



# PFAS in bemalingswater

17 Oktober 2023

Jeroen Verhack, Arcadis Belgium

# Inhoud

- 1** PFAS
- 2** Wetgeving en normenkader
- 3** Bemalingsnota en impact bemaling
- 4** Monitoring tijdens bemaling
- 5** Zuivering Bemalingswater en case

# PFAS





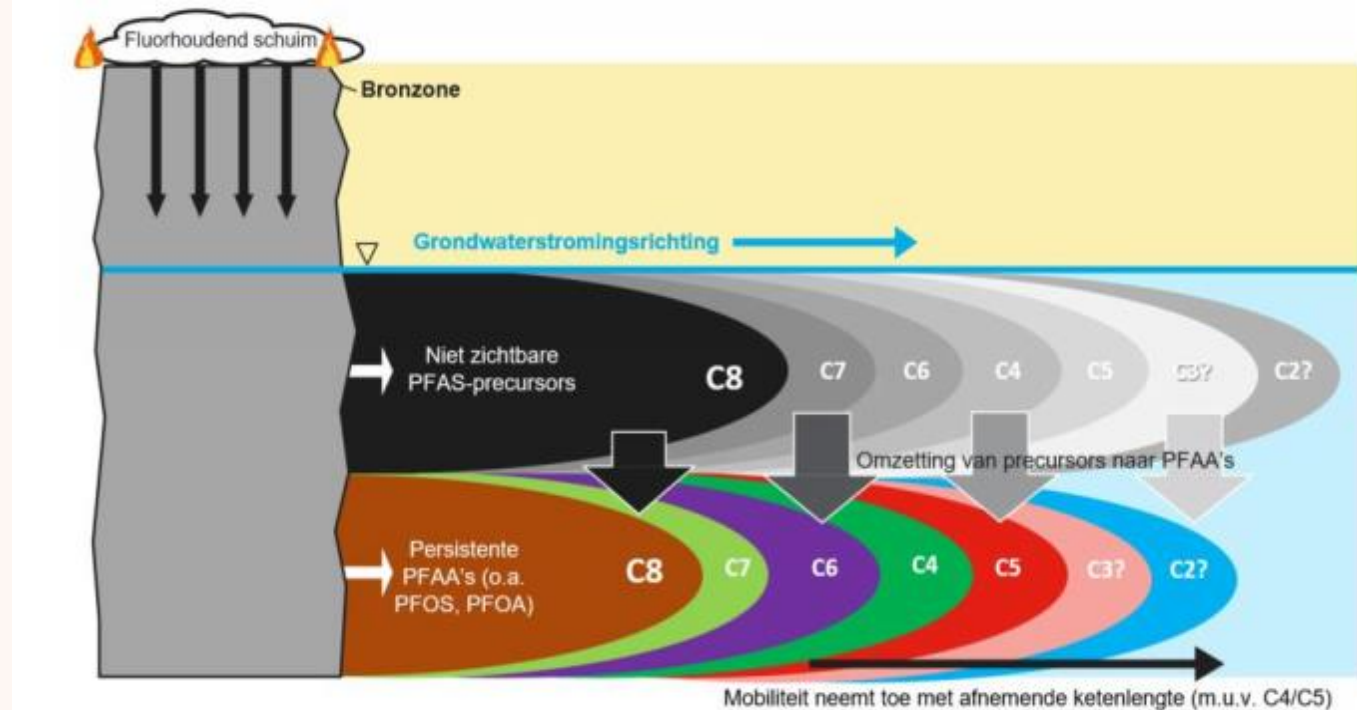
# Poly- en perfluoralkylstoffen (PFAS)

✓ Water- en vetafstotend



# Poly- en perfluoralkylstoffen (PFAS)

- ✓ Lage sorptie aan de bodem (fct ketenlengte)
- ✓ Goed oplosbaar
- ✓ Weinig of niet vluchtig
- ✓ Persistent
- ✓ Bioaccumulatief - toxisch





# Wetgeving en Normenkader

# PFAS in het bemalingswater wat nu?



## Bemalingscascade (art. 5.53.6.1.1. VLAREM II)

1. Beperken – terug in de grond brengen (retour/infiltratie)
2. Hergebruik
3. Lozing op oppervlaktewater of RWA
4. Lozing op gemengde riolering of DWA



# Normenkader Retour

BEPERKEN / RETOUR

STAP 1

## Wetgevend kader

Tenzij anders bepaald in omgevingsvergunning voldoet het bemalingswater aan:

1. Milieukwaliteitsnorm voor grondwater (bijlage 2.4.1 van Vlarem II).  
Als deze niet bestaat -> 2.
2. Richtwaarde voor grondwater uit bijlage II VLAREBO.  
Als deze niet bestaat -> 3.
3. Rapportagegrens volgens de referentiemethode WAC

## Voor PFAS

- Rapportagegrens WAC: voor de kwantitatieve **10** ng/l en voor de indicatieve **50** ng/l
- In overeenstemming met Europese wetgeving: som 20 PFAS EU DWRL **100** ng/l, som totaal PFAS **500** ng/l

*“Beleidsvraag: “streven naar standstill principe en beperkte totale milieu-impact + streven naar integrale benadering i.p.v. enkel herinfiltratienormen?”*

# Normenkader Hergebruik



HERGEBRUIKEN



STAP 2

## Wetgevend kader

Tenzij anders vermeld in de omgevingsvergunning **mag** het gedeelte van het bemalingswater, dat niet terug in de grond gebracht wordt, nuttig gebruikt worden als er **geen indicaties zijn dat het bemalingswater potentieel verontreinigd is** :

- een risicogrand is of
- Perceel met decretaal bodemonderzoek is uitgevoerd of
- gelegen binnen een PFAS no-regret zone

## Voor PFAS

- Uit voorzorgsprincipe: niet aangewezen, ook niet na zuivering

Kwaliteit niet te garanderen! Verantwoordelijkheid!

