundvand med Christiansø som den eneste undtagelse, hvor der hovedsageligt benyttes afsaltet havvand som drikkevand. Omkring 2.600 almene vandværker står for hovedparten af grundvandsindvindingen til drikkevand. Derudover indvindes grundvand fra en række mindre ikke-almene vandværker, som hver forsyner mindre end 10 ejendomme.

Datagrundlaget

Grundvandsstanden registreres i Det Nationale Pejleprogram med automatisk dataopsamling i ca. 150 pejlestationer. Opgørelsen af udviklingen i vandstanden er ikke gennemført for 2021, da de programlagte data ikke er indsamlet i 2021. Indvundne vandmængder indberettes årligt af kommunerne til Jupiter, når de modtager og kvalitetssikrer data fra vandværker og andre vandindvindere.

Status og udvikling

Grundvandsressourcen overvåges, så der kan foretages en løbende vurdering af den generelle vandbalance med henblik på en bæredygtig udnyttelse af den tilgængelige vandressource. Figur 1 viser den samlede årlige indvinding, som de seneste år har ligget mellem 600 og 800 mio. m³/år.



Figur 1. Vandindvinding i Danmark i perioden 1989-2021 opdelt på almene vandværker, erhvervsvandning, industri og overfladevand. Den samlede indberettede indvinding er vist med en fed, mørkeblå linje. Bemærk, hvorledes den varierer med erhvervsvandningen, hvoraf markvandning udgør hovedparten.

Almen vandforsyning står for hovedparten af indvindingen. Året 2018 udgør en undtagelse fra det generelle billede, idet der dette år var en meget stor markvandning, der i omfang overgik den samlede indvinding til de almene vandværker.

Indvinding af grundvand til markvanding, gartneri og dambrug (kategorien erhvervsvanding) svinger meget fra år til år og var i 2021 omkring 280 mio. m³, hvilket ligger lidt over den øvre kvartil for hele perioden (1989-2021). Indvindingen, uden erhvervsvanding, var omkring 1990 på 700 mio. m³/år, men er faldet frem mod år 2000 og har efterhånden stabiliseret sig omkring 500 mio. m³/år.

Indvindingen af overfladevand i Danmark er meget begrænset og udgjorde i 2021 godt 3 % af den samlede indvinding. Overfladevand indgår ikke i drikkevandsforsyningen i Danmark.

1.2 Nitrat

Indledning

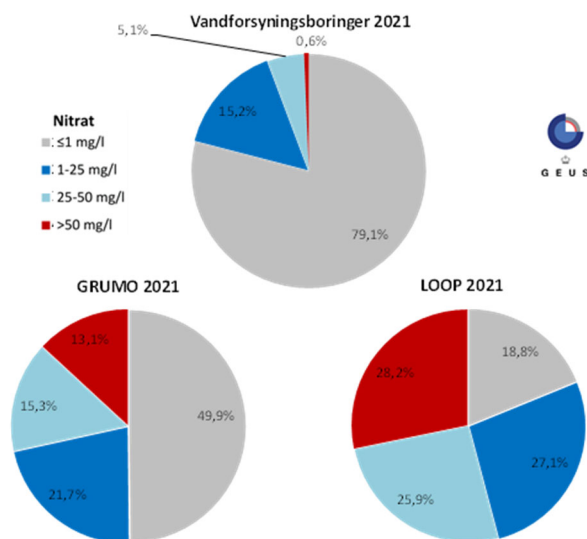
Nitrat i grundvandet er uønsket både af hensyn til drikkevandskvaliteten og på grund af risikoen for påvirkning af det øvrige vandmiljø. Det skyldes, at nitrat i drikkevandet kan være sundhedsskadeligt, og at nitrat i grundvandet kan bidrage til eutrofiering af vandløb, søer og det marine miljø ved udstrømning til overfladevand. Kvalitetskravet for nitrat i såvel grundvand som drikkevand er både nationalt og i EU fastsat til 50 mg/l. Af hensyn til grundvandsbeskyttelsen er ca. 17 % af Danmarks areal udpeget som nitratfølsomme indvindingsområder for drikkevand i 2022.

Datagrundlag

Der udtages vandprøver fra indtag fra tre forskellige typer af boreriger etableret med forskelligt formål: GRUMO-, LOOP- og vandforsyningsboringer. GRUMO- og LOOP-indtagene dækker grundvandsdelen af det nationale overvågningsprogram NOVANA. GRUMO-indtagene findes i boreriger med dybder ned til mere end 100 m u.t., LOOP-indtagene findes i korte, overfladenære boreriger etableret for at følge udvaskning af nitrat til højtliggende grundvand under dyrkede arealer. Data fra vandforsyningsboringerne stammer fra den lovpligtige boringskontrol. Prøvetagningen i GRUMO veksler mellem kontrolovervågning, hvor alle programlagte indtag prøvetages, og operationel overvågning, hvor der fortrinsvis prøvetages indtag med en påvirkning af nitrat og pesticider, se kapitel 2. 2021 var et år med kontrolovervågning.

Status og udvikling, grundvandsovervågning

Figur 2 viser indholdet af nitrat i GRUMO- og LOOP-indtag samt vandforsyningsboringer, der er prøvetaget i 2021.

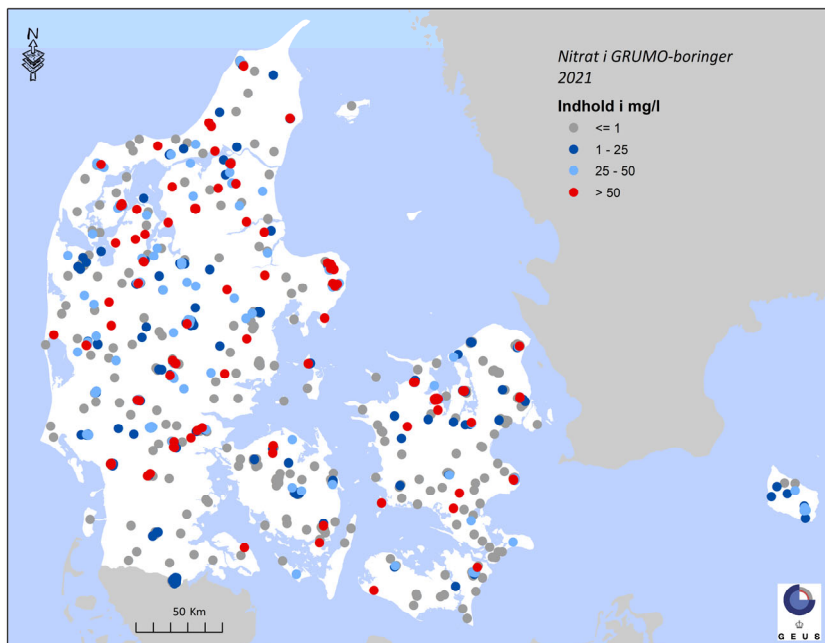


Figur 2. GRUMO, LOOP og Vandforsyning. Fordelingen af det gennemsnitlige nitratindhold 2021 i 1.037 GRUMO-indtag, 85 LOOP-indtag og 1.858 vandforsyningsboringer.

I ca. 13 % af GRUMO- og 28 % af LOOP-indtagene lå nitratindholdet over 50 mg/l, mens knap 1 % af indtagene i vandforsyningsboringer havde mere end 50 mg/l nitrat. I GRUMO- og LOOP-indtagene er nitratkoncentrationen mellem 25 og 50 mg/l i hhv. ca. 15 og 26 % mod ca. 5 % i

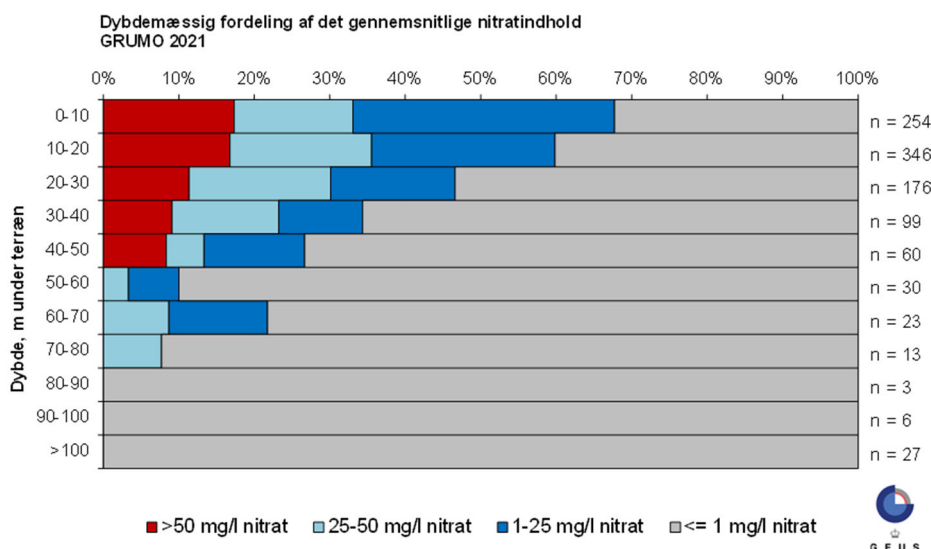
vandforsyningsboringerne. Nitratfrit grundvand, (nitrat ≤ 1 mg/l) optræder i ca. 50 % af GRUMO-, i ca. 19 % af LOOP-indtagene og i ca. 79 % af vandforsyningsboringerne.

Figur 3 viser den geografiske fordeling af nitratinholdet i 2021 i GRUMO-indtag, hvoraf det ses, at nitratkoncentrationer over kvalitetskravet på 50 mg/l er fundet fordelt i hele landet.



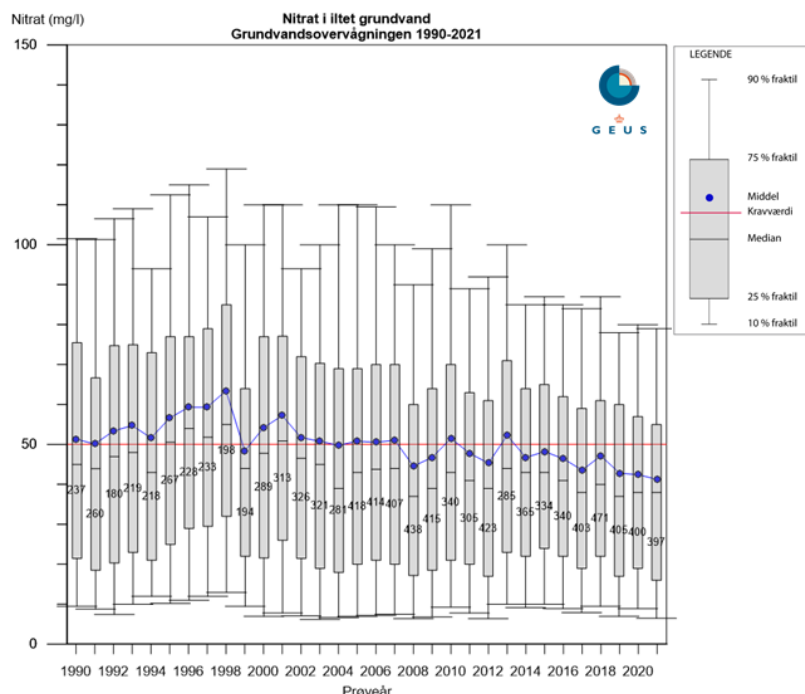
Figur 3. GRUMO. Nitratinholdet i grundvand i 2021 i 1.037 GRUMO-indtag. Nitratinholdet er opdelt på fire koncentrationsklasser. De højeste koncentrationer er afbildet øverst.

