

# Rensning for mikroforureninger, herunder PFAS, ved centrale renseanlæg samt punktkilder

STF's Netværksdag Mikroforureninger

Ulf Nielsen – [uni@ultraqua.com](mailto:uni@ultraqua.com)

18. april 2022



**ULTRAQUA  
GROUP**

# Rensning for mikroforureninger, herunder PFAS, ved centrale renseanlæg samt punktkilder

## Oversigt

1. Slagelse Renseanlæg – Fjernelse af mikroforureninger med ozon, aktivt kul og vakuum UV
2. Bromat-dannelse ved ozonering
3. Korsør Brandskole – Permanent anlæg til rensning for PFAS
4. MUDP-forprojektet PFASA. Destruktion/defluorering af PFAS ved VUV-behandling



# Slagelse Renseanlæg – Less is More og OxiTreat

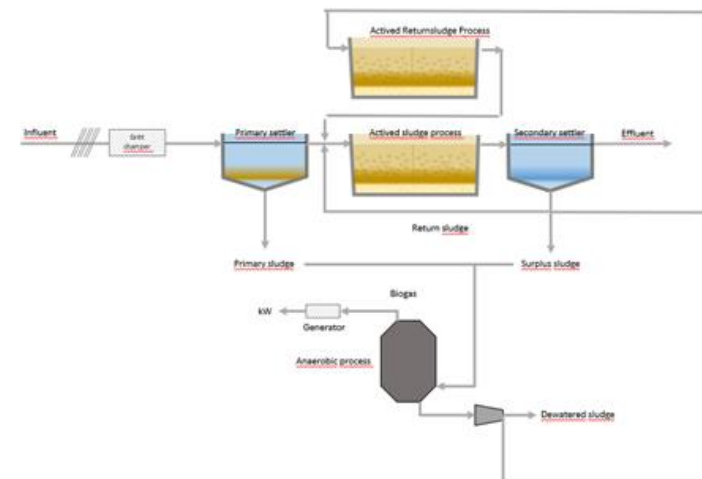
- Pilotanlæg til efterpolering på udløb fra Slagelse Renseanlæg
- Pilotanlæg: 30 m<sup>3</sup>/t
- Fuldskala er planlagt til 2025

## Slagelse Renseanlæg:

- Kapacitet: 125.000 PE
- Fjernelseseffektivitet:

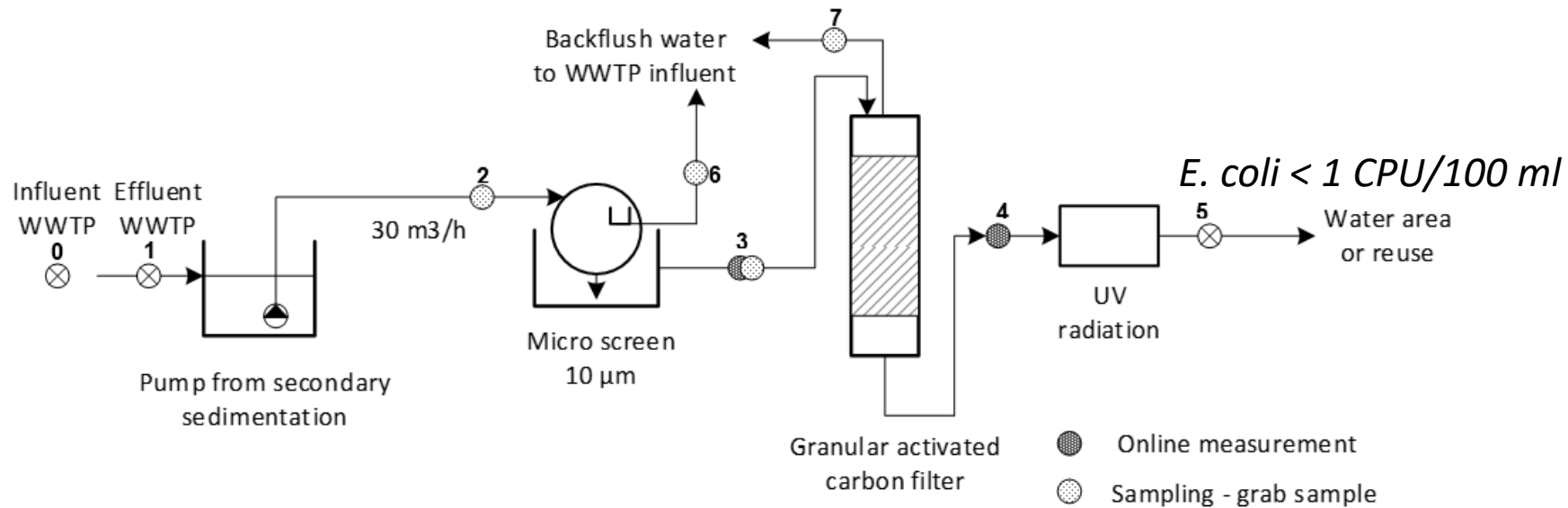
  - Organisk stof: 99%
  - Kvælstof: 91%
  - Fosfat: 98%