# Normenkader lozing oppervlaktewater en riolering

**LOZEN OP WATERLOOP**

**STAP 3**

**LOZEN IN RIOOL**

**STAP 4**

## Wetgevend kader

Verontreinigd lozingswater te beschouwen als bedrijfsafvalwater.  
Verontreinigd als:

- conc > indelingscriteria (IC), vermeld in de kolom “indelingscriterium gevaarlijke stoffen” in art. 3 van bijlage 2.3.1 in VLAREM II
- Als geen IC: conc > rapportagegrens (VLAREM II bijlage 4.2.5.2 art 4)
- Als geen IC of rapportagegrens: conc > bepalingsgrens

## Voor PFAS

- Rapportagegrens (RG): kwantitatieve PFAS **20 ng/l** en indicatieve PFAS **50 ng/l**

Aangepaste definitie in de ontwerp grondwatertrein !

“potentieel verontreinigd bemalingswater als afzonderlijke afvalwaterstroom”

# Normenkader lozing oppervlaktewater en riolering

- In de OVA verhoogde lozingsnorm aan te vragen indien > toetsingswaarde
- Wezer arrest: effect op oppervlaktewater / riool => PFAS steeds max. te zuiveren
- In afwachting van BBT studie (voorlopig) nog 100 ng/l per individuele PFAS toegekend.

## Best ondersteund met GW-analyses

- Wezertool verplicht indien > 6 maanden én een maximaal debiet > 2500 m<sup>3</sup>/d



# Normenkader lozing oppervlaktewater en riolering

## Lozingsvergunning nodig?

- Niet verontreinigd & geen WZI: geen
- Als verontreinigd, zonder WZI: Rubriek 3.4
- Als verontreinigd en WZI: Rubriek 3.6 en 3.4

## Ontwerp grondwatertrein: nieuwe rubriek 3.8

- lozen **en** zuiveren van potentieel verontreinigd bemalingswater
- Indeling  $\leq 2500\text{m}^3/\text{d}$  (Klasse II) of  $>2500\text{m}^3/\text{d}$  (Klasse I)
- Niet ingedeeld
  - Als  $<$  toetsingswaarde
  - Bij  $Q$  max  $1000\text{ m}^3/\text{d}$  en duur max. 6 maanden : als  $< 10 \times$  toetsingswaarde





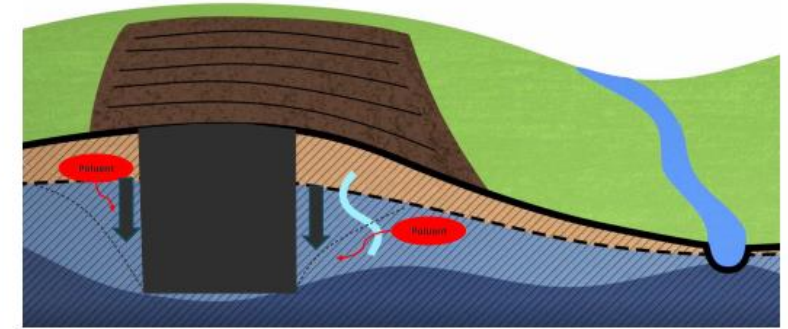
# Bemalingsnota en impact bemaling

# Bemalingsnota en impact bemaling

## Inventariseer aanwezigheid PFAS binnen de invloedsstraal en evalueer impact bemaling

- Voorkom onaanvaardbare verplaatsing van PFAS & aansprakelijkheid
- Nodige vergunning voor onttrekking en lozing

Vermijd stilstand!



