

## Indhold

Regulering/godkendelse af pesticider og biocider i EU  
Hvad kan myndighederne i Danmark gøre?

*Kontorchef Maria Sommer Holtze, Miljøstyrelsen*

Hvorfor og hvordan bruger landbruget pesticider,  
og hvad gør branchen for at begrænse brugen?

*Landskonsulent Poul Henning Petersen, SEGES, PlantelInnovation*

Regionernes arbejde med pesticidanalyser og konsekvenserne heraf

*Chefkonsulent Nanette Schouw Christiansen, Region Sjælland*

Undersøgelser og forskydninger af faner

*Projektleder Søren Rygaard Lenschow, NIRAS*

Perspektiverne, set fra laboratoriet, i membranfiltrering og ny elektrokemisk aktiv kulfiltrering  
til fjernelse af pesticidrester

*Lektor Jens Muff, Aalborg Universitet, Kemi og Biovidenskab*

MEM2BIO-projektet, brug af kombineret membranfiltrering og biologisk nedbrydning til rensning  
af drikkevand

*Post Doc. Morten Schostag<sup>1\*</sup>, Christian Nyrop Albers<sup>1</sup>, Lea Ellegaard-Jensen<sup>2</sup>, Mahdi Nikbakht  
Fini<sup>3</sup>, Jens Muff<sup>3</sup>, Nora Badawi<sup>1</sup>, Lars Hestbjerg Hansen<sup>4</sup> and Jens Aamand<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup> De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland, <sup>2</sup> Institut for Miljøvidenskab, Aarhus  
Universitet, <sup>3</sup> Sektion for Kemiteknologi, Institut for Kemi og Biovidenskab, Aalborg Universitet, <sup>4</sup> Microbial  
Ecology and Biotechnology, Institut for Plante- og Miljøvidenskab, Københavns Universitet.*

Vandbehandlingsmetoders effektivitet overfor DMS

– forsøg med aktiv kulfiltrering på Hvidovre vandværk og membranfiltrering på Dragør vandværk

*Ph.d. Mathilde Jørgensen Hedegaard, Vandkvalitetssektionen, HOFOR A/S*

Til notater



## **REGULERING/GODKENDELSE AF PESTICIDER OG BIOCIDER I EU OG HVAD KAN MYNDIGHEDERNE I DANMARK GØRE?**

Kontorchef Maria Sommer Holtze  
Miljøstyrelsen  
masom@mst.dk

### **Baggrund og formål**

Aktivstoffer vurderes i EU. Først skal aktivstoffet godkendes i EU. Aktivstoffer godkendes typisk for 10 – 15 år, hvorefter de skal genvurderes i EU. Det vurderes, om der er vist sikker anvendelse. Det betyder, at anvendelsen ikke må udgøre en uacceptabel risiko for sundhed og miljø, herunder grundvand. Der skal vises sikker anvendelse for ét repræsentativt produkt til én anvendelse. Fx. er der for aktivstoffet clomazon vist sikker anvendelse for ukrudtsmidlet Command CS i raps med den ansøgte dosering.

### **Pesticidmidlerne vurderes nationalt**

Produkter med aktivstofferne skal godkendes i Danmark, før de må markedsføres og bruges. I DK er det kun lovligt at anvende produkter med en dansk etiket. Når aktivstoffet er fornyet i EU, så skal alle godkendelser af pesticidprodukter med det aktivstof til det danske marked genvurderes. Hvis et aktivstof forbydes i EU, trækkes produkter med dette aktivstof tilbage fra det danske marked. Der er en frist for salg på højst 6 måneder og derefter 12 måneder til at anvendelse og besiddelse skal ophøre. I særlige tilfælde kan der efterfølgende gives en dispensation til markedsføring af produkter med stoffer, der er forbudt i EU. Det kræver, at der kan vises sikker anvendelse for den anvendelse, der dispenseres til. Fx er der i Danmark givet dispensation til pesticidmidlet Asulox med aktivstoffet asulam til ukrudtsbekæmpelse i spinat og andre grønsagsfrø til frøavl. Aktivstoffet er ikke godkendt i EU pga. problemer med rester i spiselige afgrøder, hvilket ikke er relevant, når det anvendes i de givne afgrøder.