- DOC i udløb: 8-9,2 mg/l



# Slagelse Renseanlæg – Less is More pilotanlæg

- Less is More – pilotanlæg (Testperiode: Jan. 2019 – Aug 2020)



proportional



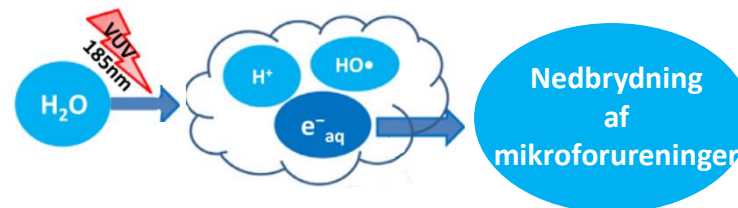
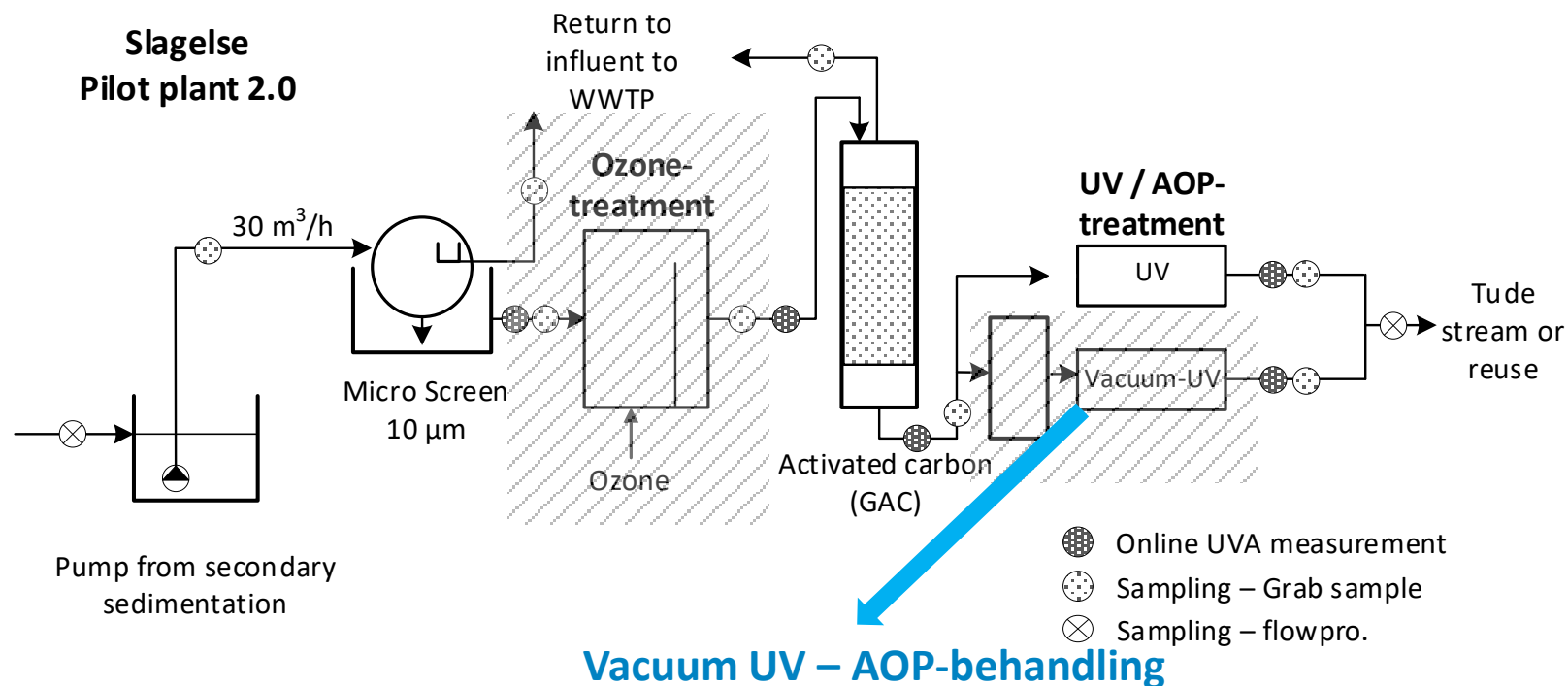
## Reaktiveret kul – kan genbruges i modsætning til PAC

- “Jomfrueligt” fossilt kul: 11-18 tons CO<sub>2</sub>-equivalents pr. tons produceret
  - Reaktiveret kul: 2-3 tons of CO<sub>2</sub>-equivalents pr. tons produceret
- = Carbon footprint: **6 gange lavere end jomfrueligt kul\***

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

# Slagelse Renseanlæg – OxiTreat – MUDP projekt

- OxiTreat – pilotanlæg (Testperiode: Jan. 2022 – dags dato)
- Samme kulfilter siden januar 2019 – nu fire år efter start (pris nede på ca. 0,15 kr/m<sup>3</sup> – ca. 1 kr/m<sup>3</sup> ved høj fjernelse (90%))
- Kan man opnå kosteffektiv fjernelse ved kombination af brugt GAC med ozon og/eller vakuum UV?

