



## Central vs. decentral blødgøring af drikkevand

Tang, Camilla; Merks, Cor ; Kristensen, John B. ; Rosshaug, Per S.; Rygaard, Martin; Albrechtsen, Hans-Jørgen

*Publication date:*  
2020

*Document Version*  
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

*Citation (APA):*  
Tang, C., Merks, C., Kristensen, J. B., Rosshaug, P. S., Rygaard, M., & Albrechtsen, H-J. (2020). *Central vs. decentral blødgøring af drikkevand*. Abstract from Dansk Drikkevands Konference 2020, Aarhus, Denmark.

---

### General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

# DANSK DRICKEVANDS KONFERENCE

18. november 2020 – Centralværkstedet, Aarhus

## PESTICID – RENSNINGSMETODER

**ORDSTYRER: HANS-JØRGEN ALBRECHTSEN, DTU MILJØ**

### **DMS-fjernelse ved hjælp af ionbytter-resiner**

*Mathilde J. Hedegaard, HOFOR*

I 2018 blev N,N-dimethylsulfamid (DMS) målt i mange af HOFORs borer og vandværker. Forsøg fra Hvidovre Vandværk har vist, at aktivt kul kan fjerne DMS, men kulforbruget er stor hvorved processen bliver økonomisk ineffektiv. Polymeriske resiner anvendes i drikkevandsbehandling, primært i forbindelse med *ionbytning*. Idet polymeriske resiner har en meget ensartet porestruktur, kan de i nogle tilfælde anvendes til at fjerne forureninger. Formålet med dette projekt var at undersøge, om polymeriske resiner kan anvendes til at fjerne DMS fra drikkevand. Indledende undersøgelser i laboratorium viste, at en polymerisk resin kunne fjerne DMS 18 gange så effektivt, som den type konventionelt kul, der anvendes på nuværende tidspunkt. Derfor bliver pilot-kolonner, med to forskellige typer polymeriske resiner (AD-3015 and AD-3004) installeret på Hvidovre vandværk i august 2020.

Af Mathilde J. Hedegaard\*, Ann-Katrin Pedersen\*, Peter Weisz Knudsen\*\* og Liselotte Clausen\*

\*HOFOR A/S \*\*Wendt & Sørensen A/S

### **Membranfiltrering til pesticidfjernelse og blødgøring**

*Sonsoles Quinzaños & Mathilde J. Hedegaard, HOFOR*

Resume: Mere end halvdelen af HOFORs samlede indvinding er påvirket af pesticidnedbrydningsproduktet N,N-dimethylsulfamid (DMS). DMS er især problematisk i HOFORs lokale værker, hvor der også måles andre miljøfremmede stoffer. Der blev udført et pilotforsøg med omvendt-osmose for at undersøge membraners effektivitet mht. pesticidfjernelse og blødgøring på dansk grundvand. Membrananlægget blev forsynet med ca. 1,3 m<sup>3</sup>/t rentvand fra Dragør Værket, med en DMS koncentration op til 0,08 µg/l. Udover det kontinuerlige forsøg, blev der også udført batch-forsøg med tilsætning af høje DMS koncentrationer til membrananlægget. Membranfiltreringen fjernede alle pesticider og deres nedbrydningsprodukter samt PFAS til under detektionsgrænsen (0,01 µg/L). Membranerne fjernede 80-90% DMS, ved koncentrationer op til 10 µg/l DMS. Membranfiltrering var også en effektiv blødgøringsmetode.

### **Når ozon gør DMS giftigere. Og så videre...**

*Kamilla M. S. Kaarsholm & Henrik R. Andersen, DTU Miljø*

Drikkevandet i Danmark er truet af forurening med blandt andet pesticider og det bliver i stigende omfang nødvendigt at etablere ekstra rensning på vandværket eller afværgeboringer for at beskytte grundvandet. Ofte benyttes granulær aktivt kul (GAC) filtrering, men nogle stoffer som DMS sorberes dårligt af aktivt kul. Et alternativ eller supplement til GAC kan være ozonbehandling.

Ozon er et kraftigt oxidationsmiddel der reagerer hurtigt med nogle stoffer og langsomt med andre. Vi har undersøgt hvor meget ozon der skal til at fjerne DMS og fundet at det meget giftige stof NDMA blev dannet.