Figur 4 viser dybdefordelingen for nitrat i GRUMO-indtag prøvetaget i 2021. Dybden er opdelt i 10 meters intervaller, hvor hovedparten (ca. 90 %) af indtagene findes i de øverste 50 meter. Tættest på terræn (0-10 m u.t.) er nitrat til stede (>1 mg/l) i ca. 68 % af indtagene. Koncentrationen af nitrat er over 50 mg/l i omkring 17 % af indtagene og over 25 mg/l i omkring 33 % af indtagene. Nitratinholdet falder gradvist med dybden. Fra 80 m u.t. er nitratkoncentrationen under 1 mg/l i alle de undersøgte indtag.



Figur 4. GRUMO. Dybdemæssig fordeling (til top af indtag i m u.t.) af det gennemsnitlige nitratinhold i 2021 i 1.037 GRUMO-indtag. Rød signatur viser den procentvise andel af indtag med koncentrationer over kvalitetskravet på 50 mg/l. Antal indtag i hvert dybdeinterval (n) er vist til højre for figuren.

Figur 5 viser fordelingen af det iltholdige grundvands nitratindhold i GRUMO-indtag fra 1990-2021. Figuren er baseret på den årlige gennemsnitlige nitratkoncentration pr. indtag, i de indtag, der indgik i overvågningen i det pågældende prøvetagningsår. Ca. 50 % af GRUMO-indtagene indeholder nitrat, mens delmængden af GRUMO-indtag anvendt til Figur 5, der samtidig indeholder iltholdigt grundvand, i 2021 udgør 38 % af alle GRUMO-indtag.



Figur 5. GRUMO. Tidsserie for nitratindholdet i iltholdigt grundvand i GRUMO-indtag vist som boksdiagrammer for hvert prøvetagningsår i perioden 1990-2021. Figuren er baseret på det gennemsnitlige nitratindhold pr. indtag pr. år. Antal af prøvetagede indtag med iltholdigt grundvand er angivet for hvert år.

Figur 5 viser nitratindholdet i grundvandet på prøvetagningstidspunktet og afspejler ikke en egentlig tidslig udvikling af påvirkningen fra nitratudvaskningen. Det skyldes, at det nitratholdige grundvands alder varierer fra få år og op til 50 år, således som dateringerne af grundvandet har vist (Hansen mfl., 2017).

Det iltholdige grundvands nitratindhold er vist som boksdiagrammer for hvert prøvetagningsår. Gennemsnitsværdi (middelværdi) og kvalitetskrav er vist sammen med 10 %, 25 %, 50 % (median), 75 % og 90 % fraktilerne.

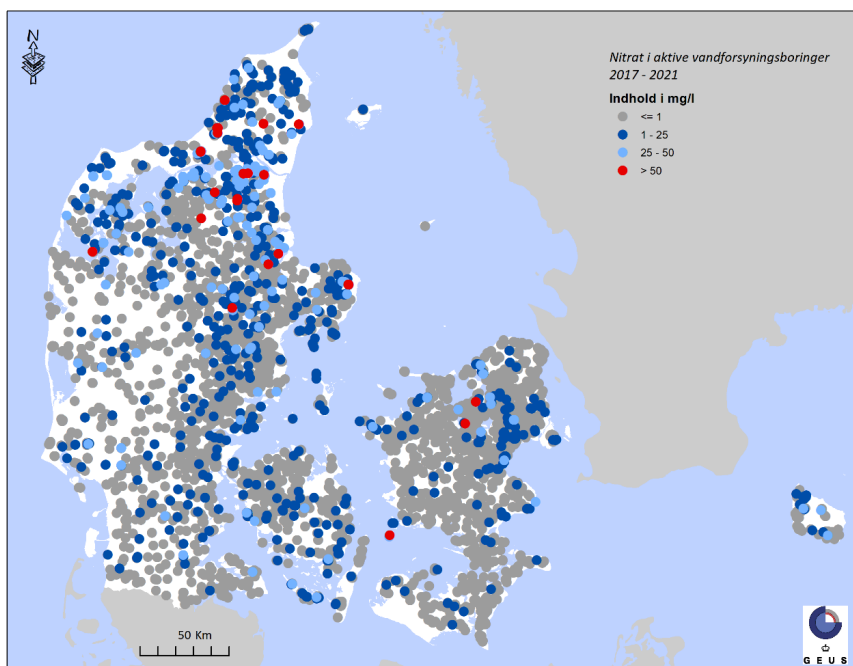
Nitratindholdet i det iltholdige grundvand udviser alle år en stor spredning. Medianværdien ligger igennem hele overvågningsperioden (1990-2021) noget under gennemsnitsværdien, hvilket indikerer, at der forekommer enkelte meget høje nitratværdier. De højeste median- og gennemsnitsværdier blev fundet i de grundvandsprøver, der blev taget i perioden 1996-1998. De seneste 8 år har gennemsnitsværdien af nitratkoncentrationerne i iltholdigt grundvand ligget under kvalitetskravet på 50 mg/l, og der er en tendens til, at såvel 75 % som 90 % fraktilen er faldende, hvilket skyldes, at færre indtag har meget høje koncentrationer. I 2021 er gennemsnitsværdien for nitrat i det iltholdige grundvand ca. 41 mg/l og medianværdien ca. 38 mg/l.

Vandforsyningsboringer

Figur 6 viser den geografiske fordeling af nitratindholdet i grundvandet i vandforsyningsboringer gennem de seneste fem år (2017-2021), beregnet som gennemsnittet i perioden af det årlige gennemsnit for nitrat i de enkelte indtag.

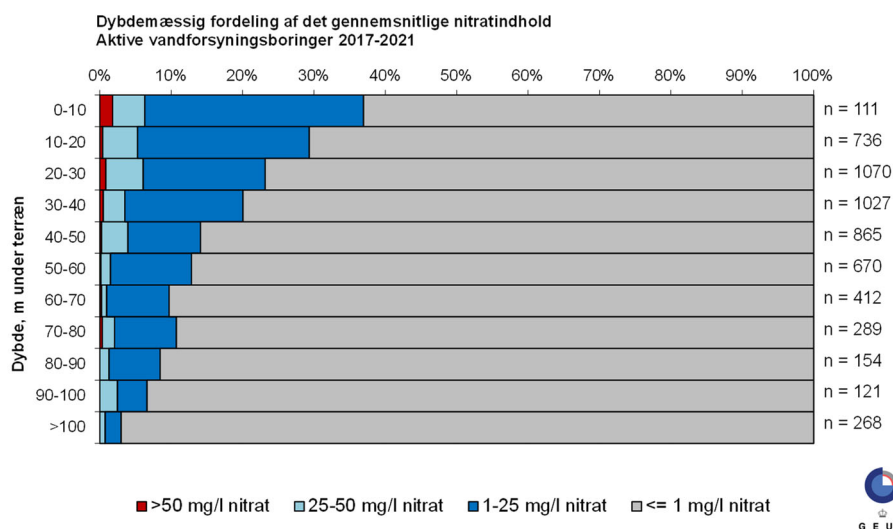
De højeste nitratkoncentrationer målt i prøver fra vandforsyningsboringer optræder især i Nordjylland, Thy, Himmerland og på Djursland. Dette skyldes, at der i disse områder er en ringe naturlig beskyttelse

af grundvandsmagasinerne med lerede dæklag, og at kalken flere steder findes tæt på terræn. Derfor er nitraten trængt dybt ned i grundvandsmagasinerne.



Figur 6. Vandforsyning. Nitratindholdet i grundvandet i 6.103 vandforsyningsboringer fordelt på fire koncentrations-klasser. Data viser gennemsnit pr. indtag i perioden 2017-2021. Der kan indgå boringer, som ikke længere anvendes til drikkevandsforsyning. De højeste koncentrationer er afbildet øverst.

Figur 7 viser dybdemæssig fordeling for nitrat i vandforsyningsboringer i perioden 2017-2021. Der er et gradvist fald i nitratindholdet med dybden. Nitratkoncentrationerne er betydeligt lavere i vandforsyningsboringerne sammenlignet med nitrat i GRUMO-indtagene i 2021, se Figur 4. I vandforsyningsboringerne blev der dog i perioden 2017-2021 fundet nitrat med koncentrationer over 50 mg/l ned til 70-80 m u.t. i enkelte boringer. Der er også fundet nitratkoncentrationer med op til 50 mg/l i vandforsyningsboringer, som er dybere end 100 m u.t.



Figur 7. Vandforsyning. Dybdemæssig fordeling af det gennemsnitlige nitratindhold i 2017-2021 i forhold til top af indtag i m u.t i 5.723 indtag i vandforsyningsboringer. Rød signatur viser den procentvise andel af indtag over kvalitetskravet for nitrat på 50 mg/l. Antal indtag i hvert dybdeinterval er anført til højre for figuren.

Forklaringen på den større hyppighed af fund af nitrat i dybe indtag i vandforsyningsboringerne, sammenlignet med GRUMO-indtagene, kan være, at indvindingen lokalt trækker nitrat dybt ned i grundvandsmagasinerne. Det kan også forklares ved, at der er flere data i de dybere dele af grundvandet for vandforsyningsboringerne end for GRUMO-indtag. Det generelt lavere nitratindhold i vandforsyningsboringer, sammenlignet med nitratindholdet i GRUMO-indtagene, hænger sammen med, at vandforsyningerne undgår indvinding fra boringer, hvor vandkvaliteten ikke lever op til kvalitetskravet for nitrat (Schullehner og Hansen, 2014 og DANVA, 2018).

1.3 Pesticider

Indledning

Pesticider og deres nedbrydningsprodukter kan forekomme i grundvand som følge af erhvervs- eller privat anvendelse af pesticider i skov- og jordbrug, parker, haver, sportsanlæg, og på befæstede arealer. Ifølge grundvandsdirektivets bilag 1 (EU, 2006) dækker pesticidbegrebet også bejdsemidler i såsæd og stoffer med biocidanvendelse fx desinfektionsmidler, konserveringsmidler og biocider i maling- og træbeskyttelse. Grundvandet overvåges for dets indhold af pesticider bl.a. for at vurdere, om reguleringen af pesticidforbruget har de ønskede effekter.

Datagrundlag

I denne rapport diskuteres pesticidanalyser fra perioden 2012-2021 fra indtag i GRUMO- og vandforsyningsboringer. Prøvetagningen i GRUMO veksler mellem kontrolovervågning, hvor alle indtag i pesticidovervågningen prøvetages, og operationel overvågning, hvor der fortrinsvis prøvetages indtag med tidligere pesticidfund. 2021 var et år med kontrolovervågning. Der har over årene indgået et varierende antal stoffer i analyseprogrammerne. For enkeltstoffer af pesticider og nedbrydningsprodukter er kvalitetskravet (grænseværdien) i grundvand og drikkevand fastsat til 0,1 µg/l, mens den for summen af enkeltstoffer er 0,5 µg/l. Kvalitetskravet gælder både for anvendelse som pesticid og biocid. Opgørelsen af pesticidpåvirkningen bygger på en metode, hvor det beregnes, i hvilken andel af indtagene, der mindst én gang i en periode (typisk et, tre eller fem år) har været mindst ét stof med fund over detektionsgrænsen, mindst ét stof med overskridelse af kvalitetskravet på 0,1 µg/l, eller mindst én prøve, hvor pesticidstoffernes sum har overskredet kvalitetskravet på 0,5 µg/l.

