



## CO2-fodaftryk af renseanlæg: potentialer og udfordringer

**Faragò, Maria; Damgaard, Anders; Rebsdorf, Morten ; Nielsen, Per-Henrik ; Aarup Ahrensberg, Nick; Rygaard, Martin**

*Published in:*  
Dansk Spildevand Konference 2020 - abstracts

*Publication date:*  
2020

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

[Link back to DTU Orbit](#)

*Citation (APA):*  
Faragò, M., Damgaard, A., Rebsdorf, M., Nielsen, P-H., Aarup Ahrensberg, N., & Rygaard, M. (2020). CO2-fodaftryk af renseanlæg: potentialer og udfordringer. In *Dansk Spildevand Konference 2020 - abstracts* (pp. 1-1). Dansk Vand- og Spildevandsforening - DANVA.

---

### 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 SPILDEVAND KONFERENCE

DEN 25 NOVEMBER 2020

## CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>O UDLEDNING

ORDSTYRER: PETER TYCHSEN, LOBSTER

### CO<sub>2</sub>-fodaftryk af renselanlæg: potentialer og udfordringer

Maria Faragò, DTU Miljø

Parallelt med reduktionen af næringsstofbelastningen af vandløb og kystvande, har mange danske renselanlæg igangsat en jagt på CO<sub>2</sub>-neutralitet. Udviklingen er ikke mindst drevet af det nationale mål om at reducere CO<sub>2</sub>-udledningen med 70% frem mod 2030 i forhold til 1990 værdier. Kvantificering af CO<sub>2</sub>-ækvivalenter af renselanlæg er udfordrende, da det ud over en opgørelse af direkte lokale emissioner af CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O og CH<sub>4</sub> også må inddrage andre op- og nedstrøms emissioner i et livscyklusperspektiv som fx el- og varmemeforbrug, biogasproduktion, materialeforbrug mv. For bedre at forstå potentialer og udfordringer forbundet med drivhusgasudledning fra renselanlæg har vi evalueret CO<sub>2</sub>-fodaftrykket for en række af Danmarks største renselanlæg. Evalueringen udstiller faktorer, som påvirker opgørelsen og giver os anbefalinger til at opgøre fremtidens udledning af drivhusgasser fra renselanlæg.

Ekstra forfattere: Anders Damgaard\*, Morten Rebsdorf\*\*, Per-Henrik Nielsen\*\*\*, Nick

Ahrensberg\*\*\*\*, Martin Rygaard\* \*DTU Miljø, \*\*Aarhus Vand, \*\*\*VandCenterSyd, \*\*\*\*BIOFOS

Referencer: IPCC. (2006). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories IPCC. (2019). 2019 Refinement to the 2006 IPCC. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.

### Lattergas - Lessons Learned at Ejby Mølle WRRF

Nerea Uri Carreno, VandCenter Syd

Nitrous oxide emissions receive a lot of attention in the wastewater sector nowadays and this trend is likely to continue, as utilities and regulators realize, and more importantly, quantify, the impact of this undesired gas on the overall sustainability of their operations. However, working with nitrous oxide can be challenging and it brings a new level of complexity to utilities. This presentation will share Vandcenter Syd's experiences with dealing with nitrous oxide emissions through years of working in different projects at its largest WRRF, Ejby Mølle.

### Udledning af lattergas fra renselanlæg – dansk undersøgelse

Anna Katrine Vangsgaard, EnviDan

Emissioner af lattergas fra renselanlæg kan have en betydelig negativ indvirkning på klimabalancen i vandsektoren og skal betragtes, når vandsektoren vil reducere sit klimafodaftryk. Der er en begrænset viden om, hvor meget lattergas der udledes, da der mangler systematiske og længevarende undersøgelser på renselanlæg. Denne omstændighed efterlader forsyningselskaber og

myndigheder med usikkerhed om, hvordan lattergassens klimapåvirkning kan kvantificeres og forhindrer dem i at træffe effektive foranstaltninger til at reducere lattergasemissioner. I en fælles indsats mellem forsyningsselskaber, myndigheder og rådgivere opsamles og sammenstilles i nærværende projekt længerevarende målinger af lattergas fra ni danske kommunale renselanlæg. Undersøgelsen er en vigtig benchmark for sektoren og danner grundlag for at kunne reducere renselanlægs bidrag til den globale opvarmning.