### **Danske særkrav**

Det er muligt at sætte nationale krav i forbindelse med godkendelse af pesticidmidler. Fx har vi i Danmark særlige grundvandskrav, hvor den danske modellering af udvaskningen foretages med danske særkrav. Resultatet af modelleringen må højst vise et år med overskridelse af grænseværdien ud af 20 år, hvor der i EU accepteret, at der sker udvaskning over grænseværdien i 5 år ud af 20 år. I Danmark vurderes stort set alle nedbrydningsprodukter som værende relevante i modsætning til EU, så grænseværdien på 0,1 mikrogram pr. liter gælder for disse nedbrydningsprodukter i Danmark. I Danmark kan grænseværdien for nedbrydningsprodukter uden pesticideffekt sættes op fra 0,1 mikrogram/liter til 0,75 mikrogram/liter, hvis en konkret vurdering af stoffet viser, at der ikke er en sundhedseffekt eller miljørisiko – endnu ingen stoffer godkendt ud fra disse nye rammer.

## **HVORFOR OG HVORDAN BRUGER LANDBRUGET PESTICIDER, OG HVAD GØR BRANCHEN FOR AT BEGRÆNSE BRUGEN?**

Landskonsulent Poul Henning Petersen  
SEGES, PlantInnovation  
php@seges.dk

Bichel-udvalgets analyser fra 1999 viser, at anvendelse af pesticider har stor betydning for økonomi og dyrkningssikkerhed. Godt landmandskab skal sikre, at godkendelsesordning og regulering af pesticider i praksis lever op til, at der ikke sker uacceptable påvirkninger af sundhed, miljø og grundvand. Videreudvikling af IPM (integreret plantebeskyttelse), forædling og teknologi er et 'must' i en fremtid med færre pesticider og resistens hos ukrudt, svampe og skadedyr.

### **Hvorfor bruger landbruget pesticider?**

Pesticider har siden 1960'erne været en blandt flere teknologier, som har muliggjort en stor fødevareproduktion med få beskæftigede i primærproduktionen. Bichel-udvalgets analyse fra 1999 viser, at pesticider har stor betydning for både landmandens økonomi og den landbrugsproduktion, der er mulig i Danmark.

Faktaboks – Bicheludvalgets vurdering af et 0-pesticid scenarie

- Produktionstab i afgrøder mellem 3 og 50 % - mindst i græs og højest i kartofler
- Dækningsbidrag reduceres med 30-40 % på lerjord og 20-50 % på sandjord
- Nedgang i landmandens indtægt på 20-90 % - mindst for kvægbrugere
- BNP falder med 1,2-3 %
- Dyrkningssystemer skal i et 0-scenarie ændres drastisk og mange produktioner udflages til lande, hvor der anvendes pesticider

Det er min vurdering, at den 20 år gamle analyse fra Bicheludvalget fortsat er dækkende, idet der ikke er sket store fremskridt med forædling af nye plantearter eller sorter, nye teknologier til ikke-kemisk bekæmpelse eller andre store ændringer. Udvikling af nye skadevolder-tolerante sorter gennem nye forædlingsteknikker som CRISPR kan mindske betydningen af pesticider, mens klimaforandringer forventes at påvirke behovet i modsat retning.

### **Hvordan bruger landbruget pesticider?**

Landmandens brug af pesticider er reguleret i EU- og national lovgivning. I planteproduktionen er godt landmandskab en vigtig del af landmandens hverdag. Reguleringen skal sikre sundhed, miljø og grundvand, men som erhverv, er landbruget bevidst om, at pesticidanvendelsen i praksis ikke må føre til uacceptable påvirkninger. I sammenhæng med beskyttelse af grundvand har vi f.eks. meget fokus på håndtering af pesticider ved påfyldning og rengøring af sprøjten.

### **Hvad gør branchen for at begrænse brugen?**

Videreudvikling af IPM (integreret plantebeskyttelse) er vigtig for erhvervet ikke alene for at reducere anvendelsen af pesticider, men også for at imødegå en fremtid med færre godkendte pesticider og mere udbredt resistens hos ukrudt, svampe og skadedyr.

Udnyttelsen af GPS-teknologi, satellitdata, billedbehandling og andre nye teknologier bliver udnyttet mere og mere, men arbejdet har også vist, at der er store udfordringer forbundet med at omsætte de mange gode ideer til praksis.

