

WORKSHOP OM DET 4. RENSETRIN

KARIN CEDERKVIST, NIRAS
NANNA RØRBECH, MILJØSTYRELSEN
CAROLINE KRAGELUND & JONATHAN GULD
CHRISTENSEN, TI

9. JANUAR 2024 I AARHUS



Innovationspartnerskabet for
miljøfarlige forurenende stoffer

INNOVATIONSPARTNERSKABET FOR MFS

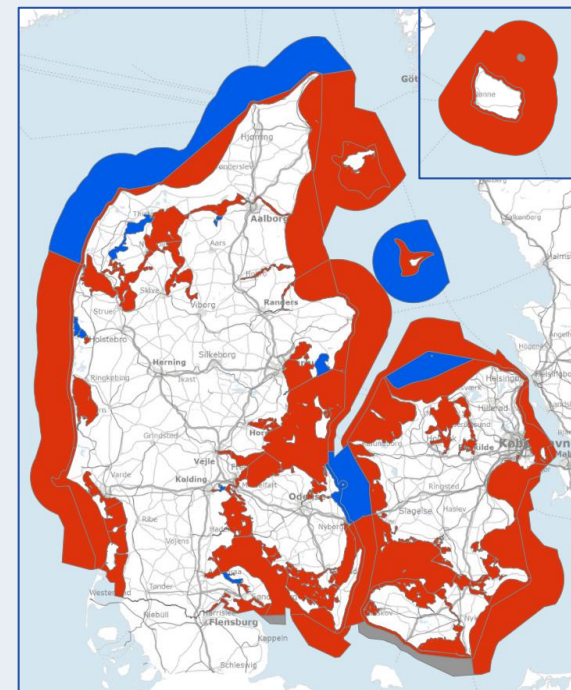
Formål:

- Grobund for miljøteknologiudvikling i og på tværs af brancher gennem workshops
- Specifikt fokus på løsninger til at reducere udledning af miljøfarlige forurenende stoffer (MFS) til omgivelserne
- Identificere målrettede indsatser til udvalgte vandmiljøer
 - 2 workshops i alt
 - Tungmetaller
 - 4. rensetrin
- **Teknologi-katalog medio 2024**



FORMÅL MED WORKSHOP OM DET 4. RENSETRIN

- 4. rensetrin stiller krav til renseanlæg ift. fjernelse af MFS
 - Teknologileverandørpræsentationer med løsninger og priser
- Hvad er status for det 4. rensetrin- opdateringer fra Miljøministeriet
- Erfaringer med fjernelse af MFS fra udlandet præsenteres
- Udfordringer med slamfraktionen ift. MFS
- Output fra workshop
- Input til
 - Teknologikatalog
 - Mulige MUDP-projektidéer



UDFORMNING AF TEKNOLOGIKATALOGET

- Samle information on MFS, vandmiljøtyper og teknologier til rensning
 - Information fra tidligere bevilgede projekter
 - Findes meget lidt om etableringsomkostninger og driftsomkostninger
- Bygge ovenpå Miljøprojekt fra 2021
 - Oplistede en række teknologier og deres "renseevne" ift. miljøfremmede stoffer
 - Målrettet spildevand



BYGGER VIDERE PÅ TEKNOLOGIKATALOG (2021)

Table 12. Overblik over stofgrupper og teknologier

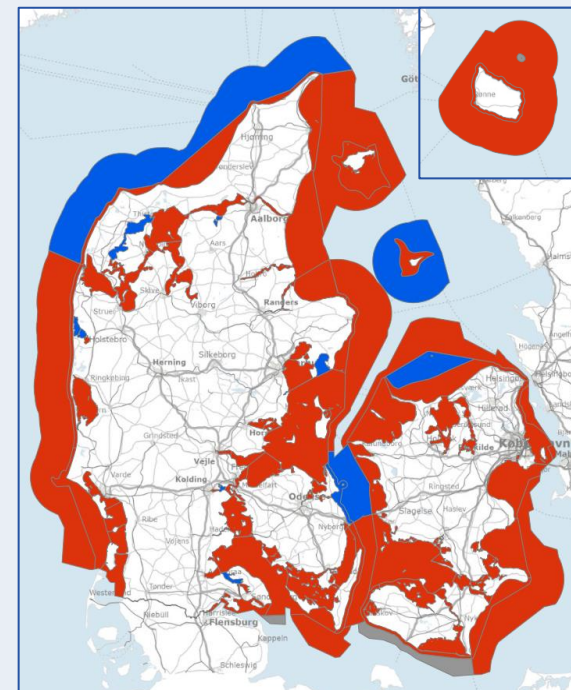
Stofgrupper	Enkeltstoffer	MBNDK ⁴	Renseteknologier																
			Avanceret oxidation				Biologisk filtrering				Membran filtrering				Ionbytning	Adsorbenter			
			Ozon ²	UV ²	UV /H ₂ O ₂ ²	Photo-fen-ton ²	MBBR ²	GAC ²	Sand ²	MBR ³	Ultra-filtrering ²	Nano-filtrering ²	Omvendt osmose ²	Fremadrettet osmose ²	ionbytning ^{1,2}	PAC ²	Grafen ^{1,2}	Zeolites ^{1,2}	cyclodextrin polymers ^{1,2}
Perfluorerede forbindelser	PFOS	Typisk stiger koncentrationer eller forbliver 0%	Forventet 15-30%	Ingen forventet	Forventet 10-20%	Forventet >70%		Forventet >90%	Ingen forventet	Forventet 75-81%	Ingen forventet	Forventet 90-99%	Forventet 99-100%	Forventet 99-100%	Under udvikling – stort potentiale	Forventet >90%		Under udvikling – stort potentiale	
	PFOSA																		
	PFHxS																		
	PFDA																		
	PFNA																		
	PFOA																		
	PFHxA																		
	PFHpA																		
	PFBS																		
	PFBA																		
PFPeA																			
FTS																			
Antibiotika	Amoxicillin		Forventet >85%	Forventet >90%	Forventet >98%	Forventet 95-100%		Forventet 85-98%	Ingen forventet		Ingen forventet	Forventet >98%	Forventet >95%	Forventet >90%	Under udvikling – forventet høj absorption	Forventet 69->90%	Forventet >95%	Forventet >87%	Forventet >75%
	Sulfamethoxazol	>10%																	
	Trimethoprim	>10%																	
	Erytromycin																		
	Clarithromycin																		
	Azithromycin																		
	Ciprofloxacin																		

- Litteraturstudie om teknologier, ofte lavt TRL niveau
- Ingen info om evt. forbehandling
- Vandtypen har stor betydning for teknologiens egnethed (behov for treatment trains)

TEKNOLOGIKATALOGET TAGER UDGANGSPUNKT I VANDMILJØTYPER

Vandmiljøtyper

- **Spildevand** berøres ift. tungmetaller og det 4. rensetrin
 - Fx udledning af urensset spildevand
- **Overfladevand fra befæstede arealer** berøres ikke yderligere
 - Vejvand, tagrender, mm.
- **Punktkilder** berøres ift. tungmetaller
 - Industrispildevand, hospitaler, vaskehaller, forbrændingsanlæg, mm.
- **Afværgevand-** berøres ikke yderligere
 - Forurennet drikkevand/grundvand
- **Drikkevand/grundvand-**berøres ikke yderligere



UDFORMNING AF TEKNOLOGIKATALOG

- **Kort beskrivelse af teknologi/teknologikoncept**
 - Fra Rambøll katalog og/eller teknologileverandører
- **Viden om teknologier/teknologikoncepter fra workshops**
 - Tungmetaller
 - 4. renses trin
- **Priser på teknologikoncepter**
 - Information om etablering og driftsomkostninger fra MUDP rapporter
 - Teknologileverandørpræsentationer
 - Spørgeskemaundersøgelse gennem brancheorganisationerne
 - Dansk Miljøteknologi og Dansk Industri-Vand

UDFORMNING AF TEKNOLOGIKATALOG

Table 13. Andre teknologier der burde være klar til fuldskala implementering indenfor 5 år

Renseteknologier		Anlægsudgifter (millioner DKK)	Driftsomkostninger (DKK/m ³)
Avanceret oxidation	Ozon	16,5 ¹	0,3-0,35
	UV	4 ²	0,2-0,3
	UV/H ₂ O ₂	9,4 ²	0,8-1
	Photo-fenton	9,4 ²	0,8-1
Biologisk filtrering	MBBR	30 ^{3,7}	0,4
	GAC	27,5 ^{1,7}	0,2-0,7
	Sand	33 ^{2,5}	0,01-0,4
	MBR	100 ^{2,7}	0,2->0,7
Membran filtrering	Ultrafiltrering	36 -50 ⁶	0,7-1
	Nanofiltrering	36 -50 ⁶	0,7-1
	Omvendt osmose	36 -50 ⁶	0,7-1
	Fremadrettet osmose	36 -50 ⁶	0,7-1
Ionbytning	Ionbytning	2,5 ⁴	0,8
Adsorbenter	PAC	2,1 ^{5,7}	0,4-1,6
	Grafen	Under udvikling	
	Zeolites	Under udvikling	
	Cyclodextrin polymers	Under udvikling	

¹ Renseanlæg på ca. 6.000.000 m³/året

² (Clauson Kaas, et al., 2006) på 20.000 m³/dag og 7.300.000 m³/året

³ Hospital, decentralt anlæg på 160.000 m³/året

⁴ Renseanlæg på 350.000 m³/året

⁵ (Cimbritz, et al., 2016) beregnet for 100.000 PE, ca. 10.800 m³/dag og 3.942.000 m³/året

⁶ (Baresel, Magnér, Magnusson, & Olshammar, 2017) beregnet for 100.000 PE, ca. 10.800 m³/dag og 3.942.000 m³/året

⁷ (Aarhus Universitet, et al., 2020) beregnet for 100.000 PE, ca. 10.800 m³/dag og 3.942.000 m³/året

- Rambøll kataloget er udarbejdet med udgangspunkt i peer reviewed artikler og på spildevand
- Det kræver fx forbehandling i langt højere grad ift. teknologiers performance
- Prissætning for teknologi baseret på størst mulig skala- pilot eller fuldskala

SPØRGESKEMA TIL TEKNOLOGILEVERANDØRER

Teknologikoncept 2

Hvilke MFS forventes teknologikonceptet at kunne reducere fra vandet?

Perfluorerede forbindelser	Antibiotika	Farmaceutiske stoffer	Østrogener	Tungmetaller	Aromatiske kulbrinter herunder PAH'er	Fenoler	Blødgørere
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Teknologikoncept 1

Hvad er etableringsomkostninger forbundet med teknologikonceptet og hvor meget vand kan håndteres?

Håndteret vandmængde (m³/år)

Anlægsudgifter (millioner DKK)

Teknologikoncept 2

Hvad er etableringsomkostninger forbundet med teknologikonceptet og hvor meget vand kan håndteres?

Håndteret vandmængde (m³/år)

Anlægsudgifter (millioner DKK)

- Eksempel på spørgeskema som rundsendes
- Anvendes til at få afklaret information om etablerings- og driftsomkostninger
- Priser bliver generisk, og opgives som et interval
- Skal kunne give læseren information om teknologivalg samt pris idé

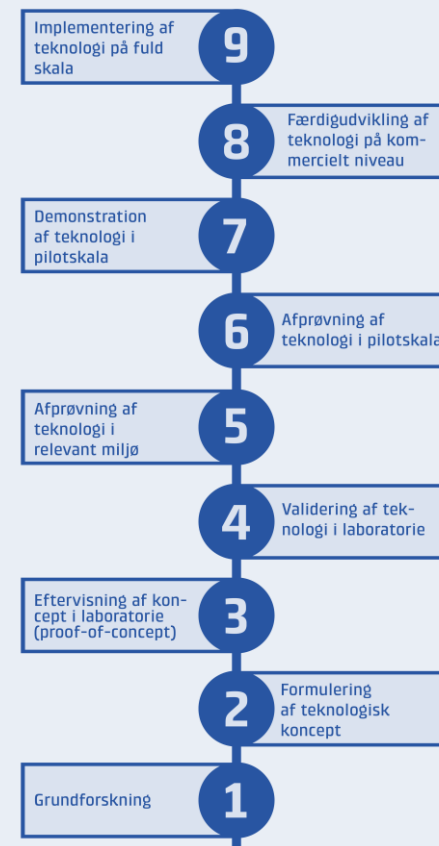
MULIGE MUDP-PROJEKTIDÉER

Kategori (hvad mangler teknologien?)	Renseteknologier (anslået TRL-niveau)
Teknologisk udvikling	
Opskalering af teknologien	
Tilpasning til nyt område	
Teknologi findes, men udnyttes ikke i Danmark	

- Afdække behov for teknologisk udvikling indenfor tungmetaller og det 4. rensetrin
- Kan måske finansieres under MUDP

Teknologikataloget forventes at være færdigt i Q2 2024

Technology Readiness Level (TRL) – fra forskning til forretning



HVAD INDGÅR IKKE I KATALOGET

- **Behov for afdækning af teknologiske muligheder og de udviklingsbehov indenfor:**
 - Overfladevand fra befæstede arealer/overløb (spildevand)
 - Spildevand fra special brancher som fx affaldshåndteringsbranchen
 - Afværgevand og forurenede grundvand/drikkevand
 - PFAS generelt
 - Slamhåndtering – renseanlæg, andet slam
 -
- **Håber på en forlængelse af Innovationspartnerskabet**

DAGENS PROGRAM

Kl. 9:30	Ankomst, registrering og kaffe
Kl. 10:00	Velkommen v. Caroline Kragelund (Teknologisk Institut)
Kl. 10:15	Nye meldinger om Byspildevandsdirektivet v. Jóannes Gaard (Miljøministeriet)
Kl. 10:30	Teknologileverandørpræsentationer ift. det 4. rensetrin ved Krüger (Mikkel Stokholm-Bjerregaard), Suez (Nana Jensen), Ultra Aqua (Ulf Nielsen)
Kl. 11:15	Rammer og intro v. Emil Sunesen/Cæcilie Pedersen (Teknologisk Institut)
Kl. 11:30	Pause
Kl. 11:40	Workshop: Diskussion i grupper og kort opsamling
Kl. 12:30	Frokost- Sandwich
Kl. 13:15	Erfaringer md 4. rensetrin fra udlandet v. Jacob Kragh Andersen (Envidan)
Kl. 13:30	Oplæg om destruktion af slamfase/restfraktion fra 4. rensetrin v. Jonathan Guld Christensen (Teknologisk Institut) og v. Anders Hansen (Danva)
Kl. 13:50	Pause
Kl. 14:00	Workshop: Diskussion i grupper om destruktion af MFS i slamfasen
Kl. 14:45	Opsamling på dagen i plenum og info om MUDP v. Nanna Rørbech (MUDP)
Kl. 15:00	Tak for i dag



Miljøministeriet
Departementet

Byspildevands- direktivet

EUROFINS
24. oktober 2023
Jóannes J. Gaard

Regeringsgrundlag - Ansvar for Danmark, december 2022

”Regeringen vil gennemføre oprensning af generationsforureninger i overensstemmelse med aftalen herom. Desuden skal sikres konkret opfølgning bag den allerede besluttede nationale handlingsplan for at afværge, inddæmme og oprense PFAS-forureninger.” (side 33)

”Det skal identificeres, hvor det vil give bedst miljømæssig effekt at investere i udvidelse af kapaciteten i rensningsanlæg, så større vandmængder bedre håndteres, og antallet af overløb nedbringes.” (side 33)

”Regeringen vil også ændre spildevandsafgiften, så udledning af urensset spildevand fra overløb får en højere afgift end udledning af rensset spildevand.” (side 34)

”Regeringen vil se på kravene til rensning af spildevandet, så spredning af miljøskadelige stoffer – herunder PFOS/PFAS – minimeres, og gøre det lettere for vandselskaberne at etablere biogas-, pyrolyse-, kalkrensning- og andre grønne løsninger”. (side 34)

Miljøminister

Miljøminister Magnus Heunicke erkender: Vi har svigtet havet i årtier

Miljøministeren melder nu markant ud, at han vil prioritere det nødlidende danske havmiljø. Vi har svigtet vores ansvar, siger han. Miljøorganisation betegner meldingen som bemærkelsesværdig.

HAVMILJØ



LARS DAHLAGER

Levet er ved at forsvinde på bunden af havet omkring Danmark, og det er primært skiftende regeringers og politikeres skyld. Inklusive Socialdemokratiet. Og problemerne har stået på i årtier. Sådan lyder erkendelsen fra Magnus Heunicke (S), efter at han i otte måneder har siddet på posten som miljøminister.

»Vi har svigtet. Det er da et svigt, at vi kan se, at livet forsvinder, siger miljøministeren i et interview med Politiken.« Vi har massive problemer med primært vores kystmiljø og dets vandmiljø. Massive problemer. For mig at se som miljøminister må det være min hovedopgave at rette op på det.

»Jeg kan simpelthen ikke holde ud - når jeg nu har dette ansvar - hvis man om 10 eller 20 år siger, at det var nu, man missede muligheden,« siger han.

Det er et område med enorme udfordringer, som Magnus Heunicke har overtaget. Ekspert melder om vandområder ødelagt af iltvind og trawl og om, at de mest ikoniske danske arter forsvinder mange steder: skrubbørne, rødspættene og torsken.

Vi lever ikke op til forpligtelser

Følge en oversigt fra Danmarks Naturfredningsforening lever Danmark ikke op til en eneste af sine internationale forpligtelser angående havet: hverken EU's havstrategidirektiv, ha-



bitatdirektiv, fuglebeskyttelsesdirektiv eller vandrammedirektiv. Ingen af havområderne, Natura 2000-naturtyperne eller de beskyttede arter er i en god tilstand.

Magnus Heunicke, det er jo en lammende, lammende beskrivelse?

»Jamen det er det, og vi har en kæmpe opgave foran os, der hæster. Man kunne ønske, at Danmark var foran EU-reglerne. Det er vi ikke. Vi haler bagefter,« siger han.

Regeringen har gjort en række nye tiltag for at adressere problemet. Men mange organisationer og forskere mener, at planerne er utilstrækkelige.

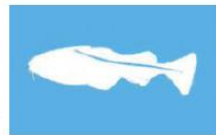
Eksempelvis skal regeringens vandområdeplan 3' fra juni reducere landbrugets udledning af kvælstof markant, i første omgang med 10.400 tons årligt.