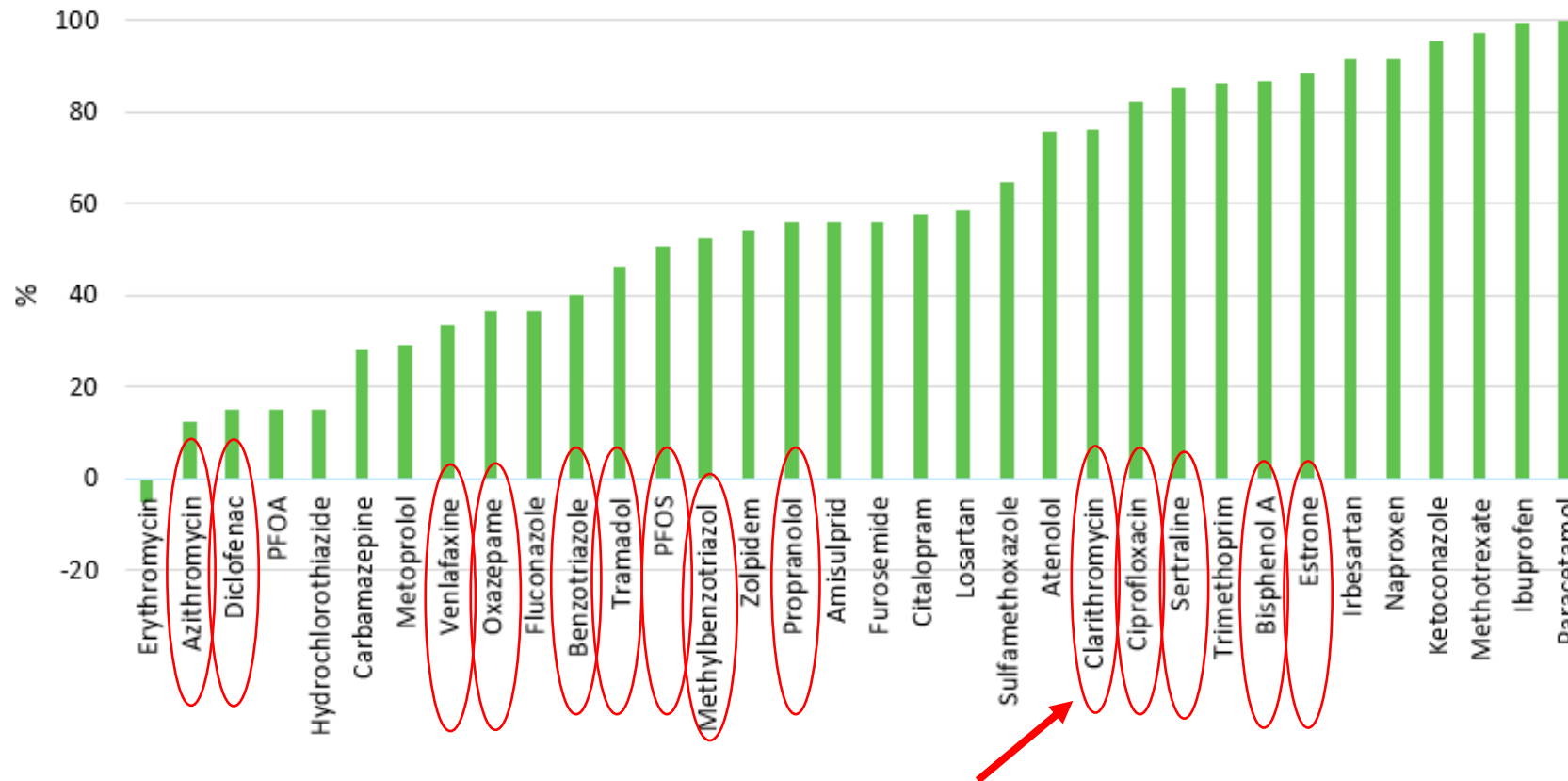


# Slagelse Renseanlæg – Less is More og OxiTreat



# Slagelse renselanlæg – Konventionel fjernelse af mikroforureninger fra indløb til udløb

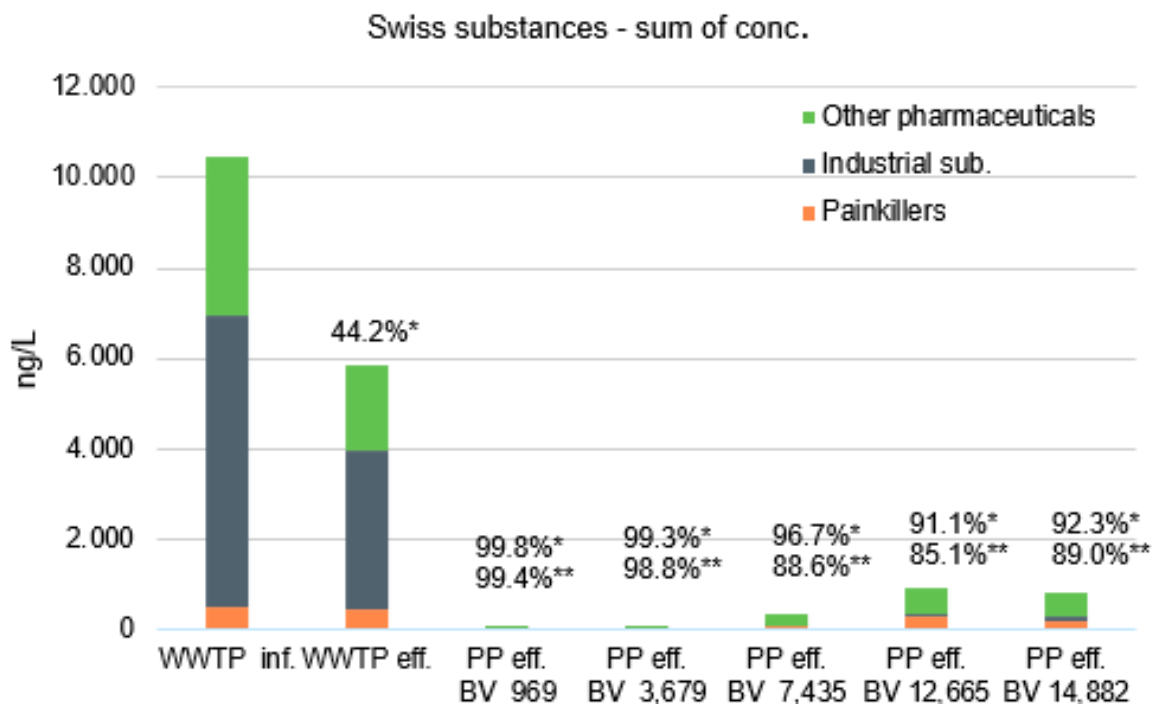
- 34 (37) mikroforureninger analyseret



14 mikroforureninger målt >PNEC i  
renseanlæggets udløb