*Medforfattere: J.A. Madsen, EnviDan A/S, M.Tind, Miljøstyrelsen (Danish EPA)*

### **Hvordan opnås det klimavenlige renselanlæg?**

*Aviaja Hansen, Krüger*

Klimagasudledningen på de energiproducerende renselanlæg har ikke været inddraget i det samlede fokus på carbon-footprint. Screeningsanalyser har dog vist at renselanlæg udleder klimagasene lattergas og metan. Disse emissioner kan minimeres ved fokus på optimal kvælstoffjernelsen i procestanken og gasopsamling fra slamlagertanke, samtidig med at energiforbruget til anlægsdriften sænkes. Vi præsenterer her resultater for klimagasreduktion opnået via produktion af egen cost-effektiv kulstofkilde ved varm hydrolyse til optimering af denitrifikation i procestanken og via implementering af en kombineret gasopsamlende og varmegenvindende slamlager-tank, som medfører øget energiproduktion, lavere klimagasudledning samt lavere energiforbrug.

### **Har vi styr på vores emissioner?**

*Niels Askjær, VandCenter Syd*

Mange renselanlæg i Danmark har en betydelig egenproduktion af energi i form af el og varme. Det giver selvsagt et positivt CO<sub>2</sub> aftryk. Men når der nu er styr på energien, hvad er så vores største udfordring? Lattergas emission fra vores biologiske behandling har længe været en velkendt udfordring, og det har vi ikke helt styr på endnu. En anden udfordring er metan produktion fra vores systemer. Metan er på linje med lattergas en drivhusgas med et aftryk, der er 28 gange kraftigere end CO<sub>2</sub>. VandCenter Syd (VCS) har taget initiativ til at arbejde på denne problemstilling. Initiativet sker gennem projekter, hvor der søges støtte fra både EU og MUDP.

*Medforfattere: Per Henrik Nielsen (Projektchef), Rikke Hansen (udviklings- og innovationskoordinator)*

## **RESSOURCE GENVINDING.**

*ORDSTYRER: PER HENRIK NIELSEN, VANDCENTER SYD*

### **VARGA projektet – status**

*Dines Thornberg, BIOFOS & Maria Faragò, DTU Miljø*

BIOFOS behandler spildevand fra 15 kommuner i hovedstadsområdet. BIOFOS har som vision i Strategi 2025 anført, at ville fremme den grønne omstilling og cirkulære økonomi. Alle ressourcer i spildevandet inklusive vandet selv skal søges udnyttet. Et tiltag til denne omstilling er implementeringen af fyrtårnsprojektet VARGA (Vand Ressource Genvinding Anlæg) støttet af MUDP. BIOFOS har siden januar 2017 i samarbejde med 4 partnere (EnviDan, A.R.C, UNISENSE, DTU-



Miljø) arbejdet med at transformere Avedøre renselanlæg fra et traditionelt anlæg til et CO<sub>2</sub> neutralt ressource anlæg. VARGA understøtter således vandvisionen og regeringens handleplan for verdensmålene. Projektet afsluttes i 2021, men indlægget her vil give et status overblik på de resultater, der er opnået bl.a med fokus på en Eco-efficiency vurdering.

*Medforfattere: Nick Ahrensberg, BIOFOS, Jeanette Agertved. EnviDan, Ida Leisner. A.R.C, Mikkel Holmen Andersen, Unisense, Anders Damgaard, DTU-miljø, Martin Rygaard, DTU-miljø, Jacob Kragh Andersen, EnviDan & Maria Farago, DTU-miljø*

### **Varmepumper på renselanlæg - en fremtidig varmekilde.**

*Christian Risborg, NIRAS, L. Ærenlund, J. Jørgensen, Fors & Ivan Vølund, VandCenter Syd*

I Danmark har vi netop vedtaget verdens mest ambitiøse Klimalov, hvor udbygning af bæredygtig elproduktion er i centrum. I Fors er man gået foran i denne agenda og har udviklet et koncept omkring udvinding af varme fra spildevandet med følgende resultater: • Varmeproduktion svarende til ca. 3.500 husstandes varmebehov • CO<sub>2</sub> besparelse på ca. 6.000 tons/år • Lavere varmepris for aftagerne på ca. 500 kr./år • Reduktion af fosforbelastning på fjordmiljøet svarende til ca. 70 % af nuværende belastning • Afkøling af spildevandet med fordel for recipienten. En præsentation af konkrete "do's and don'ts", når der implementeres varmpumper på renselanlæg og erfaringer fra tilsvarende anlæg, bl.a. i Kalundborg. Nyhedsværdien er præsentation af branchens første solide driftserfaring fra DK's største varmpumper på renselanlæg, hvilket er vigtigt for optimering af alle de nyanlæg, som er på vej.