Men en lang række organisationer og flere forskere mener, at der skal betydeligt større reduktioner til, og at der er for meget vægt på frivillighed.

»Der kommer ikke flere fisk i de fleste danske fjorde med den plan,« siger professor Stig Markager, Aarhus Universitet.

Den skepsis afviser Magnus Heunicke

SERIE



Hvor blev fiskene af?

Torsken, ålegræsset og rødspættene er forsvundet mange steder langs de danske fjorde og lystere. Livet, som vi kendte det, er væk. I stedet er kommet algevekst, fedtemøg og altdædende krabber. Men vi kan få det hele igen, siger forskerne. Hvis vi vil.

I denne serie har Politiken sat fokus på vores nødlidende havmiljø, og hvad der skal til for at genoprette det.

ke. Landbrugets udledning af kvælstof skal gendannes af en uafhængig ekspertkommission - en såkaldt second opinion - næste år, og hvis eksperterne anbefaler højere krav til landbruget, vil regeringen følge det. Samtidig sikrer loven, at hvis frivillighed ikke rækker, kommer skrappe midler på tale. »Og det er svangmidler, der kommer i brug,« siger han.

Magnus Heunicke forventer også, at det danske fiskeri skal i en mere bæredygtig retning: »Det er ikke holdbart, som det foregår nu,« siger han.

Samtidig ønsker ministeren, at indvindingen af råstoffer på havet indskrænkes, og han siger, at det er uacceptabelt, at en virksomhed som RGS Nordic i Årevis har haft lov til at udlede oliespildevand til Storebælt.

Planer kaldes »dybt utroværdige« Danmarks Naturfredningsforening betegner Magnus Heunicke's udledning som bemærkelsesværdig.

»Det er første gang, jeg har oplevet en minister give så præcis en analyse af, hvorfor havet er i den kritiske situation. Han kan godt se, hvad der skal til, og han anerkender, at der har været

»Man kunne ønske, at Danmark var foran EU-reglerne. Det er vi ikke. Vi haler bagefter,« siger miljøminister Magnus Heunicke (S). Foto: Thomas Borberg

politisk svigt. At der har været alle mulige andre interesser, der har fået forrang. Det siger han, at han vil gøre op med, og det bakker jeg fuldstændig op om,« siger Maria Reumert Gjerding, præsident i Danmarks Naturfredningsforening.

»Men hans erkendelse står jo i skarp kontrast til det, regeringen har leveret. På dag i alyste de et planlagt trawlforbud i Bælthavet. De vandmiljøplaner, som Heunicke selv har sendt til EU, er dybt utroværdige. Det hele er sovset ind i stilstand og i uendelige ekspertanalyser, mens havet lige nu gisper efter luft,« siger Gjerding, der håber, at der er tale om en reel udvending med opbakning i regeringen.

»Det er første gang, jeg har oplevet en minister give så præcis en analyse af, hvorfor havet er i den kritiske situation. Han kan godt se, hvad der skal til, og han anerkender, at der har været

Han vil huskes som den, der reddede vandet. Men tør vi tro på ham? Interview side 8

TDC

09.47

96 %

Miljøministeriet

1 dag

Bedre rensning af spildevand

I dag har miljøminister Magnus Heunicke været til Rådsmøde i Luxembourg. Her mødes han med kollegaer fra andre EU-lande for at stemme om



ildevandet
urenende
Det
rester. Det
havde

gasser.
ed, som et

IF



PFOA ækvivalenter

	Relative Potency Factor (RPF)		Relative Potency Factor (RPF)
PFOA	1	PFHpA	0,505
PFOS	2	PFTTrDA	1,65
PFHxS	0,6	PFHpS	1,3
PFNA	10	PFDS	2
PFBS	0,001	PFTeDA	0,3
PFHxA	0,01	PFHxDA	0,02
PFBA	0,05	PFODA	0,02
PFPeA	0,03	HFPO-DA eller Gen X	0,06
PFPeS	0,3005	ADONA	0,03
PFDA	0,05	6:2 FTOH	0,02
PFDoDA eller PFDoA	3	8:2 FTOH	0,04
PFUnDA eller PFUnA	4	C6O4	0,06



Forslag til revideret Byspildevandsdirektiv

	2025	2030	2035	2040
Overløb efter voldsomt uvejr og byafløb (regnvand)	Overvågning på plads	Integrerede planer for byområder med over 100 000 PE samt risikoområder udpegede	Integrerede planer for udsatte byområder med mellem 10 000 og 100 000 PE	Vejledende EU-mål for alle byområder med over 10 000 PE
Kvælstof og fosfor	Udpegning af risikoområder (byområder med 10 000-100 000 PE)	Midlertidigt mål for fjernelse af kvælstof og phosphor i anlæg med over 100 000 PE + Nye standarder	Fjernelse af kvælstof og phosphor i alle anlæg med over 100 000 PE + Midlertidigt mål for risikoområder	Fjernelse af kvælstof og fosfor i alle risikoområder (med 10 000-100 000 PE)
Forurenende mikrostofer	Indførelse af ordninger for udvidet producentansvar	Risikoområder udpegede (10 000-100 000 PE) + Midlertidigt mål for anlæg over 100 000 PE	Alle anlæg over 100 000 PE udstyret + midlertidige mål for risikoområder	Alle anlæg ifm. risikoområder udstyret med avanceret rensning
Energi	Energisyn af anlæg over 100 000 PE	Syn af alle anlæg over 10 000 PE. Midlertidigt mål	Midlertidigt mål for energineutralitet	Opnået energineutralitet og reduktion af drivhusgasemissioner



Artikel 8 – Kvarternær rensning

1. Medlemsstaterne sørger for, at **20** (50) % af udledningerne fra rensningsanlæg for byspildevand, der modtager en belastning på **200** (100) 000 PE og derover, senest den 31. december **2035**(30) undergår kvarternær rensning i overensstemmelse med stk. 5.

Medlemsstaterne sørger for, at **60 % af udledningerne fra**(alle) rensningsanlæg for byspildevand, der modtager en belastning på **150** (100) 000 PE og derover, senest den 31. december **2040**(35) anvender kvarternær rensning i overensstemmelse med stk. 5.

Medlemsstaterne sørger for, at alle rensningsanlæg for byspildevand, der modtager en belastning på **150** (100) 000 PE og derover, senest den **31. december 2045** anvender kvarternær rensning i overensstemmelse med stk. 5.

Artikel 8 – Kvarternær rensning

2. Medlemsstaterne skal senest den 31. december 2027(30) have udarbejdet en liste over områder på deres nationale områder, hvor koncentrationen eller akkumuleringen af forurenende mikrostofer udgør en risiko for menneskers sundhed eller miljøet. Medlemsstaterne reviderer listen i 2033, og derefter hvert sjette (femte) år og ajourfører den om nødvendigt.

Den i første afsnit omhandlede liste skal inkludere de følgende områder, medmindre det på grundlag af en risikovurdering kan påvises, at der ikke er nogen risiko for menneskers sundhed eller miljøet i disse områder:

- a) vandområder, der anvendes til indvinding af drikkevand som defineret i artikel 2, nr. 1), i direktiv (EU) 2020/2184
- b) badevand, der falder ind under direktiv 2006/7/EF
- c) søer som defineret i artikel 2, nr. 5), i direktiv 2000/60/EF
- d) vandløb som defineret i artikel 2, nr. 4), i direktiv 2000/60/EF eller andre vandstrømme, hvor fortyndingsforholdet er under 10
- e) områder, hvor akvakultur som defineret i artikel 4, nr. 25), i Europa-Parlamentets og Rådets forordning (EU) nr. 1380/2013 finder sted
- f) områder, hvor yderligere rensning er nødvendig for at opfylde kravene i direktiv 2000/60/EF og 2008/105/EF.

Den i andet afsnit omhandlede risikovurdering meddeles Kommissionen efter anmodning.



Artikel 8 – Kvarternær rensning

3. Kommissionen tillægges beføjelser til at vedtage gennemførelsesretsakter, der fastlægger formatet for den risikovurdering, der er omhandlet i stk. 2, andet afsnit, og den metode, der skal anvendes til denne risikovurdering. Disse gennemførelsesretsakter vedtages efter undersøgelsesproceduren, jf. artikel 28, stk. 2.

4. Medlemsstaterne sørger for, at byspildevand, der tilledes kloaknet, i **20(50) %** af byområder med mere end 10 000 PE senest den 31. december 2035 undergår kvarternær rensning i overensstemmelse med stk. 5, inden det udledes til områder, der er opført på den i stk. 2 omhandlede liste.

Medlemsstaterne sørger for, at byspildevand, der tilledes kloaknet fra **60%(alle) af** byområder med mere end 10 000 PE, og som udledes til de områder, der er opført på den i stk. 2 omhandlede liste, senest den 31. december 2040 undergår kvarternær rensning i overensstemmelse med stk. 5.

Medlemsstaterne sørger for, at byspildevand, der tilledes kloaknet fra alle byområder med mere end 10 000 PE, og som udledes til de områder, der er opført på den i stk. 2 omhandlede liste, senest den 31. december 2045 undergår kvarternær rensning i overensstemmelse med stk. 5

Artikel 8 – Kvarternær rensning

5. Prøver udtaget i overensstemmelse med dette direktivs artikel 21 og bilag I, del D, skal være i overensstemmelse med parameterværdierne i bilag I, del B, tabel 3. Det største tilladte antal prøver, som må afvige fra parameterværdierne i bilag I, del B, tabel 3, er fastsat i bilag I, del D, tabel 4.

Kommissionen tillægges beføjelser til at vedtage delegerede retsakter efter proceduren i artikel 27 med henblik på at ændre bilag I, del B og D, for at tilpasse de krav og metoder, der er omhandlet i andet afsnit, til den teknologiske og videnskabelige udvikling.

6. Kommissionen kan vedtage gennemførelsesretsakter med henblik på at fastlægge de overvågnings- og prøveudtagningsmetoder, som medlemsstaterne skal anvende til at fastslå tilstedeværelsen og mængderne i byspildevand af de indikatorer, der er fastsat i tabel 3 i del B i bilag I. Disse gennemførelsesretsakter vedtages efter undersøgelsesproceduren, jf. artikel 28, stk. 2.

Annex 5 – Antal prøver

1 250 to 9 999 p.e.:	One sample per month (see Note 1)
10 000 to 49 999 p. e.:	Two samples per month For micropollutants, one sample per month
50 000 to 99 999 149 999 p.e.:	One sample per week. For micropollutants, two samples per week month
100 000 150 000 p.e. or over above:	One sample per day Two samples per week For micropollutants, two samples per week month

Annex 1, Tabel 3: Krav gældende for kvaaternær rensning af udledninger fra rensningsanlæg for byspildevand som omhandlet i artikel 8, stk. 1 og 3.

Indikatorer	Mindste procentvise nedbringelse
Stoffer, der kan forurene vand selv ved lave koncentrationer (se note 1)	80 % (se note 2)

Note 1: Koncentrationen af de organiske forbindelser, der er omhandlet i litra a) og b), skal måles.

a) Kategori 1 (stoffer, der let kan renses for):

- i) amisulprid (CAS No 71675-85-9)
- ii) carbamazepin (CAS No 298-46-4)
- iii) citalopram (CAS No 59729-33-8)
- iv) clarithromycin (CAS No 81103-11-9)
- v) diclofenac (CAS No 15307-86-5)
- vi) — hydrochlorthiazid (CAS No 58-93-5)
- vii) metoprolol (CAS No 37350-58-6)
- viii) — venlafaxin (CAS No 93413-69-5)

b) Kategori 2 (stoffer, der let kan bortskaffes):

- i) benzothiazol (CAS No 95-14-7)
- ii) candesartan (CAS No 139481-59-7)
- iii) irbesartan (CAS No 138402-11-6)
- iv) blanding af 4-methylbenzotriazol (CAS No 29878-31-7) og 6-methyl-benzotriazol (CAS No 136-85-6).

Note 2: Den procentvise nedbringelse beregnes for mindst seks stoffer. Der skal være dobbelt så mange stoffer i kategori 1 som i kategori 2. Hvis der ikke kan måles tilstrækkelige koncentrationer af seks stoffer, vælger den kompetente myndighed andre stoffer til beregning af den mindste procentvise nedbringelse, når det er nødvendigt. Gennemsnittet af alle de målte procentvise nedbringelser skal bruges til at vurdere, om den krævede mindste procentvise nedbringelse på 80 % er nået.

Sammenligning af forslag til miljøkvalitetskrav med udløbskoncentrationer fra danske renselanlæg

Stof	Generelt MKK indlandsvand (ng/l) 1)	Generelt MKK andet overfladevand (ng/l) 1)	Maksimum-koncentration indlandsvand (ng/l) 1)	Maksimum-koncentration andet overfladevand (ng/l) 1)	Cowi-rapport (10 anlæg - ng/l) 2)	Egå-udløb. Interval af koncentrationer (ng/l) 3)	Udtræk fra PULS databasen. Interval af koncentrationer (ng/l) 4)
17 alpha - ethinylestradiol (EE2)	0,017	0,0016	not derived	not derived	0,02-4,5	0,4-3,0	1,5-21
17 beta- estradiol (E2)	0,18	0,009	not derived	not derived	0,013-950	0,4-16	1,1-62
Azithromycin	19	1,9	180	18	10-930	30,0-300	14-180
Carbamezapine	2500	250	1600000	160000		110,0-340	14-1000
Clarithromycin	130	13	130	13		20-130	11,0-55
Diclofenac	40	4	250000	25000	10-862	270-1100	16,0-790
Erythromycin	500	50	1000	100		10,0-50	16,0-35
Estrone (E1)	0,34	0,018	not derived	not derived		0,5-2	2,1-150
Ibuprofen	220	22-	-	-		10,0-10	11-250

1) Annexes to the Proposal for a Directive amending the Water Framework Directive, the Groundwater Directive and the Environmental Quality Standards Directive (EC 26-10-2022)

2) Medicinrestre i spildevand og vandmiljø (COWI maj 2021)

3) Kortlægning af lægemiddelstoffer i spildevand samt fjernelse af disse (Aarhus Vand marts 2021)

4) Opgørelse på baggrund af udtræk fra PULS-databasen (FDC 21-02-2023)



Artikel 21 - overvågning

1. Medlemsstaterne sikrer, at de kompetente myndigheder (fra 2026/30) overvåger:

- a) udledninger fra rensningsanlæg for byspildevand
- b) mængde, sammensætning og bestemmelsessted for slam
- c) bestemmelsesstedet for det rensede byspildevand, herunder andelen af genbrugt vand
- d) de producerede drivhusgasser og den energi, der forbruges og produceres af rensningsanlæg for byspildevand med over 10 000 PE.

2. Medlemsstaterne sikrer, at de kompetente myndigheder overvåger koncentrationen og belastningen af forurenende stoffer fra overløb efter voldsomt uvejr og byafløb til vandområder fra alle byområder med 10 000 PE og derover.

Artikel 21 - overvågning

3. Medlemsstaterne overvåger, at der for alle rensningsanlæg for byspildevand fra byområder med over 10 000 PE, ved deres indløb og afløb måles koncentrationer og belastninger i byspildevandet af :

- a) forurenende stoffer/miljøkvalitetskrav iht. VRD, EQS, GVD, Slam mv.
- b) medicin- og kosmetikrester i MFS følsomme vandområder
- c) mikroplast

Den overvågning, der er omhandlet i første og andet afsnit, skal gennemføres med følgende hyppighed:

- a) mindst to prøver om året, dog højst 7 måneder mellem prøverne, for byområder med 100 000 PE og derover
- b) mindst én prøve hvert andet år for byområder med mellem 10 000 PE og **150 (100) 000 PE.**

Man kan måle halvt så meget for stoffer, der ikke findes i væsentlige mængder.



Samlet betydning for udledningstilladelser – Byspildevandsdirektiv

- **Revurdere spildevandsplan – inkl. overløb hvert 5/6 år**
 - 1-3 % målsætning
 - Vurdere effekt af regnvandsudledninger
 - Inkl. grønne løsninger
- **Krav – N; 6-10 mg/l– P; 0,5-1 mg/l**
 - Flere prøver
- **Rensning for mikroforurenende stoffer**
- **Revurdere tilslutningstilladelser hvert 6/10 år**
- **Revurdere udledningstilladelser hvert 6/10 år**
- **Data om MFS i indløb og udløb fra rensningsanlæg**
 - Nye MFS, herunder 24 PFOAe
- **Data om slam, mikroplast mv.**



Nationale MFS indsatser

Partnerskab om Miljøfarlige forurenende stoffer

Frem mod 2023/2024 bl.a.

- Ny vejledning for tilslutning
- FAQ 1433
- Overløb 1433
- Genbesøg af vandplanerne - MFS

Frem mod 2027 bl.a.

- Kildeopsporing og revision af tilladelser
- Implementering af yderligere indsatser

Nøgletal for miljøfarlige forurenende stoffer i spildevand fra renseanlæg

Opdatering på baggrund af data fra det nationale overvågningsprogram for punktkilder 1998-2019

Typetal for miljøfarlige forurenende stoffer i regnbetingede udledninger

På baggrund af data fra det nationale overvågningsprogram 2000-2020

Kortlægning af renseteknologier Til målrettet spildevandsrensning for metaller og miljøfremmede stoffer på centralrenseanlæg



Miljøministeriet
Departementet



Spørgsmål?

KRÜGER A/S

**Krüger Veolia technologies for
removal of micropollutants**

Quaternary treatment

https://environment.ec.europa.eu/publications/proposal-revised-urban-wastewater-treatment-directive_en

(14) ‘quaternary treatment’ means treatment of urban wastewater by a process which removes a broad spectrum of micro-pollutants from the urban wastewaters and in which the minimum percentage of removal required for a selection of indicators set out in Table 3 of Annex I are respected;

Relevant to WWTP > 100.000 first p.e. and > 10.000-100.000 p.e. second

*“Formålet med workshoppen vil være at indhente information på dels rensegrader, etableringsomkostninger og driftsomkostninger for fuldskala anlæg. Ift. rensegrader for udvalgte MFS og her tænkes på det kommende Byspildevandsdirektiv målrettet fjernelse af **medicin- og kosmetikrester (4. rensetrin)**. Dog vil information om **tungmetalfjernelse** og evt. **PFAS-fjernelse** være interessant.”*

Note 1: The concentration of the organic substances referred to in points (a) and (b) shall be measured.