# Slagelse renselanlæg – Resultater fra Less is More

- Fjernelse i 1,5 års testperiode (januar 2019 - august 2020)



Videre udvikling for kulfilter:

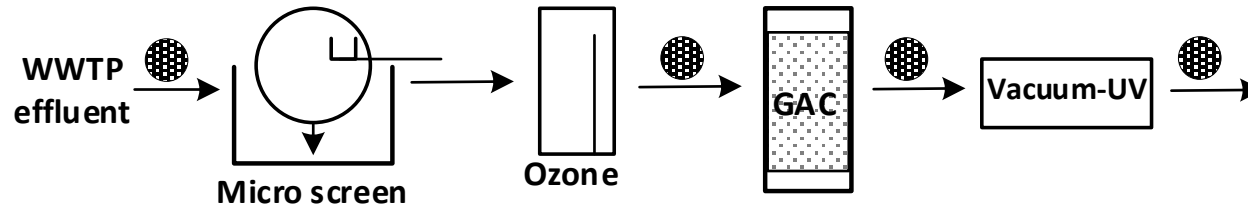
I februar 2022 efter 3 års drift

- 45% fjernelse af forslag til Byspildevandsdirektivets stoffer

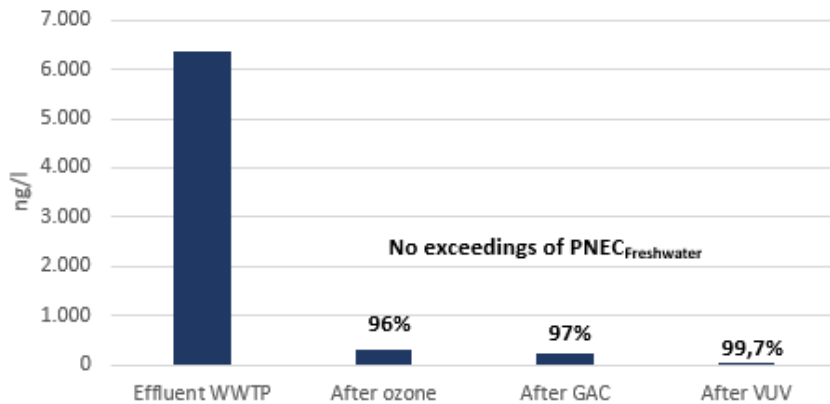
I dag efter ca. 4 års drift:

- Fuldt gennembrud af direktivforslagets stoffer

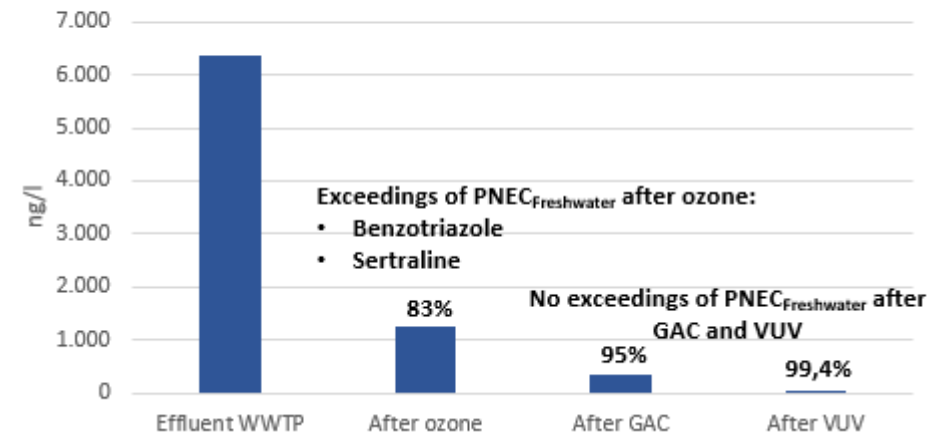
# Resultater - mikroforureninger



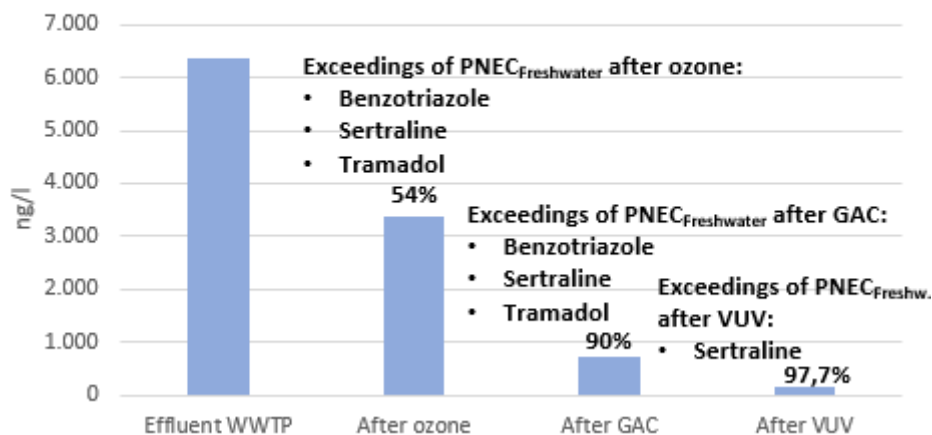
Removal of EU Urban Dir. substances  
Ozone dose: High



Removal of EU Urban Dir. substances  
Ozone dose: Medium

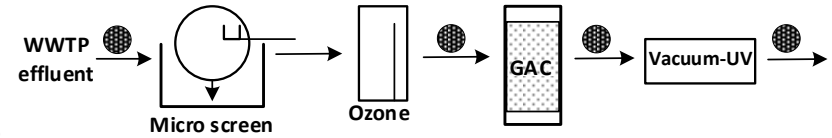


Removal of EU Urban Dir. substances  
Ozone dose: Low

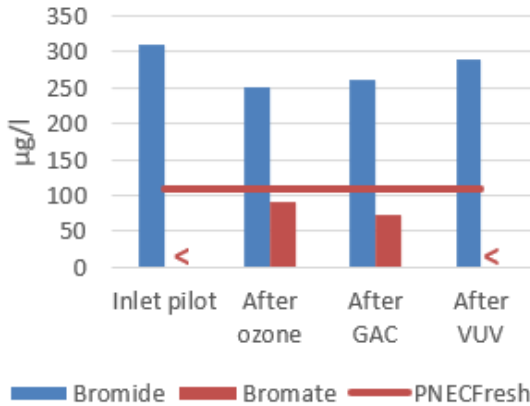


OBS: Angivet procent fjernelse er fra renselanlæg udløb til efter polering og IKKE fra indløb renselanlæg, som direktivforslaget foreskriver

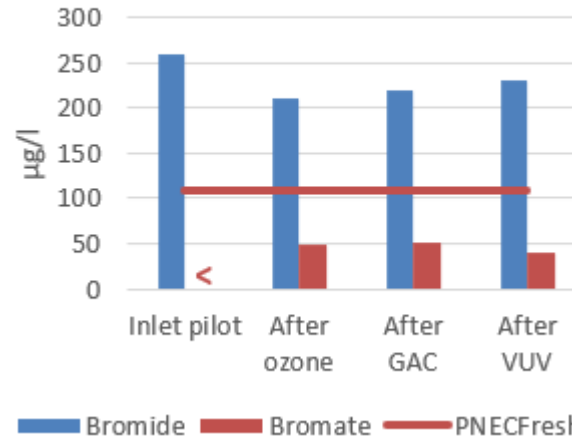
# Resultater – Bromat-dannelse ved ozonering