### **Kan Vivianit anvendes til indvinding af fosfor i spildevand?**

*Nina Almind-Jørgensen, VandCenter Syd*

VandCenter Syd har strategisk fokus på cirkulær økonomi og genindvinding af ressourcer med særlig opmærksomhed på renselanlæggene. Vi betragter spildevand som en vedvarende ressource af fosfor, og derfor er indvinding af fosfor en oplagt aktivitet at arbejde med. VandCenter Syd har følgelig taget aktiv handling ved at indgå i et formelt samarbejde med Wetsus (Holland), som undersøger jernfosfat krystallen Vivianite til ekstraktion af fosfor. Endvidere afsøger vi muligheden for et projekt under VUDP mellem Billund Vand og Energi, SDU og VandCenter Syd til kortlægning af fosfor på rensningsanlæg.

*Medforfatter: Per Henrik Nielsen, VandCenter Syd*

### **Genanvendelse af spildevandsslammaske – udvinding af fosfor og cementerstatning**

*Katrine Orland Led, Rambøll*

Fosfor er vigtigt element for alle livsformer, og det er især vigtigt da det er en begrænset ressource, og de fleste globale reserver er koncentreret i kun nogle få lande. Denne fremlæggelse er en del af et større projekt, der involverer bæredygtig genanvendelse af spildevandsslammaske gennem Ash2Phos teknologien fra EasyMining i Sverige som bl.a. genindvinder fosforen, samt genanvender den resterende askerest (silikat sand) som cement erstatning i beton. Denne fremlæggelse vil derfor også diskutere hvordan silikat sand resten kan genbruges som cement i beton mens den samtidig reducerer miljøpåvirkningen og CO<sub>2</sub>-udledningen, samt hvilket marked der er klar til denne bæredygtige beton.



*Medforfattere: Sara Stiernström, Yariv Cohen, EasyMining; Lisbeth Ottosen, DTU Byg; Anita Rye Ottosen, Rambøll; og Dines Thornberg, Lars Krogsgaard, BIOFOS.*

### **Fra Urban Bioaffald til Animalsk Foder -proteiner fra biogas**

*Jacob Kragh Andersen, EnviDan*

Omdannelsen af traditionelle renseanlæg til ressourcegenvindingsanlæg gør det muligt at om-lægge ressourcer fra urbane affaldsstrømme til fødevarerforsyningskæden. EnviDan undersøger, sammen med en række partnere, ressourcegenvinding i demonstrationsprojektet FUBAF, ved at producere foderprotein, der udelukkende er baseret på vedvarende ressourcer. Dette oplæg viser et koncept for ressourceudnyttelse, som i øjeblikket testes på Avedøre Renseanlæg. Resultaterne omfatter biologisk opgradering af biogas til biometan samt omsætning af det producerede biome-tan til enkeltcelleprotein (Single Cell Protein; SCP). Desuden evalueres konceptet ved hjælp af livscyklusvurdering og en økonomisk analyse. Det præsenterede koncept om ressourcegenvinding er et springbræt til en fremtidig cirkulær økonomi i spildevandssektoren.

