



Lægemidler og miljøfremmede stoffer fjernes miljøvenligt med biofilm-teknologi

Andersen, Henrik Rasmus; Tang, Kai; Sund, Christina; Sundmark, Kim ; Hansen, Aviaja; Kragelund, Caroline; Thoft Christensen, Alice; Bester, Kai; Møller, Thomas; Baadsgaard, Jørgen

Total number of authors:
15

Published in:
Spildevandsteknisk Tidsskrift

Publication date:
2018

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

[Link back to DTU Orbit](#)

Citation (APA):

Andersen, H. R., Tang, K., Sund, C., Sundmark, K., Hansen, A., Kragelund, C., Thoft Christensen, A., Bester, K., Møller, T., Baadsgaard, J., Møller, N., Underlin, P., Klarskov Møller, K., Prühs, M., & Christensson, M. (2018). Lægemidler og miljøfremmede stoffer fjernes miljøvenligt med biofilm-teknologi. *Spildevandsteknisk Tidsskrift*, (3), 10-12.

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.

Lægemedler og miljøfremmede stoffer fjernes miljøvenligt med biofilm-teknologi

Tekst: Henrik R. Andersen og Kai Tang, Danmarks Tekniske Universitet (DTU). Christina Sund, Kim Sundmark og Aviaja Hansen, Krüger A/S. Caroline Kragelund og Alice Thoft Christensen, Teknologisk Institut. Kai Bester, Aarhus Universitet. Thomas Møller, Det Nye Universitetshospital (DNU). Jørgen Baadsgaard, DNV Gødstrup. Niels Møller, Herning Vand. Peter Underlin, Hillerød Forsyning. Karen Klarskov Møller, Aarhus Vand. Morten Prühs, Air Liquide. Magnus Christensson, AnoxKaldnes, Veolia Water Technologies AB.

Biofilm-teknologien MBBR

MBBR er en forkortelse af Moving Bed Biofilm Reaktor. Det er en renseteknologi baseret på biofilm opfundet i 1980'erne af den norske professor Hallvard Ødegaard. Især i Norge er det en meget almindelig renseteknologi til både byspildevand og industrispildevand, men også i Danmark finder vi teknologien bl.a. på Mølleåværket hos Lyngby-Taarbæk Forsyning. Typisk bruges biofilm-teknologi i Danmark, når der er brug for et kompakt procesanlæg. I udviklingsprojektet MERMIS, delvist finansieret af Miljøstyrelsen, er det demonstreret, at biofilm-processerne også kan bruges til nedbrydning af svært nedbrydelige lægemidler.

Det særlige ved renseteknologier baseret på biofilm ifht. aktiv-slamanlæg er, at MBBR anlægget kan opbygges på en måde, hvor mikrobiologien i biofilmen bliver specialiseret til at omsætte præcist det organiske materiale, som findes i spildevandet på det pågældende sted i rensprocessen.

