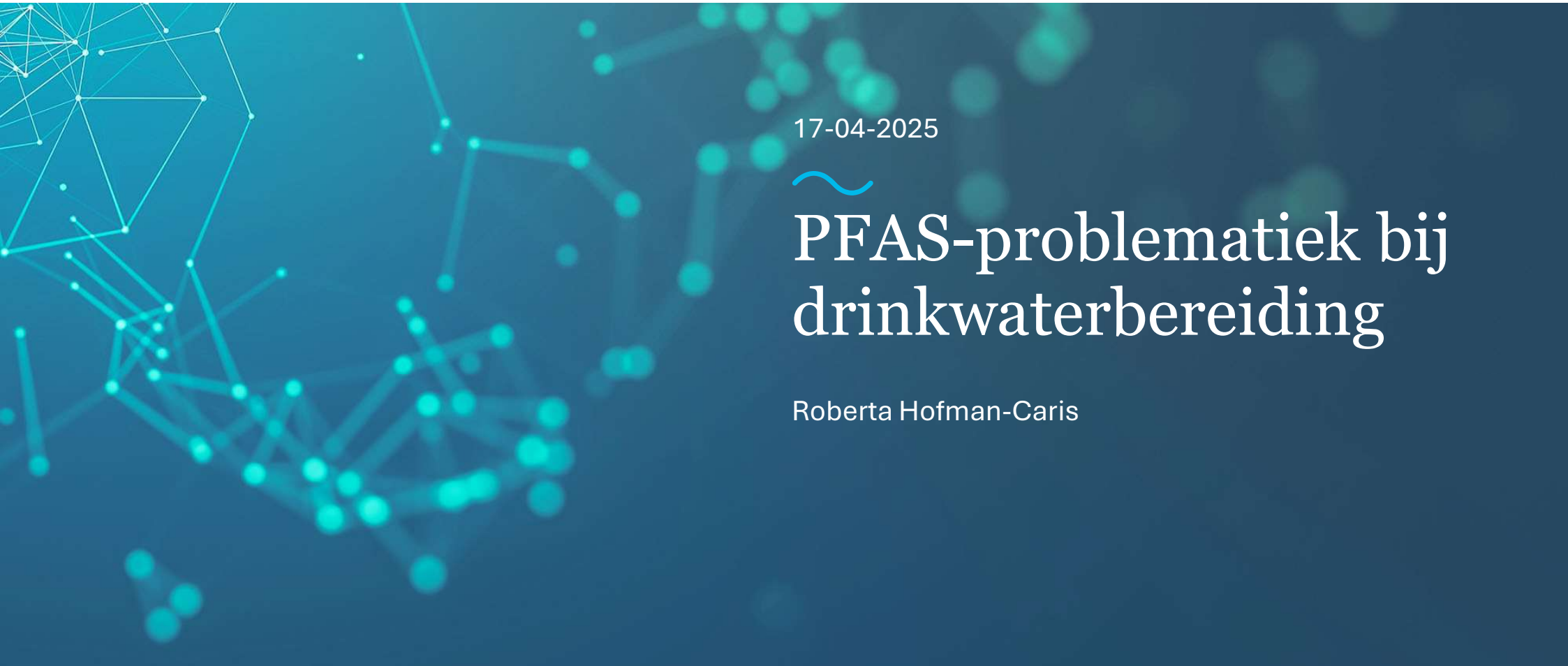




17-04-2025



PFAS-problematiek bij drinkwaterbereiding

Roberta Hofman-Caris

Inhoud

- Introductie
- Traditionele waterbehandelingsmethoden
- Adsorptieprocessen
- Concentreren
- Degradieren
- Combinatie van technieken
- Conclusies



Introductie

PFAS

- Ruim 10.000 typen PFAS
- Komen overal op wereld voor
- Mobiel, persistent, accumulatief
- Mogelijk/waarschijnlijk toxisch



Drinkwater:

Aanname: 20 % inname via drinkwater

Voorgestelde richtwaarde 4.4 ng/L voor gewogen som van enkele PFAS, gebaseerd op PFOA-equivalenten:

• PFOA	1
• PFOS	2
• PFNA	10
• PFHxS	0.6
• TFA?	0.002



Traditionele waterbehandelingstechnieken

Grondwater (60 %)