VLAAMSE MILIEUMAATSCHAPPIJ

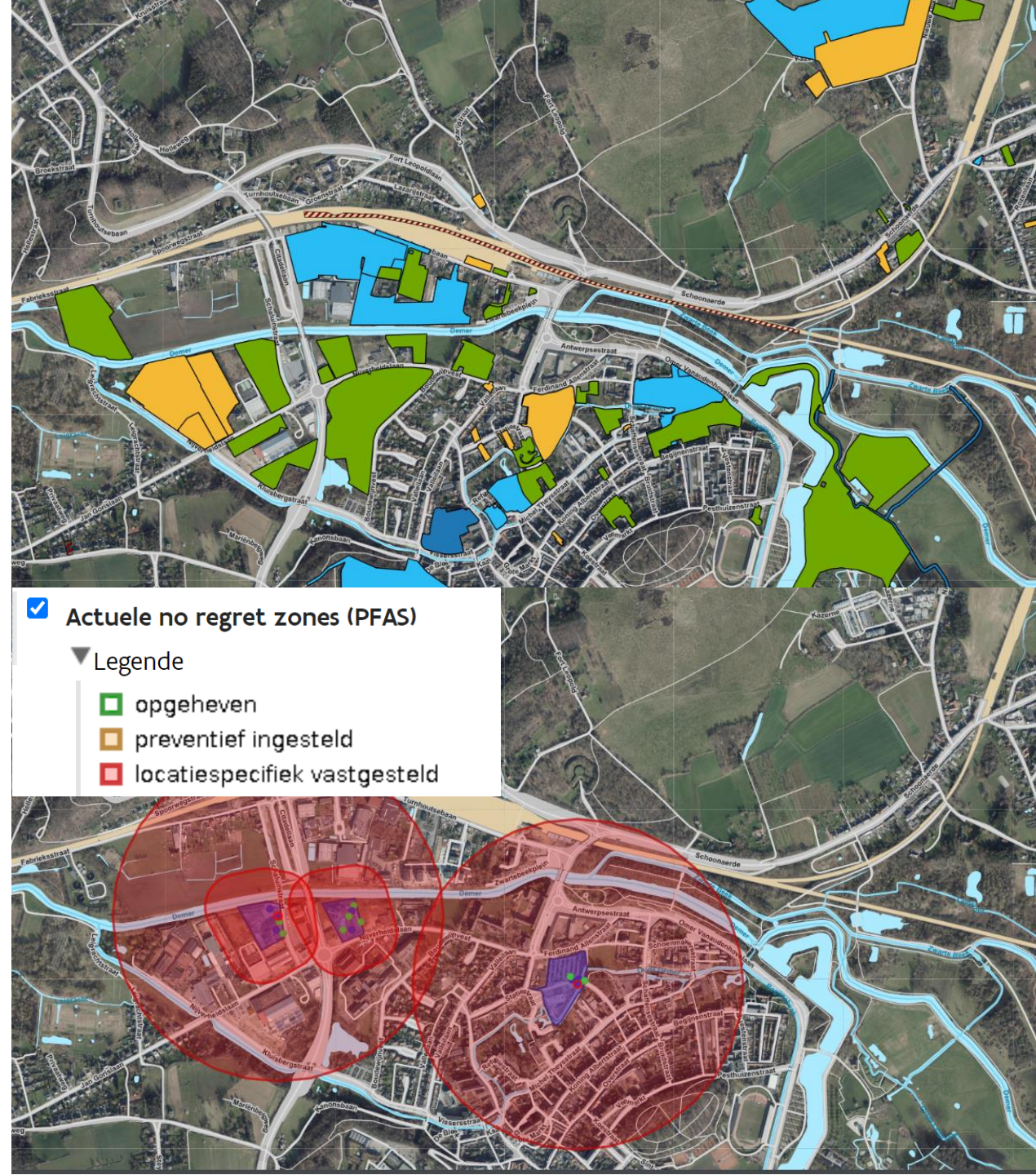


“illegale lozing PFAS op beek “

# Bemalingsnota en impact bemaling

## Bronnen:

- Vergunningsrubrieken
- Gekende OVAM bodemdossiers  
<https://services.ovam.be/ovam-geoloketten/#/bodemdossier?x=140410&y=198535&z=10>
- PFAS no-regret zones  
<https://www.dov.vlaanderen.be/portaal/?module=pfasverkenner>
- Projectspecifieke grondwaterstaalnames





# Bemalingsnota en impact bemaling

## eigen grondwaterstaalnames !

- ter onderbouwing van OVA (verhoogde lozingsnorm, WZI)
- Voorkomen onverwachte kosten omwille van zuivering ed.
- Voorkomen stilstand van project