## REGIONERNES ARBEJDE MED PESTICIDANALYSER OG KONSEKVENSERNE HERAF

Chefkonsulent Nanette Schouw Christiansen  
Region Sjælland  
nls@regionsjaelland.fk

Regionerne gennemfører hvert år over 1200 undersøgelser. En stadig større andel af disse omfatter pesticidpunktkildeundersøgelser. Bevidstheden om at der har været godkendt mere end 1000 aktivpesticidstoffer og metabolitter, men kun blev analyseret for 45-58 parametre, fik i slutningen af 2017 en arbejdsgruppe på tværs af regionerne til at påbegynde arbejdet med at udvikle nye, bredere og mere relevante pesticidanalysepakker. Det er arbejdet med denne udvikling samt konsekvenserne af at benytte dem, der beskrives i dette indlæg.

### Metode

Regionernes arbejdsgruppe bestod af Abelone Christensen og Jesper Simensen (Region Midtjylland), Tove Svendsen (Region Syddanmark), Jacob Maul (Region Nordjylland) og Lisbeth Bergman og Nanette Schouw (Region Sjælland). Arbejdsgruppen fik faglig bistand og sparring fra Anders Risbjerg Johnsen (GEUS) og Steen Marcher (Miljøstyrelsen)

Miljøstyrelsens salgsstatistik over pesticider fra 1956 og frem til 2016 (<https://www.miljoeogressourcer.dk/udgivelser.php?lixd=5046>) blev udgangspunktet for en bruttoliste med samtlige godkendte aktivstoffer og metabolitter. Listen blev suppleret med oplysninger om fund i Danmark eller Nord-europa. Stoffernes mobilitet og persistens blev hver især vurderet ud fra fysisk-kemiske egenskaber samt særlige bemærkninger om grundvandsrisiko i den europæiske database PPDB (<http://stem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/atoz.htm>).

Der blev gennemført en markedsafdækning blandt laboratorier, da arbejdet blev gennemført som et udviklingsprojekt. Laboratorierne fremsendte hver især lister over hvilke parametre det var teknisk muligt for dem at analysere for. Parametrene blev prioriteret efter grundvandstruende relevans. Det laboratorium, der til den laveste pris kunne tilbyde analyse af flest højt-prioriterede stoffer vandt i udviklingsprojektperioden på 1 år.

### Resultat

Arbejdet mandede ud i en analysepakke på 233 aktiv stoffer og metabolitter med høj persistens og/eller høj mobilitet. Der udestår stadig et stort behov for at udvikle analysemetoder for mere end 100 yderst relevante parametre. Analysepakken var klar til brug 1. december 2018 og blev benyttet på ca. 1200 grundvandsprøver fra punktkildeundersøgelser de første 8 måneder. Der blev påvist 129 stoffer, heraf 75 der ikke tidligere er blevet analyseret for.

Regionsarbejdet med de udvidede analysepakker havde flere konsekvenser: vandforsyninger, GEUS og Miljøstyrelsen blev inspireret til at benytte tilsvarende brede analysepakker og et vandværk blev midlertidigt lukket i Ledøje. Endelig måtte regionerne revurdere risikoen på nogle afsluttede forureningssager. I dette indlæg gennemgås et eksempel herpå fra Region Sjællands punktkildeundersøgelser på Agersø.

Forureningsforståelsen før 2017: Inden regionen igangsatte sine punktkildeundersøgelser på Agersø var situationsforståelsen klar: ingen forsyninger var pesticidpåvirkede. Det betød at regionens indsats begrænsede sig til eventuelle punktkilder og forebygge at disse potentielt ville kunne

bevæge sig mod en forsyningsboring. Der blev ikke konstateret væsentlige pesticidpunktkilder med analyseparametrene fra tidligere pakker.

Forureningsforståelsen 2017: Regionens analyse for chloridazon-desphenyl viste imidlertid at en af forsyningsboringerne var forurenet, og måtte blande vand fra tre boringer for at overholde kravværdien på 0,1 µg/L. Regionens resultater fra punktkildeundersøgelser viste vha. partikelbanesimuleringer at der ikke var direkte sammenhæng med forsyningens forurening. Derimod viste beregninger af hvor stort et bidrag, der kunne stamme direkte fra den almindelige anvendelse af aktivstoffet på markerne, at der højst sandsynligt var tale om et fladekildebidrag. Vurderingen blev dermed at regionens indsats var afsluttet og det nu var op til kommunens forebyggende indsatsplanarbejde og forsyningens daglige driftskorrigeringer at løse de tilbageværende udfordringer.