- Beluchting
- Flocculatie
- Snelfiltratie
- Desinfectie (OCl^- , ClO_2 , NH_2Cl , UV)

Oppervlaktewater (40 %)

- Coagulatie
- Flocculatie
- Sedimentatie
- Snelfiltratie
- Desinfectie (OCl^- , ClO_2 , NH_2Cl , UV)

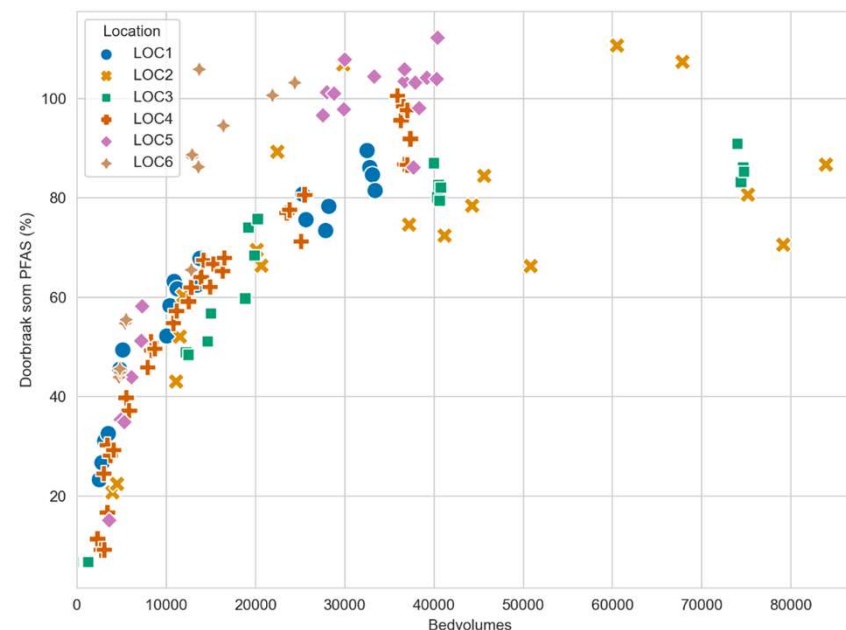
- Langzame zandfiltratie
- Biodegradatie

Niet effectief voor PFAS-verwijdering

Adsorptieprocessen

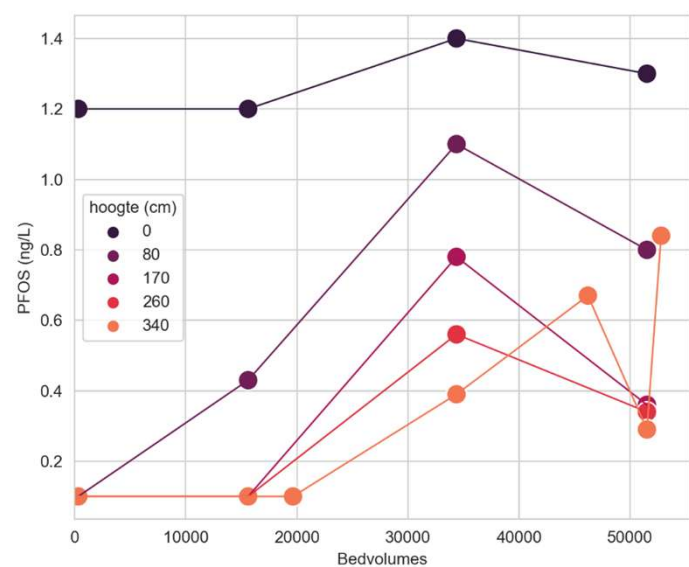
Actieve kool

- Kleine PFAS (TFA, PBA) worden niet geadsorbeerd
 - Verdringing door grotere moleculen
 - Snelle doorbraak (50 % at 10.000 BVs, voor andere OMP bij 20.000 to 90.000 BVs)
-
- Meer GAK-filters
 - Langere verblijftijd/hogere bedhoogte
 - Hogere reactivatiefrequentie
 - Duur
 - Hoge milieu-impact



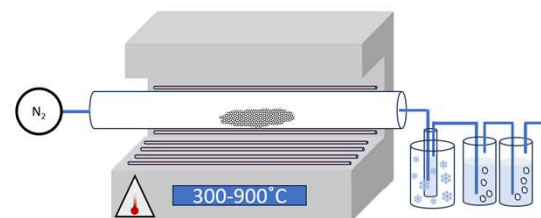
Adsorptieprocessen

Doorbraak op verschillende bedhoogtes



Reactivatie van GAC:

- Reductieve atmosfeer
- 800 – 900 °C



Degradatie van C-F binding!