Analysecertificaat						
Uw project/verslagnummer	[REDACTED]	Certificaatnummer/Versie	2022174887/1			
Uw projectnaam	[REDACTED]	Startdatum analyse	08-Nov-2022			
Uw ordernummer	[REDACTED]	Datum einde analyse	15-Nov-2022			
Uw monsternemer	[REDACTED]	Rapportagedatum	15-Nov-2022/19:04			
		Bijlage	A,B,V			
		Pagina	1/4			
Analyse	Eenheid	1	2	3	4	5
<b>Extern onderzoek</b>						
Perfluor-n-butaanzuur (PFBA)	ng/L	54 <sup>1)</sup>	13 <sup>1)</sup>	110 <sup>1)</sup>	5 <sup>1)</sup>	290 <sup>1)</sup>
Perfluor-n-pentaanzuur (PFPeA)	ng/L	15 <sup>1)</sup>	4 <sup>1)</sup>	28 <sup>1)</sup>	2 <sup>1)</sup>	130 <sup>1)</sup>
Perfluor-n-hexaanzuur (PFHxA)	ng/L	22 <sup>1)</sup>	6 <sup>1)</sup>	43 <sup>1)</sup>	<1 <sup>1)</sup>	260 <sup>1)</sup>
Perfluor-n-heptaanzuur (PFHpA)	ng/L	2 <sup>1)</sup>	<1 <sup>1)</sup>	5 <sup>1)</sup>	<1 <sup>1)</sup>	47 <sup>1)</sup>
Perfluor-n-octaanzuur (PF0A)	ng/L	12 <sup>1)</sup>	3 <sup>1)</sup>	23 <sup>1)</sup>	<1 <sup>1)</sup>	300 <sup>1)</sup>
PF0A vertakt	ng/L	2 <sup>1)</sup>	<1 <sup>1)</sup>	6 <sup>1)</sup>	<1 <sup>1)</sup>	35 <sup>1)</sup>
Perfluor-n-nonaanzuur (PFNA)	ng/L	<1 <sup>1)</sup>	<1 <sup>1)</sup>	<1 <sup>1)</sup>	<1 <sup>1)</sup>	2 <sup>1)</sup>
Perfluor-n-decaanzuur (PFDA)	ng/L	<1 <sup>1)</sup>	<1 <sup>1)</sup>	<1 <sup>1)</sup>	<1 <sup>1)</sup>	<1 <sup>1)</sup>
Perfluor-n-undecaanzuur (PFUnDA)	ng/L	<1 <sup>1)</sup>	<1 <sup>1)</sup>	<1 <sup>1)</sup>	<1 <sup>1)</sup>	<1 <sup>1)</sup>
Perfluor-n-dodecaanzuur (PFDoDA)	ng/L	<1 <sup>1)</sup>	<1 <sup>1)</sup>	<1 <sup>1)</sup>	<1 <sup>1)</sup>	<1 <sup>1)</sup>
Perfluor-n-tetradecaanzuur (PFTeDA)	ng/L	<1 <sup>1)</sup>	<1 <sup>1)</sup>	<1 <sup>1)</sup>	<1 <sup>1)</sup>	<1 <sup>1)</sup>
Perfluor-n-hexadecaanzuur (PFHxDA)	ng/L	<1 <sup>1)</sup>	<2 <sup>2)</sup>	<1 <sup>1)</sup>	<1 <sup>1)</sup>	<1 <sup>1)</sup>
Perfluor-n-butaansulfonzuur (PFBS)	ng/L	14 <sup>1)</sup>	5 <sup>1)</sup>	19 <sup>1)</sup>	<1 <sup>1)</sup>	200 <sup>1)</sup>
Perfluor-n-pentaansulfonzuur (PFPeS)	ng/L	<1 <sup>1)</sup>	<1 <sup>1)</sup>	2 <sup>1)</sup>	<1 <sup>1)</sup>	43 <sup>1)</sup>
Perfluor-n-hexaansulfonzuur (PFHxS)	ng/L	2 <sup>1)</sup>	<1 <sup>1)</sup>	9 <sup>1)</sup>	<1 <sup>1)</sup>	62 <sup>1)</sup>
Perfluor-n-heptaansulfonzuur (PFHpS)	ng/L	<1 <sup>1)</sup>	<1 <sup>1)</sup>	<1 <sup>1)</sup>	<1 <sup>1)</sup>	7 <sup>1)</sup>
Perfluor-n-octaansulfonzuur (PF0S)	ng/L	3 <sup>1)</sup>	3 <sup>1)</sup>	6 <sup>1)</sup>	<1 <sup>1)</sup>	17 <sup>1)</sup>
PF0S vertakt	ng/L	<1 <sup>1)</sup>	1 <sup>1)</sup>	4 <sup>1)</sup>	1 <sup>1)</sup>	43 <sup>1)</sup>
Perfluor-n-nonaansulfonzuur (PFNS)	ng/L	<1 <sup>1)</sup>	<1 <sup>1)</sup>	<1 <sup>1)</sup>	<1 <sup>1)</sup>	<1 <sup>1)</sup>
Perfluor-n-decaansulfonzuur (PFDS)	ng/L	<1 <sup>1)</sup>	<1 <sup>1)</sup>	<1 <sup>1)</sup>	<1 <sup>1)</sup>	<1 <sup>1)</sup>
Perfluoroctaansulfonamide (PF0SA)	ng/L	<1 <sup>1)</sup>	<1 <sup>1)</sup>	<1 <sup>1)</sup>	<1 <sup>1)</sup>	<1 <sup>1)</sup>
N-methylperfluor-n-octaansulfonamide (MeF0SA)	ng/L	<2 <sup>1)</sup>	<2 <sup>1)</sup>	<2 <sup>1)</sup>	<2 <sup>1)</sup>	<2 <sup>1)</sup>
N-ethylperfluor-n-octaansulfonamide (EtF0SA)	ng/L	<4 <sup>1)</sup>	<4 <sup>1)</sup>	<4 <sup>1)</sup>	<4 <sup>1)</sup>	<4 <sup>1)</sup>
N-methylperfluor-n-octaansulfonamido-azijnzuur (Me	ng/L	<1 <sup>1)</sup>	<1 <sup>1)</sup>	<1 <sup>1)</sup>	<1 <sup>1)</sup>	<1 <sup>1)</sup>
N-ethylperfluor-n-octaansulfonamido-azijnzuur (EtF	ng/L	<1 <sup>1)</sup>	<1 <sup>1)</sup>	<1 <sup>1)</sup>	<1 <sup>1)</sup>	<1 <sup>1)</sup>
4:2 Fluortelomeersulfonzuur (4:2 FTS)	ng/L	<1 <sup>1)</sup>	<1 <sup>1)</sup>	<1 <sup>1)</sup>	<1 <sup>1)</sup>	<1 <sup>1)</sup>