Forureningsforståelsen 2019: Samtidig med at regionen var klar til at afslutte indsatsen på Agersø var de udvidede pesticidanalysepakker klar til brug, og det blev besluttet at gennemføre 7 ekstra vandprøveanalyser på udvalgte ejendomme samt tilbyde at gennemføre analysen på de 3 vandværksboringer. Hermed ændrede billedet sig. Nu blev der også konstateret NN-DMS og chlorthalonil-amidsulfonsyre (CTA) i en af vandværksboringer. Det skete samtidig med at Styrelsen for Patientsikkerhed midlertidigt sænkede kravværdien for CTA til 0,01 µg/L. Dermed blev en løsning med fortynding ikke længere en mulighed og driften af boringen blev stoppet. Der blev også konstateret punktkilder med koncentrationer op til 16 µg/L på nærtliggende gartnerier, hvor der netop ikke tidligere var konstateret væsentlige fund af pesticider. Dermed blev Agersø atter en del af regionens aktive ansvarsområde og flere afgrænsende undersøgelser pågår nu igen.

### **Konklusion og perspektivering**

Arbejdet med at anvende udvidede pesticidanalysepakker betød derfor at forståelsen af forureningsituationen ændrede sig markant og sagerne måtte revurderes. Det åbner op for en generel diskussionen om hvorvidt alle sager skal genåbnes hver gang vi udvider analysepakkerne med flere parametre. Et andet spørgsmål man stiller sig selv er om grænseværdien på sum af pesticider på 0,5 µg/L stadig holder uanset hvor mange stoffer der analyseres for?

Arbejdet med at udvikle bredere pesticidanalysepakker til regionernes punktkildeindsats har været ressourcekrævende omend nødvendigt. Det er vigtigt at understrege at arbejdet ikke er afsluttet, men blot første trin i en forhåbentlig lang række af indsatser fra andre interessenter. Vi skal kunne analysere for alle relevante parametre for at give danskerne vished om at der er styr på forureningsforhold i og omkring grundvandet. Hvem sikrer det? Myndigheder, forsyninger, forskningsinstitutioner eller den kommercielle branche af laboratorier? Der lægges op til diskussion i plenum.

### **Litteraturhenvi**

VMR hjemmeside med redegørelsen <https://www.miljoegressourcer.dk/udgivelser.php?lixId=5046>

## UNDERSØGELSER OG FORSKYDNINGER AF FANER

Civilingeniør Søren Rygaard Lenschow  
NIRAS A/S  
srl@niras.dk

### Baggrund og formål

De 5 danske regioner gennemfører offentlig indsats iht. Jordforureningsloven. Indsatsen omfatter bl.a. kortlægning og undersøgelser ved pesticidpunktkilder. Pesticidpunktkilder er lokaliteter, hvor der er sket håndtering, oplag eller bortskaffelse af pesticider f.eks. lossepladser eller vaskepladser i forbindelse med maskinstationer. Pesticidpunktkilder kan være karakteriseret ved komplekse forbrugsmønstre og spild af mange forskellige pesticider i relativt høje koncentrationer. Mange pesticider og især nedbrydningsprodukter er mobile og persistente, så der sker ofte en betydelig spredning fra punktkilder til grundvandsmagasiner. Undersøgelser omfatter primært udførelse af boringer med prøvetagning af grundvand til analyse for pesticider og nedbrydningsprodukter. Fladekilder (jordbrugsmæssig spredning af pesticider) er iht. Jordforureningsloven ikke omfattet af regionernes offentlige indsats.

### Metode og teknik

Indledningsvis gennemføres der undersøgelser på screeningsniveau, hvor der udføres en eller flere boringer ved eller umiddelbart nedstrøms potentielle punktkilder. På baggrund af indledende risikovurdering enten udgår lokaliteterne, eller hvis der er risiko, så overgår de til supplerede undersøgelser med henblik på at verificere og konkretisere risiko for grundvandsressourcen og evt. indvindingsboringer. Videregående undersøgelse omfatter primært kortlægning af forureningsudbredelse og estimering af masseflux. Kortlægningen kan være vertikal ved udbredelse gennem morænelerdække eller horisontal ved udbredelse i grundvandsmagasin.