(a) Category 1 (substances that can be very easily treated):

- (i) Amisulprid (CAS No 71675-85-9),
- (ii) Carbamazepine (CAS No 298-46-4),
- (iii) Citalopram (CAS No 59729-33-8),
- (iv) Clarithromycin (CAS No 81103-11-9),
- (v) Diclofenac (CAS No 15307-86-5),
- (vi)— Hydrochlorothiazide (CAS No 58-93-5),
- (vii) Metoprolol (CAS No 37350-58-6),
- (viii)— Venlafaxine (CAS No 93413-69-5);

(b) Category 2 (substances that can be easily disposed of):

- (i) Benzotriazole (CAS No 95-14-7),
- (ii) Candesartan (CAS No 139481-59-7),
- (iii) Irbesartan (CAS No 138402-11-6),
- (iv) mixture of 4-Methylbenzotriazole (CAS No 29878-31-7) and 6-methylbenzotriazole (CAS No 136-85-6).

EP amendments

Category 3 (Substances of high risk):

- (i) Telmisartan (CAS No 144701-48-4);
- (ii) Bisphenol A (CAS No 80-05-7);
- (iii) Beta-estradiol (CAS No 50-28-2);
- (iv) Perfluorooctane sulfonic acid (PFOS) (CAS No 1763-23-1).

Quaternary treatment - Stand alone tools and combined solutions

Activated carbon alone

All solutions hold the potential to achieve the 80% removal target

Ozone alone

Requires degradation-products removal

Ozone + Filter

Preferred

Benchmark solution

Ozone + sandfilter
Ozone + GAC filter

Ozone + Biology

Preferred

Optimized solution

Quaternary treatment - Stand alone tools and combined solutions

Activated carbon alone

All solutions hold the potential to achieve the 80% removal target

Ozone alone

Requires degradation-products removal

Ozone + Filter

Preferred

Benchmark solution

Ozone + sandfilter
Ozone + GAC filter

Ozone + Biology

Preferred

Optimized solution

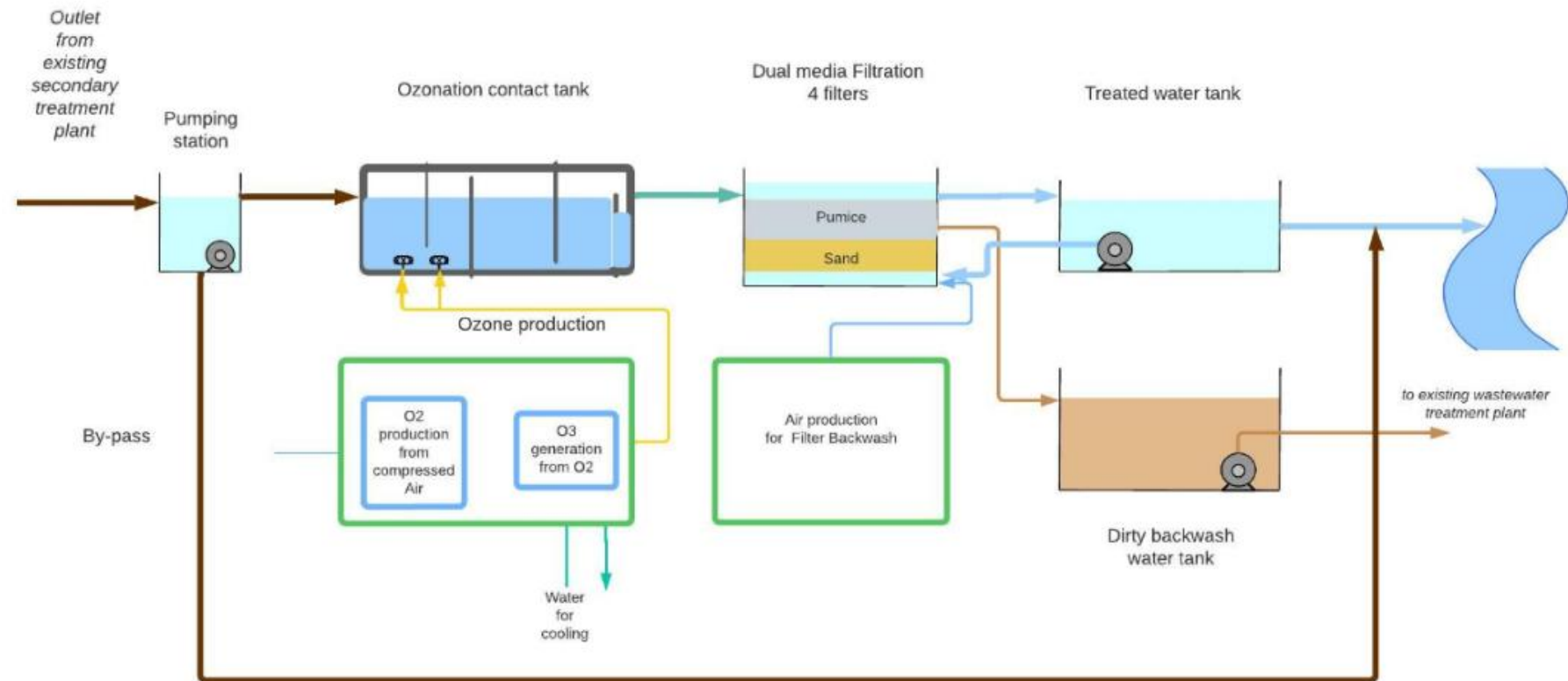
eXenO₃TM
Ozone + MBBR

Ozonation + sand filter

- The sand filter can be used to polish ecotoxic transformation compounds.
- Sand washing requires similar footprint as eXenO₃ but requires higher OPEX due to backwashing of the filter.
- OPEX is dependent of the required ozone dosage

OPEX is calculated assuming energy prices of 0,10 EUR/kWh.

OPEX 2.2-2.7 cent €/m³ with specific O₃ dose of 0.4-0.6 g O₃/g DOC

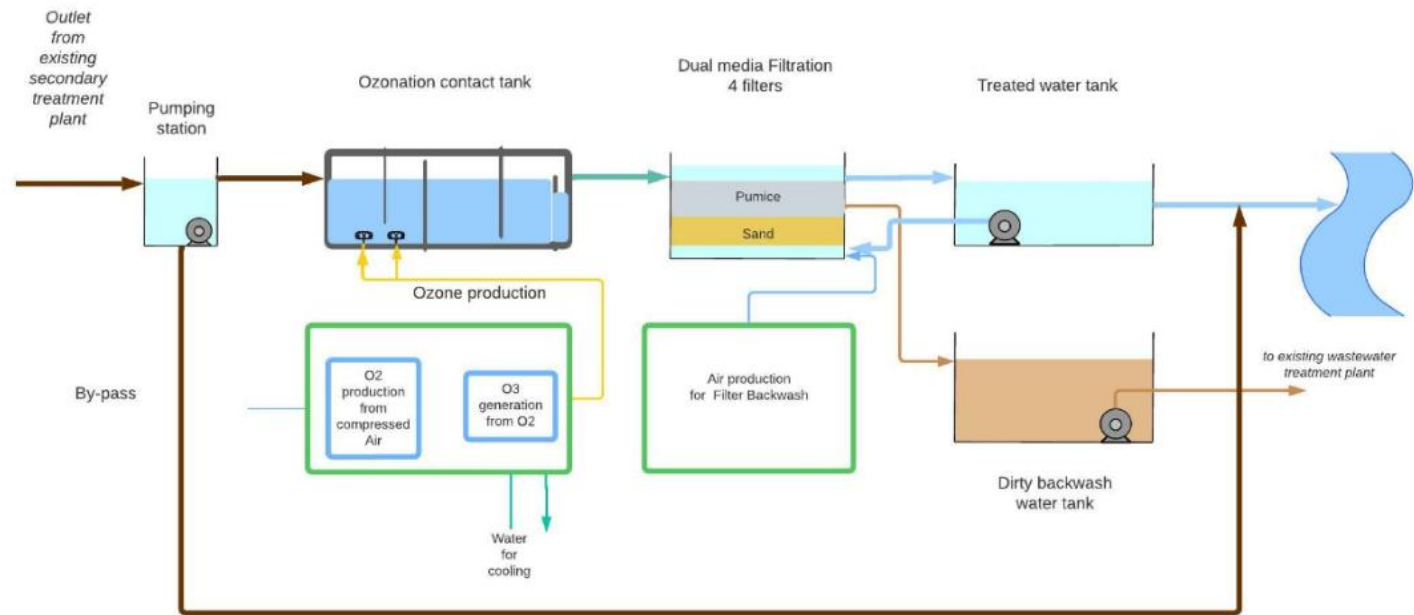


Ozonation + sand filter

Performance on micropollutants listed in the European Union urban waste water directive

Please note that the wastewater directive is not yet adopted why the listed micropollutants is from the *proposed* update of the wastewater directive

Compound	Removal efficiency (%)
Amisulprid	98
Carbamazepine	97
Citalopram	97
Clarithromycin	98
Diclofenac	99
— Hydrochlorothiazid	99
Metoprolol	99
— Venlafaxine	88
Benzotriazole	84
Candesartan	92
Irbesartan	89
Mix of 4-methylbenzotriazole and 6-methylbenzotriazole	97



Compiled from different sources, based on ozonation alone.

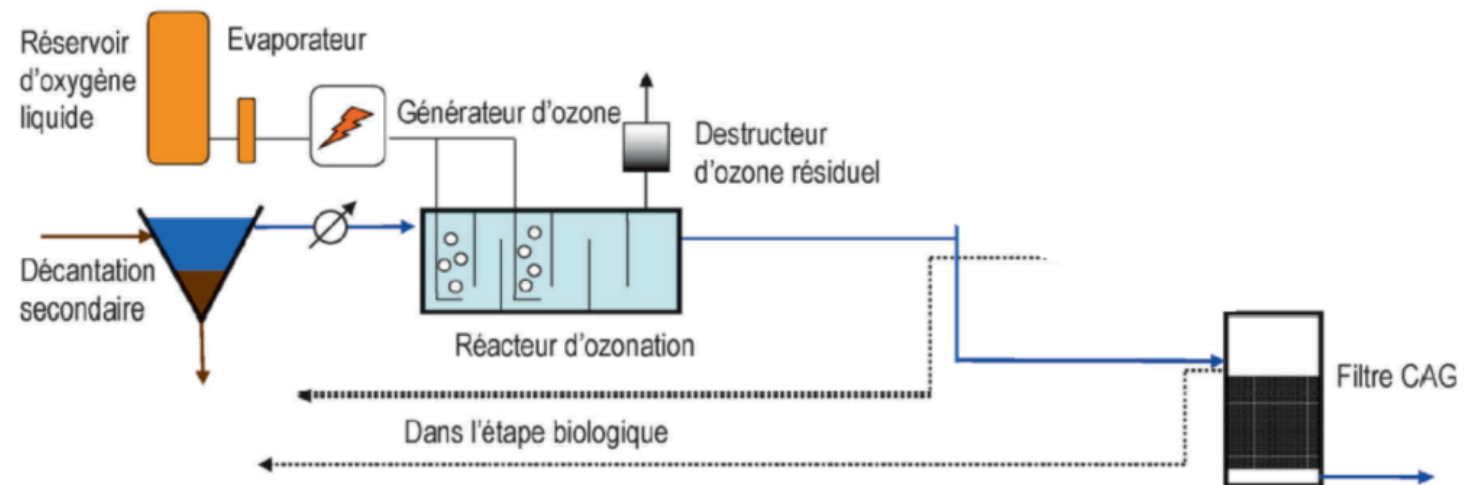
Partial ozonation and GAC filtration

*OPEX is calculated assuming energy prices of 0,10 EUR/kWh.
GAC prices of 1950 EUR/ton*

- A combination of ozone and adsorption using activated carbon can be beneficial but is typically more expensive than the ozone and sand filter combination.
- PFAS, for example is extremely persistent and difficult to oxidise however they are effectively adsorbed to activated carbon. By combining ozone and activated carbon the treatment can be optimised for removal of PFAS as well as heavy metals.

OPEX 3.8 cent €/m³ with specific O₃ dose of 0.2 g O₃/g DOC + 10 g GAC/m³

OPEX 4.5 cent €/m³ with specific O₃ dose of 0.1 g O₃/g DOC + 14 g GAC/m³

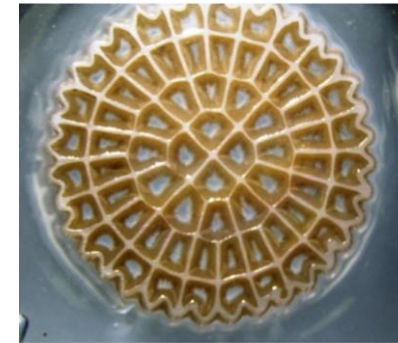


Ozonation + biology = eXenO₃TM

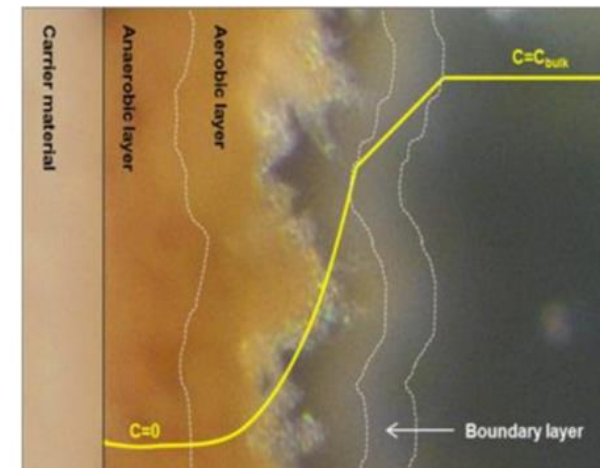
Veolia has developed a combined solution of ozonation followed by a compact biological degradation process based on MBBR (Moving Bed Bio Reactor) for the biological removal of micropollutants, transformation products as well as other complex compounds in wastewaters. eXenO₃TM is based on widely known MBBR solution (> 1200 references worldwide) and on a patented support media.

The active biofilm in MBBR grows on plastic carriers enabling slow-growing microorganisms, capable of removing difficult compounds, to be kept in the system giving longer sludge retention times compared to conventional systems. The technology is effective, robust and compact - with a focus on low operating costs and low chemical consumption.

AnoxKTM5 carrier



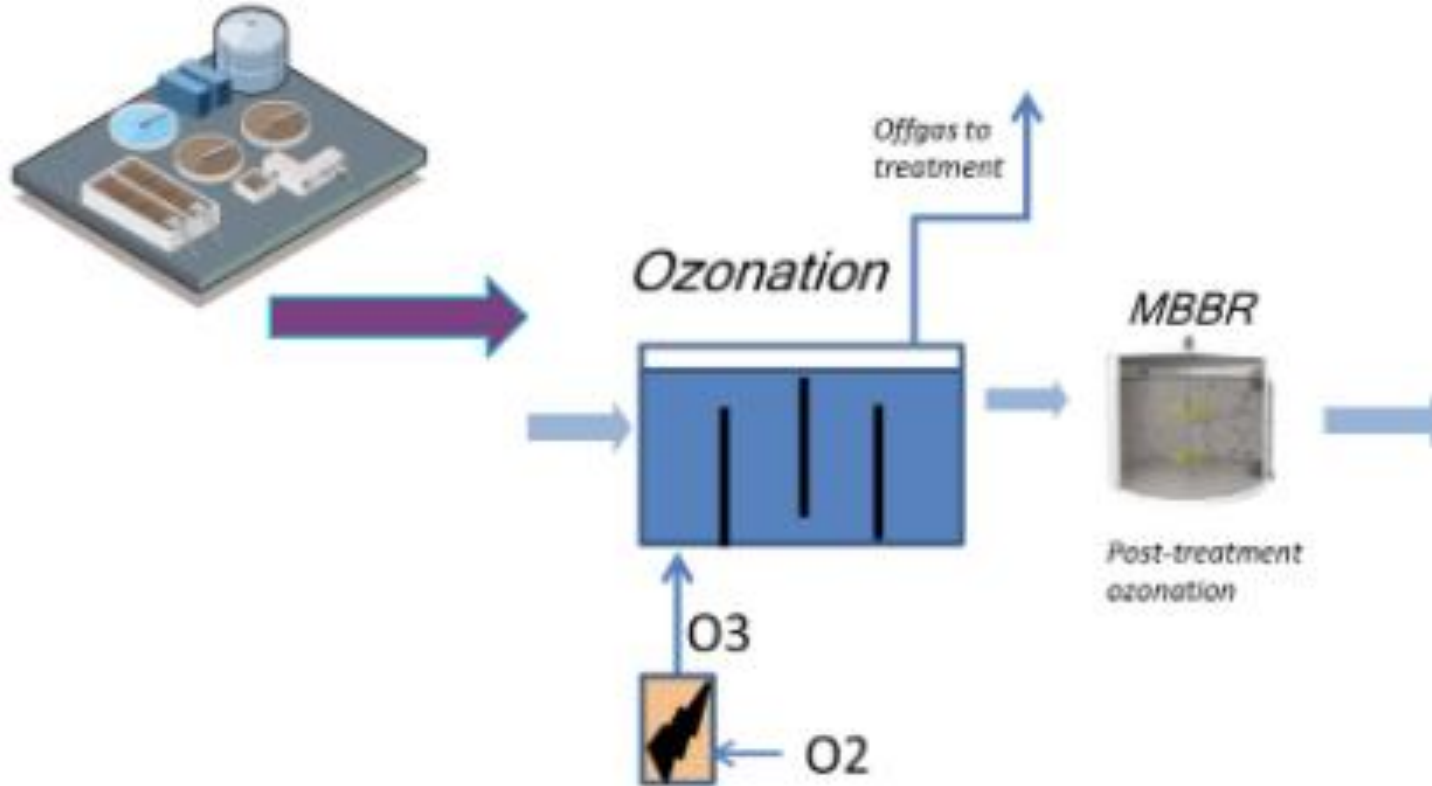
AnoxKTMZ carrier



eXenO₃TM

OPEX is calculated assuming energy prices of 0,10 EUR/kWh.