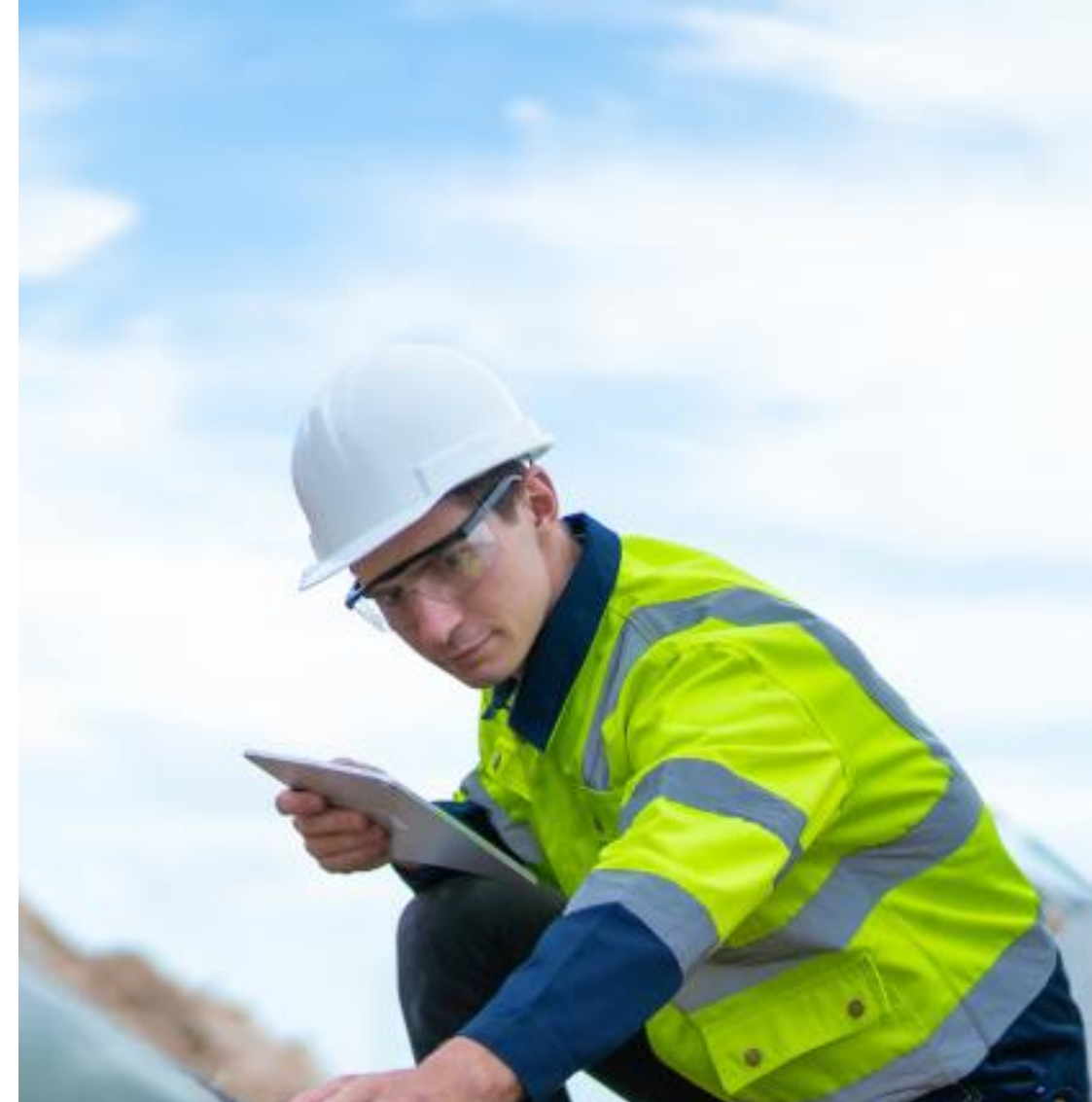


# Monitoring tijdens bemaling Staalname & analyse

# Tijdens bemalingswerken: monitoring kwaliteit lozingswater

- ✓ Huidige wetgeving:
  - bepalingen bedrijfsafvalwater of vergunning
- ✓ (nieuwe grondwatertrein) Art 5.53.6.1.6 monitoring van 'potentieel verontreinigd' bemalingswater
  - Door een erkend laboratorium
  - Voor in gebruikname en bij elke wijziging
  - Analyse op SAP pakket grondwater + relevante parameters uit vooronderzoek
  - Opstart bemaling slechts na beschikbaarheid resultaten

of representatieve peilbuis max. 1 jaar voor de opstart van de bemaling



- De te analyseren parameters zijn minstens:
- 1° pH, geleidbaarheid en temperatuur;
  - 2° zware metalen: lood (Pb), zink (Zn), cadmium (Cd), koper (Cu), nikkel (Ni), arseen (As), kwik (Hg), chroom 3+ (Cr<sup>3+</sup>);
  - 3° BTEX: benzeen, toluen, ethylbenzeen en xyleen;
  - 4° minerale olie;
  - 5° VOCl: 1,2-dichloorethaan, dichloormethaan, tetrachloormethaan, tetrachlooretheen, trichloormethaan, trichlooretheen, 1,1,1-trichloorethaan, 1,1,2-trichloorethaan, 1,1-dichloorethaan, cis-1,2-dichlooretheen en trans-1,2-dichlooretheen;