### Resultater

I forbindelse med gennemførelse af videregående undersøgelser er det for en række lokaliteter observeret, at der forekommer et forskudt tyngdepunkt, hvor højeste koncentrationer og masse af forureningskomponenter forekommer nedstrøms punktkilden. Der er observeret både vertikale (gennem lerdække) og horisontale (faneforskydning) forskudte tyngdepunkter. I nogle tilfælde kan der forekomme flere tyngdepunkter for forskellige pesticider/nedbrydningsprodukter afhængigt af driftsperioder/anvendelse og stoffernes fysisk-kemiske egenskaber.

### Konklusion og perspektivering

Fænomenet "forskudte tyngdepunkter" kan medføre usikkerhed om risikovurdering, primært ved indledende screeningsundersøgelser, hvor sagen "lukkes" på et forkert grundlag. For Region Midtjylland arbejder NIRAS med opstilling af forslag til retningslinjer for undersøgelser og risikovurdering, hvor hensyntagen til forskudte tyngdepunkter og faneforskydning indgår. Retningslinjer skal baseres på baggrund af punktkildens driftsperiode, fund af pesticider/nedbrydningsprodukter samt koncentrationer i kildeområde, geologi/hydrogeologi og forventet opholdstid i forhold til spredning/transport til værdifuldt grundvand (betydende magasin). Disse retningslinjer kan bruges som grundlag for en beslutning om, hvorvidt sagen kan lukkes, eller om der skal udføres supplerende boringer nedstrøms til afklaring af risiko for forskudt tyngdepunkt og faneforskydning.

## **PERSPEKTIVERNE – SET FRA LABORATORIET – I MEMBRANFILTRERING OG NY ELEKTROKEMISK AKTIV KULFILTRERING TIL FJERNELSE AF PESTICIDER**

Lektor Jens Muff, Section of Chemical Engineering,  
Dept. of Chemistry and Bioscience, Aalborg University and  
AAU Center for Membrane Technology (AAU-CMT)  
jm@bio.aau.dk

Flere af de “nye” pesticider, som identificeres i forholdsvis høje koncentrationer i de igangsatte screeninger af dansk grundvand, kan ikke nødvendigvis fjernes af konventionel adsorption på aktiv kul (kulfiltrering). Dette er ellers den gængse midlertidige løsning, når lukning af forurenede borer ikke er en brugbar løsning - hvad gør man så? Membranfiltrering er en mulig løsning, der umiddelbart ligger lige for. Med nanofiltrerings (NF) og omvendt osmose (RO) membraner kan man tilbageholde og dermed fjerne molekyler helt ned til ionstørrelse, og dermed kan man i princippet rense vandet fuldstændigt.

I denne præsentation gives eksempler på membranfiltrering af BAM, der indtil et par år siden var fjenden nr. 1 i forhold til dansk grundvand, og phenoxy-syre-herbiciderne MCPA og MCPP, der ikke tilbageholdes effektivt af aktivt kul, og derfor udgør en nuværende udfordring i forhold til rensning. Membranfiltrering kan også udføres på forskellig måde, og denne præsentation vil vise resultater af både traditionel tryksat filtrering og direkte osmose, som vil være et alternativ i forbindelse med rensning af middelhårdt til hårdt grundvand, hvor kalk og andre udfældninger kan blive et problem. Præsentationen vil også hente mulighederne for filtrering af nogle af de nye pesticider.

Kulfiltrering er velkendt teknologi og har været brugt til fjernelse af pesticider og andre mikroforureningsstoffer (micropollutants) i en lang årrække. Rensningsprincippet er adsorption, og kullene skal skiftes, når kapaciteten er opbrugt. Men placeres aktivt kul i et elektrisk felt, kan de, pga deres moderate elektriske ledningsevne, polariseres og omdannes til små mikro-elektrolytiske celler. Dermed kan kullene gøres reaktive, og parallelt med, at de adsorberer (fanger) forureningskomponenter, kan de også oxidere (nedbryde) forureningskomponenter. Princippet i teknologien hedder 3D elektrokemi, og kan potentielt på sigt gøre kulfiltre reaktive således, at kullene regenereres automatisk. Teknologien er ikke kommerciel (endnu) og præsentationen vil vise et par eksempler på indledende lab-studier af rensning af BAM, MCPA og MCPP, som inspiration til hvad der er måske vil være muligt – hvis funding til udvikling realiseres.



