

BIOFOS



## Miljøfremmede stoffer i renselanlæg

Artur Tomasz Mielczarek  
Forretningsudvikling

**Miljøfremmede stoffer og andre mikro-forureningsstoffer har efterhånden været i fokus i mange år.**

**Flere interessegrupper bl.a.: myndigheder, medier, forskere har diskuteret udbredelse og skadevirkningen af disse.**

I Schweiz stiller myndighederne i dag krav til fjernelse af miljøfremmede stoffer i afløbet fra de største renselanlæg. Det må forventes at noget lignende vil ske i EU og Danmark i løbet af de nærmeste år i de tilfælde hvor spildevandsudledninger udgør en væsentlig kilde til manglende opfyldelse af god økologisk og kemisk tilstand i vandområder.

Der findes flere forskellige teknologier som kan nedbryde eller eliminere en stor del af de miljøfremmede stoffer. En typisk fremgangsmåde er en kombination af flere enkelte systemer, men der eksisterer mange muligheder og nogle gange er det ikke klart hvilken metode er mest relevant til opgaven.



BIOFOS

## Rapporten

Rapporten tilstræber at give overblik over:

- kilder til stofferne
- lovgivningen
- hvilke stofgrupper vi bør se på og hvilke teknologier har vi til at løse problemet.

Rapporten består af en generel oversigt over fokusstoffer samt en liste med nyere teknologier med virkemåde, ressourceforbrug, omkostninger, anskaffelsespriser, levetid, udviklingsstade, demonstrationsresultater mv.



## Rapporten

**Rapporten er ikke tænkt som et fuldstændig dækkende oversigt over mulige teknologier, men mere end gennemgang af de mest oplagte og nu anvendte.**

Der fokuseres i rapporten på metoder til efterbehandling af biologisk rensset spildevand, også betegnet tertiære rensning.

Slam og rejektvandsbehandling er ikke omfattet.



## Kilder og kredsløb

Med 91 millioner organiske og uorganiske stoffer og 95 millioner kommercielt tilgængelige kemikalier (registreret af [www.cas.org](http://www.cas.org)) er der i dag ikke et komplet billede af de stoffer, som findes i vores spildevand.

I den internationale debat blandt myndigheder, forskere og NGO'er har der været og er der blandt andet fokus på følgende overordnede stofgrupper, som kan måles i spildevand fra renseanlæg:

- Lægemiddelstoffer
- Industrikemikalier og biprodukter
- Overfladeaktive stoffer
- Personlig pleje-produkter (kosmetiske produkter)
- Livsstilsstoffer
- Fødevarerilsætningsstoffer
- Sundhedsskadelige mikroorganismer
- Hormonforstyrrende stoffer
- Mikroplast
- Nanopartikler

## Lovgivning og regler

Med EU's Vandrammedirektiv, som trådte i kraft i 2000, blev der lagt en fælles strategi for bekæmpelsen af vandforurening og beskyttelse af vandområder i EU.

Det danske lovgrundlag for regulering af udledning af spildevand fra offentlige renseanlæg og beskyttelse af vandmiljø i relation til miljøfarlige stoffer er beskrevet i følgende love og bekendtgørelser:

- Miljøbeskyttelsesloven (MBL LBK nr. 879 af 26/06/2010)
- Spildevandsbekendtgørelsen (BEK nr. 1448 af 11/12/2007)
- Bekendtgørelse om miljøkvalitetskrav for vandområder og krav til udledning af forurenende stoffer til vandløb, søer eller havet (BEK nr. 1022 af 25/08/2010)
- Miljømålsloven (LBK nr. 932 af 24/09/2009, BEK nr. 863 af 28/06/2010)

## Ansvar i relation til miljøfarlige stoffer

Myndighedernes og renseanlæggets ansvar i relation til miljøfarlige stoffer i vandmiljøet (NST= Naturstyrelsen):



## Informations kilder

- SPILDEVANDSINFO.DK

Denne hjemmeside formidler viden om identifikation og begrænsning af forureningskilder i oplande til renseanlæg. Hjemmesiden henvender sig til alle, der arbejder professionelt med spildevand



## Informations kilder

- Miljøstyrelsens hjemmeside

Miljøstyrelsens hjemmeside om kemikalier giver oversigt over lovgivningen samt en række initiativer til yderligere tiltag til begrænsning af sundheds- og miljøpåvirkninger fra kemikalier, stoffer og underliggende informations-kilder.