N.B. aerobe verbranding bij $T > 1200\text{ °C}$!

Adsorptieprocessen

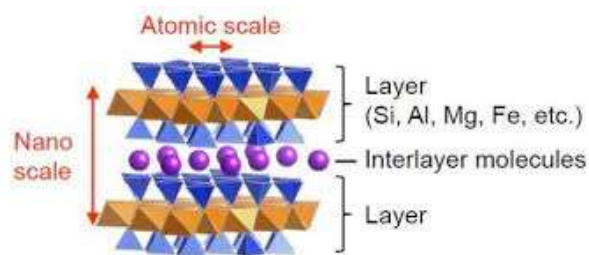
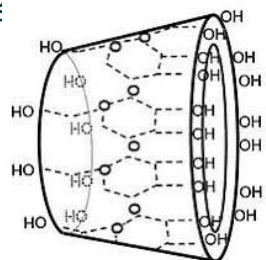
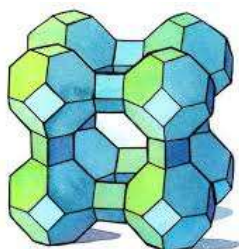
Ontwikkeling verschillende adsorbentia:

- Nieuwe typen actieve kool
- Zeolieten
- Cyclodextrines
- Gemodificeerde klei

Ion Exchange Harsen

- Elektrostatische interactie
- Combinatie met interacties tussen keten en hars
- Complexe reactivatie: eenmalig gebruik

Vaak niet beschikbaar voor of getest op full scale waterzuivering



- Duur
- Grote milieu-impact

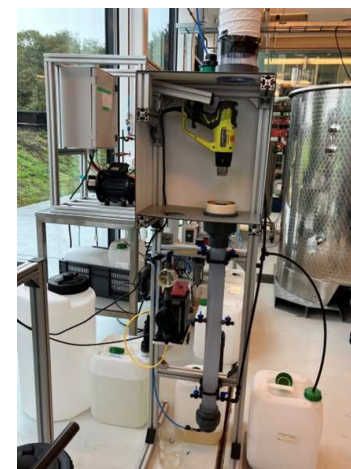
Concentreren

Membraanprocessen:

- Nanofiltratie (gebaseerd op poriegrootte en elektrostatische effecten)
 - Omgekeerde osmose (RO)
-
- Recovery $\leq$ 80 %
 - 25 % meer inname
 - 20 % concentraat. Wat doen we hiermee?

Foam Fractionation:

- PFAS oppervlakteactief
 - Accumuleert in schuim
 - Kationische surfactant effectiefste
 - Grote pilot schaal/full scale beschikbaar
-
- Wat doen we met het schuim?



Degraderen

(Geavanceerde) oxidatieprocessen niet effectief
C-F binding is te sterk

Practisch probleem:

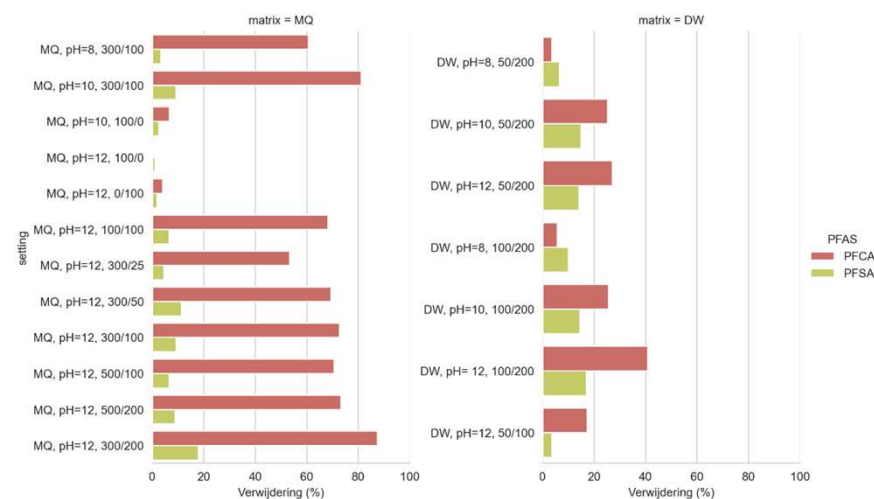
- Detectielimiet PFAS ± 0.5 ng/L
- Detectielimiet F^- ± 20 $\mu\text{g/L}$