## MEM2BIO-PROJEKTET, BRUG AF KOMBINERET MEMBRANFILTRERING OG BIOLOGISK NEDBRYDNING TIL RENSNING AF DRILLEKVVAND

Post Doc. Morten Schostag<sup>1\*</sup>,  
Christian Nyrop Albers<sup>1</sup>, Lea Ellegaard-Jensen<sup>2</sup>,  
Mahdi Nikbakht Fini<sup>3</sup>, Jens Muff<sup>3</sup>, Nora Badawi<sup>1</sup>,  
Lars Hestbjerg Hansen<sup>4</sup> and Jens Aamand<sup>1</sup>

<sup>1</sup> De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland.

<sup>2</sup> Institut for Miljøvidenskab, Aarhus Universitet.

<sup>3</sup> Sektion for Kemiteknologi, Institut for Kemi og Biovidenskab, Aalborg Universitet.

<sup>4</sup> Microbial Ecology and Biotechnology, Institut for Plante- og Miljøvidenskab, Københavns Universitet.

Det danske grundvand er en truet ressource, da det forurenes af et stadig stigende antal af pesticider og pesticid-nedbrydningsprodukter. Det allerede forbudte pesticid Dichlobenils nedbrydningsprodukt 2,6-dichlorobenzamide (BAM) er stadig blandt de mest fundne forureningsstoffer over grænseværdien på 0,1 µg/l i danske grundvandsboringer.

Vi har vist, at den BAM-nedbrydende bakterie *Aminobacter sp.* MSH1 placeret i sandfiltre har kunnet reducere BAM-koncentrationen i grundvand til under grænseværdien i både laboratoriet samt på pilotskala. Dette nedbrydningspotentiale har dog ikke kunnet opretholdes længere end 1-2 uger. Dette kan skyldes f.eks. sult eller udvaskning af nedbrydningsbakterierne.

Vi har nu kombineret omvendt osmose (RO) membranfiltrering med bioaugmenterede sandfiltre for at forøge overlevelsesmulighederne for *Aminobacter sp.* MSH1. Udover at producere rent vand danner membranfiltrering et koncentrat, der under normale forhold bliver betragtet som et restprodukt.

Dette restprodukt indeholder op til 10 gange højere koncentration af BAM og andre organiske forbindelser, der så bliver behandlet i de bioaugmenterede sandfiltre. Denne kombination har vist total fjernelse af BAM i 40 dage på laboratorieskala. Vi har nu testet metoden i et mobilt pilotanlæg, koblet direkte til en BAM-forurenede grundvandsboring i Esbjerg. Vi vil her fremvise de foreløbige resultater fra pilotanlægget.

# VANDBEHANDLINGSMETODERS EFFEKTIVITET OVERFOR DMS – FORSØG MED AKTIV KULFILTRERING PÅ HVIDOVRE VANDVÆRK OG MEMBRANFILTRERING PÅ DRAGØR VANDVÆRK

Ph.D Mathilde Jørgensen Hedegaard  
Vandkvalitetssektionen, HOFOR A/S  
mathed@hofor.dk

N,N-dimethylsulfamid (DMS) er et pesticidnedbrydningsprodukt der er målt på 10 ud af HOFORs 14 vandværker i 2019. DMS er en lille organisk base, og er derfor svær at fjerne ved traditionelle vandbehandlingsmetoder. Formålet med dette projekt var at undersøge, om DMS kan fjernes fra forurenede grundvand, hvilke begrænsninger de forskellige behandlingsmetoder har, og om metoderne kan optimeres. Undersøgelserne viste at traditionel aktiv kulfiltrering er en meget omkostningsfuld metode til behandling af DMS-forurenede vand.

Et RO-membranpilotanlæg fjernede lave koncentrationer af DMS, og kommende undersøgelser vil fokusere på hvad kapaciteten af RO-membranerne er ved højere DMS-koncentrationer. Kommende undersøgelser vil bl.a. forsøge at kortlægge hvorvidt DMS-fjernelsen i aktivt kul og evt. membranlæg kan øges ved at ændre pH.