Status, grundvandsovervågning

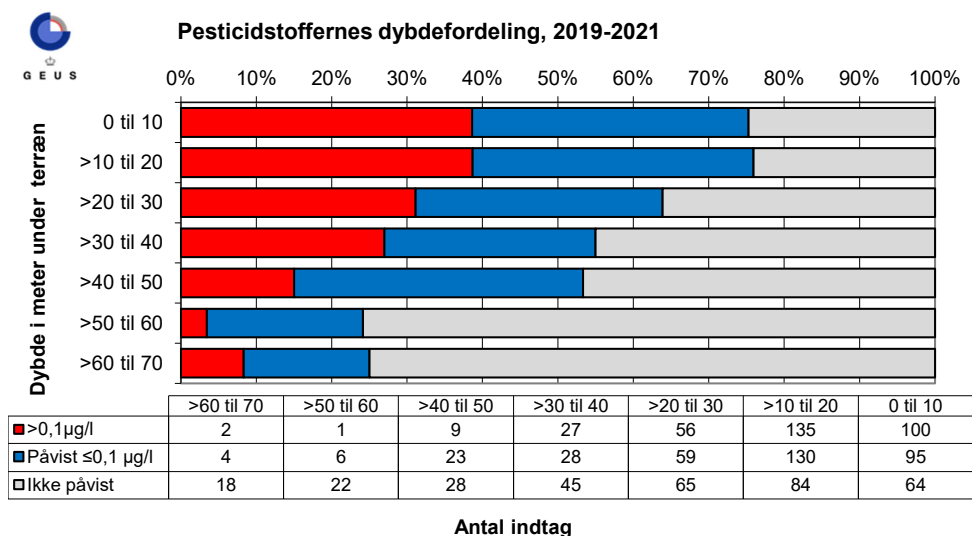
Der blev i 2021 påvist pesticider over- og under kvalitetskravet jævnt fordelt i hele landet. Tabel 1 viser, at der i GRUMO-indtag i 2021 blev fundet pesticidstoffer i 58,5 % af de undersøgte indtag. Kvalitetskravet for enkeltstoffer (0,1 µg/l) var overskredet mindst én gang i 26,4 % af indtagene og kvalitetskravet for summen af målte stoffer var overskredet i 12,1 %. Tabel 1 viser også en periodeopgørelse for 2019-2021, hvor stort set alle programlagte indtag er prøvetaget mindst én gang.

Tabel 1. GRUMO. Pesticidfund i GRUMO-indtag vist som antal og procentvis fordeling af indtag. Indtagene er opdelt i indtag med mindst ét fund og indtag med mindst én overskridelse af kvalitetskravet (>0,1 µg/l for enkeltstoffer og >0,5 µg/l for summen) for enkelte år og for perioden 2019-2021, hvor alle indtag er analyseret mindst én gang. a: Kontrolovervågning, b: Operationel overvågning.

GRUMO	Indtag antal				Indtag andel (%)		
	I alt	Med fund	Enkeltstof >0,1 µg/l	Sum >0,5 µg/l	Med fund	Enkeltstof >0,1 µg/l	Sum >0,5 µg/l
2021 ^a	1.031	603	272	125	58,5	26,4	12,1
2020 ^b	533	386	208	85	72,4	39,0	15,9
2019 ^a	1.034	600	234	95	58,0	22,6	9,2
2019-2021	1.050	687	331	149	65,4	31,5	14,2

Enkeltstoffer blev i perioden påvist i 65,4 % af indtagene, og kvalitetskravet for enkeltstoffer på 0,1 µg/l var overskredet mindst én gang i 31,5 % af indtagene. Summen af målte stoffer overskred kvalitetskravet mindst én gang i 14,2 % af de undersøgte indtag i perioden, hvor der i alle tilfælde allerede var en overskridelse af kvalitetskravet for enkeltstoffer.

Figur 8 viser pesticidernes forekomst i forskellige dybder for perioden 2019-2021. Fundandelene falder generelt med dybden.



Figur 8. GRUMO. Dybdefordeling af pesticider og nedbrydningsprodukter i GRUMO-indtag, der er analyseret i 2019-2021. Indtagene er opdelt i tre koncentrationsintervaller: >0,1 µg/l, påvist ≤0,1 µg/l, samt ikke påvist (under detektionsgrænsen, typisk <0,01 µg/l). Dybden angiver afstanden fra terrænen til indtagets top. Indtag med top dybere end 70 m er ikke vist.

Tidlig udvikling i den faste kerne af indtag i grundvandsovervågningen

Udviklingen i 10 enkeltstoffers fundandel er fulgt for en fast kerne af 323 indtag, som er prøvetaget jævnlige siden 1998. Da der er tale om udvalgte indtag, er fundandelene ikke nødvendigvis repræsentative for stationsnettet som helhed, men udviklingen over tid er sandsynligvis den samme som i resten af stationsnettet. BAMS fundandele har været jævnt faldende, både for de samlede fundandele og for overskridelser af kvalitetskravet. DEIAs fundandele toppede omkring 2008, hvorimod andelen af indtag med overskridelse af kvalitetskravet har været stort set konstant. Desisopropylatrazins fundandele har været faldende siden 2011, mens andelen af overskridelser af kvalitetskravet har været jævnt faldende i hele perioden, så overskridelser nu næsten ikke forekommer i den faste kerne af indtag. Metribuzin-desamino-diketo viser faldende tendens, tydeligst for overskridelser af kvalitetskravet. For bentazon var den samlede fundandel stort set konstant frem til 2011, hvorefter den faldt markant. For metalaxyls nedbrydningsprodukt CGA 108906 er der kun data for en kort årrække, hvor andelen af indtag med fund har været kraftigt stigende.

'Nye' stoffer i grundvandsovervågningsens analyseprogram i 2021

Der blev i 2021 undersøgt for 13 'nye' stoffer, dvs. stoffer som blev tilføjet det generelle analyseprogram i 2021, se kapitel 5. Det hyppigst fundne nye stof var (2,6-dimethyl-phenylcarbamoil)-methansulfonsyre, der er et nedbrydningsprodukt fra herbicidet dimethachlor. (2,6-dimethyl-phenylcarbamoil)-methansulfonsyre blev påvist i 1,9 % af indtagene med overskridelse af kravværdien i 0,4 % af indtagene. Det næsthypigste nye stof var pentachlorbenzen, der er et nedbrydningsprodukt fra quintozen og hexachlorbenzen, men som også har andre kilder. Pentachlorbenzen blev påvist i 1,1 % af indtagene med overskridelse af kravværdien i 0,5 % af indtagene. De øvrige nye stoffer blev påvist i få eller ingen indtag.

Screening for 'nye' stoffer i 2021

I 2021 blev 250 udvalgte indtag screenet for 87 pesticidstoffer, som ikke tidligere har indgået i det generelle analyseprogram. Det hyppigst påviste screeningsstof var R471811, der er et nedbrydningsprodukt fra fungicidet chlorothalonil, der har været brugt som plantebeskyttelsesmiddel og biocid. R471811 blev

påvist i 11,6 % af de screenede indtag med overskridelse af kravværdien i 3,6 %. Detektionsgrænsen var hævet til 0,02 µg/l. De næsthøypigste screeningsstoffer var LM6 og LM5, der er nedbrydningsprodukter fra herbicidet terbuthylazin, der har været brugt som plantebeskyttelsesmiddel, og sandsynligvis også fra biocidet terbutryn. LM6 blev påvist i 7,2 % af de screenede indtag med overskridelse af kravværdien i 4,4 %. LM5 blev påvist i 6,4 % af de screenede indtag med overskridelse af kravværdien i 2,8 %. Begge stoffer havde en forhøjet detektionsgrænse på 0,05 µg/l.

Pesticider i vandforsyningsboringer

Tabel 2 viser, at der i 2021 blev fundet mindst ét pesticid i 50,1 % af de undersøgte vandforsyningsindtag. 13,4 % af de undersøgte indtag havde mindst én overskridelse af kvalitetskravet, og 2,3 % af de undersøgte indtag havde derudover mindst én overskridelse af kvalitetskravet for pesticidernes sum. Fundandelene har været kraftigt stigende i perioden 2016-2020. Stigningen skyldes ikke, at grundvands tilstand er ændret væsentligt i perioden, men at vores erkendelse af tilstanden er ændret, efterhånden som flere og flere indtag blev testet for især DPC, MDPC og DMS.

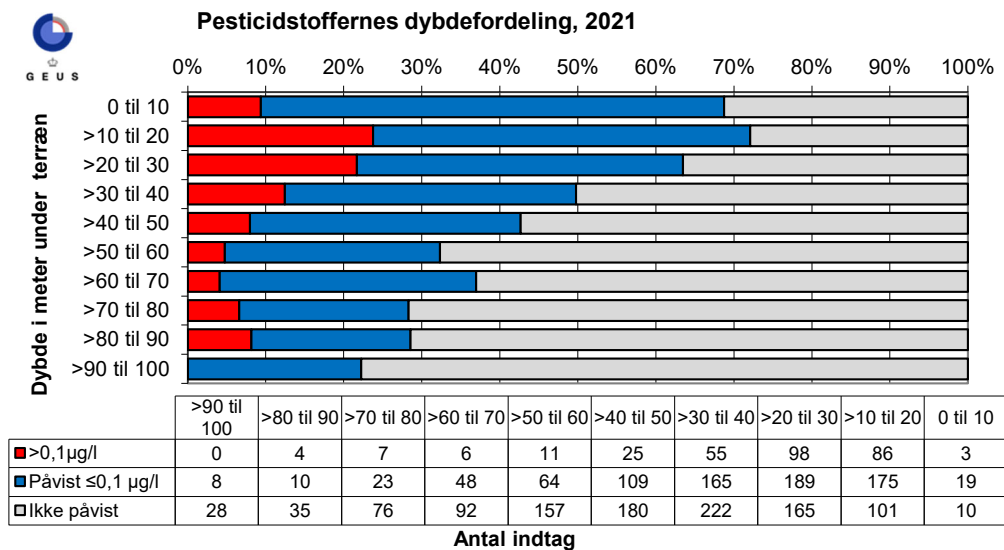
I perioden 2017-2021 blev pesticider fundet mindst én gang i 38,8 % af de undersøgte indtag, hvor 10,7 % af de undersøgte indtag havde mindst én overskridelse af kvalitetskravet. Kvalitetskravet for summen af pesticider var overskredet mindst én gang i 2,0 % af de undersøgte indtag. Pesticidfund og overskridelser af kvalitetskravet er udbredte i hele landet, men der var en øget forekomst af overskridelser af kvalitetskravet for enkeltstoffer i det nordligste Jylland, i et bælte tværs over det sydlige Danmark, samt i Hovedstadsområdet.