Degraderen

Geavanceerde reductie

- Anaerobe omstandigheden
- pH 10 – 12
- Combinatie van UV en $\text{SO}_3^{2-}/\text{I}^-$
- Effectiever voor carboxylaten dan voor sulfonaten
- Minder effectief bij hoge zoutconcentraties



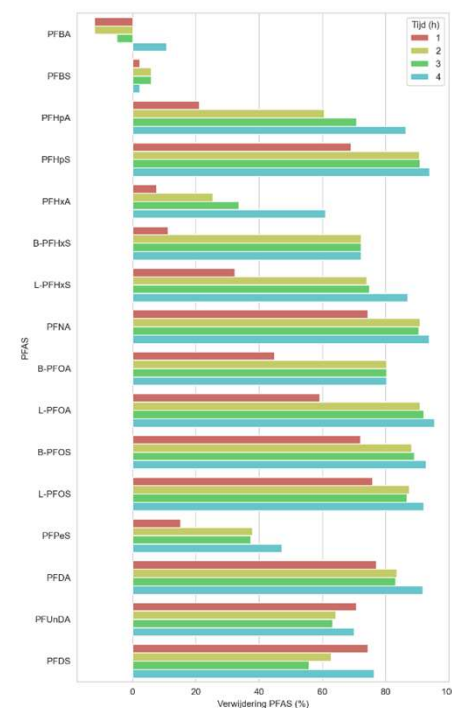
Degraderen

KWR

UPPWATER
Dutch water tech

Anodische oxidatie

- Speciaal type electrode (BDD)
- Stoftransport naar en van elektrodes op grote schaal
- Vorming van transformatieproducten
- Toepasbaar in concentraat
- Nog niet beschikbaar op grote schaal





Combinatie

KWR

 **UPPWATER**
Dutch water tech

Meest veelbelovend:

Serie van technieken

1. Concentreren
2. Degradering in geconcentreerde afvalstroom

- Nog veel ontwikkeling nodig
- Op korte termijn GAK snelste te implementeren



Conclusies

KWR

UPPWATER
Dutch water tech

- PFAS zijn overal aanwezig
- PFAS kunnen met traditionele waterzuiveringstechnieken niet worden verwijderd
- PFAS kunnen op verschillende adsorbentia worden geadsorbeerd
- Adsorptie op GAK vereist circa 5 keer hogere reactivatiefrequentie
- Tijdens reactivatie van GAK lijken PFAS te worden gemineraliseerd (F-)
- PFAS kunnen worden geconcentreerd met behulp van NF, RO, foam fractionation
- Concentraat moet verder worden behandeld
- Geavanceerde reductie alleen effectief onder speciale omstandigheden
- Anodische oxidatie lijkt veelbelovend



Algemeen: meer onderzoek nodig



Groningenhaven 7
3433 PE Nieuwegein
The Netherlands

T +31 (0)30 60 69 511

E info@kwrwater.nl

I www.kwrwater.nl



@KWR_Water



KWR



KWR_Water



Roberta Hofman-Caris

Roberta.hofman-caris@kwrwater.nl

+31 (0) 653198167

Roberta Hofman-Caris

Roberta.hofman@hu.nl

+31 (0) 681142357



Groningenhaven 7
3433 PE Nieuwegein
The Netherlands

T +31 (0)30 60 69 511

E info@kwrwater.nl

I www.kwrwater.nl



@KWR_Water



KWR



KWR_Water

 Contacts