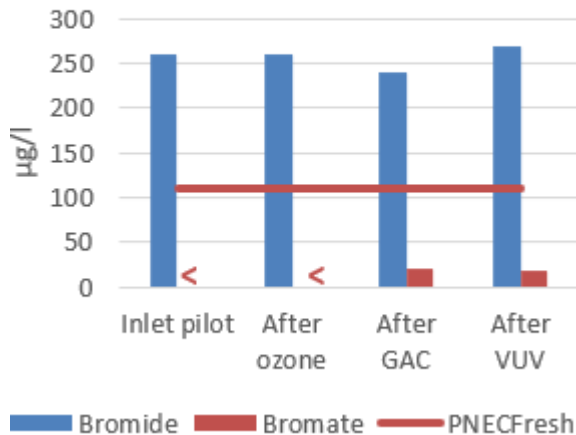
Dose: Very high  
Dec 2022



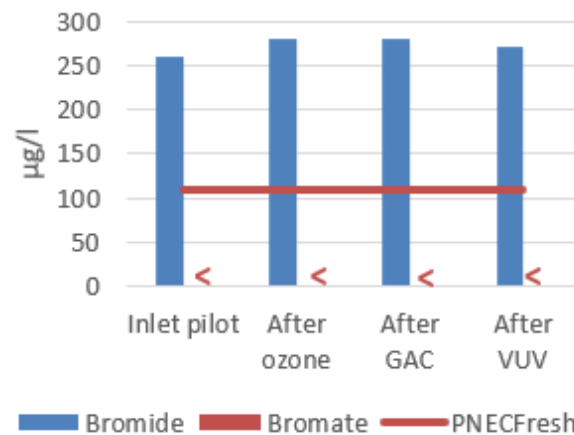
Dose: High  
March 2023



Dose: Medium  
March 2023



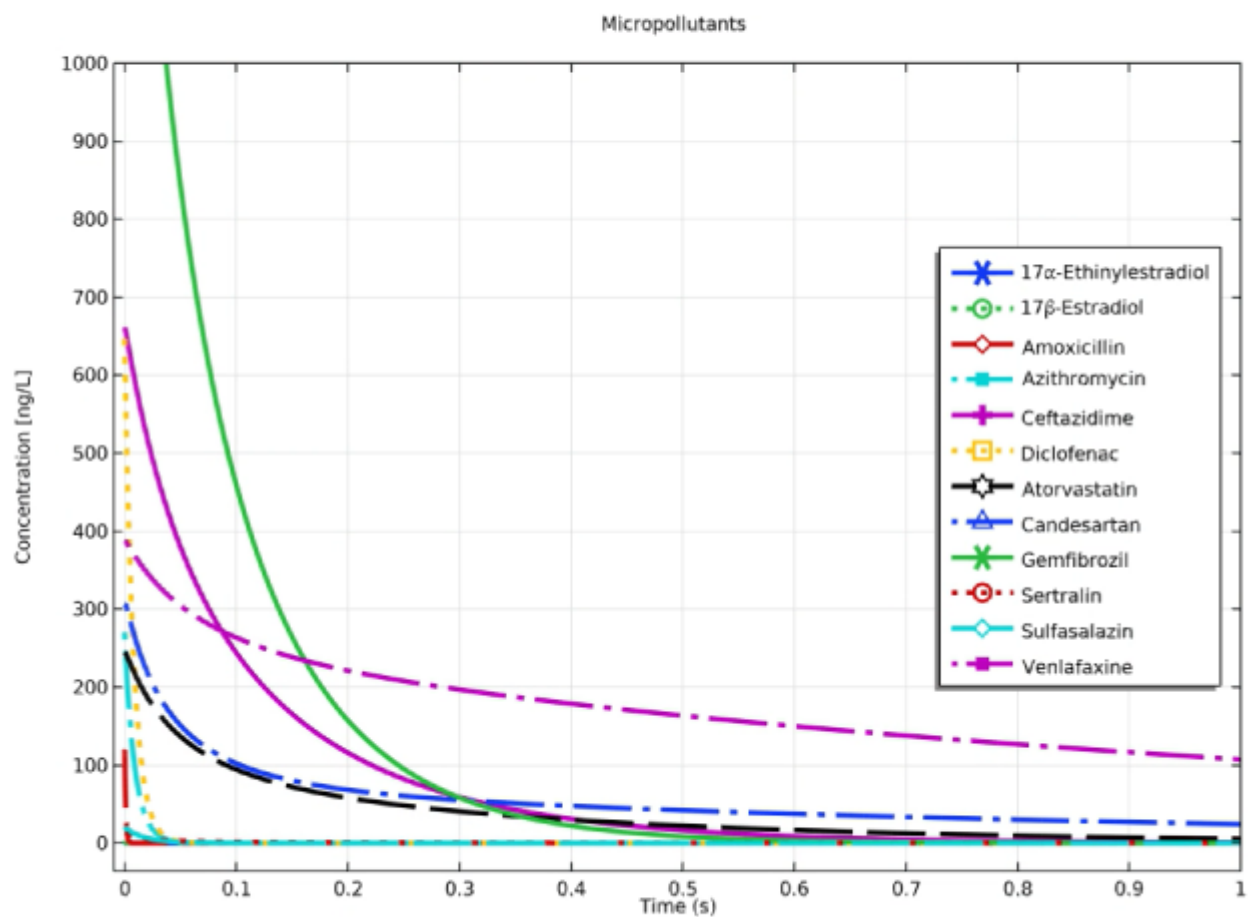
Dose: Low  
March 2023



- Høj ozon-dosis = Bromat tæt på PNECFreshwater (110 µg/l)
- Bl.a. pH, DOC og ammonium kan påvirke i hvilket omfang der dannes bromat
- Ultraqua har udviklet avanceret model som kan forudsige dannelsen af bromate (samt nedbrydning af mikroforureninger)