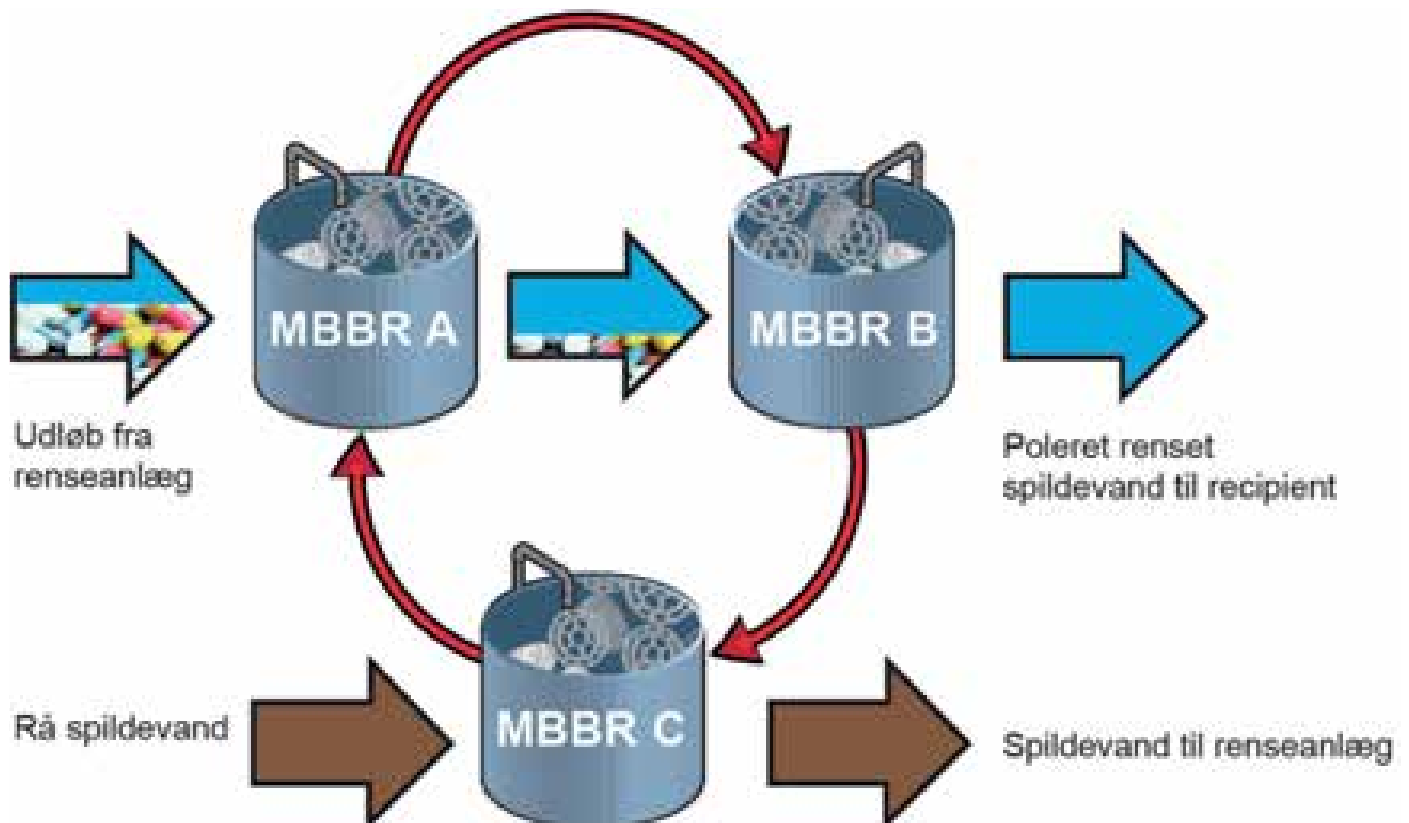
Mikrobiologien gror på plast-bærere i et flertrins tankanlæg, hvor de ikke flyder med vandfasen. Derfor kan også langsomt voksende bak-

terier gro og fastholdes i systemet. Det er netop de langsomt voksende specialiserede bakterier, som udnyttes i Exeno™-teknologien, en MBBR-teknologi til fjernelse af miljøfremmede stoffer i spildevand.

Exeno™ kan eksempelvis anvendes til efterbehandling af udløb fra eksisterende aktiv-slamanlæg, hvor svært nedbrydelige medicinrester og andre miljøfremmede stoffer således forhindres i at blive udledt til vandmiljøet.

Omsætning af svært nedbrydelige lægemidler

I udviklingsprojektet MERMIS blev der udviklet en særlig rotationsdrift af MBBR-tanke til fjernelse af svært nedbrydelige lægemidler. Princippet i rotationsdriften er, at udløbet fra et eksisterende rensenanlæg tilføres to MBBR-tanke, hvor de svært nedbrydelige lægemidler og andre miljøfremmede stoffer bliver omsat. Biofilmen i en tredje MBBR-tank er i en kortere periode "off-line" og tilføres råspildevand som et energiboost. De tre MBBR-tanke er i rotationsdrift, hvilket sikrer, at biofilmen i tankene har energi til at omsætte de svært nedbrydelige lægemidler i udløbet fra rensenanlægget (Figur 1).