**Chemicals**  
 Et stort antal af ca. 10.000 stoffer. Som Miljøstyrelsen ansvar for at have særlige problematiske stoffer og/eller miljøvenlige alternativer.

**Forbudsforordningen REACH**  
 Forbudsforordningen er en liste over stoffer, som EU ansvar for at være særligt problematiske, som er underlagt særlig regulering.

**Stoffer i miljø og sundhedsrisikolister**  
 For at særlig miljø og sundhedsrisikolister forstærkes gennemværet i databaserne for kemikalier i EU, og i EU.

**Databaser over stoffer i forureningsregister**  
 Miljøstyrelsen har lavet en database over forureningsregister af kemiske stoffer i forureningsregister. I databasen kan søges på EU, stoffer, forurenings og produkttyper.

**Links til andre stoffer og databaser**  
 Der findes en lang række andre sider og databaser, der kan være nyttige, når du producerer, importerer eller på anden måde arbejder med kemiske stoffer.

**Læs mere om forureningsregister af kemiske stoffer**  
 På EU's side over forureningsregister forstærkes forstærket af mere end 1000 stoffer og stoffegrupper, som EU har særligt fokus på forurenings og sundhedsrisikolister.

**Forbudsforordningen REACH**  
 Forbudsforordningen er en liste over stoffer, som EU ansvar for at være særligt problematiske, som er underlagt særlig regulering. Den giver bl.a. oplysninger om stoffernes sundheds- og miljørisiko, såvel som alternativer til de forbudte stoffer.

**Stoffer i miljø og sundhedsrisikolister**  
 Miljøstyrelsen har udarbejdet en forureningsliste, som producerer og importerer kan søge til søgning til at identificere stoffer. De bruges på markeder.

**Læs mere om stoffer i miljø og sundhedsrisikolister**  
 For at særlig miljø og sundhedsrisikolister forstærkes gennemværet i databaserne for kemikalier i EU, og i EU. Miljøstyrelsen udgiver en database over forureningsregister af kemiske stoffer i forureningsregister. I databasen kan søges på EU, stoffer, forurenings og produkttyper.

## Informations kilder

- IPCHeM

Et nyt EU-initiativ "Information Platform for Chemical Monitoring" (IPCheM) har til formål at lette en central adgang til oplysninger om kemikalier, særligt med henblik på enkelt-stoffers forekomst i miljøet (vand, luft, jord, biota,..) samt data fra måling på mennesker (blod, væv,...).

Information Platform for Chemical Monitoring data  
 En platform til adgang til kemiske stoffer

IPCheM - the Information Platform for Chemical Monitoring is a single access point for obtaining chemical monitoring data collected, managed and evaluated by European Commission bodies, Member States, international and national organisations and researchers.

The Platform aims to support a more coordinated approach for collecting, storing, accessing and analysing data related to the occurrence of chemicals and chemical mixtures, in relation to humans and the environment. This would help identify data between exposure and epidemiological data in order to explore potential biological effects and lead to improved health outcomes. (EC Commission) "The sustainable effects of chemicals – Chemical Research" (2014-2018) final.

IPCheM is designed and implemented as an open-access system, allowing anyone access to existing information libraries and data streams.