OPEX 1.7-2.1 cent €/m³ with specific O₃ dose of 0.4-0.6 g O₃/g DOC

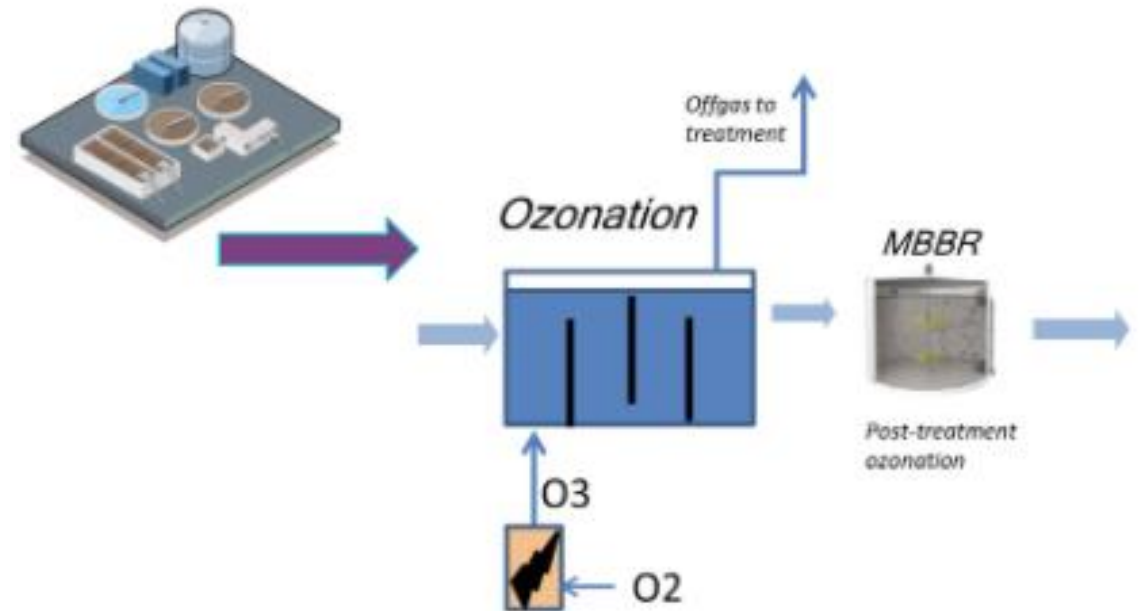


eXenO₃TM

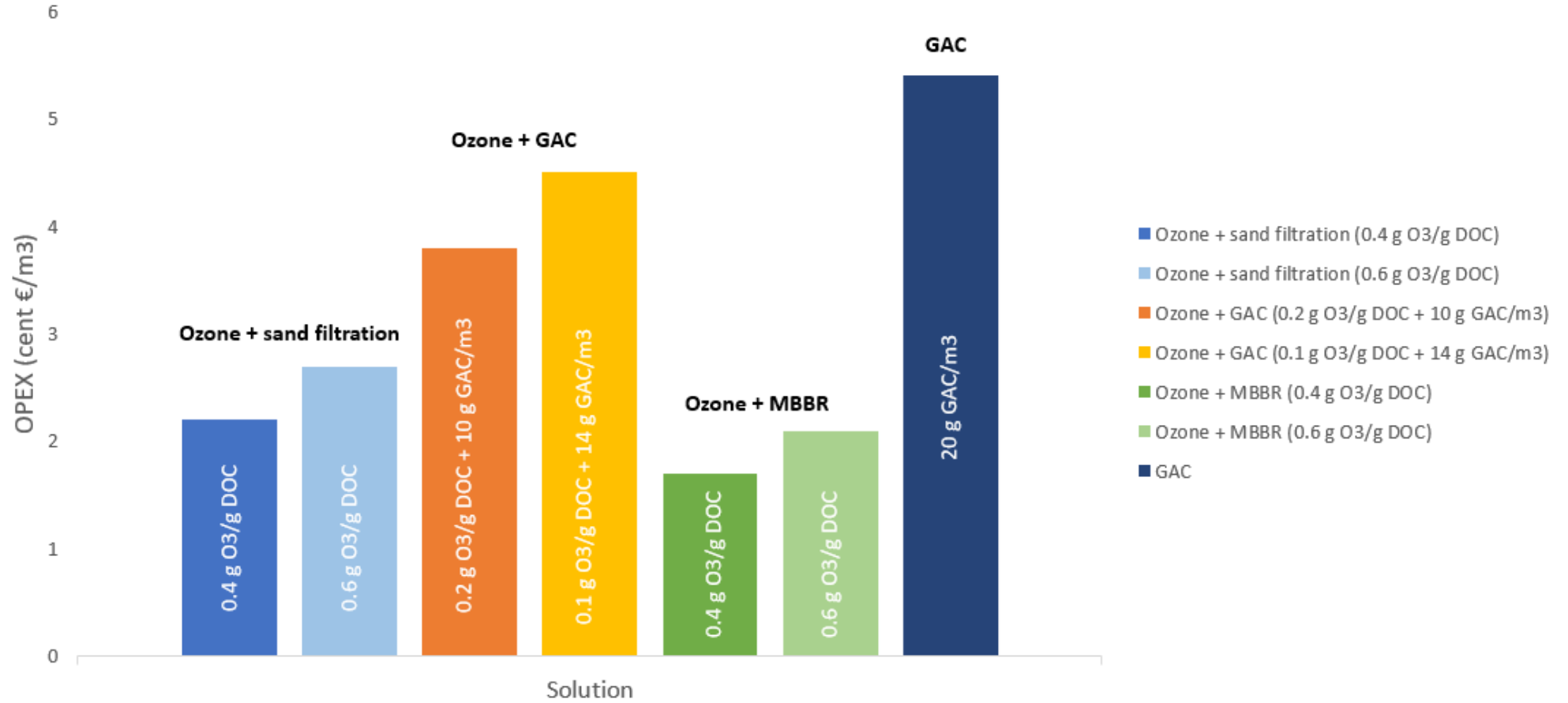
Performance on micropollutants listed in the European Union urban waste water directive

Please note that the wastewater directive is not yet adopted why the listed micropollutants is from the *proposed* update of the wastewater directive

Compound	Removal efficiency (%)
Amisulprid	98
Carbamazepine	97
Citalopram	97
Clarithromycin	98
Diclofenac	99
— Hydrochlorothiazid	99
Metoprolol	99
— Venlafaxine	88
Benzotriazole	84
Candesartan	92
Irbesartan	89
Mix of 4-methylbenzotriazole and 6-methylbenzotriazole	97



Summary



CAPEX is site specific and will vary between solutions from site to site.

Questions?



QUARTENARY TREATMENT FOR MICROPOLLUTANTS

Workshop Teknologisk Institut

09/01/2024

Nana Wirenfeldt Jensen, SUEZ



We know:

- there is a current issue that needs to be acted upon - some utilities are front-runners, and some awaits national/European legislation
- MP removal already implemented by regulations in different countries (Switzerland + several Bundesländer in Germany)

New EU directive will come

But what to focus on and how to solve it?

Advanced treatment solution – what to consider?

Technologies - not one universal solution

One unique technology is not able to cover the whole range of micropollutants present in water.

MAIN CRITERIA TO KEEP IN MIND - SELECTION:

Wastewater composition (e.g., Bromide concentration)

Level of the treatment requirement (sensitive water body?)

Primary and secondary/biological treatment configuration

CO2 emission level/climate footprint

Sludge treatment, disposal and end-use

Operation conditions/configuration

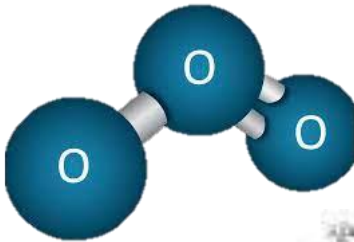
Brownfield or green field application

Investment and operation costs

How to eliminate the micropollutants

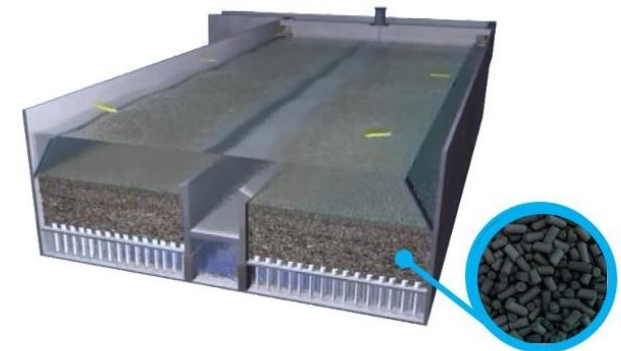
Two mature technologies

Chemical oxidation by ozone



Sorption to activated carbon:

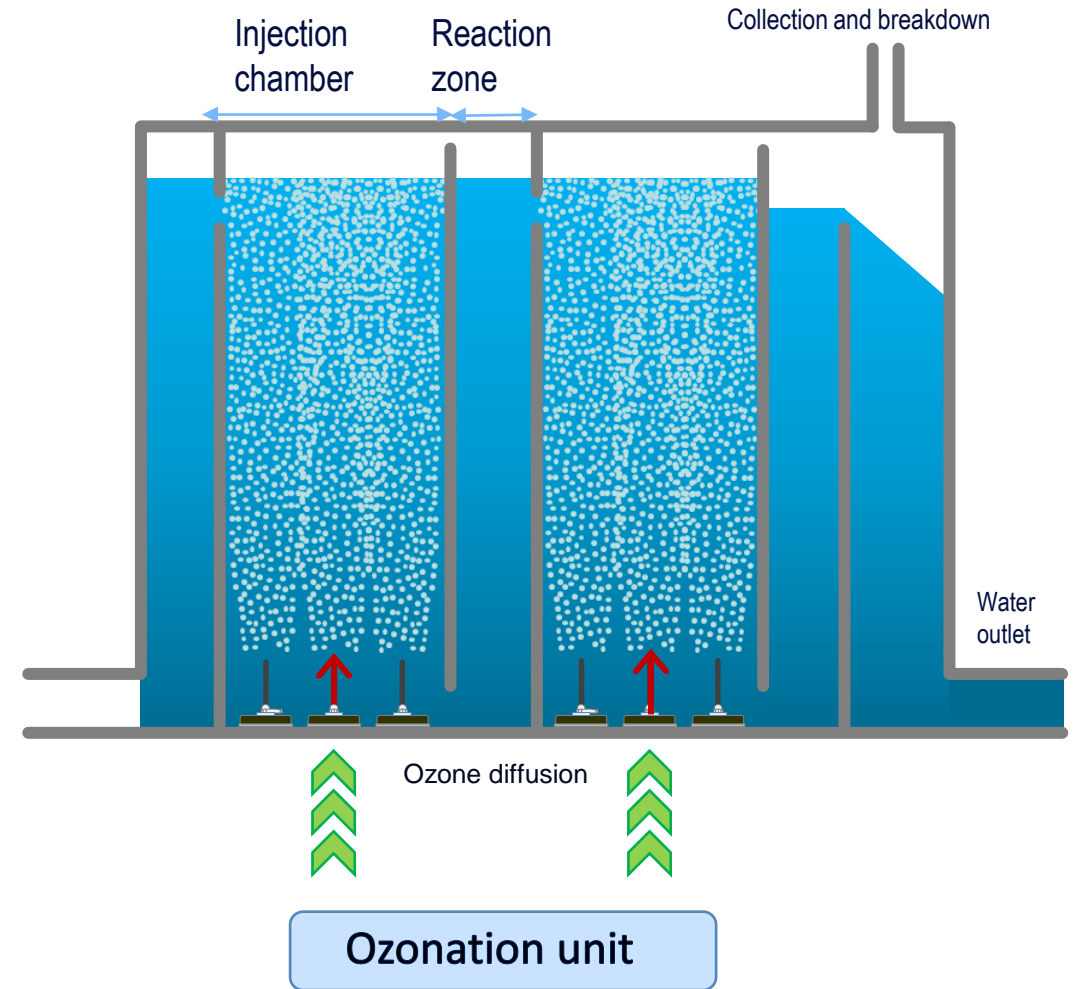
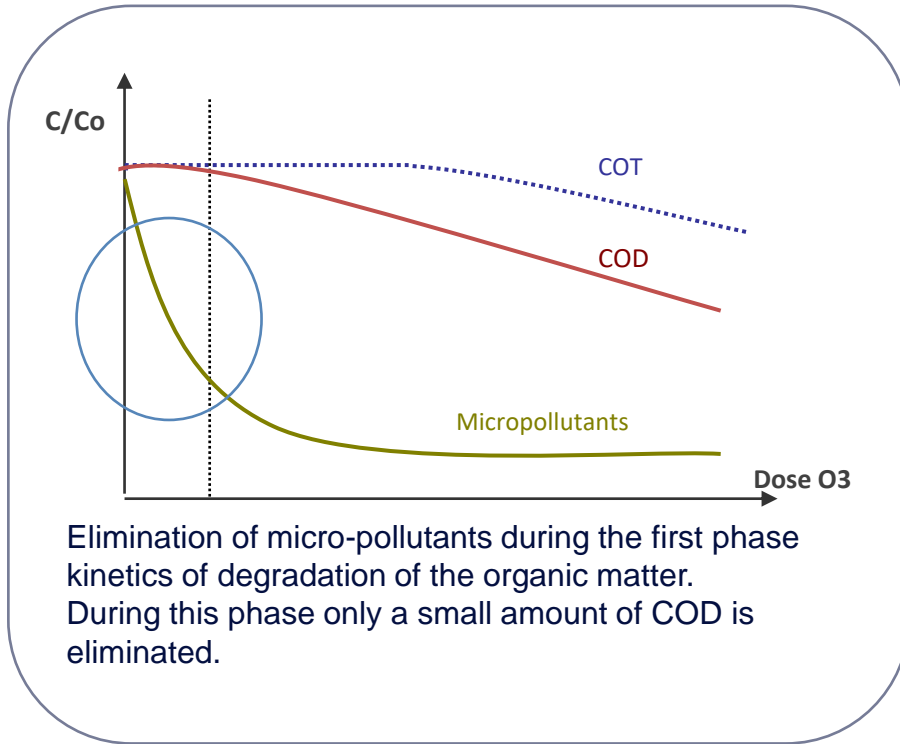
- Powdered Activated Carbon (PAC)
- Granulated Activated Carbon (GAC)



Granular activated carbon

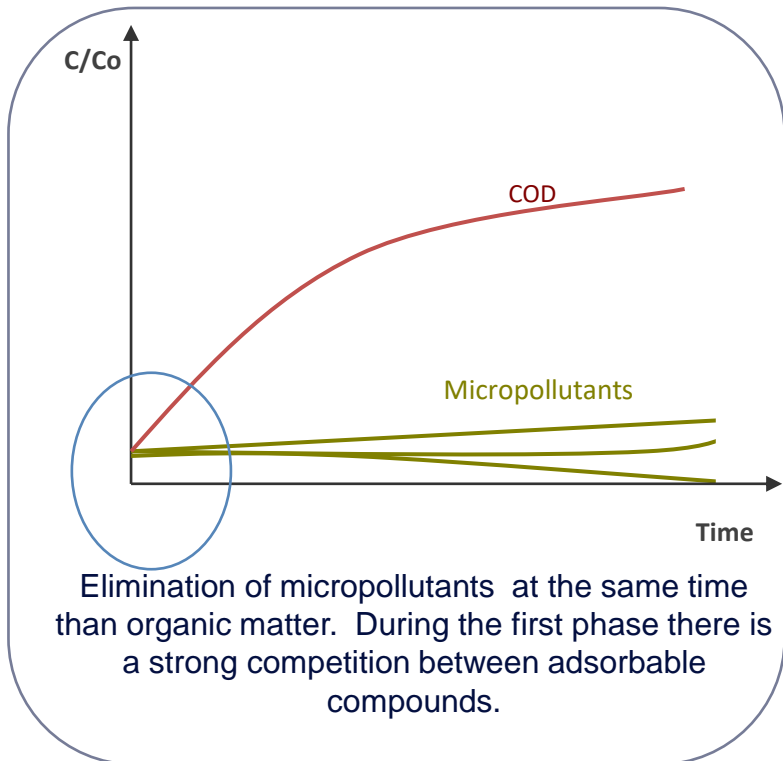
Tertiary Ozonation

High selectivity and fast kinetics



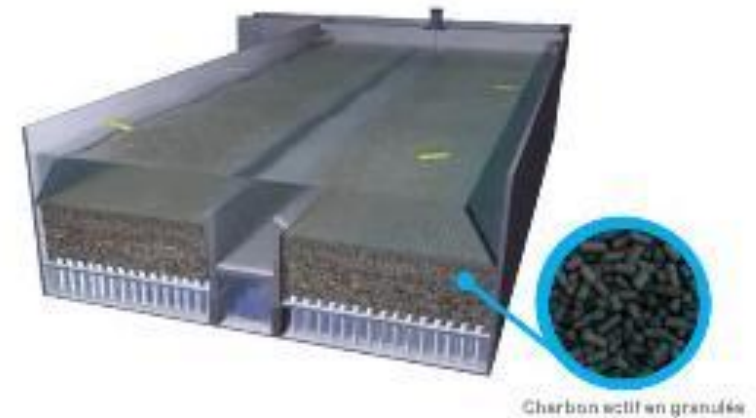
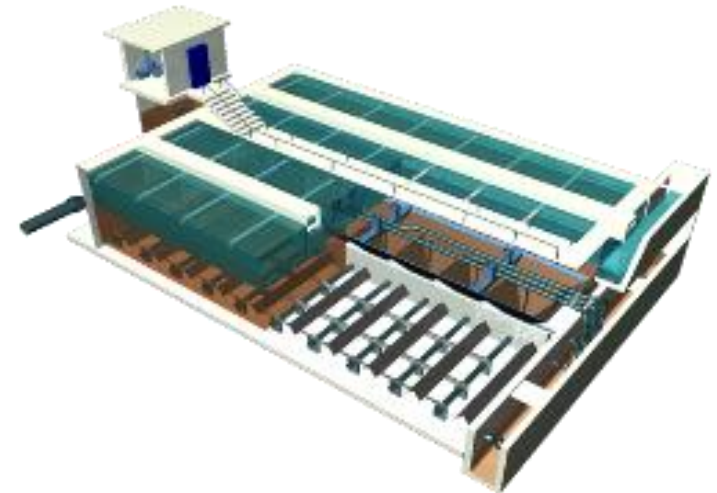
Adsorption – Activated Carbon