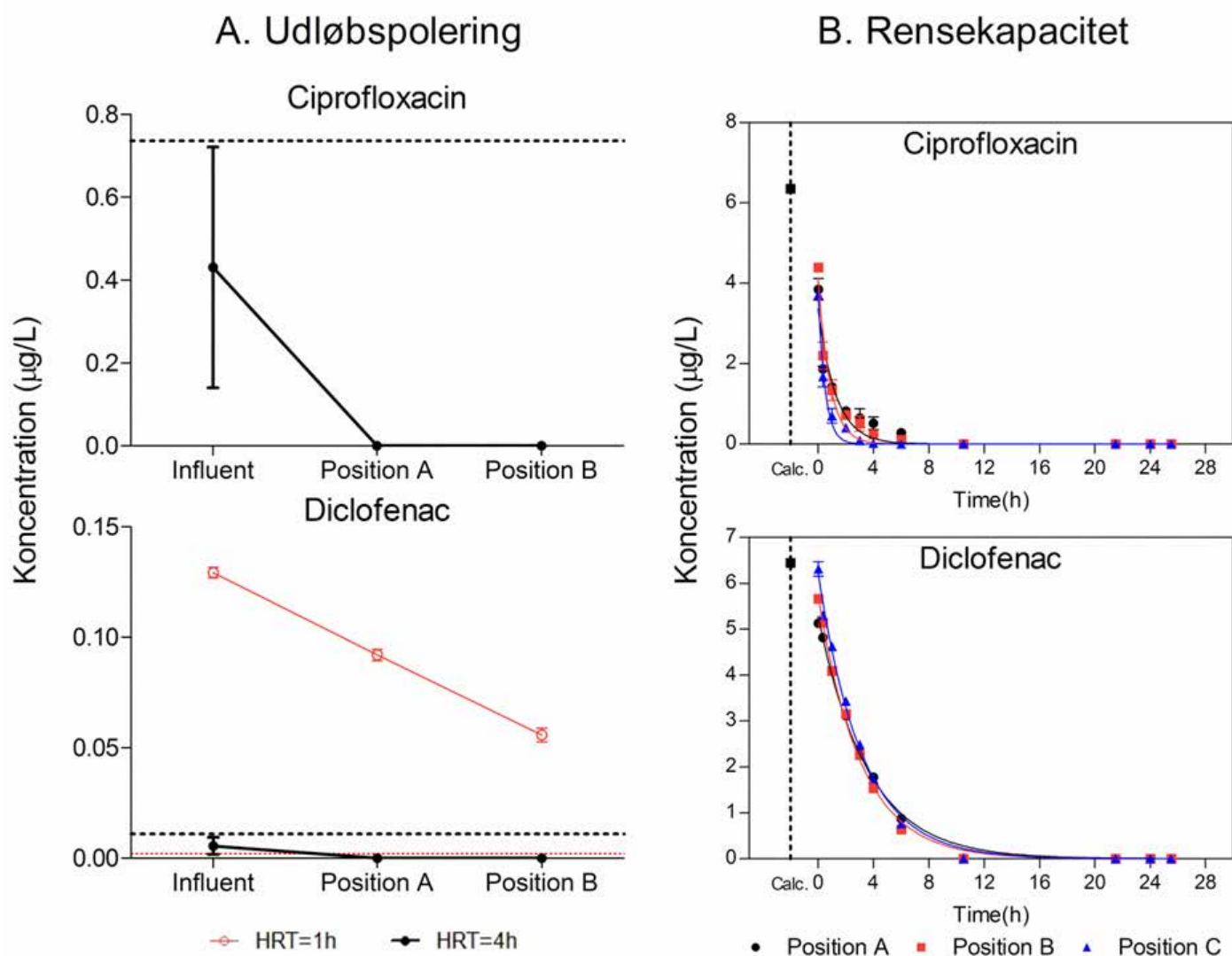
Figur 1. Patenteret rotationsdrift til omsætning af svært nedbrydelige lægemidler i udløbet fra rensenanlæg.