Figur 9 viser pesticidfundenes dybdefordeling i 2021. Fundandele og overskridelser af kvalitetskravet er størst i det øverste grundvand og aftager med dybden, men der er enkelte fund og overskridelser af kvalitetskravet i boringer, som har filtertop dybere end 100 m u.t.

Tabel 2. Vandforsyning. Pesticidfund i vandforsyningsboringernes indtag vist som antal og procentvis fordeling af indtag. Indtagene er opdelt i indtag med mindst ét fund og indtag med mindst én overskridelse af kvalitetskravet (>0,1 µg/l for enkeltstoffer og 0,5 µg/l for summen) for enkelte år og for perioden 2017-2021. 2019-tal i parentes er opgørelser uden indtag, som kun er analyseret for CTAS og/eller chlorothalonilamidbenzoesyre. Hvert år bygger på data fra årsspecifikke udtræk fra Jupiter.

Vandforsyningsindtag	Indtag Antal				Indtag andel (%)		
	I alt	Med fund	Enkeltstof >0,1 µg/l	Sum >0,5 µg/l	Med fund	Enkeltstof >0,1 µg/l	Sum >0,5 µg/l
2021	2393	1198	321	56	50,1	13,4	2,3
2020	2.219	1.131	323	51	51,0	14,6	2,3
2019	3.933 (2.494)	1.142 (1.130)	318 (317)	55 (55)	29,0 (45,3)	8,1 (12,7)	1,4 (2,2)
2018	2.556*	1.043*	284*	50*	40,8*	11,1*	2,0*
2017	2.781*	815*	205*	44*	29,3*	7,4*	1,6*
2017-2021	6428	2493	689	129	38,8	10,7	2,0

*Opgjort for boringer i stedet for indtag. Fra 2019 er pesticiddata opgjort for de enkelte vandværksindtag i stedet for (som tidligere) på boringsniveau. Databehandlingen bliver dermed identisk med grundvandsovervågningen.



Figur 9. Vandforsyning. Pesticidstoffers dybdefordeling for vandforsyningsindtag prøvetaget i 2021. Indtagene er opdelt i tre koncentrationsintervaller: >0,1 µg/l, påvist ≤0,1 µg/l, samt ikke påvist (under detektionsgrænsen, typisk <0,01 µg/l). Dybden angiver afstanden fra terræn til indtagets top. Indtag med top dybere end 100 m er ikke vist.

De hyppigst fundne pesticider

Tabel 3 viser de 5 hyppigst fundne pesticidstoffer i 2021 i GRUMO-indtag og vandforsyningsindtag. De 25 hyppigst fundne pesticidstoffer fremgår af **Fejl! Henvisningskilde ikke fundet.** i kapitel 5.

Desphenylchloridazon (DPC) var det hyppigst påviste pesticid i GRUMO-indtag i 2021, idet stoffet blev påvist i 25,0 % af de undersøgte indtag og indholdet var højere end kvalitetskravet i 13,2 % af indtagene. I vandforsyningernes indtag blev DPC påvist i 22,8 % af de undersøgte indtag, og indholdet var højere end kvalitetskravet i 6,0 % af indtagene. DPC og MDPC er nedbrydningsprodukter fra herbicidet chloridazon, som overvejende blev brugt i bederoer (sukkerroer og foderroer) og solgt i perioden 1964-1996.

Tabel 3. GRUMO & Vandforsyning. De 5 hyppigst fundne pesticidstoffer i 2021 i GRUMO-indtag og vandforsyningsindtag. Tabellen viser andel indtag opdelt efter mindst ét fund eller mindst én overskridelse af kvalitetskravet (>0,1 µg/l). I tabellen indgår kun stoffer analyseret i mere end 100 indtag. Se også bilag 5.1 og 5.3, der viser alle analyserede stoffer.

GRUMO-indtag 2021			Vandforsyningsindtag 2021		
Stofnavn	Med fund (%)	>0,1 µg/l (%)	Stofnavn	Med fund (%)	>0,1 µg/l (%)
DPC (desphenyl-chloridazon)	25,0	13,2	DMS (N,N-dimethylsulfamid)	33,5	7,8
DMS (N,N-dimethylsulfamid)	21,9	3,1	DPC (desphenyl-chloridazon)	22,8	6,0
1,2,4-Triazol	13,7	5,6	BAM (2,6-dichlorbenzamid)	14,7	1,4
MDPC (methyl-desphenyl-chloridazon)	13,5	4,9	MDPC (methyl-desphenyl-chloridazon)	5,5	0,7
R471811 (4-bis-amido-3,5,6-trichlorobenzenesulfonata)	11,6	3,6	(2,6-dimethyl-phenylcarbonyl)-methansulfonsyre	4,9	0,2

N,N-dimethylsulfamid (DMS) var i 2021 det hyppigst påviste pesticid i vandforsyningernes indtag med fund i 33,5 % af de undersøgte indtag og indholdet var højere end kvalitetskravet i 7,8 % af indtagene. I GRUMO-indtag blev DMS påvist i 21,9 % af de undersøgte indtag og med overskridelse af kvalitetskravet i 3,1 % af indtagene. Moderstofferne tolylfluamid og dichlofluamid har været brugt både som sprøjtemiddel i frugt- og bærproduktion (tolylfluamid: 1973-2007; dichlofluamid: 1966-1974) og som biocid i uden-dørs maling og træbeskyttelse (udfaset i perioden 2008-2015). Det tredje moderstof, cyazofamid har været brugt som sprøjtemiddel i kartofler siden 2004. Miljøstyrelsen har i januar 2023 tilbagekaldt godkendelserne af produkter med cyazofamid pga. risiko for uacceptabel udvaskning af DMS og DMSA til grundvand. De lavere fundandele i GRUMO-indtag sammenlignet med vandforsyningsindtag skyldes sandsynligvis, at GRUMO-boringer fortrinsvis ligger i det åbne land, og derfor kun i mindre omfang overvåger udvaskningen af DMS fra moderstoffernes biocidanvendelse på træværk i bebyggede områder.

1,2,4-triazol blev i 2021 fundet i 13,7 % af de undersøgte GRUMO-indtag med overskridelse af kvalitetskravet i 5,6 % af indtagene. I vandforsyningsindtag blev 1,2,4-triazol i 2021 påvist i 1,3 % af de undersøgte indtag uden overskridelse af kvalitetskravet. Fund og overskridelser er dermed langt mindre i vandforsyningsindtag end i GRUMO-indtag, men der er ikke nogen umiddelbar forklaring på, hvorfor det forholder sig sådan. 1,2,4-triazol er et nedbrydningsprodukt fra en række triazol-fungicider. Moderstofferne anvendes bl.a. som sprøjtemidler og bejdsemidler i landbruget og som biocid i maling og træbeskyttelsesmidler.

2,6-dichlorbenzamid (BAM) har historisk været et af de hyppigst påviste nedbrydningsprodukter i GRUMO- og vandforsyningsindtag. I 2021 blev BAM påvist i 10,1 % af de undersøgte GRUMO-indtag med overskridelse af kvalitetskravet i 2,8 % af indtagene. I vandforsyningsindtag blev BAM påvist i 14,7 % af de undersøgte indtag med overskridelse af kvalitetskravet i 1,4 % af indtagene.

Screeningsstoffet **R471811** var det femte-hyppigste pesticidstof i GRUMO-indtag i 2021 med fund i 11,6 % af indtagene (3,6 % over kvalitetskravet). R471811 er ikke undersøgt i vandforsyningsindtag i 2021 eller tidligere. R471811 er et nedbrydningsprodukt fra fungicidet chlorothalonil, der har været brugt som plantebeskyttelsesmiddel og biocid.

(2,6-dimethyl-phenylcarbamoyl)-methansulfonsyre var i 2021 et 'nyt' stof i både drikkevandsbekendtgørelsens pesticidliste og grundvandsovervågningsens stofliste. (2,6-dimethyl-phenylcarbamoyl)-methansulfonsyre er et nedbrydningsprodukt fra dimethachlor og var det femte-hyppigste pesticidstof i vandforsyningsindtag med fund i 4,9% af indtagene (0,2 % over kvalitetskravet). Fundandelen var lavere i GRUMO-indtagene med fund i 1,9 % (0,4 % > kravværdien).

1.4 Sporstoffer

Indledning

Stofgruppen uorganiske sporstoffer omfatter bl.a. tungmetaller som cadmium og bly, men også letmetaller som aluminium og ikke-metaller som fx arsen og bor. Uorganiske sporstoffer findes naturligt i grundvandet, typisk i koncentrationer i størrelsesordenen µg/l. De uorganiske sporstoffer har meget forskellige kemiske egenskaber, anvendelser og geologisk forekomst. Fælles for en lang række af sporstofferne gælder det dog, at de målte koncentrationer kan rumme bidrag fra både naturlige processer og menneskeskabt aktivitet.

Datagrundlag

Sporstoffer målt i GRUMO-indtag rapporteres for 2021 og for programperioden 2017-2021, og data fra vandforsyningernes boringskontrol rapporteres for 2021 og den 5-årige periode 2017-2021. Tabel 4 viser hvilke analyseparametre, der pt. indgår i grundvandsovervågningsprogrammet i programperioden 2017-2021, samt hvilke parametre, der indgår i overvågning af grundvandskvaliteten i vandforsyningsboringerne i forbindelse med den obligatoriske boringskontrol. Prøvetagningsfrekvensen i såvel GRUMO-indtag som vandforsyningsboringer varierer fra årlige prøver til én prøve hvert 5 år.

Tabel 4. GRUMO og Vandforsyning. Analyseparametre for 2017-2021 for uorganiske sporstoffer i grundvandsovervågningen og obligatoriske stoffer i boringskontrollen for vandforsyningsboringer.

Uorganiske sporstoffer	GRUMO	Vandforsyning ^a
Aluminium (Al)	X	X ^b
Arsen (As)	X	X
Barium (Ba)		X
Beryllium (Be)	X	
Bly (Pb)	X	
Bor, total (B)	X	X
Cadmium (Cd)	X	
Jod (I)	X	
Kobber (Cu)	X	
Kobolt, total (Co)		X
Nikkel (Ni)	X	X
Strontium, total (Sr)		X ^c
Zink (Zn)	X	
a) Der er kontrol for andre uorganiske sporstoffer ud fra de lokale geologiske forhold og de forureningskilder. b) Analyseres, hvis pH i grundvandet er under 6. c) Analyseres ved indvinding i områder med skrivekridt.		