Search Chemical Monitoring Data

4 Modules

Search areas of the European Union  
 Search areas of the environment  
 Search areas of the population

IPCheM allows to search and access data through 4 Modules

1 Search Chemical Monitoring Data  
 2 Search areas of the European Union  
 3 Search areas of the environment  
 4 Search areas of the population

For information on the platform and the related content (EU 2016)

## Behandling

Der findes en lang række af teknologier der kan anvendes til behandling af miljøfremmende stoffer. Der er et hav af studier der undersøger effekten på enkeltstoffer eller stofgrupper.

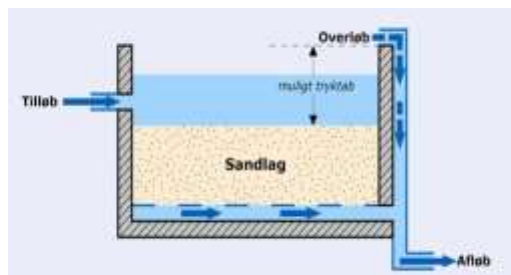
Det er svært at få et fuldstændigt og entydigt overblik over effekten af de enkelte teknologier.

Der eksisterer så vidt vides ingen teknologi som kan fjerne eller behandle alle typer af stoffer i et trin. Hver metode har ulemper og fordele. Som udgangs punkt, skal alle nævnte teknologier forstås som efterpoleringsprocesser (tertiær) som supplerer klassiske rensningsmetoder.

## Behandling - enkeltstående teknologier

- **Sandfilter**

Sandfilter er her typisk forstået som et biologisk aktivt sandfilter. Spildevand filtreres gennem lag af sand og/eller grus. Partikulære stoffer tilbageholdes i en sandfiltermatrix som simpel filterkage og med sorptionskræfter, men undergår også kemiske transformationer ved hjælp af mikroorganismer i filterlaget. Denne metode er nok den mest udbredte som terciær teknologi pga. metodens simpelhed og stabilitet.



## Behandling - enkeltstående teknologier

- **Ozon behandling**

Ozon er en kraftig kemisk oxidation som gennem mange år har været anvendt ved drikkevandsrensning. Ozon kendt for at kunne desinficere og omdanne svært nedbrydelige organiske mikroforureninger.

Ozon behandling oxiderer stoffer og nedbryder dem til mindre organiske molekyler der typisk er mere bionedbrydelige. Doseringsmængder varierer med koncentrationer af stoffer i spildevandet. Ozon produceres med ilt og elektricitet og kræver relativt store mængder energi.

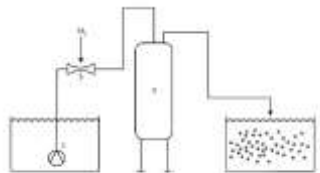


Figure 1  
A simplified schematic of the ozonation system of a wastewater treatment plant (WWTP) showing the ozonator (1), ozonator (2), ozonator (3), ozonator (4), ozonator (5), ozonator (6), ozonator (7), ozonator (8), ozonator (9), ozonator (10), ozonator (11), ozonator (12), ozonator (13), ozonator (14), ozonator (15), ozonator (16), ozonator (17), ozonator (18), ozonator (19), ozonator (20), ozonator (21), ozonator (22), ozonator (23), ozonator (24), ozonator (25), ozonator (26), ozonator (27), ozonator (28), ozonator (29), ozonator (30), ozonator (31), ozonator (32), ozonator (33), ozonator (34), ozonator (35), ozonator (36), ozonator (37), ozonator (38), ozonator (39), ozonator (40), ozonator (41), ozonator (42), ozonator (43), ozonator (44), ozonator (45), ozonator (46), ozonator (47), ozonator (48), ozonator (49), ozonator (50), ozonator (51), ozonator (52), ozonator (53), ozonator (54), ozonator (55), ozonator (56), ozonator (57), ozonator (58), ozonator (59), ozonator (60), ozonator (61), ozonator (62), ozonator (63), ozonator (64), ozonator (65), ozonator (66), ozonator (67), ozonator (68), ozonator (69), ozonator (70), ozonator (71), ozonator (72), ozonator (73), ozonator (74), ozonator (75), ozonator (76), ozonator (77), ozonator (78), ozonator (79), ozonator (80), ozonator (81), ozonator (82), ozonator (83), ozonator (84), ozonator (85), ozonator (86), ozonator (87), ozonator (88), ozonator (89), ozonator (90), ozonator (91), ozonator (92), ozonator (93), ozonator (94), ozonator (95), ozonator (96), ozonator (97), ozonator (98), ozonator (99), ozonator (100).