## **MILJØFREMMEDE STOFFER OG RESISTENTE BAKTERIER**

*ORDSTYRER: PEDER MARIBO, AARHUS UNIVERSITET*

### **Resultater fra fuldskala lægemiddelrest fjernelse på Kalundborg Central Renseanlæg**

*Sille Bendix Larsen, Kalundborg Forsyning*

Kalundborg Forsyning har i en årrække arbejdet med fjernelse af lægemiddelrester igennem de-res EU projekt CW Pharma. Projektet har inkluderet fuldskala test med fjernelse af lægemiddel-rester ved brug af eksisterende ozon anlæg på Kalundborg Central Renseanlæg. Igennem pro-jektet er det blevet klarlagt hvilket lægemiddelrester der tilledes Kalundborg Central Rensean-læg, hvordan deres skæbne påvirkes i det aktive slamanlæg samt hvordan de omsættes i ozon anlægget. I projektet er der også analyseret for transformationsprodukter produceret under ozon behandling og der er udført omfattende økotoxikologiske test for at klarlægge om ozon behandlingen bidrog til en forbedring eller forværringen af risikoen for vandmiljøet. Kalundborg Forsyning har brugt projektet til at klarlægge de teknologiske udfordringer der måtte være med at anvende ozon som teknologi til lægemiddelrest fjernelse og de økonomiske konsekvenser det vil have for driften af Kalundborg Central Renseanlæg såfremt anlægget kontinuert anvendes til fjernelse af lægemiddelrester. Endeligt er der belyst en udfordring ved ozon behandlingen grun-det forhøjede bromid koncentrationer i spildevandet og disse udfordringer er adresseret i pro-jektet.

### **Måleprogram for medicinrester i spildevand i Aarhus Kommune**

*Laura Bailón Allegue, Aarhus Vand*

Aarhus Vand har i samarbejde med Aarhus Universitetshospital (AUH) og Aarhus Kommune (Tek-nik og Miljø gennemførte et analyseprogram for måling af relevante miljøfremmede stoffer og



multiresistente bakterier i spildevandet fra Aarhus Universitetshospital samt på ind- og udløbet af Egå Renseanlæg (Egå RA), som modtager spildevandet fra AUH. Formålet er at opnå nødvendig viden til at vurdere om spildevand fra AUH skal renses de- eller centralt for medicinrester. Der blev analyseret for 61 lægemiddel- og hormonforstyrrende stoffer samt for Ciprofloxacin-resistente bakterier. Analyseprogrammet forløb siden februar 2019 indtil juni 2020.

*Medforfattere: Laura Bailón & Karen Klarskov Møller, Aarhus Vand, Thomas Møller, Aarhus Universitetshospital, M. S. Hansen og B. Schuleit Aarhus Kommune, Teknik og Miljø*

### **VANDALF–Giftige kemikalier kan afsløres med fingeraftryk**

*Artur Tomasz Mielczarek, BIOFOS*

I VANDALF projektet udvikles en banebrydende analysemetode, som effektivt kan finde frem til giftstoffer i spildevand ved brug af kemisk analyse og toksikologiske undersøgelser.

*Medforfattere: Mathias Blichert Jørgensen, Dines Thornberg, Jan H. Christensen, Peter Mortensen, Nina Cedergreen, Selina Tisler, Giorgio Tomasi*

### **Alternativ til antibiotika i dansk spildevand**

*Lars Hestbjerg Hansen, Københavns Universitet*

Ubehandlet spildevand indeholder et væld af sygdomsfremkaldende bakterier og er derfor en guldgrube af deres naturlige fjender, bakteriofager. I samarbejde med DANVA arbejder en dansk forskningsgruppe med tilknytning til Københavns og Aarhus Universitet med at isolere og re dyrke bakteriofager fra dansk spildevand. I 2017 blev der således indsamlet 188 rå spildevandsprøver fra 48 danske renselanlæg, fra disse er der foreløbigt isoleret og sekvenseret mere end 300 bakteriofager, nogle er endda helt nye slægter og arter. Formålet er at udnytte bakteriofagernes evne til at inficere og dræbe bakterier i behandlingen af antibiotika-resistente infektioner (bakteriofagterapi). De foreløbigt isolerede bakteriofager kan dræbe sygdomsfremkaldende bakterier såsom E. coli, Salmonella, Vancomycin-resistente Enterococcus faecalis (VRE) og Pseudomonas aeruginosa. Bakteriofagterapi har vist gode resultater særligt som personligt tilpasset medicin til svært behandlede multiresistente bakterielle infektioner. Således har nogle af de danske spildevandsbakteriofager allerede indgået i et internationalt samarbejde omkring behandling af en livstruende infektion i Australien og de fremtidige perspektiver er lovende.