### **Kan en vandressource ramt af DMS reddes med RemUVE teknologien?**

*Peter Lysholm Tüchsen, Novafos & Ronny Rahbek, Insatech*

I Novafos kan der påvises DMS i drikkevandet på 12 ud af i alt 17 vandværker. Mulighederne for at finde nye upåvirkede kildepladser er begrænset, og ud fra et bæredygtighedsprincip er dette heller ikke en farbar vej. Derfor har vi netop igangsat et pilotforsøg for at undersøge om DMS kan fjernes med RemUVE teknologien. RemUVE er en teknologisk baseret på avancerede oxidationsprocesser (AOP) med UV og H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

Pilotforsøget er gennemført på to af Novafos Vandværker i perioden fra maj til september 2020. De første resultater viser en meget overbevisende reduktion af DMS til under detektionsgrænsen, uden at der dannes NDMA. Resultaterne ser så lovende ud, at vi gerne til november vil dele erfaringerne og perspektiverne ved en eventuel fremtidig implementering af denne nye metode i en eksisterende vandforsyningsstruktur.

## **INDVINDING OG PLANLÆGNING**

**ORDSTYRER: OLE SILKJÆR, EUROFINS MILJØ VAND**

### **N,N-Dimethylsulfamid (DMS) – Det nye "problemstof" for HOFOR**

*Gustav Skak Schøller, HOFOR*

Pesticidnedbrydningsproduktet, N,N-dimethylsulfamid (DMS), gjorde i 2018 sit indtog i Danmark, da det lynhurtigt blev det mest påviste pesticid i vandværksboringerne i Danmark /1/. I HOFOR er der i dag påvist indhold af DMS i godt 56 % af vores produktion af drikkevand – svarende til ca. 30,5 mio. m<sup>3</sup> pr. år. HOFOR har siden 2018 været i gang med kortlægnings- og opsporingsarbejde for at øge vidensniveauet omkring kilder til og varighed af DMS forureningen af vores drikkevand. Resultater herfra har vist, at forbrug af midler som biocider i gængse produkter – f.eks. træmaling – potentielt kan udgøre en trussel mod grundvandet, samt at forbruget af midler i disse produkter i stort omfang har været ukendt. I samarbejde med Regioner, øvrige forsynings- og GEUS arbejdes der på at øge vores viden omkring kilderne til DMS samt at udføre varighedsberegninger for udviklingen af DMS koncentrationen i grundvandet.

*Medforfattere: Kristian Bitsch\*, Liselotte Clausen\*, Christian N. Albers\*\*, Anders R. Johnsen\*\*, Stella D. Agger\*\*\* og Nanette L. S. Christiansen\*\*\* - \*HOFOR, \*\*GEUS, \*\*\*Region Sjælland.*

### **Når kildepladsen rammes af DMS -erfaringer fra Frederikssund**

*Eva Hansson, Novafos*

I indlægget deles erfaringer med DMS som ny forureningskomponent, og der redegøres for Novafos arbejde med at håndtere en massiv pesticidforurening på Marbæk kildeplads i Frederikssund. DMS-forureningen på Marbæk kildeplads har medført en mistet ressource på knap en million kubikmeter, som ikke uden videre kan erstattes samt store udfordringer med at levere

drikkevand, som overholder grænseværdierne. Vi ser, at udbredelsen af forureningen er meget mobil og afhængig af indvindingsmønsteret og de enkelte boringers ydelser. Der er identificeret en punktkilde til DMS-forureningen centralt på kildepladsen, som er afgørende for den fremtidige styring og indvindingsstrategi. Ligeledes ser vi på muligheder for at skaffe nye grundvandsressourcer og rensning for DMS.

### **Kan utætte boringer harmonere med god grundvandsbeskyttelse?**

*Niels Emil Søe, TREFOR Vand*

I oplægget fremlægges problemstillinger mellem utætte og ikke tidssvarende boringskonstruktioner, ufuldstændige analysepakker og investeringer i indvindingsanlægget og grundvandsbeskyttelsen belyst ved eksempler og cases fra TREFOR Vand. Eksemplerne vil illustrere, hvorfor vandforsyninger må i gang med en boringsrenoveringsplan og investere i fornyelse af ældre boringer, for at bedre kunne retfærdiggøre kommende dyrkningsrestriktioner. Der præsenteres en metode til, hvordan vandforsyninger på simpel vis kan lave en boringsoversigt, der samlet viser renoveringsbehov og boringens værdi for vandforsyningen. Begge forhold skal tages i betragtning i udarbejdelsen af en renoveringsplan.