Low selectivity, a Complementary solution



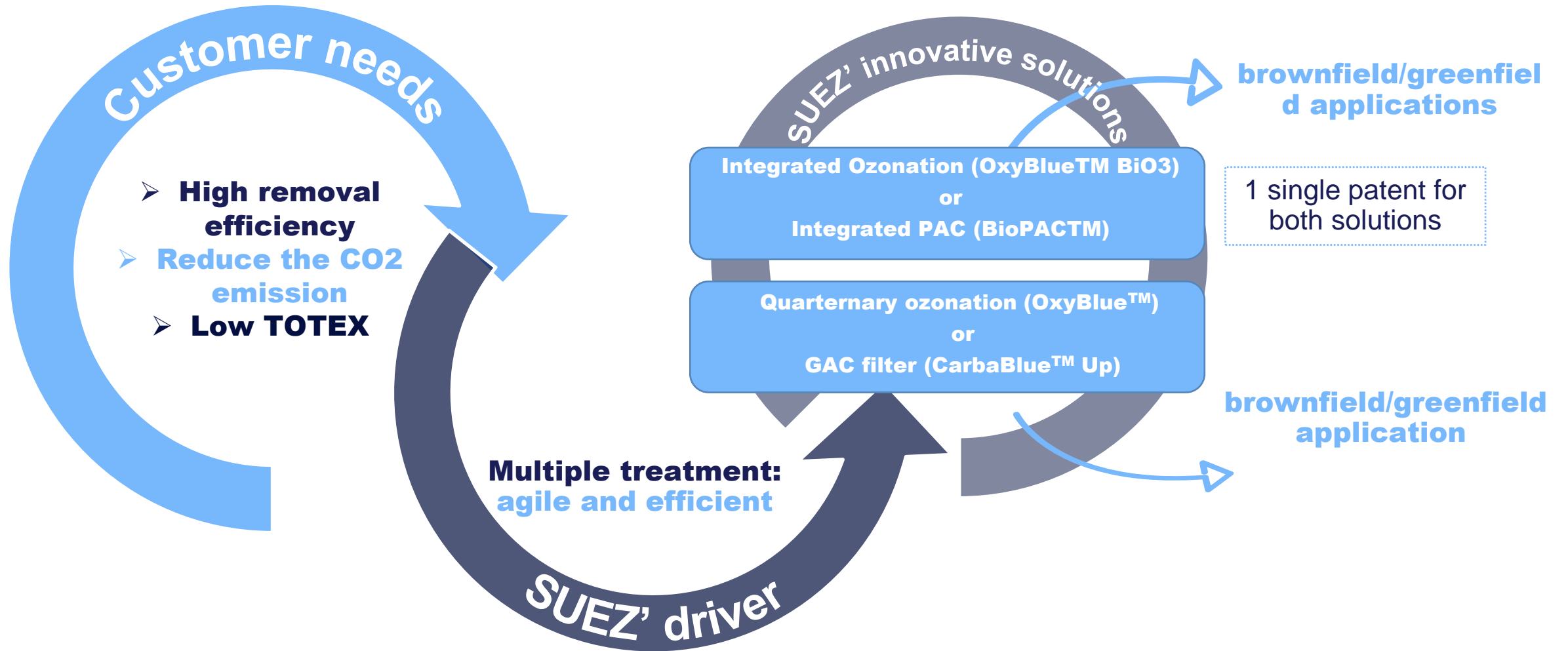
Pulsazur™
Powder Activated Carbon

Carbablue Up™
Granular Activated Carbon



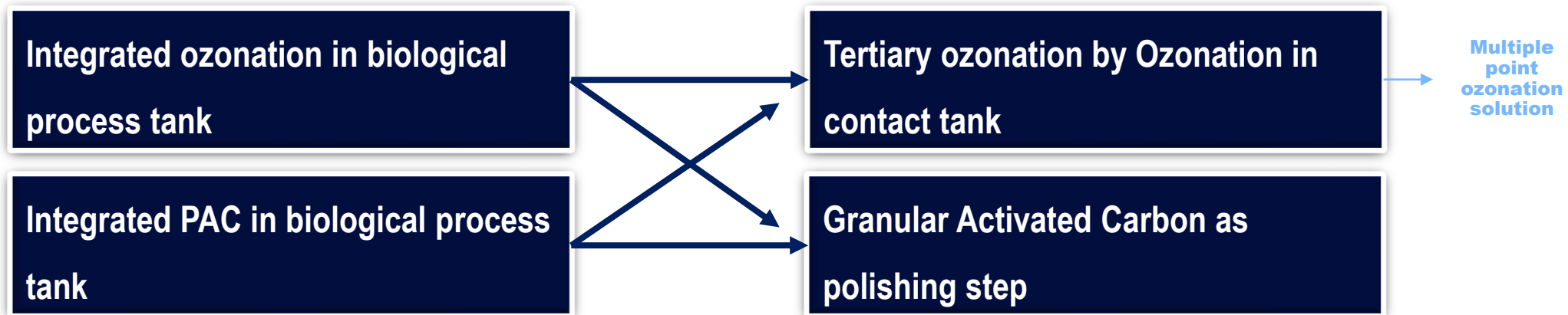
Multiple treatment: agile and efficient

ADSORPTION & OZONATION COMBINING PROCESS



Innovative approaches in Micropollutant removal Technologies

- Adaptable to the different removal rate requirement
- Applicable to different secondary biological treatment
- More flexibility in operation
- Lower investment costs
- Lower CO2 footprint



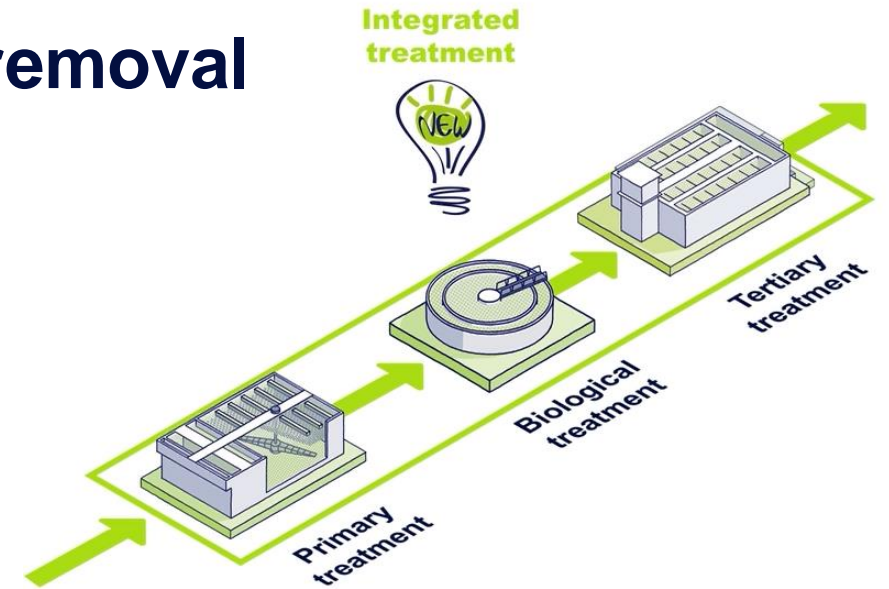
Innovative approaches in Micropollutant removal

A specific case



CERO MP:

integrated treatment in the biological process
+
optimized tertiary solution to achieve a higher performance (GAC filter)

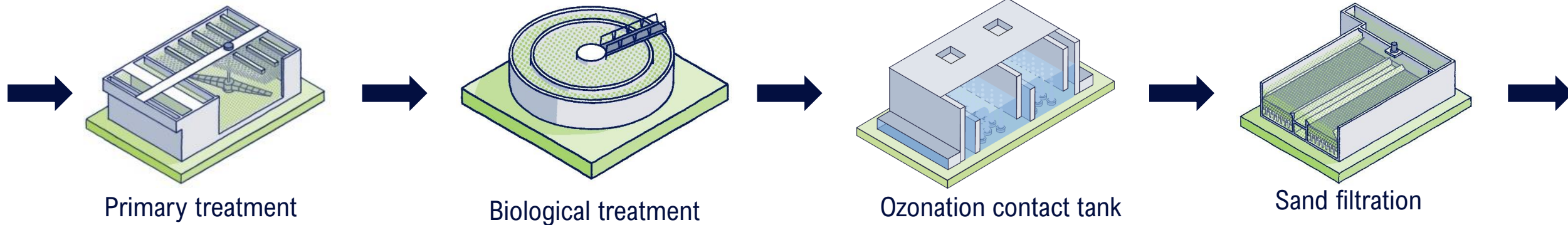


Why not just use the well-known tertiary ozonation?

CeroMP



Tertiary ozonation Ozone is mixed with the settled water in dedicated reactor (contact tank or tower)



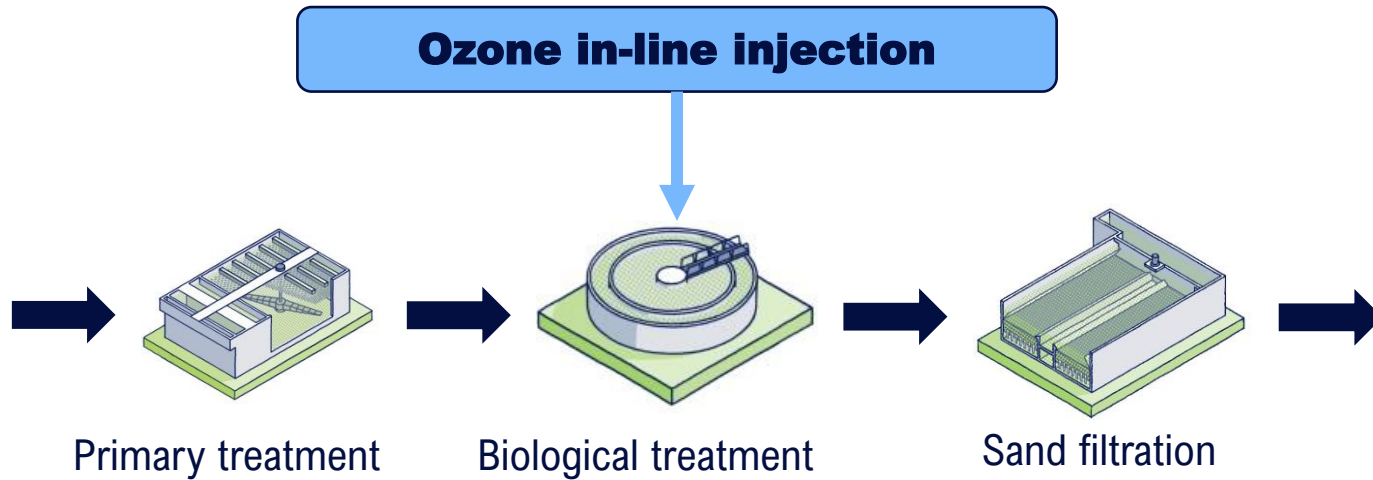
Limits/concerns

- Selectivity between oxidable and non-oxidable micropollutants?
- What about micropollutant in sludge?
- Potential formation of toxic by-products during ozonation?
- Footprint?
- The existing process? – adaptable?



Towards a new ozone strategy

CeroMP – integrated ozonation



Integrated treatment to improve treatment as soon as possible and boost the performance of secondary treatment



- Less toxic by-products formed**
- Positive impact on the biological process**
- Positive removal in sludge**

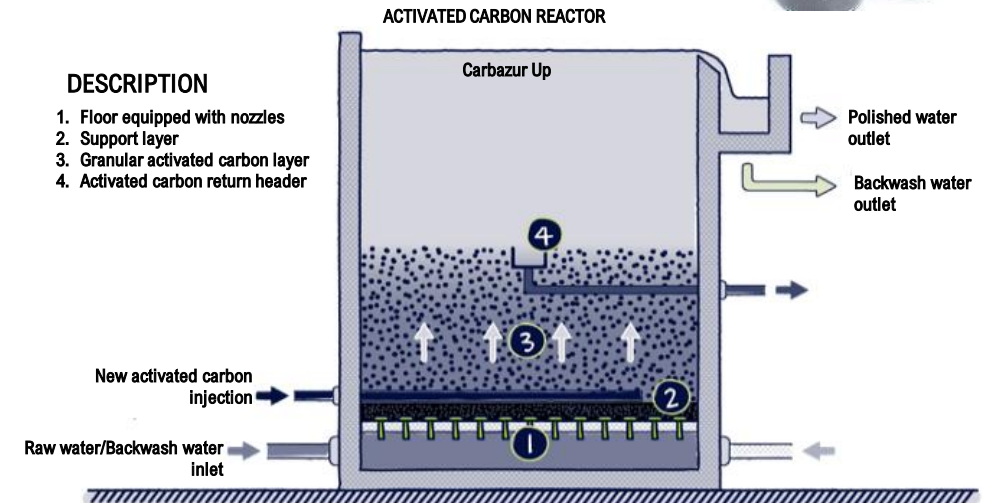
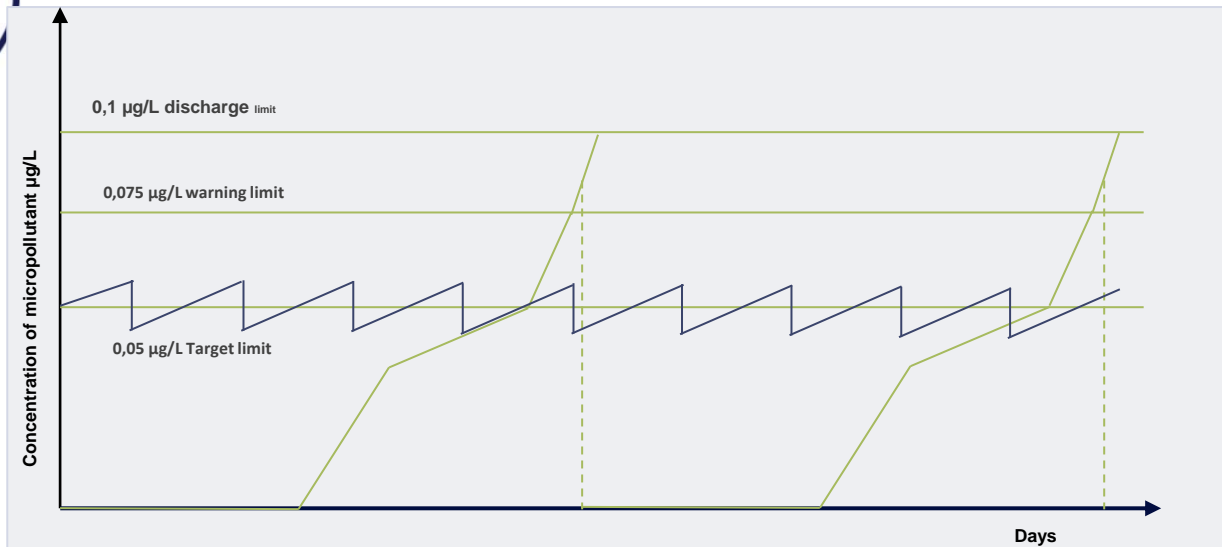
≡ A GAC filter – but not an ordinary one - Carbablue Up™

CeroMP - Up-flow GAC filter



- Filtration rate: 12 -17 m/h, Compact and efficient
- Control GAC dose
- 20% less OPEX compared to conventional GAC filters

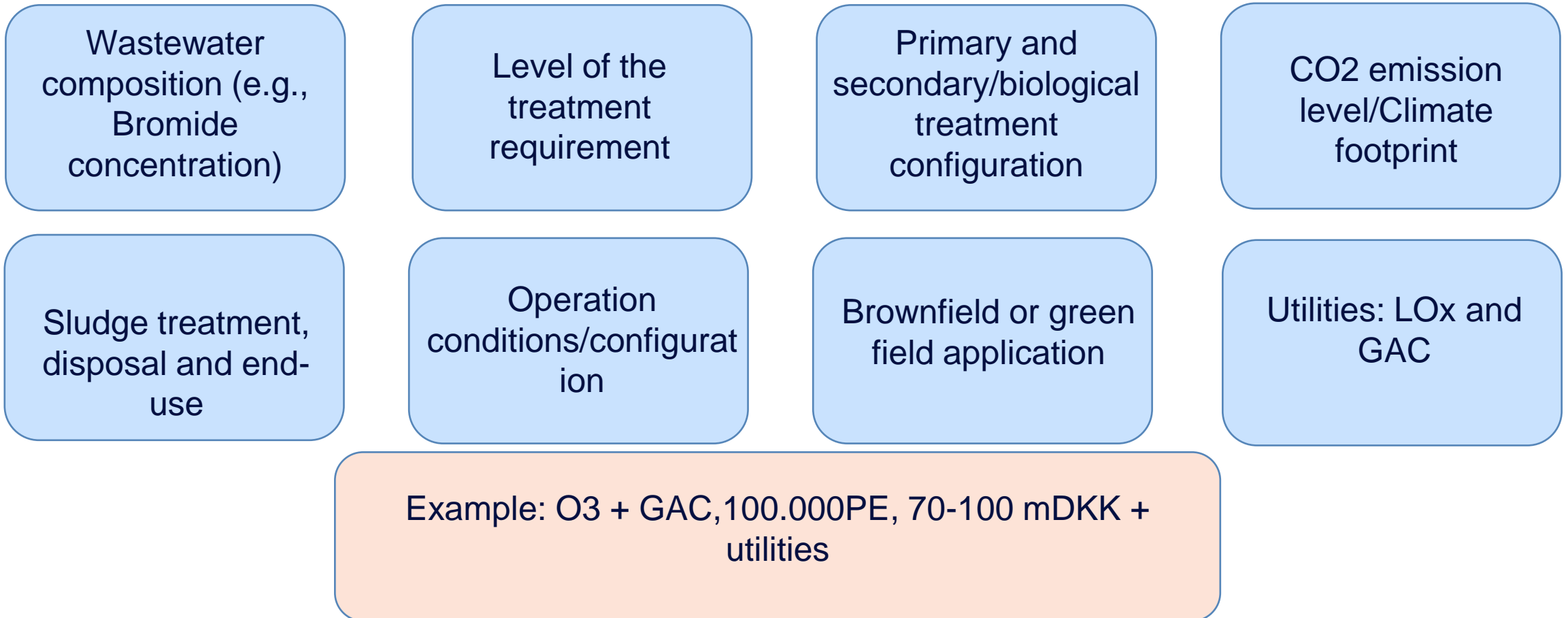
Continuous GAC Injection-extraction



Investment and operation costs?