# Aandachtspunten staalname PFAS

Specifieke richtlijnen om kruiscontaminatie te voorkomen omwille van PBMs en staalname materiaal

Checklist (Bijlage 1 Richtlijn PFAS-onderzoek, OVAM)



# Analyse (grond) water

## Kwantitatieve PFAS

## Indicatieve PFAS

WAC/IV/A/025
<b>Bepaling van per- en polyfluoralkylverbindingen (PFAS) in water met LC-MS/MS</b>
12/2022
<b>Ontwerp 06/2023</b>

PFAS	Afkorting	CAS nr
perfluor-n-butaanzuur	PFBA	375-22-4
perfluor-n-pentaanzuur	PFPeA	2706-90-3
perfluor-n-hexaanzuur	PFHxA	307-24-4
perfluor-n-heptaanzuur	PFHpA	375-85-9
perfluor-n-octaanzuur	PFOA	335-67-1
perfluor-n-nonaanzuur	PFNA	375-95-1
perfluor-n-decaanzuur	PFDA	335-76-2
perfluor-n-undecaanzuur	PFUnDA	2058-94-8
perfluor-n-dodecaanzuur	PFDoDA	307-55-1
perfluor-n-tetradecaanzuur	PFTeDA	376-06-7
perfluor-n-hexadecaanzuur	PFHxDA	67905-19-5
perfluor-n-butaansulfonzuur	PFBS	375-73-5
perfluor-n-pentaansulfonzuur	PFPeS	2706-91-4
perfluor-n-hexaansulfonzuur	PFHxS	355-46-4
perfluor-n-heptaansulfonzuur	PFHpS	375-92-8
perfluor-n-octaansulfonzuur	PFOS	1763-23-1
perfluor-n-nonaansulfonzuur	PFNS	68259-12-1
perfluor-n-decaansulfonzuur	PFDS	335-77-3
4:2 fluortelomeersulfonzuur	4:2 FTS	757124-72-4
6:2 fluortelomeersulfonzuur*	6:2 FTS	27619-97-2
8:2 fluortelomeersulfonzuur	8:2 FTS	39108-34-4
perfluor-n-octaansulfonamide	PFOSA	754-91-6
N-methylperfluor-n-octaansulfonamide	MePFOSA	31506-32-8
N-ethylperfluor-n-octaansulfonamide	EtPFOSA	4151-50-2
N-methylperfluor-n-octaansulfonamido-azijnzuur	MePFOSAA	2355-31-9
N-ethylperfluor-n-octaansulfonamido-azijnzuur	EtPFOSAA	2991-50-6
8:2 fluortelomeerfosfaat diester	8:2 diPAP	678-41-1
perfluor-2-propoxypropaanzuur	HFPO-DA	13252-13-6
4,8-dioxa-3H-perfluornonaanzuur	DONA	919005-14-4
perfluor-4-ethylcyclohexaansulfonzuur	PFECBS	646-83-3
perfluor-n-butaansulfonamide	PFBSA	30334-69-1
N-methylperfluor-n-butaansulfonamide	MePFBSA	68298-12-4
N-methylperfluor-n-butaansulfonamide azijnzuur	MePFBSAA	159381-10-9
perfluor-n-hexaansulfonamide	PFHxSA	41997-13-1

PFAS	Afkorting	CAS nr
perfluor-n-tridecaanzuur	PFTrDA	72629-94-8
perfluor-n-octadecaanzuur	PFODA	16517-11-6
perfluor-n-dodecaansulfonzuur	PFDoDS	79780-39-5
perfluor-n-undecaansulfonzuur	PFUnDS	749786-16-1
perfluor-n-tridecaansulfonzuur	PFTrDS	791563-89-8
10:2 fluortelomeersulfonzuur	10:2 FTS	120226-60-0
6:2 fluortelomeerfosfaat diester	6:2 diPAP	57677-95-9
6:2/8:2 fluortelomeerfosfaat diester	6:2/8:2 diPAP	943913-15-3
6:2 fluortelomeersulfonzuur*	6:2 FTS	27619-97-2

PFAS > 6.000 verbindingen (ook precursoren)

=> TOP analyse geeft totale belasting

(TOTAL OXIDIZABLE PRECURSOR ASSAY)



# Zuivering Bemalingswater



# Zuivering PFAS beladen bemalingswater

VLAREM II, artikel 1.1.2

3° Beste Beschikbare Technieken, afgekort BBT : Het meest doeltreffende en geavanceerde ontwikkelingsstadium van de activiteiten en exploitatiemethoden, waarbij de praktische bruikbaarheid van speciale technieken om in beginsel het uitgangspunt voor de emissiegrenswaarden en andere vergunningsvoorwaarden te vormen is aangetoond, met het doel emissies en effecten op het milieu in zijn geheel te voorkomen of, wanneer dat niet mogelijk blijkt algemeen te beperken;

- a) technieken: zowel de toegepaste **technieken** als de **wijze waarop** de installatie wordt ontworpen, gebouwd, onderhouden, geëxploiteerd en ontmanteld
- b) beschikbare: op zodanige schaal ontwikkeld dat de betrokken technieken, kosten en baten in aanmerking genomen, **economisch en technisch haalbaar** zijn in industriële context en kunnen worden toegepast, onafhankelijk van de vraag of die technieken al dan niet op het grondgebied van het Vlaamse Gewest worden toegepast of geproduceerd, mits ze voor de exploitant op redelijke voorwaarden toegankelijk zijn;
- c) beste: het **meest doeltreffend** voor het bereiken van een hoog algemeen niveau van **bescherming van het milieu** in zijn geheel.