## Baggrund og formål

I 2019 er N,N-dimethylsulfamid (DMS) blevet målt på 10 af HOFORs 14 vandværker. DMS er et nedbrydningsprodukt fra pesticidet tolylfluorid (Schmidt and Brauch, 2008; European Commission, 2009) og dichlofluorid (ECHA/BPC, 2016). DMS har en pKa-værdi på 10,6 og er således en polær organisk base, der vil være protoneret ved neutral pH. Derfor er DMS meget vandopløselig, vil ikke fordampe og kun sorbere til organisk stof i meget ringe grad. Studier har vist, at DMS er svær at fjerne fra drikkevand både ved traditionelle og avancerede vandbehandlingsprocesser. Heriblandt er kunstig infiltration, flokkulering, aktiv kulfiltrering, oxidation og desinfektion undersøgt (Schmidt and Brauch, 2008). Nogle af disse behandlingsmetoder kan dog være mere effektive ved behandling af grundvand, der generelt set er af god vandkvalitet, eller kunne implementeres sammen med andre teknologier.

Formålet med projektet var, at undersøge om DMS kan fjernes fra forurenede grundvand, hvilke begrænsninger de forskellige behandlingsmetoder har, og om de kan optimeres.

## Metode

Fjernelsen af DMS er undersøgt i fuldskala aktive kulfiltre med AquaSorb CS på Hvidovre vandværk og i et pilotskala RO-membranlæg på Dragør vandværk.

## Resultater

DMS blev målt på Hvidovre vandværk i 2018 i koncentrationer tæt på grænseværdien. Da Hvidovre vandværk allerede havde etablerede aktive kulfiltre, blev kullet i disse udskiftet for at undersøge, om de kunne fjerne DMS fra drikkevandet. I en kort periode efter kulskift fjernede de aktive kulfiltre på Hvidovre vandværk DMS til under detektionsgrænsen. Inden for 1 måneds drift steg DMS-koncentrationen i 'Niveau 2' af filtrene. Der kunne måles DMS i udløbet fra kulfiltrene efter 2 måneder. Efter 5 måneder var der > 70% gennembrud i udløbet, og

kullet blev skiftet efter 6 måneders drift. Dermed er kulprisen ca. 5,5 kr/m<sup>3</sup> på Hvidovre vandværk med en produktion på 36 m<sup>3</sup>/h. På vandværket styres udpumpningen, så DMS-koncentrationen lever op til grænseværdien ved måling på vand ved afgang værk.

Et RO-membranpilotanlæg behandler på nuværende tidspunkt 1 m<sup>3</sup>/h på Dragør vandværk. Membrananlægget fjerner DMS fra en koncentration på ca. 0,05 µg/L til < 0,01 µg/L. Da andre studier har vist at membraner kan forventes at tilbageholde 80% DMS, vil kommende undersøgelser fokusere på, hvad kapaciteten af RO-membranerne er ved højere DMS-koncentrationer. Dette gøres ved, at afkoble anlægget fra vandværket og dosere DMS i højere koncentrationer – imens fjernelsen monitoreres.

Det vil blive undersøgt, om fjernelsen af DMS i aktivt kul og evt. membranlæggene kan øges ved at hæve pH, så DMS bliver uladet. Det overvejes om andre behandlingsmetoder som oxidation og ionbytning kan anvendes til at fjerne DMS, evt. som en poleringsproces efter membranfiltrering.

### **Konklusion og perspektivering**

Traditionel aktiv kulfiltrering er en meget omkostningsfuld metode til behandling af DMS-forurenset vand, hvor > 70% gennembrud i kulfiltre blev nået indenfor 5 måneders drift med en produktion på 36 m<sup>3</sup>/h.

Et RO-membranpilotanlæg kan fjerne DMS fra koncentration på 0,05 µg/L til under detektionsgrænsen.

Kommende undersøgelser vil fokusere på hvad kapaciteten af RO-membranerne er, og forsøge at kortlægge hvorvidt DMS-fjernelsen i aktivt kul og evt. membranlæggene kan øges ved at ændre pH.

### **Litteraturhenviisning**

ECHA/BPC (2016) 'Biocidal Products Committee (BPC): Dichlofluanid', 120(October).

European Commission (2009) 'Directive 98/8/EC concerning the placing biocidal products on the market - Tolyfluanid', 8(March).

Schmidt, C. K. and Brauch, H. J. (2008) 'N,N-dimethylsulfamide as precursor for N-nitrosodimethylamine (NDMA) formation upon ozonation and its fate during drinking water treatment', *Environmental Science and Technology*. doi: 10.1021/es7030467.