Technologies - not one universal solution

MAIN CRITERIA TO KEEP IN MIND – SELECTION CRITERIA AND EXISTING PLANT INFLUENCE THE COSTS:





TAK

Nana Jensen

nana.jensen.ext@suez.com



Teknologi til 4. rensetrin

Erfaringer fra pilotanlæg i Slagelse

Ulf Nielsen – uni@ultraaqua.com

9. Januar 2024

Aarhus

ULTRAQUA
MICROPOLLUTANT REMOVAL

Teknologi til 4. renses trin - Erfaringer fra pilotanlæg i Slagelse

Indhold

1. Kort intro til ULTRAAQUA
2. Erfaringer fra pilotanlæg på Slagelse Renseanlæg
3. Kort om PFAS renseteknologi

ULTRAAQUA
MICROPOLLUTANT REMOVAL

INTRODUKTION – ULTRAAQUA A/S

F&U-baseret virksomhed indenfor fysisk-kemisk vandrensning

- Grundlagt i 1996 af to forskere i vandbehandling fra Aalborg Uni
 - Hovedkvarter og produktion in Aalborg (70 ansatte)
 - Egen produktion af UV-systemer samt ozongeneratorer (fra 2023)
 - Har leveret > **10.000** UV desinfektionssystemer til >120 lande
 - Løbende F&U aktiviteter indenfor **avanceret fysisk-kemisk vandbehandling**
-
- Hovedmarkeder
 - Drikkevand
 - Aquakultur
 - Spildevand
 - Swimming Pools
 - Industrielt vand



AMS  CE 



Pilotanlæg til 4. rensetrin på Slagelse Renseanlæg Storskala-test af aktivt kul (GAC), UV, ozon og vakuum-UV

Slagelse Renseanlæg

- 125.000 PE
- Fjernelseseffektivitet:
 - Organisk stof: 99%
 - Kvælstof: 91%
 - Fosfat: 98%
 - DOC i udløb: 8-9 mg/l
- Slagelse Renseanlæg/Envafors planlægger fuldskala 4. trin



Pilotanlæg

- Storskala-test af 4. trin på Slagelse Renseanlæg

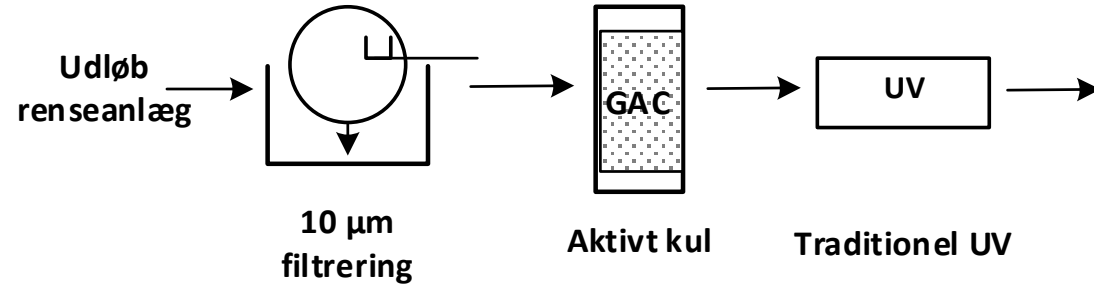
Formål:

- Kan man opnå en effektiv fjernelse alene med aktivt kul (GAC) og UV?
- og i forlængelse heraf,
- Kan man opnå kosteffektiv fjernelse ved kombination af brugt GAC med ozon og/eller vakuum UV?
- Pilotanlæg: 30 m³/t
- Pilotanlæg samlet driftstid: 4 år

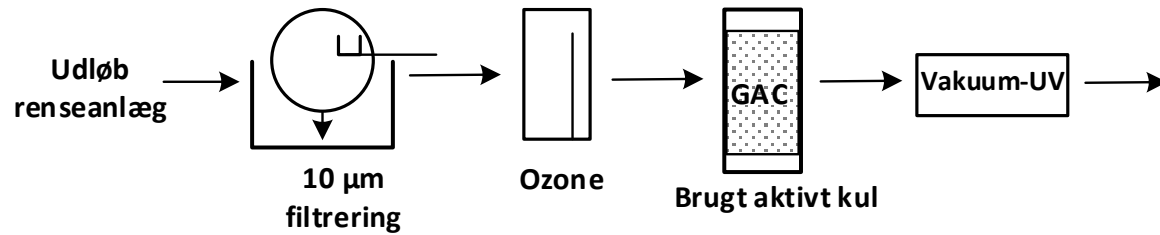


Pilotanlæg på Slagelse Renseanlæg Storskala test af aktivt kul (GAC), UV, ozon og vakuum-UV

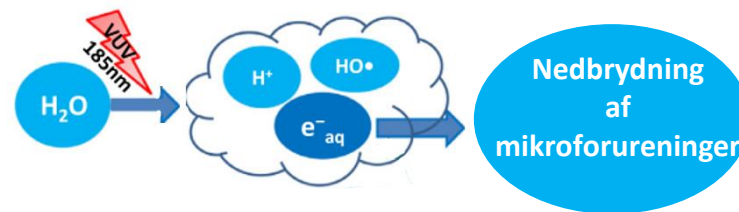
1. testperiode 2019-2021:



2. testperiode 2022-2023:

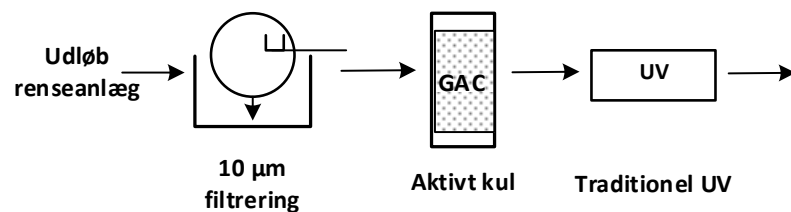


Vacuum UV – AOP-behandling



Pilotanlæg på Slagelse Renseanlæg Storskala test af aktivt kul (GAC), UV, ozon og vakuum-UV

Resultater 1. testperiode 2019-2022



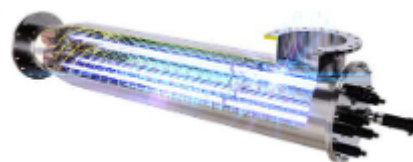
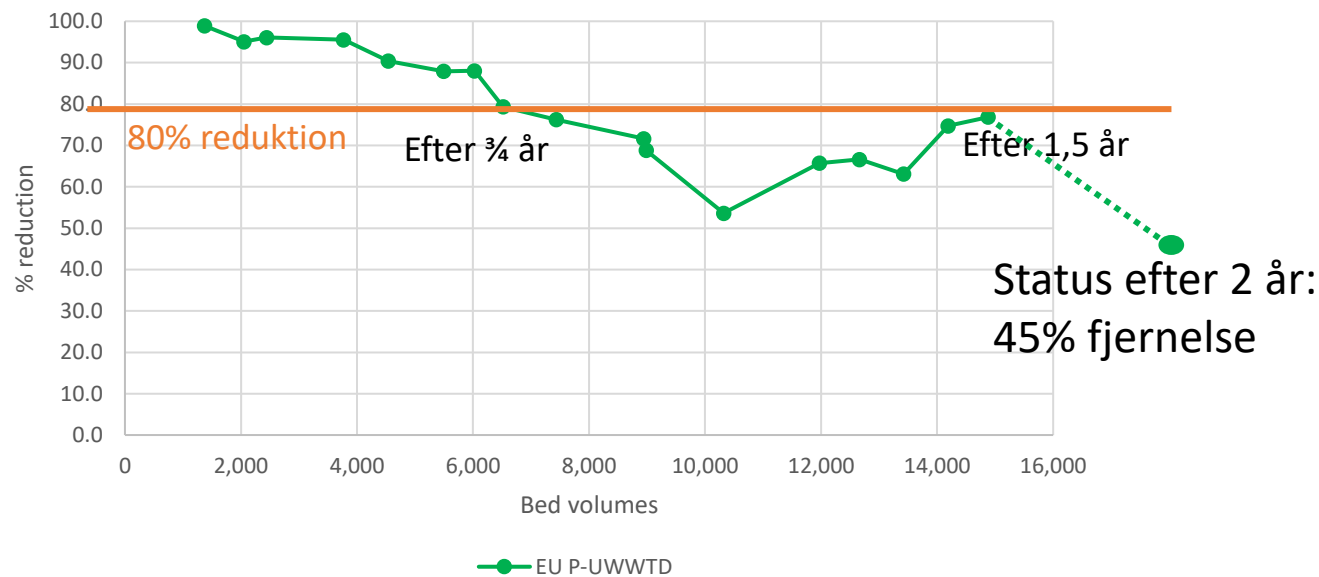
Konklusion på fjernelse af EU direktivforslagets stoffer:

- Efter ¾ år <80% fjernelse
- Forbedring efter 1,5 år ≈ 80%
- Efter 2 år ≈ 45% fjernelse

Konklusion fra UV-desinfektion:

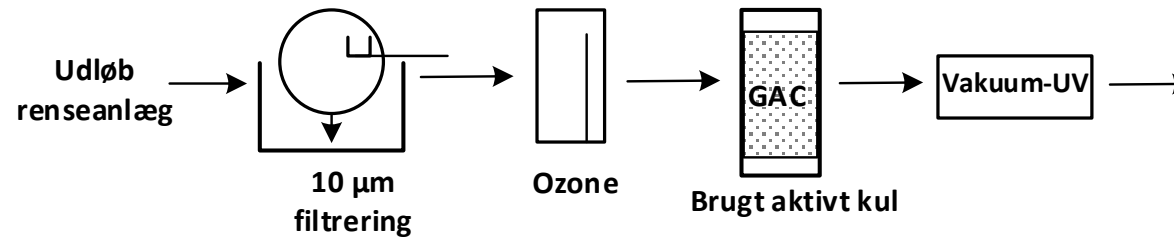
- Stabil total fjernelse af *E. Coli* og enterokokker
- < 1 CFU/100 ml

Removal of substances from EU P-UWWTD - 1.5 y (2019-2020)

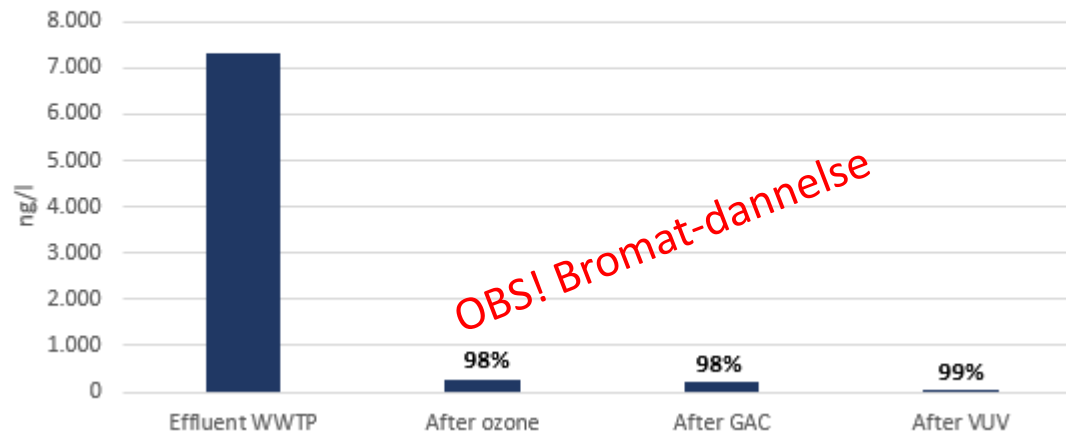


Pilotanlæg på Slagelse Renseanlæg Storskala test af aktivt kul (GAC), UV, ozon og vakuum-UV

Resultater 2. testperiode 2022-2023

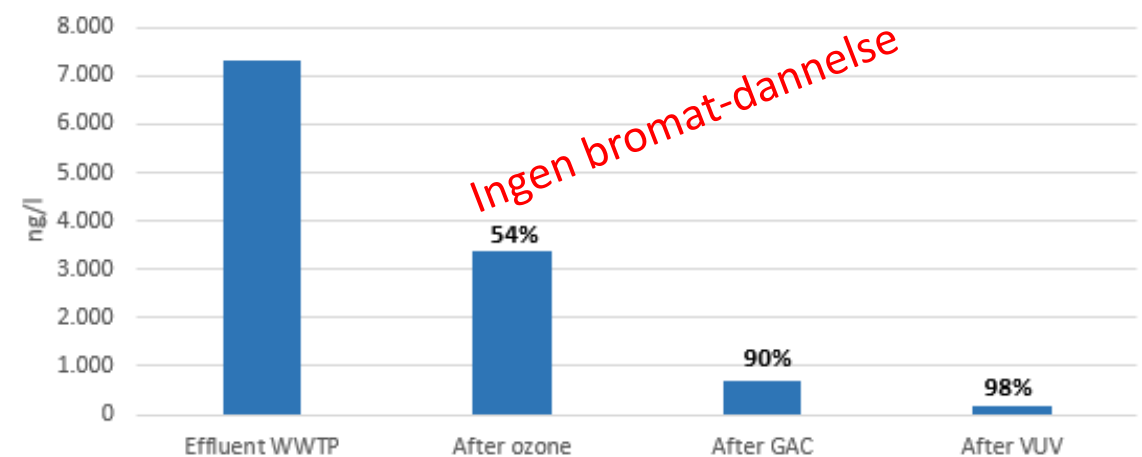


Removal of substances from EU P-UWWTD
Ozone dose: 1,3 mg/mg DOC



- Ved høj dosis kan ozon alene fjerne >96%
- Efter vacuum-UV: >99% fjernelse

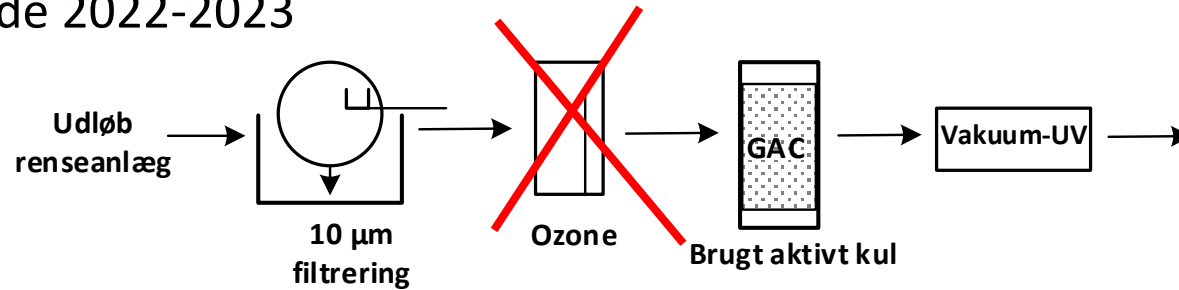
Removal of EU Urban Dir. substances
Ozone dose: 0,4 mg/mg DOC



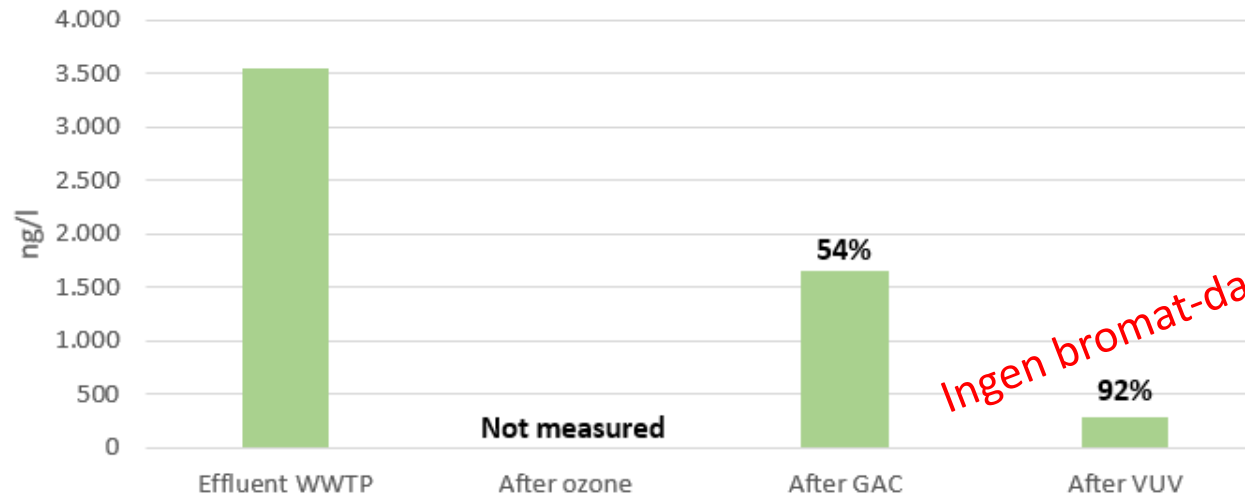
- Ved lav ozondosis fjernes efter kul: 90% fjernelse
- Efter vacuum-UV: 98% fjernelse

Pilotanlæg på Slagelse Renseanlæg Storskala test af aktivt kul (GAC), UV, ozon og vakuum-UV

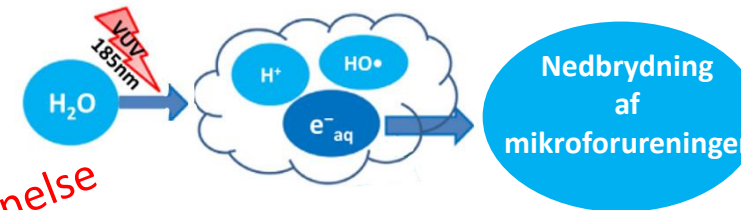
Resultater 2. testperiode 2022-2023



Removal of EU Urban Dir. substances
Ozone dose: 0 mg/mg DOC



Vacuum UV – AOP-behandling



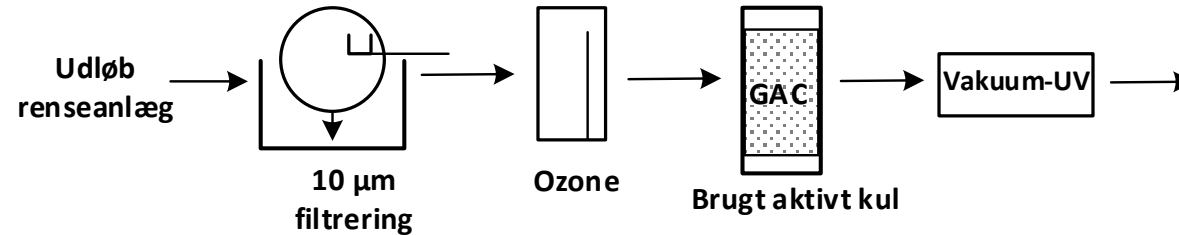
- Ved slukket ozon fjerner aktivt kul: 54%
- Efter vacuum-UV: 92% fjernelse