### **Selvoptimerende indvinding**

*Rasmus Boe-Hansen, Krüger*

Dynamisk og automatisk optimering af vandindvinding giver driftsmæssige besparelser og forbedret vandkvalitet i NK-Forsyning.

Vandindvinding udgør en stor del af forsyningernes samlede miljøbelastning og driftsomkostninger. Optimal indvinding skal tage hensyn til en lang række faktorer f.eks. vandkvalitet, indvindingstilladelser, grundvandsspejl, elpriser, boringstilstand og vandforbrug. Disse faktorer er alle dynamiske og ændrer sig som følge af udefrakommende påvirkninger, hvorfor arbejdet med at opretholde en tilnærmelsesvis optimal indvindingen ofte er meget omfattende. Det betyder i praksis, at driften af mange kildepladser er u hensigtsmæssig - til skade for såvel miljø som forbrugernes pengepung. Krüger A/S har sammen med NK-Vand arbejdet med at udvikle og afprøve en selvoptimerende kildepladsstyring, der kan optimere sig selv på baggrund af indsamlede data. De første resultater med den selvoptimerende indvinding i NK-Vand er positive, således er energiforbruget reduceret, vandkvaliteten er forbedret og behovet for løbende manuelle justeringer af indvindingen er minimeret i den første testperiode. I indlægget præsenteres konceptet for den selvoptimerende styring og erfaringerne fra det første halve års drift.

### **Resilient forsyningsstruktur**

*Henrik Bay, Frederiksberg Forsyning & Marie Vej Ugelvig, Niras*

Hvordan bliver vi så præcise som mulige? Hidtil er forsyningsikkerhed implementeret på anlæg og forsyningsstrukturer med udgangspunkt i tommelfinger regler om redundans, for at kunne opfylde krav til vandforsyning i maksimal situationer. Men overimplementeres der på den måde investeringskrævende forsyningsikkerhed i forhold til forsyningens reale servicemål? Ved at samstemme forsyningernes servicemål på opetider og forbrugerafbrydelsesminutter med det, forsyningsstrukturen og anlæggene generelt afspejler kan potentialet for at minimere omkostninger til



etablering af redundans vurderes. På Frederiksberg er opstillet en iterativ model for vurdering af robustheden af forsyningsstrukturen, hvor det første fokus har været på vurdering af nødvendigheden af at reinvestere i hele den eksisterende backup-kapacitet til levering af drikkevand

## VANDBEHANDLING

**ORDSTYRER: LOREN RAMSAY, VIA UNIVERSITY COLLEGE**

### **Returskyl – Vandbehandlingens Problembarn**

*Loren Ramsay, VIA University College,*

*Medforfattere: Søren Bastholm Olesen, Sara Starcke, Feng Du, Majbritt Lund, Rasmus Bærentzen, Claus Paludan Hynkemejer, Thomas Vogn Kjeldsen & Ditte Andreasen Søborg*

Vandværkernes filtre skal returskylles med jævne mellemrum for at fjerne tilbageholdte jernoxider. Alle er enige om, at returskylning er afgørende for at sikre en tilfredsstillende vandbehandling. Men der er ofte stor uenighed om, hvordan returskylning bedst indrettes. Det skyldes til dels, at design af skylleprocedurer ofte baseres mere på subjektive observationer og erfaringer end på kvantitative forskningsresultater og evidens. Dette indlæg sigter mod at skabe klarhed om dette fascinerende og komplekse emne. Berørte aspekter inkluderer trinnene i returskylning, vandspild, minimums fluidiseringshastighed, fjernelse af bakterier, forstyrrelse af lagdeling samt filtermodning efter skyl. Der fremlægges forskningsresultater fra MUDP fyrtårnsprojektet "Smart Redesign af Drikkevandsproduktion", og betydningen af disse resultater for praksis belyses.