# Conclusie BBT studie - VITO

Verwijdering van PFAS uit bemalingswater door toepassing van één of een combinatie van technieken

Onderscheid in **3 categorieën** i.f.v **duurtijd** en **debiet**

- Zeer korte bemalingen met zeer lage debieten
- Korte bemalingen met lage debieten
  - i.f.v. tijd, plaats, matrix, type PFAS, concentratie & ontv oppervlaktewater
- Lange bemalingen of bemalingen met hoge debieten

BBT nee

BBT v.g.t.g.

BBT Ja

Onderscheid categorieën → toekomstig beleid bemalingswater (grondwatertrein)



# Zuiveringstechnieken PFAS

## Scheidings-/concentratietechnologie

### Adsorptie

- Actief kool **TRL 9**
- Ionenwisselingsharsen **TRL 9**
- Natuurlijke en oppervlakte gemodificeerde kleimineralen **TRL 5-7**

### Coagulatie

- Coagulatie/flocculatie **TRL 6-7**

### Membraan-gebaseerde technieken

- Omgekeerde osmose **TRL 9**
- Nanofiltratie **TRL 9**

### Diverse technieken

- Schuim & ozofractionatie **TRL 7-8**
- Indampen/Vacuümverdamping **TRL 7-9**

## Afbraak-/degradatietechnologie

### Geavanceerde reductietechnieken (ARP)

- Niet-thermisch plasma **TRL 6-8**

### Diverse technieken

- Thermische degradatie en verbranding **TRL 8-9**

Demonstratiefase bereikt

TRL  $\geq$  7

- Selectie afhankelijk van soort PFAS, conc PFAS, debiet en matrix

Bron: Goelen T (2023) Beste Beschikbare Technieken voor de zuivering van met PFAS belast bedrijfsafvalwater en bemalingswater MER-congres –donderdag 21 september 2023

# Actief kool

- **Standaard techniek voor PFAS**
- Toepasbaarheid
  - Debiet: vrijwel onbeperkt, units van 0,1 – 100 m<sup>3</sup>/u, indien nodig parallel geschakeld
  - Verbliftijd: standaard **15 – 45 min**, tot 60 – 120 min (matrix & type PFAS)
- Rendement
  - Langere PFAS: >90 tot 100%
  - Kortere PFAS: variabel rendement < 50% tot 99,9%,
  - Beladingsgraad gem. 0,01% (100 mg PFAS/kg AK), in praktijk eerder **0,001%**
- Type actief kool
  - Bronmateriaal (steenkool), activeringswijze, poriënverdeling
  - Chemviron F300/F400, Desotec Organosorb 10AA, CABOT Hydrodarco 4000



# Actief kool

## Voorbeeld

- Bemaling 40 m<sup>3</sup>/h, gedurende 7 maanden
- PFAS Influent: PFBA 500 ng/l
- Verbliftijd: 30 min => 20 m<sup>3</sup> AK of ca 8,500 kg
- Lead – Lag configuratie: dus 2 x 20 m<sup>3</sup> of ca 17,000 kg
- Beladingsgraad AK: 0,001% => 1 x vervanging van AK-unit
- Verwijderde vuilvracht ca 100 g PFAS



# Actief kool

- Matrix effecten
  - Zevende stoffen (< 10 – 30 mg/l);
  - Organische stoffen (natuurlijk/verontreiniging) /CZV (< 150 – 250 mg/l);
  - Fe & Mn (< 5 – 10 mg/l)
  
- Standaard opstelling
  - (beluchte buffertank) + zandfiltratie + 2 of meer AK- units