Nedbrydelsen af 27 forskellige lægemiddelstoffer er blevet undersøgt i vores studier og har vist forskellig omsætning i MBBR-tankene afhængig af anlægsdesign og hvilke lægemiddelstoffer, der er tale om (Miljøstyrelsen projekt 1988, 2018). Generelt inddeles lægemiddelstofferne efter, hvor let de nedbrydes biologisk samt, hvor stor skadevirkning de forventes at have på mennesker og vandlevende organismer (Nielsen m.fl. 2013). A-stoffer er uønskede i afløbssystemet, mens B-stoffer bør udledes i henhold til gældende miljømæssige kvalitetskrav og C-stofferne, de mindst skadelige, reguleres efter lokalt fastsatte kravværdier (Nielsen m.fl. 2013). I Danmark er der blevet udarbejdet en liste over 36 lægemiddelstoffer og deres anbefalede grænseværdi ved tilslutning til kloak eller ved direkte udledning til recipient. Disse grænseværdier baseres på PNEC-værdier (Predicted No Effect Concentration) og tager udgangspunkt i eksponeringsstudier af vandlevende organismer (Nielsen m.fl. 2013).

Biofilm-teknologiens omsætning af forskellige lægemiddelstoffer er bl.a. blevet undersøgt i udløbet på Viby Renseanlæg, hvor lægemiddelstofferne generelt blev nedbrudt helt eller delvist af biofilmen (Tang m.fl. 2017). Resultaterne fra nedbrydelsen i biofilm-reaktorerne af to A-stoffer Diclofenac og Ciprofloxacin ses af figur 2a, hvor koncentrationerne af stofferne kom under PNEC-værdierne ved den biologiske omsætning i biofilm-reaktorerne (figur 2a). I studiet blev biofilmens nedbrydelses-kapacitet af lægemidlerne desuden undersøgt ved tilsætning af lægemiddelstofferne og også her sås en fuldstændig nedbrydelse af de to A-stoffer (figur 2b). Disse resultater dokumenterer, at biofilm-teknologien effektivt nedbryder de svært nedbrydelige lægemiddelstoffer.

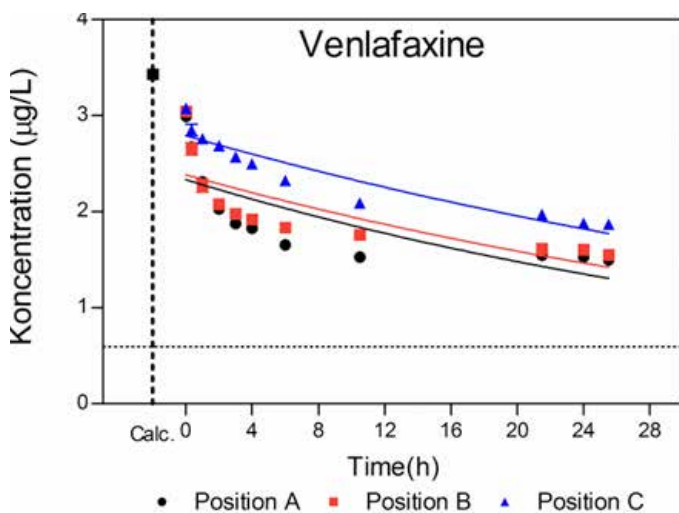
Biologisk nedbrydning og mindre ozon

Den billigste og mest miljøvenlige metode til at fjerne organisk stof fra spildevand er biologisk behandling. Imidlertid kan biologisk



Figur 2. A. Målte koncentrationer af medicinrester i kontinuerede forsøg på Viby Renseanlæg i renset spildevand (influent), MBBR-tank position A og MBBR-tank position B med 1 time (rød) og 4 timers (sort) hydraulisk opholdstid ialt. Flere af de analyserede medicinrester blev målt under den formelle kvantifikationsgrænse (horisontal stiplede linje), (Tang m.fl. 2017). B. Nedbrydelse over tid af tilsatte medicinrester (spiking) til udløbsvand fra Viby Renseanlæg i de tre MBBR-tanke position A (sort), B (rød) og C (blå), (Tang m.fl. 2017).

behandling ikke sikre, at PNEC nås for alle lægemiddelsstoffer. Men desto mere effektiv den biologiske behandling er, desto mindre ozon og/ eller aktivt kul skal der bruges til efterbehandling. Efterbehandling med ozon er ikke nødvendig i alle anlæg, men hvis eksempelvis det meget svært nedbrydeligt lægemiddel venlafaxin ønskes nedbrudt, kan dette med fordel gøres i kombination med biofilm-teknologien.