### **Udskiftning af filtermateriale på Danmarks største vandværk – erfaringer og resultater**

*Mathias R. Hjorth, Sonsoles Quinzaños og Tove Beyer, HOFOR*

For sikring af vandforsyningen i HOFOR's område under en omfattende renovering og modernisering af de store regionale vandværker i de kommende år, har der siden medio 2019 været pågået arbejde på Værket ved Regnemark med at udskifte filtermaterialet i de 55 år gamle efterfiltre. Der er høstet værdifulde erfaringer med arbejde under skrappe DDS-krav i eksisterende filtre som har vist hurtig indkøring, reduceret vandforbrug og overholdelse af tidsplaner. Erfaringerne gjort på Værket ved Regnemark kan anvendes til ilægning af filtermaterialer på de kommende vandværker.

### **Giver metan uønsket biologisk vækst på vandværker?**

*Sarah C. B. Christensen, HOFOR*

*Medforfattere: Mathilde J. Hedegaard & Sonsoles Quinzanos, HOFOR*

Vandbehandlingen på Værket ved Slingerup er effektiv og producerer vand, der lever op til vandkvalitetskriterierne. Det blev undersøgt, om metanindholdet i råvandet gav anledning til uønsket biologisk vækst på vandværket. Vækstpotentialet (AOC) i vandet og organismsammensætning (DNA) i filtersandet blev undersøgt. Forfilteret var domineret af metan- og ammoniumoxiderende bakterier. I efterfilteret var der næsten ingen metan og ammonium tilbage i vandet og tilsvarende



kun en lille fraktion af metan- og ammoniumoxiderende bakterier. Andre bakterier (formodentligt heterotrofe bakterier) dominerede den øverste del af efterfilteret, mens de to dybeste lag var domineret af højerestående organismer (op til 92%), som protister og invertebrater. Kulstof fra metanoxidation giver altså anledning til, at der senere i filtreringen er mad nok til højere organismer i fødekæden.

### **Central vs. decentral blødgøring af drikkevand**

*Camilla Tang, DTU Miljø/NIRAS*

Blødgøring af drikkevand bliver stadig mere udbredt i Danmark. Der findes adskillige teknologier til central (på vandværket) og decentral (hos forbrugerne) blødgøring af drikkevand, hvilket gør det kompliceret at vælge den optimale blødgøringsteknologi. Vi har sammenlignet forskellige teknologier til central og decentral blødgøring (pelletmetoden, CARIX, nanofiltrering, ionbytning, omvendt osmose og elektrisk vandbehandling) baseret på relevante indikatorer. De centrale blødgøringsteknologier blødgør vand til en 8-10 gange lavere pris per m<sup>3</sup> end de decentrale teknologier, der desuden kan have et højt vandforbrug til processen. Central blødgøring bevarer forsyningens kontrol med drikkevandets sammensætning frem til tæppestedet, i modsætning til decentral blødgøring, hvor valg omkring vandets endelige mineralsammensætning overdrages til forbrugeren.

*Medforfattere: Cor Merks, Rambøll, John B. Kristensen, NIRAS, Per S. Rosshaug, HOFOR, Martin Rygaard, DTU Miljø & Hans-Jørgen Albrechtsen, DTU Miljø*

### **PAS – MUDP projekt viser vejen til kemikaliefri blødgøring**

*Henrik Aktor, AA Water*

*Medforfattere: Thomas Abildgaard Jørgensen, VandCenter Syd & Martin Skriver, HOFOR*

PAS er en dansk udviklet patentanmeldt teknologi til kemikaliefri blødgøring af drikkevand. Teknologien er blevet testet i skala 1 – 10 m<sup>3</sup>/t på to pilotanlæg on-site i Odense og Rødovre i MUDP-projekt i samarbejde mellem AA-Water, VandCenter Syd og HOFOR. Projektet har arbejdet med at optimere anlægsdesign, energiforbrug og effektivitet. Projektet har bekræftet, at man kan opnå en vandkvalitet med lavt kalkfældningspotentiale (CCPP<sub>90</sub> <0,5 mM) uden tilsætning af kemikalier. Driften i sig selv frigiver ikke mikroplast, men filtermaterialet skal rengøres før ibrugtagning. Der er udviklet et nyt og væsentligt mere effektivt filtermateriale, der produceres i Danmark og testes for afsmitning efter den tyske KTW-BWGL guideline.