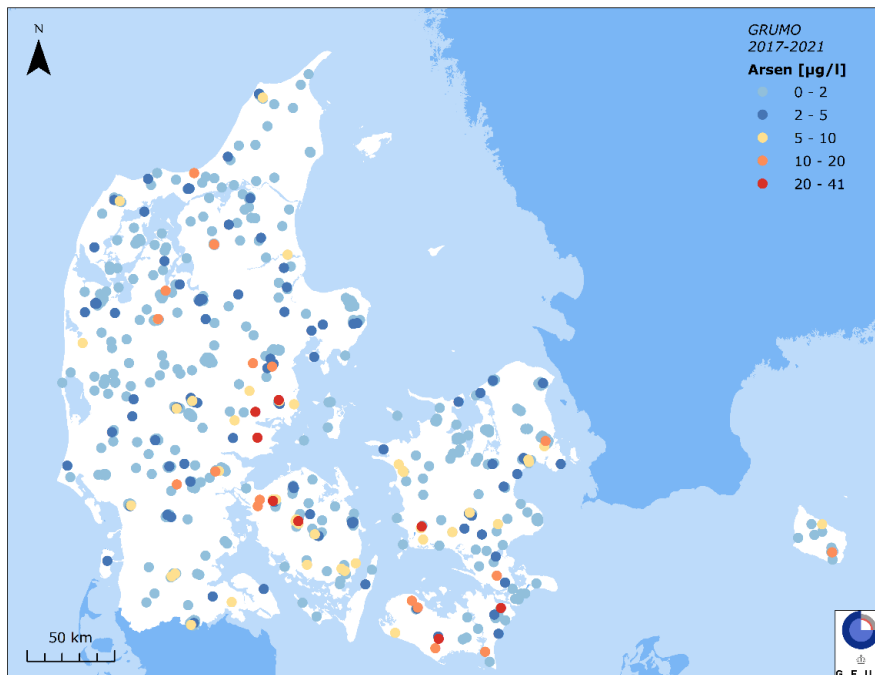
Grundvandsovervågning

I perioden 2017-2021 er prøver fra de aktive GRUMO-indtag analyseret for aluminium, arsen, beryllium, bly, bor, cadmium, jod, nikkel og zink. GRUMO-indtagene er analyseret mindst én gang, og indtag med operationel overvågning op til fem gange. Den gennemsnitlige koncentration for perioden 2017-2021 overskrider kravværdien for drikkevand for fem stoffer: aluminium, arsen, bly, bor og nikkel. Andelen af overskridelsen af kravværdien i perioden er 5,3 % for aluminium, 6,8 % for arsen, 0,6 % for bly, 0,7 % for bor, og 2,7 % for nikkel. Overskridelserne er fordelt på 148 indtag, svarende til 14 % af de undersøgte indtag. I 16 indtag (1,6 %) overskrides kravværdien for to af de målte stoffer. I 1 indtag (0,1 %) overskrides kravværdien for tre af de målte stoffer.

For perioden 2017-2021 var gennemsnitskoncentrationen af cadmium, kobber og zink under kravværdien for drikkevand i alle GRUMO-indtag.

I hovedrapporten, kapitel 6, er disse fem stoffer beskrevet uddybende: aluminium, arsen, nikkel, kobber og zink. Arsen er det sporstof, hvor koncentrationen i GRUMO-indtag i perioden 2017-2021 hyppigst overskrider kravværdien for drikkevand. Arsen forekommer naturligt i en række mineraler, fx jernoxid/hydroxider, arsenopyrit og andre sulfider. Redoxforholdene er stærkt styrende for mobiliteten af arsen i jordlagene. Iltfattigt grundvand indeholder som hovedregel mere arsen end iltholdigt grundvand.

Figur 10 viser, at arsen i GRUMO-indtag i perioden 2017-2021 optræder i koncentrationer under kravværdien (KV) for drikkevand, 5 µg/l, jævnt fordelt over hele landet. Grundvand med naturligt højere koncentrationer af arsen findes især på Sjælland, på Falster og Lolland, i den vestlige og sydlige del af Fyn og Østjylland.

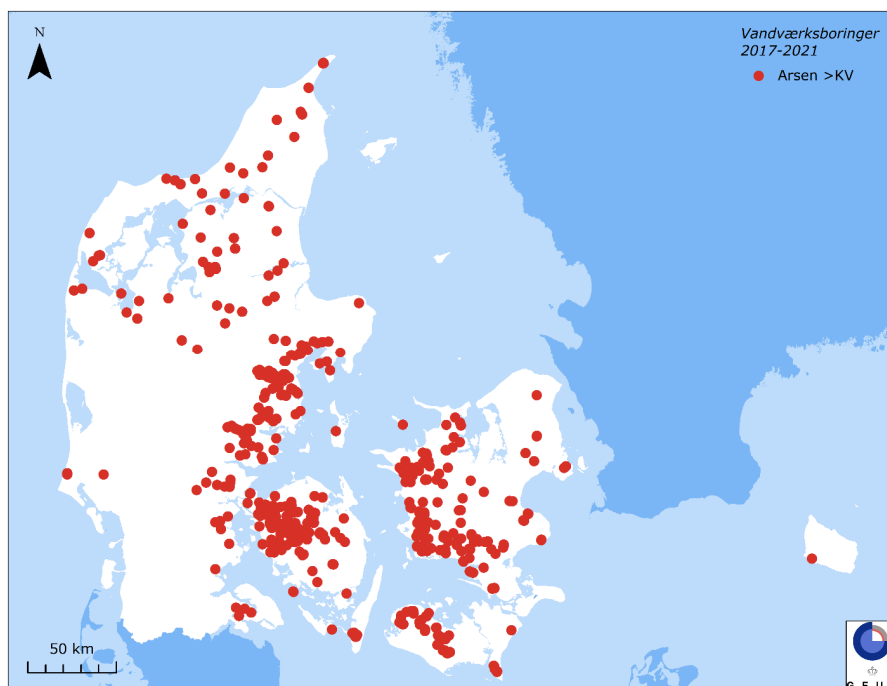


Figur 10. GRUMO. Gennemsnitlige arsenkoncentrationer på indtagniveau i 1.031 GRUMO-indtag i perioden 2017-2021. De højeste koncentrationer er afbildet øverst.

Vandforsyningsboringer

For perioden 2017-2021, hvor alle vandforsyningsboringer kan forventes at være prøvetaget mindst én gang, er der indberettet analyser for uorganiske sporstoffer for 6.102 vandforsyningsboringer. Hovedparten af boringerne er analyseret for de obligatoriske stoffer: arsen, barium, bor, kobolt og nikkel. Desuden er et større antal boringer analyseret for strontium (indvinding fra skrivekridt) og aluminium (pH <6). Ud af de 6.102 vandforsyningsboringer er der fundet overskridelse af kravværdien for ét eller flere stoffer i 860 boringer, svarende til 14 %. De vejledende værdier for barium og strontium (Miljøstyrelsen, 2022) overskrides i 89 boringer (1 %). Der er overskridelser af kravværdien eller den vejledende værdi for aluminium (0,5 %), arsen (12 %), barium (0,1 %), bor (0,5 %), kobolt (0,6 %), nikkel (1,5 %), strontium (5,2 %) og zink (0,2 %). I mindre end 1 % af indtagene er der overskridelser for mere end et stof.

Arsen er det sporstof, hvor koncentrationen i vandforsyningsboringer i perioden 2017-2021 hyppigst overskrider kravværdien for drikkevand. Figur 11 viser den geografiske fordeling af vandforsyningsboringer med et arsenindhold, der overskrider kravværdien. Overskridelser af kravværdien for arsen optræder i store dele af Danmark med den største tæthed i Vestsjælland, i områderne langs Køge Bugt, i den nordvestlige del af Lolland, i den centrale og vestlige del af Fyn og i den østligste del af Jylland, fra Mols Bjerge til Kolding. Desuden findes en del boringer med højt indhold af arsen i Himmerland og Vendsyssel.



Figur 11. Vandforsyning. Arsenkoncentrationer over kravværdien (KV) for drikkevand (5 µg/l) i 760 vandforsyningsboringer i 2017-2021. I de fleste tilfælde vil optimeret indvinding og behandling af grundvandet på vandværket nedbringe indholdet af arsen i drikkevandet væsentligt.

1.5 Organiske mikroforureninger

Indledning

Organiske mikroforureninger er en meget forskelligartet stofgruppe med mange forskellige detektionsgrænser og kravværdier. I rapporten er de enkelte stofgruppers anvendelse og risikoprofil ganske kort præsenteret. Stofferne anvendes i mange forskellige sammenhænge, hvor de kan tabes til vandmiljøet. Da disse organiske stoffer samtidig har meget forskellige kemiske egenskaber, varierer deres opførsel i miljøet meget mht. nedbrydelighed, opløselighed osv. Stofferne har det til fælles, at der er tale om organiske stoffer, der som regel træffes i grundvandet i lave koncentrationer. Der er særligt fokus på stoffer, der har en bred anvendelse i samfundet, og hvor den miljømæssige effekt ved tab fra den tilsigtede anvendelse er uønsket. Dette skyldes, at en del af stofferne er giftige for mennesker eller økosystemer, eller kan have hormonforstyrrende effekter selv ved lave koncentrationer. Fokus i årets opgørelse ligger på de per- og polyfluorerede forbindelser (PFAS).

Datagrundlag

Grundvandsovervågningen omfatter for hver programperiode et antal udvalgte stoffer. Dette års rapport er en samlet afrapportering af den netop afsluttede programperiode 2017-2021. For de 12 PFAS-forbindelser, der optræder i drikkevandsbekendtgørelsen, blev der i programperioden prøvetaget 686 indtag, altså ca. 2/3 af de aktive indtag. For udvalgte alifatiske kulbrinter er der resultater fra 1.006 indtag, svarende til næsten alle aktive GRUMO-indtag.

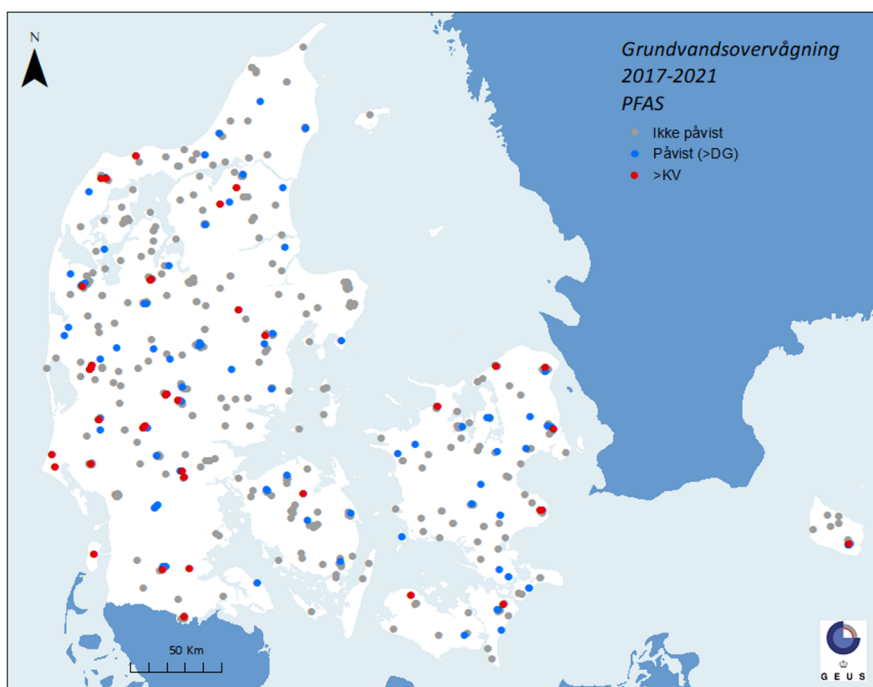
Ved vandværkernes boringskontrol afhænger valget af analyseparametre af, hvilke formodede eller kendte risici for forurening af grundvandet, der optræder inden for de enkelte vandværkers indvindingsoplande. Andelen af fund såvel som overskridelser af grænseværdier kan derfor ikke forventes at være repræsentative for det danske grundvand generelt. Opgørelserne i denne rapport er baseret på data fra femårsperioden 2017-2021, hvor alle aktive vandværksboringer forventes analyseret mindst én gang.