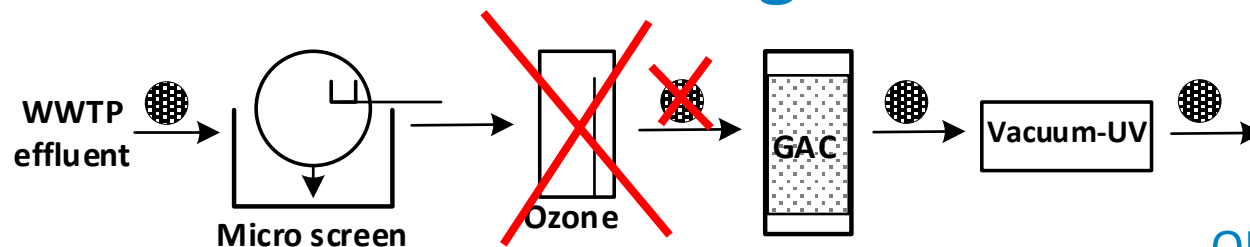
- Avanceret digital ozonerings-model, som kan forudsige nedbrydning af mikroforureninger samt dannelsen af bromat
- Bl.a. anvendt til forudsigelse af fjernelse af mikroforureninger med ozon hos Aarhus Vand

# ULTRAQUA



**PREDICTION OF MICROPOLLUTANT REMOVAL**

# Resultater – mikroforureninger – Vakuum UV



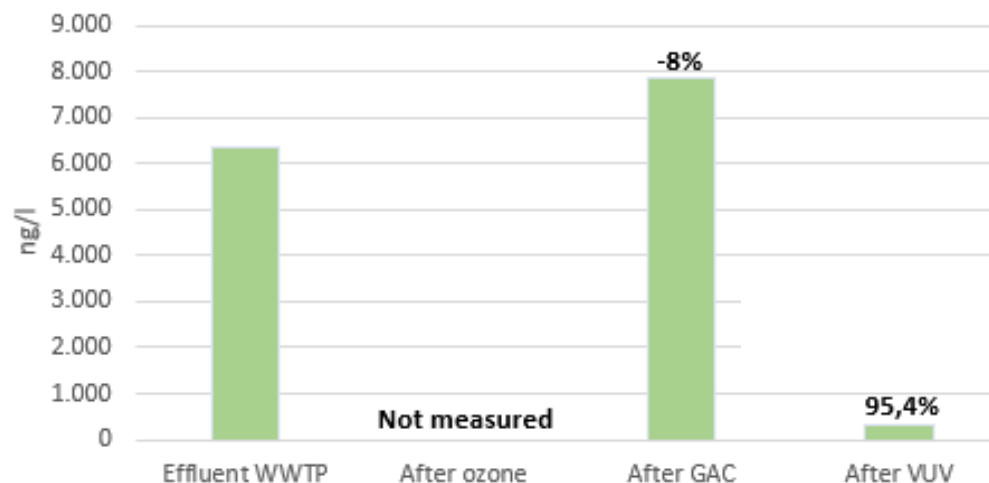
OBS omkring PFAS:

- PFAS er ikke med i forslag til EU byspildevandsdir.
- Målt for PFOS og PFOA i Slagelse
- PFOS < DL og PFOA <DL-6 ng/l
- Hverken ozon, brugt GAC eller VUV (med ilt til stede) fjerner PFOA
- PFAS fjernes bedst med reduktion - ikke oxidation

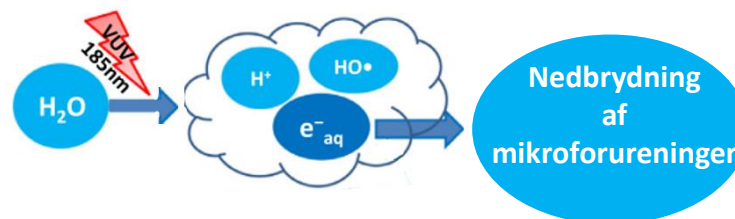
Derfor:

- Forsøg med dosering af natriulfosfit, som giver iltfrie forhold i VUV-reaktor
- Resultater er på vej 😊

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



## Vacuum UV - AOP-behandling



# Korsør Brandøvelsesplads – RESC

Permanent renseanlæg til fjernelse af PFAS fra overfladeafstrømning, drænvand og procesvand



# Rensning af overfladeafstrømning/drænvand/procesvand for PFAS ved RESC

Tidsplan: Renseanlæg planlægges sat i drift i august 2023

Status: Lab-test's er udført og buffertanke er installeret

$\Sigma$ PFAS-4:  
16,5  $\mu\text{g/l}$



## Proces-princip for renseanlæg

Forbehandling med filtrering og luftboble-fraktionering

Efterpolering med aktivt kul og ionbytter-resin

PFAS < grænseværdier

Koncentrat med 98% af  $\Sigma$ PFAS-4 til destruktion

Brugt aktivt kul og resin til destruktion

Næste skridt!