*Medforfatter: Nikoline S. Olsen, Københavns Universitet.*

### **Bæredygtig fjernelse af resistente bakterier**

*Sabine Lindholst, Teknologisk Institut*

De nye supersygehuse medfører en koncentration af infektionsbehandlinger forårsaget af antibiotikaresistente bakterier, hvorfor mængden af resistente bakterier i hospitalsspildevandet vil stige. Der er derfor udbredt bekymring for arbejdsmiljøet på renselanlæggene, som modtager hospitalsspildevand og for sundhedsrisikoen for mennesker ved recipienter for overløb. Målet i projektet Desinfektion af **RE**sistente **BA**kterier i **H**ospitals-**S**pildevand, "**REBAHS**" er at udvikle og afprøve en desinfektionsteknologi for resistente bakterier ved dosering af desinfektionsmiddel på hospitaler. Dermed forhindres, at de resistente bakterier ender i kloaksystemet, hvor de vil udgøre en fare.



Medforfattere: Sabine Lindholsta, Caroline Kragelunda, Ravi K.Chhetrib, Peter Underlinc, Jan Jørgensend, Jacob Andersene, Thomas Eilkær f, Henrik R. Andersenb a Teknologisk Institut, b Danmarks Tekniske Universitet, cHillerød Forsyning, dSK-Forsyning A/S, e Hjørring Vandselskab A/S, fNorlex Systems A/S · B

## NY TEKNOLOGI PÅ RENSEANLÆG

ORDSTYRER: PEDER MARIBO, AARHUS UNIVERSITET

### **Erfaringer og perspektiver ved granulær slamteknologi**

Frank B. Rasmussen, TechRas Miljø & Flemming B. Møller, Aarhus Vand

Viby Renseanlæg var overbelastet, og derfor var der et akut behov for kapacitetsudvidelse. Da anlægget forventes nedlagt i 2028, når det nye ressourceanlæg, Aarhus ReWater, forventes at blive taget i drift, var projektets formål er at udvide kapaciteten uden omfattende udvidelse af procestanks volumet. Derfor blev der i 2019-20 implementeret en ny granulær slamproces på det Viby renseanlæg. Erfaringerne på nuværende tidspunkt viser betydelige forbedringer i slamegenskaber og sedimentationshastigheden. Samtidigt kan anlægget nu belastes med maksimal hydraulik uden problemer med f.eks. slamflugt. Vigtige faktorer for projektets succes har været et løbende intensivt samarbejde partnerne imellem, hvor der er udviklet de nødvendige analyser, skabeloner og teknikker til at belyse drift og- procesforhold, som er nødvendige for dokumentation af denne nye type slamproces. Det har medført spændende nye muligheder for offentlig privat samarbejder (PPP).

### **Minimeret fosfor udledning vha Densadeg XRC**

Jens Munk-Poulsen, Skanderborg Forsyning

Skanderborg Centralrenseanlæg har opgraderet deres anlæg for at minimere udledningen af fosfor gennem en ny løsning til ballasteret flokkulering og koagulering, der har kapacitet både til at behandle overløb af stormvand og til at fungere som tertiær behandling på hovedbehandlingslinjen under normale forhold. Med denne nye løsning på plads reduceres fosforudledningen til Skanderborg-søen med 30%, mens udledningen reduceres med 90% i Svanesøen, som er modtageren af stormvandoverløb, der plejede at omgå renseanlægget ubehandlet. Denne præsentation dækker baggrundsundersøgelsen, der fører til valg af teknologi såvel som data og indlæring fra de første måneders drift med den nye installation. med fokus på balancen mellem minimering af fosforudledning og optimering af den samlede energieffektivitet og kemisk forbrug af behandlingen.

Ekstra oplægsholder: Thomas Vistisen Bugge, Suez

### **MABR teknologi på Ejby Mølle**

Nerea Uri Carreno, VandCenter Syd

Membrane Aerated Biofilm Reactor (MABR) technology uses hollow fiber membranes to deliver oxygen directly to a biofilm. This combination allows the intensification of activated sludge, being



able to do more with less, without the oxygen limitations associated to typical biofilm systems. Vandcenter Syd has operated full-scale modules from two technology suppliers at Ejby Mølle since the summer 2018. This presentation will summarize the results up to date from this ongoing demonstration.