Grundvandsovervågningen

Der var fund af alle 12 PFAS-forbindelser i fra 2 indtag (PFOSA) til 60 indtag (PFOS). Samlet set var der fund af mindst én PFAS-forbindelse i 124 af de 686 undersøgte indtag, svarende til 18,1%. Denne fundandel er noget højere end ved afrapporteringen for 2 år siden, hvilket sandsynligvis skyldes, at detektionsgrænserne løbende bliver lavere. Fundandelen for PFAS kan derfor forventes at stige i de kommende år, i takt med at flere indtag analyseres med lavere detektionsgrænser. PFOS var den hyppigst fundne PFAS-forbindelse, med fund i 8,7 % af de undersøgte indtag.

To indtag overskred kravværdien på 0,1 µg/l for sum af 12 PFAS, svarende til 0,3 %. Kravværdien for sum af 4 stoffer (PFOS, PFOA, PFHxS og PFNA) på 0,002 µg/l var til gengæld overskredet i 40 indtag, svarende til 5,8 % af de undersøgte indtag. Dette til trods for at detektionsgrænsen for disse fire stoffer indtil 2021 lå på 0,001 µg/l, hvorfor sumværdien på 0,002 µg/l kan have været overskredet uden at de enkelte stoffer har kunnet detekteres og en overskridelse af den nuværende værdi dermed kan beregnes. Også antallet af overskridelser af sumværdien for disse fire PFAS-forbindelser må derfor forventes at stige, i takt med at flere indtag i de kommende år analyseres med lavere detektionsgrænser.

Figur 12 viser, at de prøvetagne indtag er spredt rundt i hele Danmark, og det samme ser ud til at gælde for både fund og overskridelser af kravværdi. Det ser således ikke ud til, at PFAS er knyttet til særlige områder af landet.



Figur 12. GRUMO. Forekomst af PFAS i grundvand i GRUMO 2017-2021. Rød markerer fund over en fastsat kravværdi (>0,002 µg/l for "Sum af PFOS, PFOA, PFHxS og PFNA" eller >0,1 µg/l for "Sum af 12 PFAS-forbindelser"). Blå markerer fund under kravværdien. Grå markerer intet målbart PFAS (<DG). De højeste koncentrationer er afbildet øverst.

I 2021 blev grundvandskvalitetskriteriet for PFAS ændret fra at gælde summen af 12 stoffer til at gælde summen af 22 stoffer (de samme 12 PFAS-forbindelser som i drikkevandsbekendtgørelsen samt yderligere 10). 280 GRUMO-indtag blev i 2021 analyseret for denne udvidede PFAS-pakke. Kun et enkelt af de 10 'nye' PFAS-forbindelser (stoffet PFPS blev detekteret i fire indtag, hvor den højeste koncentration var 0,005 µg/l. Selvom datagrundlaget fortsat er lille, ser det altså ikke ud til at de 10 tilføjede stoffer er vidt udbredt i det danske grundvand.

Trifluoreddikesyre (TFA) er et af de simpleste PFAS-stoffer. I 2020 blev der i forbindelse med en screening påvist TFA i 219 af 247 undersøgte GRUMO-indtag. I 2021 er kun et enkelt indtag analyseret for TFA (genfindning af fund i et indtag fra 2020-screeningen), og der er således ikke tilføjet viden om

udbredelsen af TFA i GRUMO-boringer siden sidste års afrapportering. En analyse af TFA-koncentrationer i GRUMO-boringer som funktion af grundvandets alder, viser at jo yngre vandet er, desto højere koncentrationer kan der findes af TFA. Denne sammenhæng stemmer godt overens med den antagelse, at TFA stammer fra diffus atmosfærisk deposition, da denne er steget betydeligt gennem de seneste 50 år. Koncentrationerne i en del indtag med yngre vand ligger dog noget over de niveauer, som er målt i regnvand, hvilket indikerer, at der også er andre mere lokale kilder til TFA, fx nedbrydning af stoffer indeholdende en -CF₃ -gruppe, herunder evt. pesticider.

Samlet set må det konkluderes, at PFAS-forbindelser detekteres i en betydelig andel af de undersøgte GRUMO-indtag. Koncentrationen af PFAS er i langt de fleste tilfælde betydeligt under grænseværdien for "Sum af 12 PFAS" (0,1 µg/l), men i en del tilfælde overskrides sumværdien for de fire stoffer PFOS, PFOA, PFHxS og PFNA (0,002 µg/l). Forsøg på at dække bredere end de 12 PFAS-forbindelser, som igennem en årrække har indgået i drikkevandsbekendtgørelsen, har ikke væsentligt forøget antallet af PFAS-fund eller den samlede koncentration af PFAS. Det gælder både inkludering af yderligere 10 PFAS-forbindelser og analyse med den såkaldte TOP-metode. Hvis TFA betragtes som en PFAS-forbindelse, hvilket dens kemiske struktur angiver, at den er, kan der sandsynligvis detekteres PFAS i størstedelen af GRUMO-indtagene, men med den nuværende kravværdi for TFA på 9 µg/l bidrager TFA ikke til overskridelser af kravværdien.

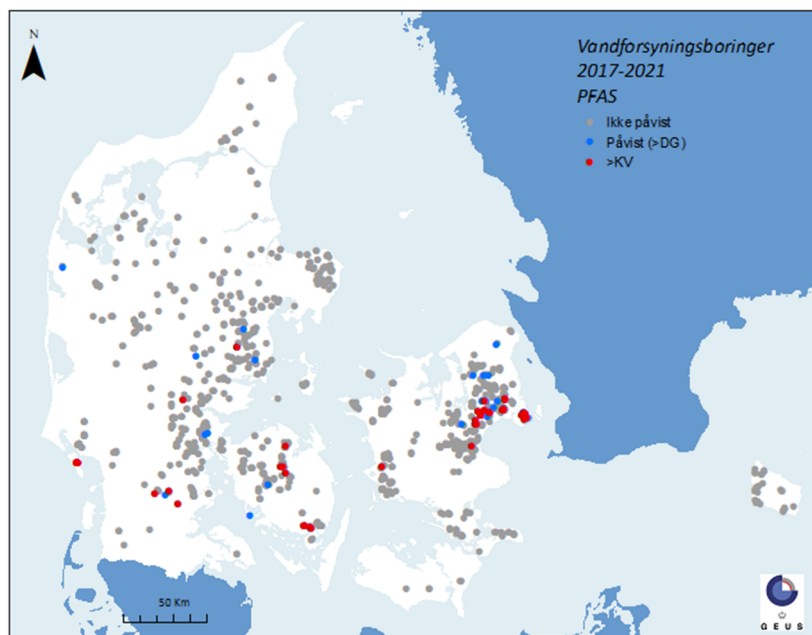
For de halogenerede alifatiske kulbrinter er der langt flest fund af chloroform, som detekteres i 10,9 % af indtagene. Mange af disse fund må formodes at være af naturlig oprindelse. For de øvrige halogenerede alifatiske kulbrinter er fundværdierne generelt lave (0-1,9 %) og andelen med overskridelser af kravværdien meget lave (0-0,4 %). Det skal dog understreges, at cis-dichlorethylen, som normalt anses for at være det mest udbredte og problematiske stof i stofgruppen med hensyn til grundvandsforurening, hidtil ikke er blevet analyseret i GRUMO.

Vandværksboringer

I perioden 2017-2021 er der i vandværksboringerne gennemført analyser af 141 forskellige organiske stoffer ud over pesticider i et meget forskelligt antal boringer (fra 1 til 2.801). Kun stoffer med analyse i mindst 100 boringer behandles i rapporten.

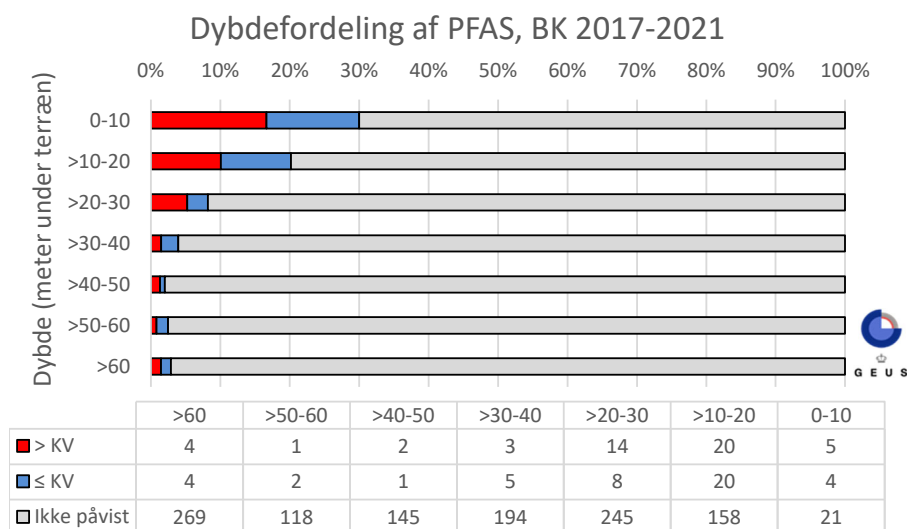
PFAS er i perioden 2017-2021 analyseret i prøver fra 1.304 boringer og mindst én PFAS-forbindelse blev fundet i 98 af disse, svarende til 7,5 % af de undersøgte boringer. Sumværdien for 12 PFAS (0,1 µg/l) blev ikke overskredet i nogen af de undersøgte boringer, men kravværdien for "Sum af 4 PFAS" (PFOS, PFOA, PFHxS og PFNA) på 0,002 µg/l var til gengæld overskredet i 53 boringer, svarende til 4,1%. Det skal bemærkes, at detektionsgrænsen for disse fire stoffer indtil 2021 almindeligvis lå over 0,001 µg/l, hvorfor den nuværende sumværdi på 0,002 µg/l kan have været overskredet, idet de enkelte stoffer ikke har kunnet detekteres. Omfanget af overskridelser af sumværdien for disse fire PFAS-forbindelser må derfor forventes at stige i takt med at prøverne i de kommende år analyseres med de nye, lavere detektionsgrænser. Den højest målte værdi for "Sum 4 PFAS" var 0,026 µg/l, svarende til 13 gange den 'nye' kravværdi. I tre boringer var kravværdien overskredet med mere end en faktor 5, mens de fleste overskridelser lå forholdsvis tæt ved kravværdien. PFOA var den hyppigst fundne PFAS-forbindelse i boringskontrollen og dét stof, som i sig selv hyppigst overskred kravværdien på 0,002 µg/l.

Figur 13 viser, at i modsætning til PFAS i GRUMO er der nogle tydelige geografiske tendenser for PFAS i boringskontrollen. For det første er de undersøgte boringer geografisk meget skævt fordelt, med størst tæthed i Østjylland, på den vestlige halvdel af Fyn, på den vestligste del af Sjælland og på Østsjælland. Derimod er der meget få analyser af boringer i Vestjylland, i Nordjylland og på Lolland-Falster, også set i forhold til antal aktive indtag i disse områder. For det andet er fund af PFAS og i særdeleshed overskridelser af kravværdien for Sum af 4 PFAS koncentreret omkring København og i mindre grad på Fyn. Hertil kommer enkelte fund og overskridelser i Øst- og Sydjylland. Fordelingen af PFAS-fund i GRUMO-indtag viser dog, at PFAS-forbindelser kan findes over hele landet, også i koncentrationer over kravværdien for Sum af 4 PFAS.