Pilotanlæg på Slagelse Renseanlæg

Storskala test af aktivt kul (GAC), UV, ozon og vakuum-UV

Resultater 2. testperiode 2022-2023



Konklusion på fjernelse af EU direktivforslagets stoffer:

- Ozon alene med høj dosis kan fjerne $\approx 96\%$
- Lav-dosis ozon i kombination med gammelt kul (4 år og >36.000 BV) giver effektiv fjernelse $\approx 90\%$
– og med yderligere kombination med vakuum-UV $\approx 98\%$
- Vakuum-UV alene efter gammelt kul $\approx 92\%$

Bromat-dannelse

Ingen bromat-dannelse

Ingen bromat-dannelse

Pilotanlæg på Slagelse Renseanlæg

Storskala test af aktivt kul (GAC), UV, ozon og vakuum-UV

Energiforbrug og økonomi

Aktivt kul

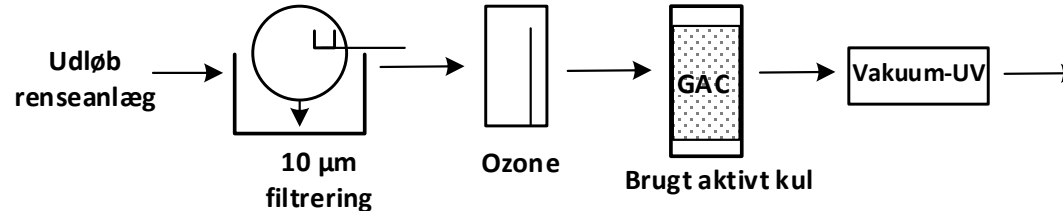
- Aktivt kul efter $\frac{3}{4}$ år (7.000 BV) og 80% fjernelse = 2 kWh/m³* og ca. 2,5 kr/m³
- Gammelt reaktiveret aktivt kul (4 år og 36.000 BV) og 40-50% fjernelse = 0,07 kWh/m³ og ca. 0,5 kr/m³

Ozonering

- Pilotanlæg brugte ca. 0,8 kWh/m³ ved 80% fjernelse - Pilotanlæg er inklusiv on-site iltproduktion!
- Eksklusiv iltproduktion ville energiforbruget være ca. 0,4 kWh/m³ (se fx Schweitz's Neugut WWTP**)
- Ny Ultraaqua ozongenerator (til 30 m³/t) bruger ca. 0,05 kWh/m³***

Vakuem UV

- Energiforbrug til 92% fjernelse efter gammelt kul var 1,5 kWh/m³ – og forventes optimeret til 0,9 kWh/m³
- Pris er ikke tilgængelig endnu, da opskalering skal beregnes

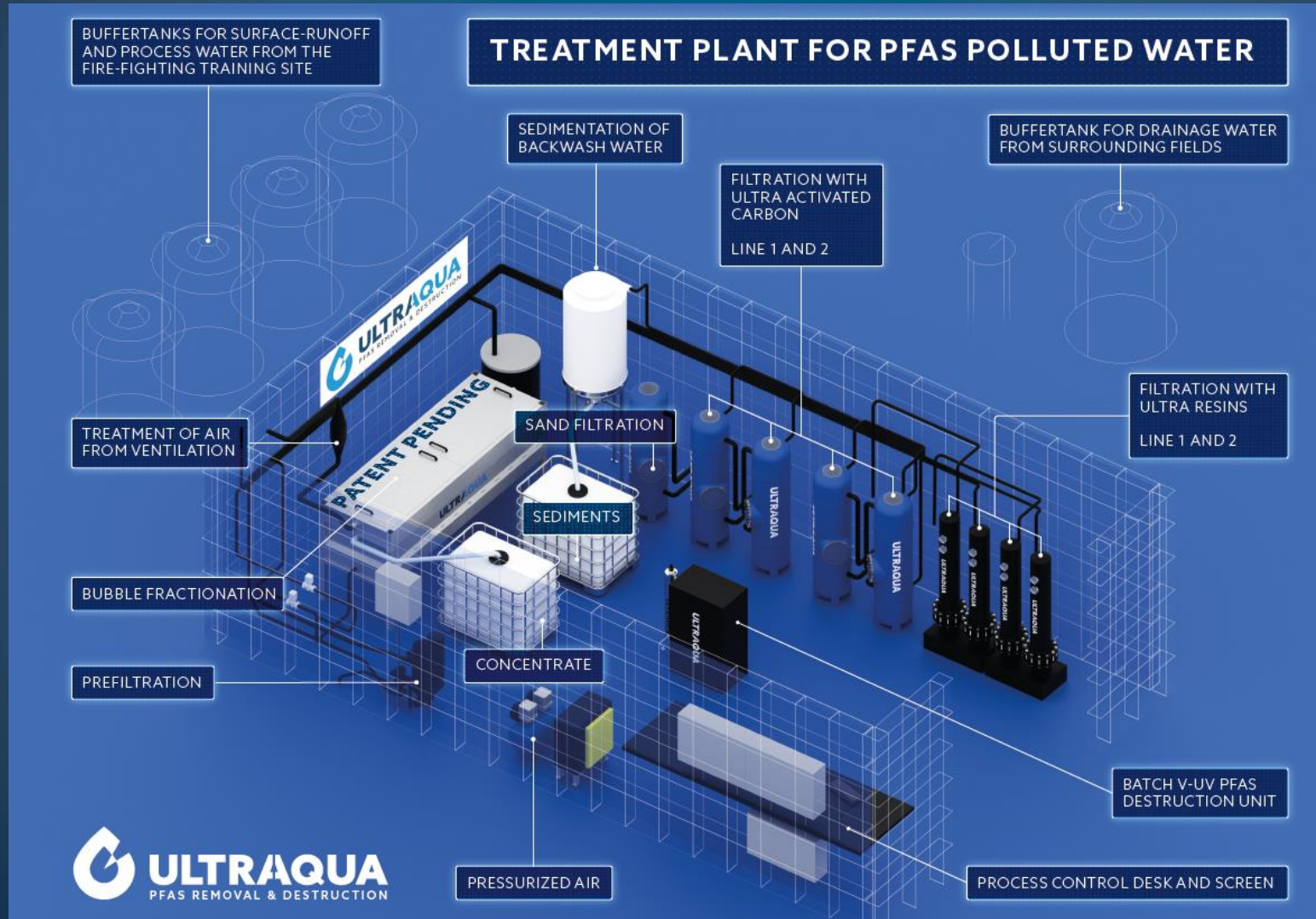


*DWA Korrespondenz Abwasser, Abfall · 2016 (63) · Nr. 12

**WWTP Neugut factsheet

*** Ved dosis på 5 mg/l

PFAS renseanlæg på brandøvelsespladsen i Korsør – Permanent løsning til overfladeafstrømning og drænvand





ULTRAQUA

MICROPOLLUTANT REMOVAL

Ulf Nielsen – uni@ultraqua.com

Erfaringer med reduktion af mikroforureninger

Innovationspartnerskabet for miljøfarlige forurenende stoffer d. 9. januar 2024

Jacob Kragh Andersen, udviklingschef (bæredygtighed, renseanlæg), Envidan A/S

Hvem er jeg?

Jacob Kragh Andersen

Procesingeniør

**Udviklingschef indenfor
bæredygtighed
(renseanlæg) i Envidan**

**Miljøingeniør, PhD fra
DTU**



Agenda

- Status for implementering af teknologier til reduktion af mikroforureninger:
 - Schweiz
 - Tyskland
 - Sverige
 - Luxembourg
- Resultater fra Innovationsprogram i Nederlandene
- Fokus på reduktion af stoffer i vandfasen
- Fokus på lægemiddelstoffer

DEFINITION

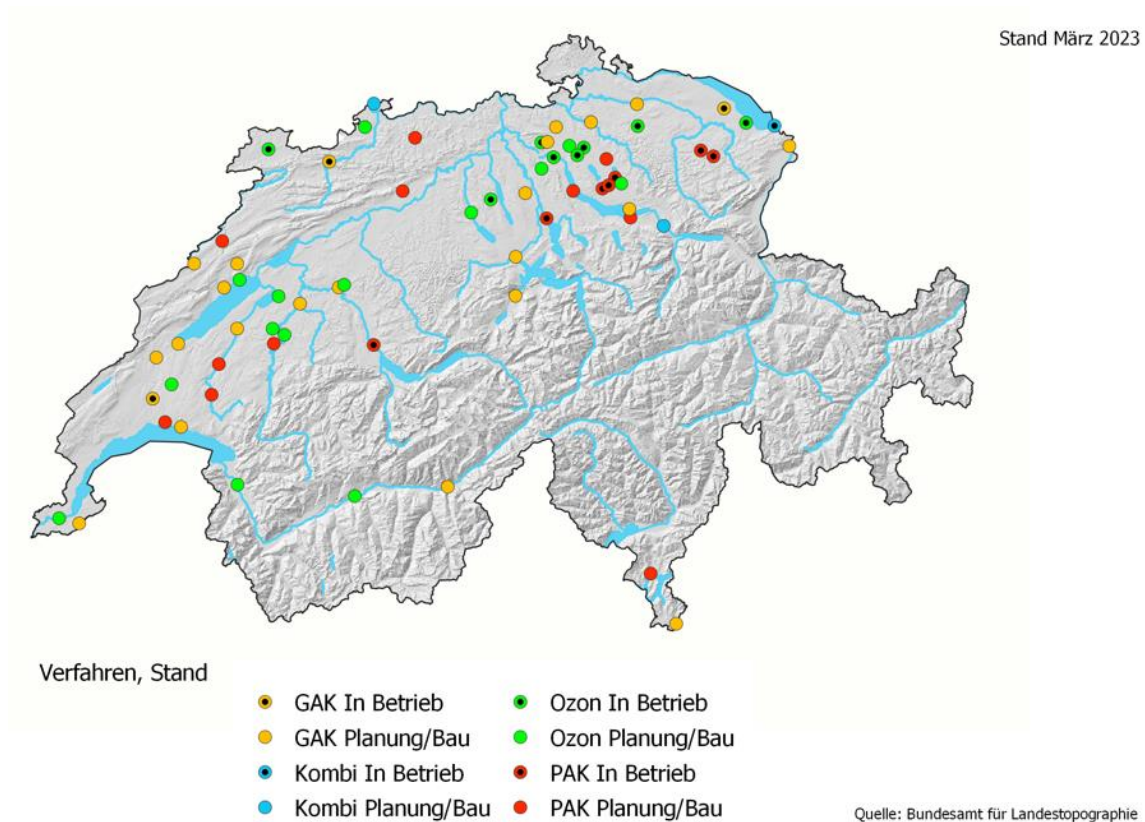
Mikroforureninger kan defineres som menneskeskabte kemikalier, der forekommer i højere end (potentielt) naturligt forekommende koncentrationer i (vand) miljøet på grund af menneskelig aktivitet, men dog stadig i lave koncentrationer.

Kilde: Micropollutants and Challenges, 2020



Status i Europa: Schweiz

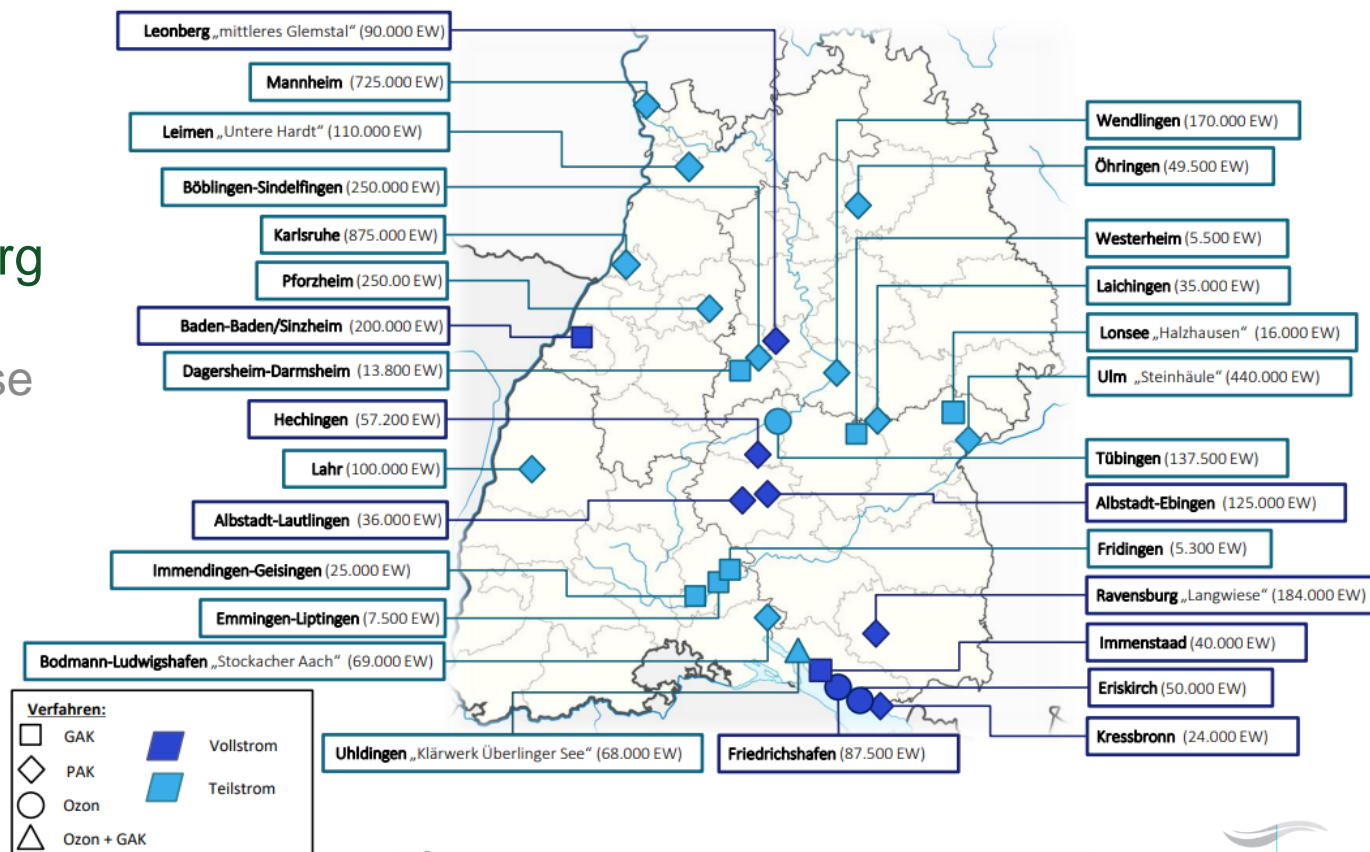
- Krav indført i 2014 (som eneste land hidtil)
- 12 indikatorstoffer, >80 % reduktion
- 9 CHF ~ 70 kr./person indtil 2034
- 120 anlæg omfattet
- Status Schweiz, marts 2023:
 - 19 anlæg i drift
 - 47 projekter projektering/udførelse
- Ozonering og aktiv kul (GAK/PAK) projekter (+få kombinationer)



Status marts 2023: www.micropoll.ch

Status i Europa: Tyskland

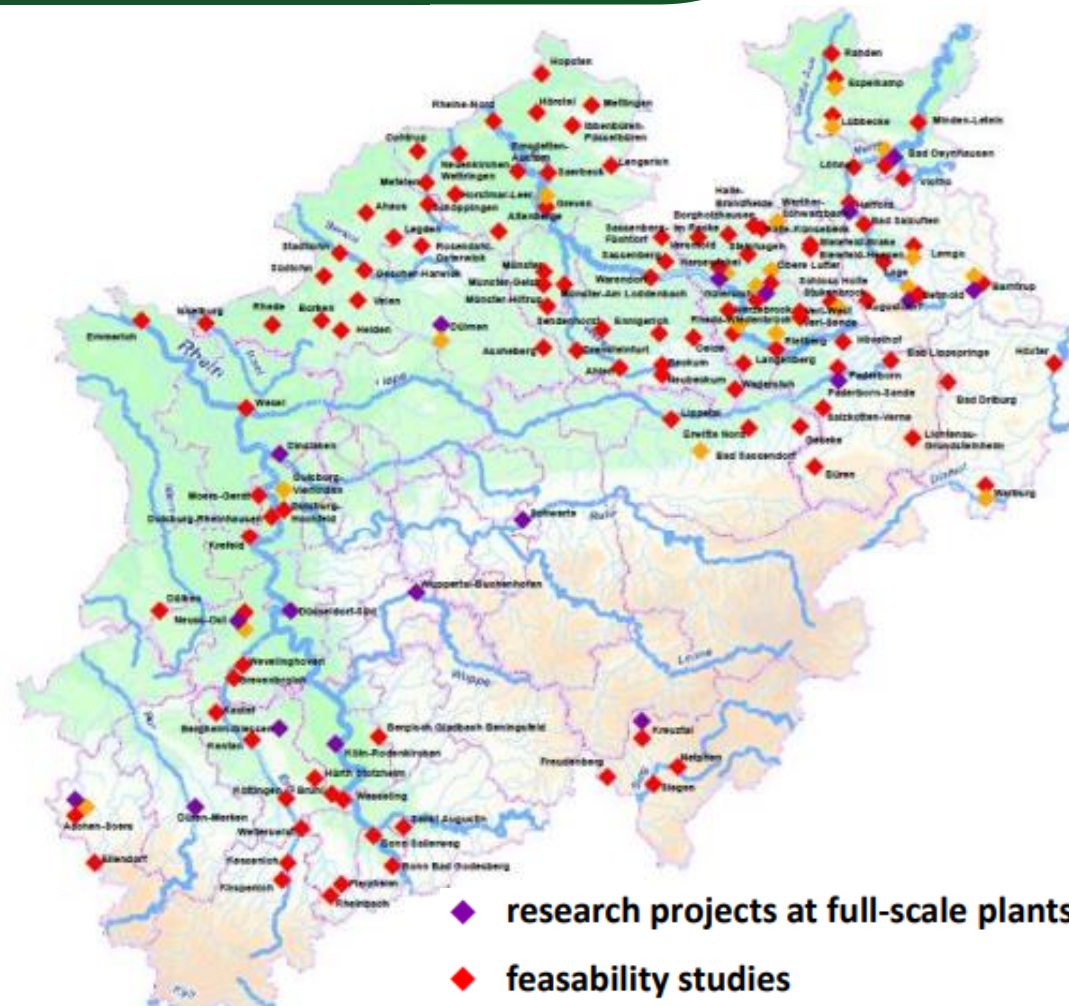
- Den tyske mikroforureningsstrategi 2019
- Frivillig fuld-skala indsats:
 - Baden-Württemberg
 - Nordrhein-Vestfalen
- Status oktober 2023 Baden-Württemberg
 - 29 renseanlæg med kvartært trin
 - 28 projekter under projektering/udførelse
- Hovedsageligt aktiv kul (GAK/PAK)