Figur 3. Nedbrydning over tid af venlafaxine tilsat udløbsvand fra Viby Renseanlæg i de tre MBBR-tanke position A (sort), B (rød) og C (blå), (Tang m.fl. 2017).

Biofilm-teknologien er på Viby Renseanlæg vist delvist at nedbryde venlafaxin (Figur 3). Dermed er ozonbehandling i kombination med biofilm-teknologien meget effektiv, da størstedelen af det organiske materiale allerede er fjernet ved den biologiske omsætning og lavere doser af ozon anvendes til nedbrydning af de få resterende lægemiddelrester og eventuelle restprodukter fra omsætningen. Dette gør Exeno™-teknologien langt mere økonomisk end aktiv-slamsystemer. Exeno™-efterbehandlingsløsningen er ressourceeffektiv, idet den bruger mindre energi end ren kemisk behandling og har derfor et meget mindre miljøaftryk.

Fjernelse af lægemiddelsstoffer i fuldskala

Det er dog ikke nyt at anvende biofilm til fjernelse af svært nedbrydelige stoffer. Eksempelvis er spildevandet fra den svenske lægemiddelproducent AstraZeneca ved Stockholm siden 1997 blevet rensat med biofilm-reaktorer i serie. Her består biofilmen i de første reaktorer af svampe, som har vist sig særligt gode til at vokse i det ellers forholdsvis toksiske spildevand (figur 4). Svampene nedbryder lægemiddelsstofferne således, at bakterierne i de efterfølgende biofilm-reaktorer kan omsætte det resterende organiske materiale i spildevandet. Anlægget kører meget stabilt, også under spidsbelastninger, og udløbsvandet fra anlægget udledes til søen Mälaren, hvorfra Stockholm forsynes med drikkevand.

Alt i alt har vores arbejde med biofilm-teknologien vist, at lægemiddelsstoffer fra alle stofklasser, også de svært nedbrydelige forbin-

delse, nedbrydes helt eller delvist med Exeno™-teknologien. Ved fjernelse af de resterende lægemiddelrester og restprodukter vil den nødvendige ozondosering være væsentligt reduceret, og deraf vil driftsomkostningerne og miljøaftrykket være meget mindre ved kombinationen af biofilm-omsætning og efterbehandling.

I rapporten fra MERMISSPROJEKTET (Miljøstyrelsen projekt 1988, 2018) kan man desuden finde tilsvarende gode resultater fra studier af spildevandet fra onkologisk afdeling på Det Ny Universitetshospital Skejby (DNU) og af DNUs samlede spildevandsafløb. I rapporten findes også alle nedbrydelses-resultaterne fra de mange analyserede lægemiddelsstoffer i projektet. Rapporten kan downloades via dette link: <http://mst.dk/service/publikationer/publikationsarkiv/2018/mar/environmentally-friendly-treatment-of-highly-potent-pharmaceuticals-in-hospital-wastewater-mermiss/>



Figur 4.
Øverst: Biofilms-reaktorer med svampe hos AstraZeneca AB, Sverige.
Nederst: Mikroskopibillede af svampe i biofilm.

Kilder

Miljøstyrelsen, Environmental project no. 1988 (2018) Environmentally friendly treatment of highly potent pharmaceuticals in hospital wastewater – Mermis, Teknologisk Institut. ISBN: 978-87-93614-81-9. <http://mst.dk/service/publikationer/publikationsarkiv/2018/mar/environmentally-friendly-treatment-of-highly-potent-pharmaceuticals-in-hospital-wastewater-mermiss/>

Nielsen, U., Rasmussen, D., Hastrup, C.A., Slothuus, T. (2013) Forslag til administrationsgrundlag for lægemiddelsstoffer i hospitalsspildevand, Anbefalede maksimale koncentrationer ved tilslutning til kloak. Input til KL's Arbejdsgruppe omkring hospitalsspildevand. Juni 2013.

Tang K., Ooi, G.T.H., Litty, K., Sundmark, K., Kaarsholm K.M.S, Sund, C., Kragelund, C., Christensson, M., Bester K. og H.R. Andersen (2017) Removal of pharmaceuticals in conventionally treated wastewater by a polishing moving bed biofilm reactor (MBBR) with intermittent feeding, *Bioresource Technology* 236, 77-86.