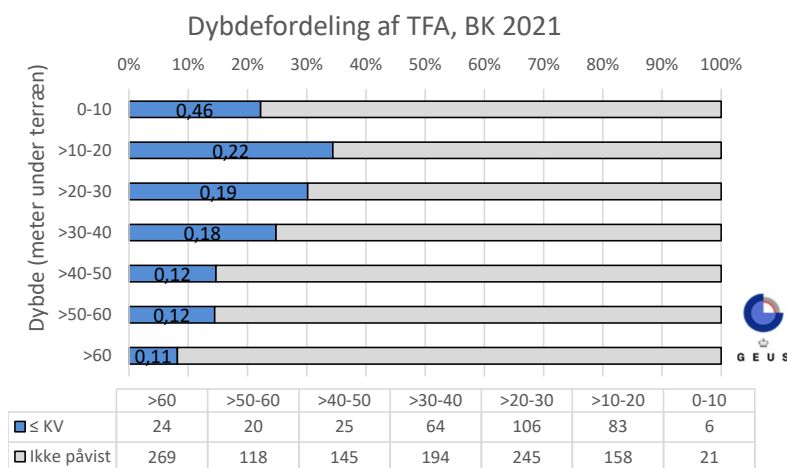
Figur 13. Boringskontrollen. Forekomst af PFAS i boringskontrollen 2017-2021. Rød markerer fund over en fastsat kravværdi (>0,002 µg/l for "Sum af PFOS, PFOA, PFHxS og PFNA" eller >0,1 µg/l for "Sum af 12 PFAS-forbindelser"). Blå markerer fund under kravværdien. Grå markerer ingen målbare PFAS-forbindelser (<DG). De højeste koncentrationer er afbildet øverst.

Figur 14 viser dybdefordelingen af PFAS i vandforsyningsboringerne, med en tydeligt aftagende andel af både fund og overskridelser af kravværdien med dybden. Denne dybdefordeling tyder på, at PFAS-forbindelser i øjeblikket hovedsageligt befinder sig i det øverste grundvand, hvilket stemmer godt overens med, at den største anvendelse af PFAS-forbindelser er foregået inden for de sidste 40 år. Da de fleste af de analyserede PFAS-forbindelser antages ikke at nedbrydes i jordmiljøet, og der samtidig er kommet øget fokus på at begrænse udledningen af PFAS til både jord- og vandmiljø via fx brandskum, må dybdefordelingen forventes at ændres i fremtiden.



Figur 14. Boringskontrollen. Dybdefordeling af drikkevandsboringer, der er analyseret for PFAS i perioden 2017-2021. Boringerne er opdelt i tre koncentrationsintervaller: > KV (>0,002 µg/l for "Sum af 4 PFAS"), ≤ KV (påvist én eller flere af 12 PFAS-forbindelser) eller Ikke påvist (under detektionsgrænsen for alle 12 PFAS-forbindelser). Dybden angiver afstanden fra terrænet til overkanten af indtaget. Tabellen under figuren angiver antal undersøgte boringer i de forskellige indtagsdybder opdelt efter koncentrationsintervaller.

Mange vandforsyninger begyndte at analysere for TFA efter de mange fund i GRUMO-boringer i 2020. I forlængelse heraf blev TFA optaget i drikkevandsbekendtgørelsen med en kravværdi på 9 µg/l. I alt er 778 boringer blevet undersøgt og TFA-koncentrationen lå over detektionsgrænsen (på typisk 0,05 µg/l) i de 328. Ca. 30 % af TFA-fundene lå fra 0,2-1,0 µg/l, mens resten fordelte sig jævnt mellem 0,05 og 0,2 µg/l. Der var således ingen fund over kravværdien. Figur 15 viser, at både fundandele og koncentrationer aftager med dybden, hvilket stemmer godt overens med den negative sammenhæng mellem TFA-koncentration og estimeret grundvandsalder i GRUMO-boringer. Da TFA, med den nuværende viden, ikke forventes at nedbrydes i jordmiljøet, må såvel koncentrationer som antallet af fund af TFA forventes at stige fremover.



Figur 15. Boringskontrollen. Dybdefordeling af drikkevandsboringer, der er analyseret for TFA i 2021. Indtagene er opdelt i to koncentrationsintervaller: ≤ KV på 9 µg/l, (påvist TFA) eller ikke påvist (under detektionsgrænsen). Dybden angiver afstanden fra terræn til overkanten af indtaget. Tabellen under figuren angiver antal undersøgte boringer i de forskellige indtagsdybder opdelt efter koncentrationsintervaller. Tal i de blå felter angiver gennemsnitskoncentration for TFA-fund i den givne dybde.

Bortset fra tre fund af benzen over kravværdien, tilhørte alle øvrige stoffer, som overskred kravværdien i boringskontrollen, gruppen af chlorerede alifatiske kulbrinter. Det hyppigst fundne var 1,1-dichlorethan, som blev fundet i 34 ud af 837 undersøgte vandforsyningsboringer. De næsthøjest fundne chlorerede alifatiske kulbrinter var cis-DCE og trichlorethylen (TCE) fundet i hhv. 84 og 86 boringer, hvilket i begge tilfælde gav fundandele på 3,6 %. Ses på chlorerede alifatiske kulbrinter under ét (chloroform undtaget), var der i perioden 2017-2021 fund i 197 ud af 2488 undersøgte vandforsyningsboringer (7,9 %) og en overskridelse af kravværdien i 40 vandforsyningsboringer (1,6 %). I de fleste boringer med overskridelse af kravværdien, var der i perioden detekteret flere stoffer inden for stofgruppen.

1.6 Temperatur

Indledning

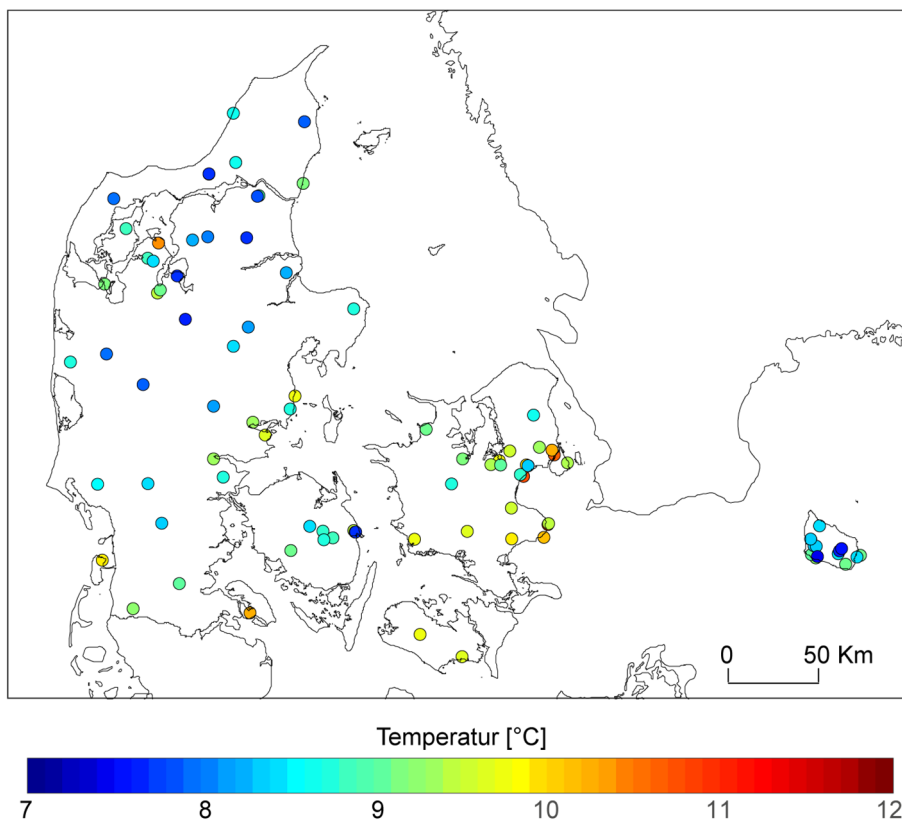
I dette års rapport er der et tema om temperaturen i grundvandet. Da det er første gang, der rapporteres om grundvandets temperatur, tages der udgangspunkt i, hvad vi allerede ved om temperaturforholdene i de øverste 100-300 m af undergrunden og dermed også grundvandets temperatur. Viden om grundvandets temperaturforhold er vigtig for udnyttelsen af undergrunden til opvarmning og køling, noget der forventes at ske i stadig større omfang fremover. Derudover kan temperaturforholdene muligvis have betydning for de geokemiske forhold, herunder omsætning af miljøfremmede stoffer.

Over de seneste 150 år er årlige middeltemperatur i Danmark steget med mere end 1,5 °C (Cappelen, 2020), men der er ingen systematisk overvågning af grundvandets temperaturforhold. For at vurdere om grundvandsovervågningen kan bidrage til en forståelse af klimaforandringerne effekt på grundvandets temperatur, præsenteres de målte prøvetagningstemperaturer for GRUMO-boringer siden programmets

start i 1988. Det vurderes, om temperaturen målt på oppumpet grundvand kan repræsentere grundvands temperaturen i selve grundvandsmagasinet. Den eksisterende viden om undergrundens temperaturforhold inddrages i vurderingen både i en generel form og ved direkte sammenligning, når der i samme boring eller i tætliggende boringer er data for såvel prøvetagningstemperatur og borehulstemperaturmålinger.

Geografiske variationer

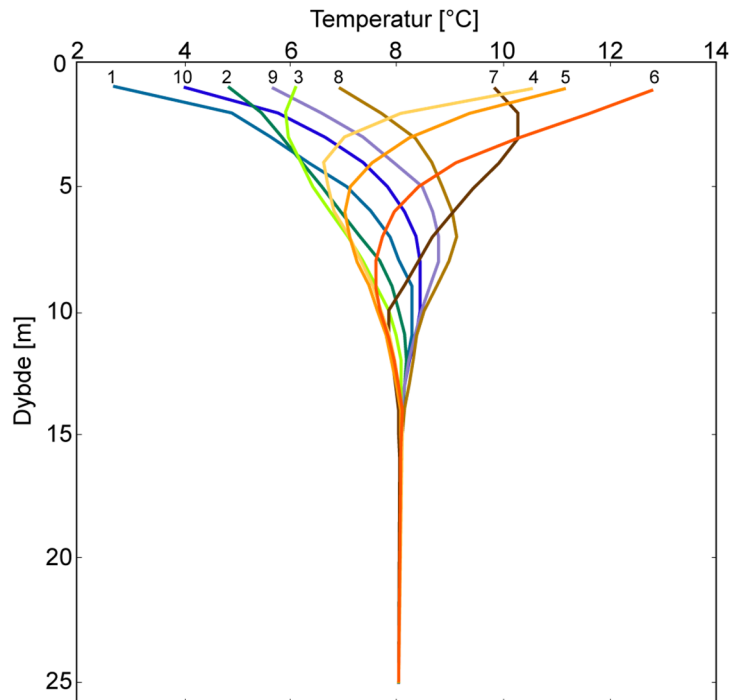
Regionale horisontale temperaturvariationer i grundvand er dokumenteret ud fra observationer i borehuller, dels fra kontinuert målte temperaturlogs, dels fra punktobservationer fx i form af uforstyrrede bundtemperaturer (Møller mfl. 2014, 2019). Figur 16 viser temperaturen i omkring 50 m's dybde. Observationerne i 50 m's dybde varierer mellem 7,5 °C og 11,0 °C med en middelværdi på 8,9 °C.