Status oktober 2023: www.koms-bw.de

Status i Europa: Tyskland

- Den tyske mikroforureningsstrategi 2019
- Frivillig fuld-skala indsats:
 - Baden-Württemberg
 - Nordrhein-Vestfalen
- Status oktober 2023 Nordrhein-Vestfalen
 - 30 renseanlæg med kvartært trin eller projekter under projektering/udførelse
- Hovedsageligt aktiv kul (GAK/PAK)



- ◆ research projects at full-scale plants
- ◆ feasibility studies
- ◆ full-scale WWTP upgrade (ozone, PAK or GAK; build or planned)

Status i Europa: Sverige

- Ingen regulering endnu, flere forsyninger får dog krav ved nybyg eller udbygning
- Finansiering fra den svenske Miljøstyrelse (Naturvårdsverket) siden 2018
 - 60 forstudieprojekter
 - 10 implementeringsprojekter
- Hovedsageligt ozonering og aktiv kul (men også bl.a. membran, UV, AOP)
- De svenske projekter bærer i højere grad præg af at være udviklingsprojekter
- Erfaringsopsamling, projekt 2023



Svenskt Vatten
Envidan

<https://lakemedelsrening.se/>

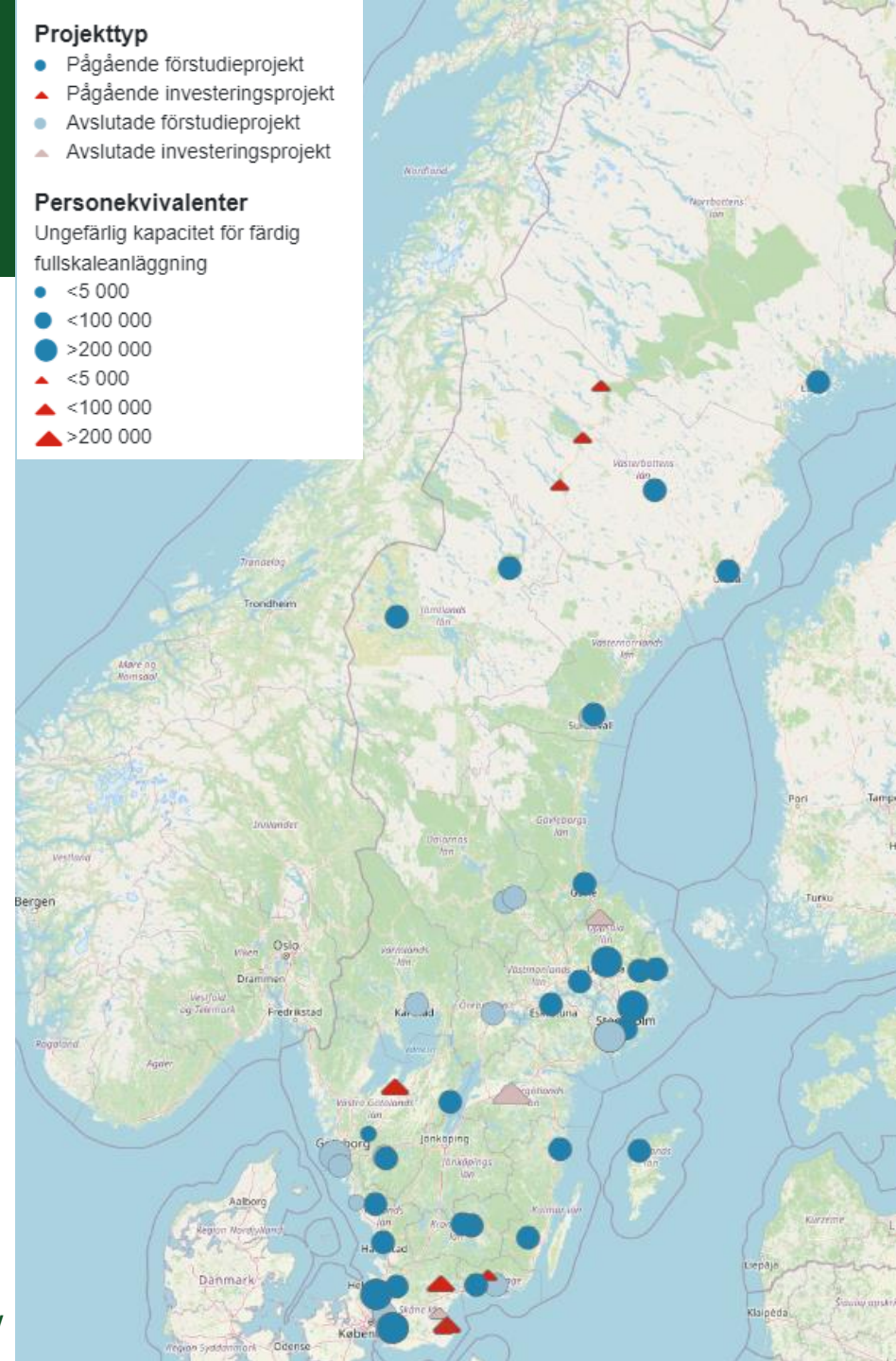
Projekttyp

- Pågående forstudieprojekt
- ▲ Pågående investeringsprojekt
- Afsluttede forstudieprojekt
- ▲ Afsluttede investeringsprojekt

Personekvivalenter

Ungefårlig kapacitet for færdig
fullskaleanlæggning

- <5 000
- <100 000
- >200 000
- ▲ <5 000
- ▲ <100 000
- ▲ >200 000



Status i Europa: Danmark

Udviklingsprojekter: og fuldskalaimplementeringer i DK:

- Herning (Mermis/Mereff + Hepwat): MUDP projekt med biologisk behandling, MBBR
- Herlev: Decentral rensning for hospitalsspildevand, ozon + aktiv kul + UV
- Hillerød: Pilotforsøg med ozon + aktiv kul (kommende fuldskala installation)
- Brædstrup (Samn): Fuldskala pilot projekt med flerpunkts ozonering/aktiv kul
- Region Nordjylland: ozonering og aktiv kul, baseret på Brædstrup forsøg
- Slagelse: Aktiv kul + UV (Less is more) og ozon+brintperoxid + aktiv kul + UV/persulfat (Oxytreat) → Beslutning om fuldskalaanlæg senest 2025
- Kalundborg: Fuldskala ozonanlæg i drift (ude af drift grundet elpriser)
- Egå: Fuldskala implementering af ozonanlæg (+ eksisterende sandfilter)
- Køge: Fuldskala implementering af integreret ozon + semi-kontinuert GAK filter (MUDP fyrtårnsprojekt CERO MP)
- + en række andre initiativer og nye udviklingsprojekter



Kalundborg Forsyning, ozonanlæg



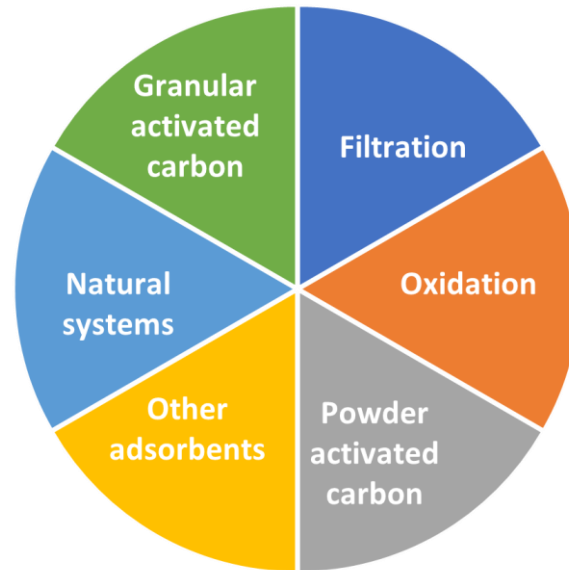
Aalborg Universitetshospital
(illustration: Suez Water)

Nederlandene - Innovationsprogram

Nederlandsk Innovationsprogram: "Micropollutants Removal"

Innovationsprogrammet:

- Ministry of Infrastructure and Water Management, STOWA & Dutch Water Authorities
- Forbedre eksisterende teknologier og udvikle nye
- Implementeringstests
- 5 årigt program (2019-2023)
- 12 millioner Euros



Kriterier:

- Effektivitet (> 70% reduction, 7 bedste ud af 11 stoffer)
- Reduceret økotoxicitet
- Omkostninger
- CO₂-aftryk

Reference teknologier:

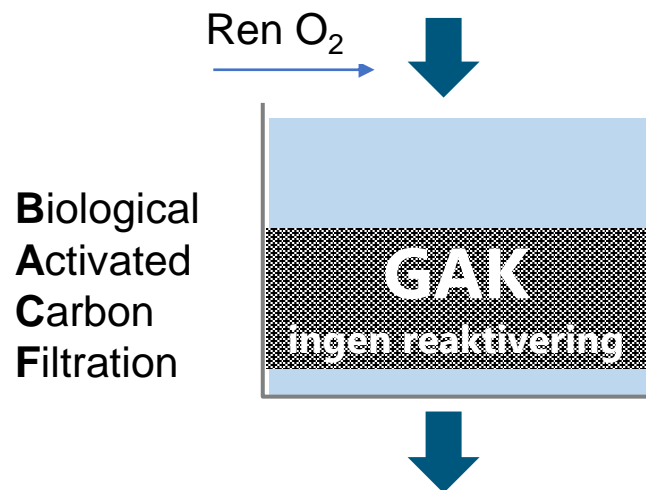
- GAK filtrering
- PAK i aktiv slam (PACAS)
- Ozonering

Report publicly available (in Dutch, English summary) at www.stowa.nl/ipmv

Nederlandene - Innovationsprogram

Resultater:

- Kombination af teknologier: bredere reduktionsprofil, lavere OPEX, større miljømæssig bæredygtighed
- Anvend biologi i efterbehandling for lavere CO₂-aftryk
- Behandling efter ozonering er ikke en absolut nødvendighed



CO ₂ footprint (g CO ₂ /m ³)	70-80% Dutch guide substances	>80% Dutch guide substances	>80% EU guide substances
≤ 80	<ul style="list-style-type: none"> • BACF-O₃ • O₃-Bio-O₃-Bio • O₃ • PACAS non fossil AC 	<ul style="list-style-type: none"> • BACF-O₃ • O₃-Bio-O₃-Bio 	<ul style="list-style-type: none"> • BACF-O₃ • O₃-Bio-O₃-Bio
80-120	<ul style="list-style-type: none"> • BACF • Post PAC 	<ul style="list-style-type: none"> • BACF(?) • O₃ • PACAS-O₃ • PACAS non fossil AC 	<ul style="list-style-type: none"> • BACF(?) • O₃ • PACAS non fossil AC
120-160	<ul style="list-style-type: none"> • PACAS fossil AC • Upflow GAC • Zeolite 	<ul style="list-style-type: none"> • Post PAC 	<ul style="list-style-type: none"> • PACAS-O₃
160-200	<ul style="list-style-type: none"> • Cyclodextrine • O₃-GAC 	<ul style="list-style-type: none"> • PACAS fossil AC • Upflow GAC • Zeolite • O₃-GAC 	<ul style="list-style-type: none"> • Post PAC • Upflow GAC • Zeolite • O₃-GAC
> 250	<ul style="list-style-type: none"> • O₃-ceramic filtration • Nanofiltration-UV 	<ul style="list-style-type: none"> • O₃-ceramic filtration • Nanofiltration-UV 	<ul style="list-style-type: none"> • O₃-ceramic filtration • Nanofiltration-UV

Source: STOWA-Aquatech Removal of Micropollutants from wastewater | STOWA

Sammenfatning

Erfaringer med teknologier til reduktion af mikroforureninger i vandfasen:

- Mange fuld-skala installationer rundt omkring i Europa (fokus på lægemiddelstoffer)
- Primært ozonering og/eller aktiv kul (GAK/PAK)
- Det kvartære rensetrin kommer med en betydelig miljø- (og klima)mæssig pris

Mange erfaringer, som vi kan tage ved lære af!

- Perflourerede forbindelser: Kildesporing, decentral rensning og forbud
- Hastig udvikling i andre teknologier (BACF, resiner, ultrafiltrering, skumfraktionering, ionbytning, UV, AOP, etc.)
- Vejledning og krav ønskes!





**Tak fordi I lyttede
med!**

Udviklingschef, Bæredygtighed
(renseanlæg)

Jacob Kragh Andersen
jka@envidan.dk

SLAMHÅNDTERING OG MILJØFARLIGE STOFFER

ANDERS HANSEN, DANVA

Agenda

- Selskabernes tilgange til slamhåndtering
- Nye krav på vej
- Hvad regulering og teknologi bør kunne



Selskabernes tilgange til slamhåndtering

- Business as usual – på landbrugsjord
- Nye tilgange
 - Pyrolyse
 - Monoforbrænding
 - HTL
- Motivation for ny teknologi
 - Destruktion MFS
 - Grøn omstilling
 - Nye produkter



Nye krav på vej

- Byspildevandsdirektiv
 - Recirkulering N & P
 - Monitering
 - Mikroplast
- Slamdirektiv
 - Evalueret 2023
- Affald-jord-bekendtgørelse
 - PFAS-krav
 - Udvidede muligheder for behandling af slam?

Hvad teknologi og regulering bør kunne

- Fjerne MFS
- Skabe nyttige produkter
- Produkt- og kilderegulering
- Flexibilitet til at vælge teknologi
- Muligheder for at afsætte produkter
- Bedre rammer for udvikling i økonomisk regulering



Tak for opmærksomheden ...

DANVA er brancheorganisation for vandselskaber.

DANVA forener alle vandkredsløbets aktører i samarbejde om bæredygtige løsninger.

DANVA forstærker alle, der sikrer forbrugernes tillid til vand, effektiv drift og en høj forsyningsikkerhed.

DANVA fortæller alle om værdien og effekten af danske vandløsninger, der skaber liv og sundhed.



www.danva.dk



danva@danva.dk

VANDHUSET | Godthåbsvej 83, 8660 Skanderborg | Vester Farimagsgade 1,
5. sal | 1606 København V | Tlf. 7021 0055 | danva@danva.dk | www.danva.dk





TEKNOLOGISK
INSTITUT



Teknologier til håndtering af slam og restfraktion fra 4. rensesrin

Jonathan Guld Christensen
Teknologisk Institut

Monoforbrænding

Teknologien

- Afbrænding ved 800-1000°C under tilstedeværelse af ilt
- Nedbrydning ved (nær) komplet oxidation
- Kræver ofte støttebrændsel
- Flere forskellige typer
- Etableret ved forsyninger i Danmark
- Technology Readiness Level (TRL) 9

Nedbrydning af MFS

- Lægemidler forventes komplet nedbrudt
- PAH'er kan være tilstede hvis ufuldstændig oxidation
- Flygtige tungmetaller i røggas, resten i aske
- Nogle PFAS forventes nedbrudt, afhænger af temperatur

Produkter

- Forbrændingsvarme
- Røggas (kræver rensning)
- Aske (potentielt gødningskilde)
- Slagge

Pyrolyse

Teknologien

- Opvarmning til 300-650°C under iltfrie forhold
- Varierende opholdstid, op til 3 timer
- Ufuldstændig forbrænding
- Kræver højt TS-indhold
- Under indtog i Danmark
- TRL 7-9

Nedbrydning af MFS

- Lægemidler forventes komplet nedbrudt
- PAH'er vil opstå under ufuldstændig oxidation
- Tungmetaller vil primært findes i biokul
- Nogle PFAS forventes omdannet

Produkter

- Biokul (primært produkt)
- Bioolie
- Rejektvand (skal renses)
- Pyrolysegas (rensning afhænger af indhold)

Hydrothermal liquefaction (HTL)

Teknologien

- Hydrotermisk kondensering ved 300-400°C og 200-300 bar
- Vand i kritisk tilstand anvendes som katalyst og reaktant
- Accelereret olieredningsproces
- Opereres med "vådt" fødemateriale (TS < 25%)
- TRL 6-7

Nedbrydning af MFS

- Lægemidler forventes komplet nedbrudt
- PAH'er kan være tilstede hvis ufuldstændig oxidation
- Tungmetaller forventes opkoncentreret i biokul
- Ikke-nedbrudt PFAS forventes fundet i bioolien

Produkter

- Bioolie (primært produkt)
- Biokul (potentielt gødningskilde)
- Rejektvand (skal renses)
- Syngas (rensning afhænger af indhold)

Supercritical water oxidation (SCWO)

Teknologien

- Superkritisk oxidation med vand ved 450-600°C, 250 bar og oxidationsmiddel
- Komplet oxidation
- Opereres med "vådt" fødemateriale (TS < 25%)
- TRL 6-7

Nedbrydning af MFS

- Lægemedler forventes komplet nedbrudt
- PAH'er forventes nedbrudt
- Flygtige tungmetaller i gasfase, resten i fastfase
- PFAS forventes i høj grad nedbrudt

Produkter

- Vandfase
- Gasfase
- Syre (svovl-, salt-, fosforsyre)
- Fastfase

TAK FOR I DAG

- Konklusioner og input fra dagens workshop, offentliggøres på Innovationspartnerskabets hjemmeside og via LinkedIn
- <https://www.teknologisk.dk/projekter/nyt-innovationspartnerskab-styrker-kampen-for-et-rent-vandmiljoe/44499>



Innovationspartnerskabet for miljøfarlige forurenende stoffer