## Behandling - enkeltstående teknologier

- **Aktiv kul**

Aktiv kul er en porøs type kul med meget stor overflade.

Aktiv kul behandling er således en absorption metode - organiske stoffer absorberer (forbinder) til strukturer i kulletts porer. Aktiv kul findes som pulver eller granuler og kan enten doseres til renseanlæggets biologiske trin eller indgå som selvstændigt trin i en tertiær reaktor.

Der kan ske en vis biologisk aktivitet i kullet men efter en given driftsperiode skal kullene udskiftes.

Ved tilsætning direkte i processtanke vil kullene gå ud med overskudsslam, Aktiv kul findes i to forskellige former som pulver eller granuler (forkortes hhv. PAC og GAC i international litteratur).

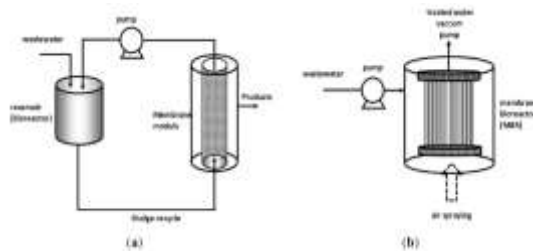


## Behandling - enkeltstående teknologier

- **Membran BioReaktor (MBR)**

MBR proces er en sammensætning af to teknologier, nemlig et klassisk aktiv slam system og et membran separation system (microfiltration eller ultrafiltration).

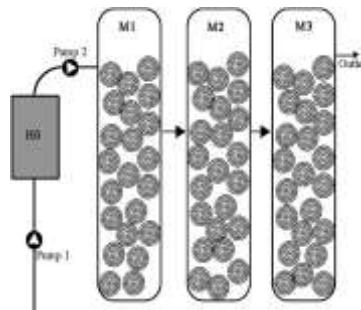
En MBR reaktors virkning på miljøfremmede stoffer (MFS) er baseret på at der kan opnås en høj slamalder ved tilbageholdelse af alle typer mikroorganismer, og dermed en kultur af langsomt voksende bakterier med potentiale til at nedbryde MFS. Det er ikke selve membranens tilbageholdelse af MFS der er i spil.



## Behandling - enkeltstående teknologier

- **MBBR (Moving Bed Biofilm Reactor)**

MBBR anvendes biofilm som sidder på små plastikbærere. Bærerne er opblandet med spildevand i en reaktor og bevæger sig frit. Denne løsning er relativt kompakt i forhold til aktiv slam anlæg. MBBR har ikke nogen filtrerende effekt. Effekten mht. fjernelse af MFS er baseret på samme fænomen som for MBR, nemlig høj slamalder der kan indeholde langsomt voksende bakterier med potentiale til at nedbryde MFS.