Figur 16. Temperatur i 50 m's dybde fra målinger i borehuller fra 56 kontinuerte temperaturlogs og 38 punktobservationer. De laveste temperaturer er vist øverst. (fra Møller mfl. 2019).

Årstidsvariationer

Årstidsvariationen kan observeres ned til dybder på 10-20 m u.t. Figur 17 viser et konkret eksempel, hvor der er målt 10 serier af temperatur-dybde data (i et-meter skridt i intervallet 1-25 m's dybde) over en periode på et år. Disse data viser en temperaturforskel på ± 5 °C i 1 m's dybde, ca. $\pm 1,5$ °C i 5 m's og mindre end $\pm 0,1$ °C under 15 m's dybde. Amplituden af årstidsvariationens indtrængning afhænger af lokale termiske egenskaber og variationer i vejrforhold. Observationer i forskellige borehuller i to forskellige tidsperioder viser, at temperaturforskellene i 5 m's dybde kan variere $\pm 0,5$ °C (Knudsen 1983, Møller mfl. 2014, 2019). Man kan forvente, at grundvands temperaturen er stabil og upåvirket af årstidsvariationen i større dybde end 15-20 m u.t.



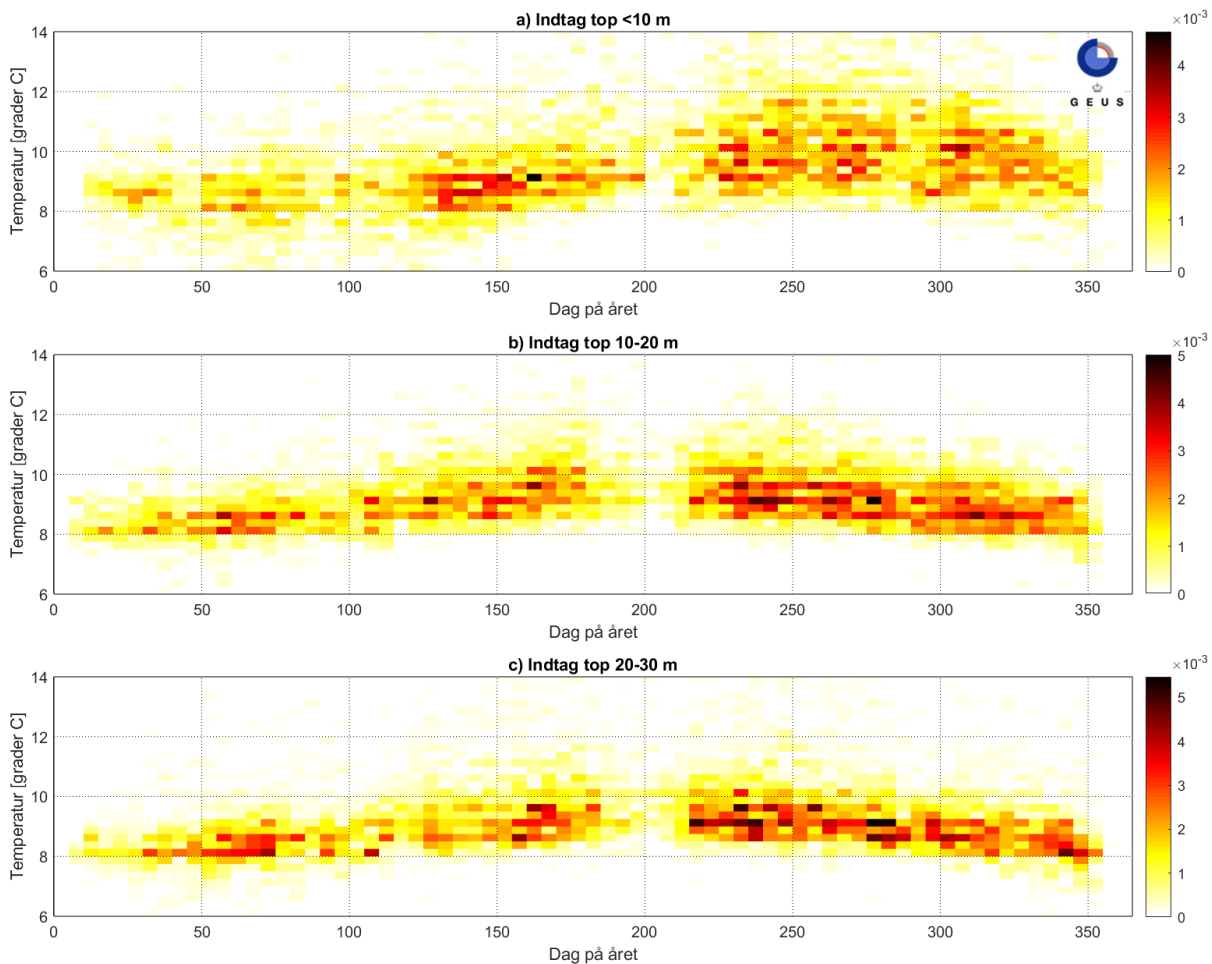
Figur 17. Eksempel på dybdeindrængning af temperaturens årsvariation, som den er målt i et borehul ved Jebjerg, Nordvestjylland (DGU nr. 46.594). Måletidspunktet er angivet med de små numre i figuren: 1 primo marts; 2 medio april; 3 medio maj; 4 medio juni; 5 primo juli; 6 ultimo august; 7 primo november; 8 ultimo december; 9 medio januar; 10 ultimo februar (Møller mfl., 2019).

Temperaturdata fra GRUMO-indtag

De eneste data, der er umiddelbart til rådighed for en undersøgelse af evt. udvikling af grundvandets temperatur fra NOVANA-programmet, er de prøvetagningstemperaturer, der indsamlet i forbindelse med prøvetagning af GRUMO-indtagene i perioden 1988-2021. Da disse temperaturdata ikke på noget tidspunkt er rapporteret tidligere, er alle data gennemgået til denne rapport. Over hele perioden er der målt i alt 42.824 prøvetagningstemperaturer fordelt på 2.290 indtag.

Figur 18 viser, at der er en sammenhæng mellem lufttemperaturen og prøvetagningstemperaturen. For at undersøge denne sammenhæng er målingerne splittet op efter dybdeintervaller, og de målte temperaturer er plottet for hver prøvetagningsdag uanset hvilket prøvetagningsår. Det fremgår af Figur 18, at i alle dybder er temperaturer målt først og sidst på året (i vinterhalvåret) overvejende lavere end dem som er målt midt på året (i sommerhalvåret). Dette er en klar indikation på, at det oppumpede grundvands temperatur påvirkes af overfladetemperaturen under opholdet i slangerne således, at vandstrømmen afkøles, når lufttemperaturen er koldere end vandet, og opvarmes når lufttemperaturen er varmere end vandet.

I indtag i de øverste 10 m u.t. ses et lidt andet mønster med flere lave temperaturer mellem dag 50 og 150 samt flere højere temperaturer mellem dag 225 og 325 end for de resterende dybdeintervaller. Dette kan forklares med årstidsvariationen, som penetrerer ned i de øverste jordlag.



Figur 18. Fordelingen af prøvetagningstemperaturen pr. dag i året uden hensyntagen til hvilket år der er målt. Dag 1 er 1. januar. Hyppigheden af målinger er optalt for intervaller på 0,25 °C og 5 dage og antallet i hver celle er normeret med det samlede antal temperaturmålinger i hvert dybdeinterval. Farvekoden længst til højre viser antal målinger i hvert punkt af figuren. (Figuren er et udsnit af **Fejl! Henvissingskilde ikke fundet.**).

Konklusion og perspektivering

Ud fra den allerførste gennemgang af prøvetagningstemperaturen i GRUMO-indtag kan det konkluderes, at prøvetagningen påvirker det oppumpede grundvands temperatur. Spørgsmålet er fortsat, om det skygger for en samtidig effekt af ændringer i selve grundvandets temperatur, eller evt. trends skyldes ændringer i påvirkningen fra prøvetagningen eller er udtryk for det reelt det (lidt) varmere klima har en effekt på grundvandets egentemperatur.

Gennemgangen af de indsamlede temperaturmålinger viser, at der er en større variation i temperaturtidsserier målt i samme indtag, end man ville forvente, når man kommer under 10-15 m's dybde, hvor temperaturårstidsvariationen in situ bliver ubetydelig og grundvandets temperatur vil være stabilt eller langsomt stigende på grund af klimaændringerne. Siden grundvandsovervågningens start er den forventede grundvandstemperaturstigning på op mod 1 °C lige under terrænoverfladen faldende til 0,5 °C i ca. 20 m's dybde og under 0,1-0,2 °C i ca. 50 m's dybde. For langt de fleste indtag har prøvetagningstemperaturtidsserier en standardafvigelse, som er langt større end den forventede temperaturstigning i grundvandet. Det kan hermed konkluderes, at:

- temperaturmålinger foretaget under prøvetagning ikke er hensigtsmæssige til overvågning af grundvandets in situ temperatur, idet prøvetagningstemperaturen er forstyrret af forskellige faktorer.

Disse faktorer kan være:

- vandstrømmens temperatur påvirkes af lufttemperaturen, mens den transporteres gennem slangerne hen til prøvetagningsstedet
- det kan forventes, at specielt elektriske dykpumper kan afgive varme til vandstrømmen
- der er foretaget måling med skiftende termometre, der ikke har den tilstrækkelige nøjagtighed og præcision.

Ved at foretage en mere dybdegående analyse af prøvetagningstemperatursidsserierne opdelt i dybdeintervaller, vil det være muligt at undersøge, om de observerede stigende temperatortrends i tidsserierne, skyldes en øget lufttemperatur eller en reel stigning i grundvandstemperaturen.

Fremadrettet anbefales det, hvis der ønskes en egentlig overvågning af klimaforandringernes påvirkning af grundvandets temperaturforhold, at

- grundvandets temperatur overvåges ved at foretage temperaturlogging med et absolutkalibreret og meget præcist termometer i et mindre antal borerne fordelt ud over hele landet. Boringerne må ikke være påvirkede af oppumpning i selve boringen eller vandindvinding tæt ved boringen.
- Da det er meget langsomme temperaturændringer, der skal overvåges, vil det være tilstrækkeligt med en temperaturlogging pr. overvågningsboring pr. programperiode.
- temperaturen i det helt terrænnære grundvand, der er påvirket af årstidsvariationen, vil kunne overvåges sammen med vandstanden ved kontinuert logging i forbindelse med det nationale pejleprogram. Her er det vigtigt, at temperatursensoren over tid er placeret i samme dybde i boringen, og at denne er kalibreret og præcis.