## **DRIKKEVANDSKVALITET**

**ORDSTYRER: JOHN KRISTENSEN, NIRAS**

### **Sporstoffer - er nogle oversete?**

*Søren M. Kristiansen, Institut for Geoscience, Aarhus Universitet*

En række naturlige sporstoffer og grundstoffer har grænseværdier for drikkevand, men de fleste bliver meget sjældent anset som problematiske. En undtagelse er arsen, som der har været fokus på siden 2001, hvor grænseværdien blev sænket. I to afsluttede kampagner har forskere fra



GEUS og Aarhus Universitet, vha. drikkevandsprøver fra >160 af de største vandværker, analyseret for >50 grundstoffer. Mange af disse grundstoffer er ikke før blevet systematisk analyseret, og er heller ikke en del af det obligatoriske analyseprogram. Resultaterne viser, at koncentrationerne af de fleste sjældne sporstoffer ligger under deres grænseværdi for drikkevand. Dog er der høje koncentrationer af barium, selen, strontium og uran visse steder i landet. Spørgsmålet er dog, om vandforsyningsbranchen i Danmark bør forholde sig til disse "oversete" naturligt forekommende grundstoffer?

*Medforfattere: Henrik Thomsen, Frank Miljø- & Geoteknik A/S, Birgitte Hansen & Jörg Schullehner, GEUS*

### **Simpelt og sikkert design til opbevaring af drikkevand**

*Tonny Kent Jensen, EnviDan*

Denne præsentation giver indsigt i, hvordan komplekse funktionelle krav i relation til nødvendig renovering af vandtanke er blevet opfyldt gennem en omfattende innovationsproces, der inkluderer flere leverandører og løsninger for at komme med en alternativ og ny løsning på et velkendt problem. Løsningen blev designet i et partnerskab mellem Aarhus Vand (projektleder og slutbruger), Arkil (konstruktør) og EnviDan (konsulent). Funktionelle krav => Innovationsproces => Konceptløsning Det nyudviklede koncept ændrer lagringsmetoden for vand i større mængder - fra volumen i betonkonstruktioner til volumen i vandrette Ø3000 PE-rør i ønsket længde. Konceptet kan anvendes i en række eksisterende og nye tankopbevaringssystemer, og fordelene er mange, hvad angår både vandsikkerhed, fleksible mængder, let adgang og selvrensning. Løsningen bidrager således til FNs verdensmål 6 og 9.

### **Materialegodkendelse: Bedre vandkvalitet til forbrugerne?**

*Anne Holm Thomsen, DTU Miljø*

Hvad sker der, hvis man i stedet for at lede efter specifikke stoffer, undersøger den totale afsmitning fra en række forskellige materialer, som anvendes i kontakt med drikkevand i den danske vandforsyning? Dette VUDP-projekt *Bedre vandkvalitet til forbrugerne* undersøger hvilke stoffer, der kan afsmitte fra materialer til drikkevand, og vurderer hvorvidt de tilgængelige godkendelsesordninger kan estimere den afsmitning, der potentielt kan forringe kvaliteten af drikkevandet. Projektet har undersøgt dette gennem migrationstests i laboratoriet og prøvetagningskampagner i drikkevandsforsyningen. Gennem nye non-target analysemetoder er der identificeret en lang række forskellige stoffer, som kan afsmitte fra gummipakninger, epoxy-belægning og PE-rør.

Dette indlæg er en del af VUDP-projektet *Bedre vandkvalitet til forbrugerne*, som er delvist finansieret af VUDP og udført i samarbejde med HOFOR, VandCenter Syd, Aarhus Vand, GEUS, Københavns Universitet og DTU Miljø.

*Medforfattere: Lone T. Karlby, HOFOR Finn Møllerup, VandCenter Syd Flemming F. Pedersen, Aarhus Vand, Knud Dideriksen, GEUS, Jan, H. Christensen, Peter Christensen og Tomás Diera, Institut for Plante- og Miljøvidenskab, Københavns Universitet & Hans-Jørgen Albrechtsen, DTU Miljø*