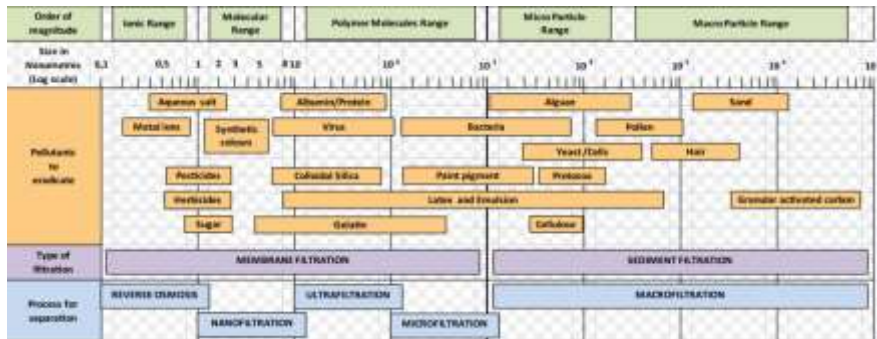




## Behandling - enkeltstående teknologier

- **Membraner**

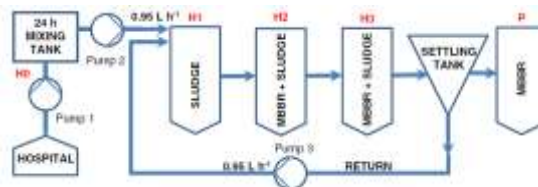
Membraner kan udmærket anvendes til at fjerne MFS uden tilknyttet biologisk aktivitet. Hvis man ønsker at fjerne miljøfremmede stoffer som en membranfiltrering skal der meget fine membraner til



## Kombination af forskellige processer og teknologier

- **Aktiveret Slam og MBBR i kombination.**

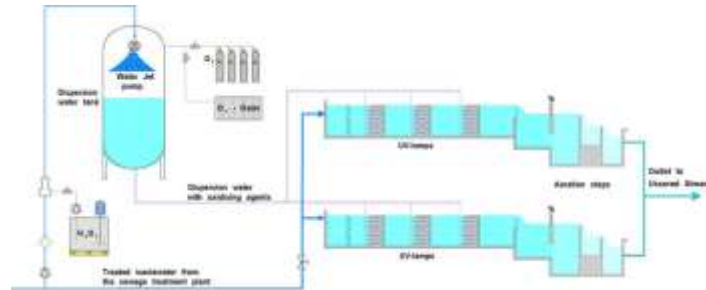
AS+MBBR er en kombination af to velkendte teknologier: aktiveret slam og MBBR i kombination.



## Kombination af forskellige processer og teknologier

- **APOP teknologi**

Renseanlæg med et helt nyt rensetrin, der kan fjerne mikroorganismer og hormonforstyrrende stoffer fra udløbsvandet. Projektet er opstået omkring en ny, patenteret, lampe som giver ultraviolet (UV) lys i det mest energirige del af UVspektrret, der er i stand til at hygiejniserer spildevandet og samtidigt nedbryde de hormonforstyrrende stoffer.



## Projekterfaringer

Der er på international plan gennemført en lang række projekter hvor såvel kendte som nye renseteknologier afprøves og dokumenteres. Resultaterne er generelt tilgængelige via søgninger i teknisk-videnskabelig litteratur, men i nedenstående fremhæves resultater fra nogle få store EU-projekter, der er gennemført indenfor de sidste ca. 5 år.

- NEPTUNE
- TAPES

## Vurderingstabel

Konfiguration	Omkostning		Ressourcer			Effekt	
	Anskaffelse	Driftstimer	Energi forbrug	Kemikalier	Pladskrav	Rest-udledning	CO2 effekt
1 Ozon + Sandfilter	M	M	H	L	H	L	H
2 MBR+Ozon+ PAC	H	H	H	M	M	L	H
3 Biologisk PAC	L	H	L	M	L	H	L
4 MBBR+AS	M	L	M	L	M	M	L
5 Membran (RO eller UF)	H	M	M	L	M	M	M
6 UV + Oxidant	M	H	H	H	L	H	M

kr      Mande timer      EI / kWh      t/m<sup>3</sup>      m<sup>2</sup>      omvendt af fjernelsesgrad      øget udledning

L = Lav  
 M = Mellem  
 H = Høj

# Tak for opmærksomhed!