PFAS-koncentrater fra fraktionering og regenererbare resiner

Destruktion/defluorering onsite med:

- UV+reaktanter
- Elektrokemisk celle

Udviklingsprojekter igang med formålet at:

- Destruere/defluorere PFAS onsite ved almindeligt tryk og temperatur

# MUDP-forprojekt og hovedprojekt: PFASA

Udvikling af bæredygtige PFAS-rens teknologier baseret på innovativ separation og avancerede reduktionsprocesser (ARP)



Master-studerende fra Aalborg Uni. arbejder fuld tid på UV-ARP hos Ultraaqua i 2022 til sommer 2023.

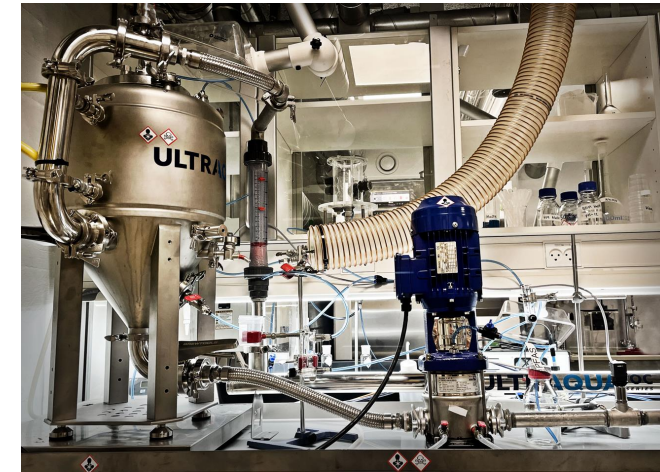


**ULTRAQUA  
GROUP**

# PFOA-destruktion med VUV ARP – første resultater

- Forsøg: PFOA 4.500 ng/l i 30 liter vand
- Tilsætning af reaktanter, pH-justering samt iltfrit miljø
- Recirkulering over VUV lampe

*Figur er endnu ikke rapporteret og er derfor taget ud*



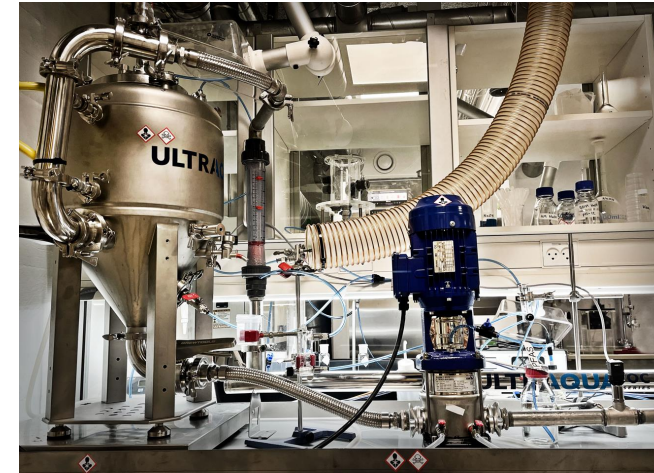
- Intet PFOA tilbage efter 1 time – kun få ng PFHpA/l. Efter 3 timer intet PFAS-22
- Fluorid-måling, efter opkoncentrering ved inddampning, viste fuld defluorering
- Total organisk fluor (AOF) viste  $<1 \mu\text{g/l}$  (5 h)

# PFAS-destruktion af drænvand fra Brandøvelsesplads fra Aalborg lufthavn Sigteøvelsespladsen

- Forsøg: 30 liter drænvand med 5.500 ng PFAS-22/l
- Tilsætning af reaktanter, pH-justering samt iltfrit miljø
- Recirkulering over VUV lampe



*Figur er endnu ikke rapporteret og er derfor taget ud*



- Stort set alt andet end 6:2 FTS er fjernet efter 1 time
- Alt 6:2 FTS er fjernet efter 5 timer
- Fluorid-måling ikke mulig, da drænvandet fra start indeholdt 0,4 mg/l

# Vigtigste konklusioner/budskaber

- Lav-dosis ozonering kan forlænge levetiden for brugt kulfilter med effektiv fjernelse (>90%) af direktivforslagets stoffer – dog med enkelte overskridelser af PNEC
- Vakuum-UV kan ligeledes forlænge levetiden af gammelt kulfilter med effektiv fjernelse (>95%) – og uden overskridelser af PNEC. Dog med højere energiforbrug. Undersøgelse af optimering er igang.
- Højere ozondosering giver potentielt bromatproblem. Ingen bromat-dannelse ved lavdosering af ozon.
- Ingen bromatdannelse ved brug af vakuum-UV
- PFAS kan destrueres ved brug af vakuum-UV under iltfrie forhold
- PFAS-resekoncept for bl.a. Korsør Brandskole:

PFAS opkoncentreres via luftboble-fraktionering og regenererbare resiner, hvorefter PFAS i koncentratet batch-behandles(destrueres) med on-site vakuum-UV

**THANK YOU FOR LISTENING**

**TIME FOR QUESTIONS**



**ULTRAQUA  
GROUP**

**Ulf Nielsen – [uni@ultraqua.com](mailto:uni@ultraqua.com)**

**WWW.ULTRAQUA.COM**