*PFAS in het Fe-slib:  
hogere verwerkingskosten*

# Actief kool

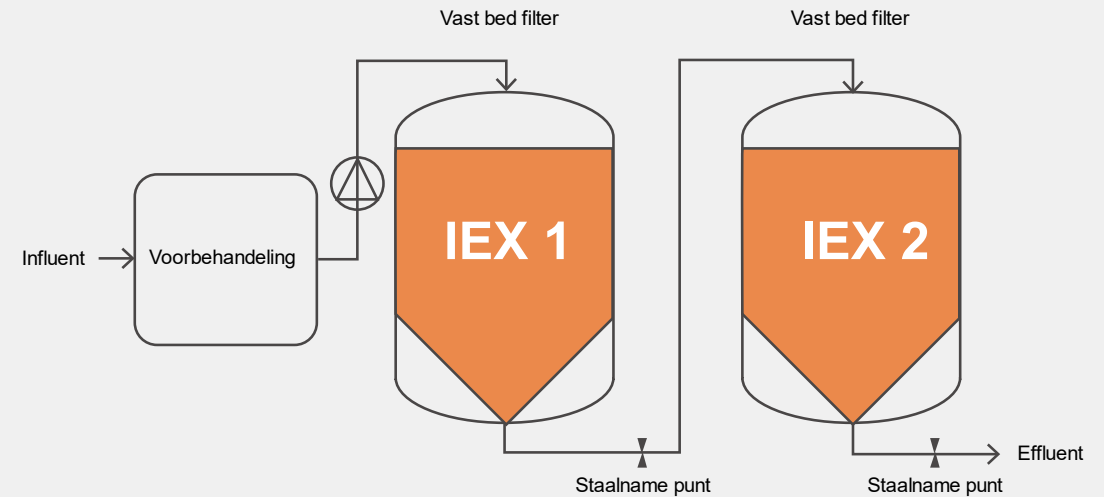
- Kosten
  - Huur mobiele units: 600 – 1500 EUR/maand/filter
  - Transportkosten 650- 850 EUR/rit
  - Wisselkosten (8,5 ton GAC): 25 000 - 55 000 EUR  
(voor gereactiveerde GAC 15 000 – 20 000 EUR)
  - Verwerking: 376 – 1673 EUR/ton

Bron: BBT



# Ionenuitwisselingsharsen

- Toepasbaarheid
  - Debiet: vrijwel onbeperkt, units van 0,1 – 100 m<sup>3</sup>/u, indien nodig parallel geschakeld
  - **Kortere verblijftijd:** doorgaans 2 – 10 min  
Hogere capaciteit voor PFAS
  - Regeneerbaar (voor PFAS nog in pilootfase)
- Rendement
  - Langere PFAS: 90 tot >99%
  - Kortere PFAS: 90% tot >99% afhankelijk van matrix
  - i.v.m. AK betere verwijdering van **korte keten PFAS**

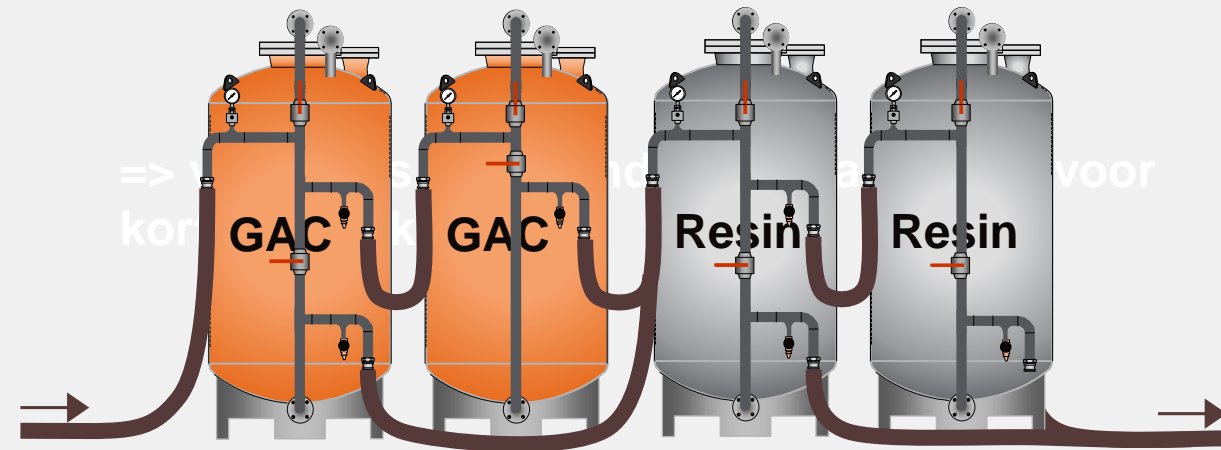


Purolite®, Lewatit®, Amberlite®, Dowex®

=> i.v.m. AK kleinere installaties met minder materiaalverbruik

# Ionuitwisselingsharsen

- Matrix effecten: **Hogere gevoeligheid matrix**
  - Anorganische ionen sulfaten, nitrieten, nitraten, chloriden, fosfaten,
  - carbonaten, bicarbonaten (> 10 – 250 mg/l afhankelijk van de specifieke aard van de ionen)
  - Zwevende stoffen (>0,5 – 1 mg/l)
  - Fe & Mn (> 0,05 – 0,1 mg/l)
  - Natuurlijke organische stoffen zoals humuszuren (> 1 mg/l)
  - Olie en grote organische moleculen



**=> vooral als nabehandelingsstap na AK voor korte PFAS ketens**

- Kost: hogere eenheidsprijs dan AK, maar lager materiaalverbruik

# Oppervlakte gemodificeerde kleimineralen

**i.v.m. AK kleinere installaties met minder materiaal verbruik, vooral langere PFAS ketens**

- Toepasbaarheid
  - Verblijftijd: 2 – 15 min
  - Globaal hogere adsorptiecapaciteiten (vooral langere ketens)
  - Hoge volumereductie
- Rendement
  - Langere ketens 90 – 99%
  - Minder voor korte ketens
- Matrix: chloride & organische stoffen
- Kosten (bron BBT)
  - Adsorbens: 5 – 6 eur/kg
  - Installatiekosten vergelijkbaar met GAC



Purolite®, Lewatit®, Amberlite®, Dowex®



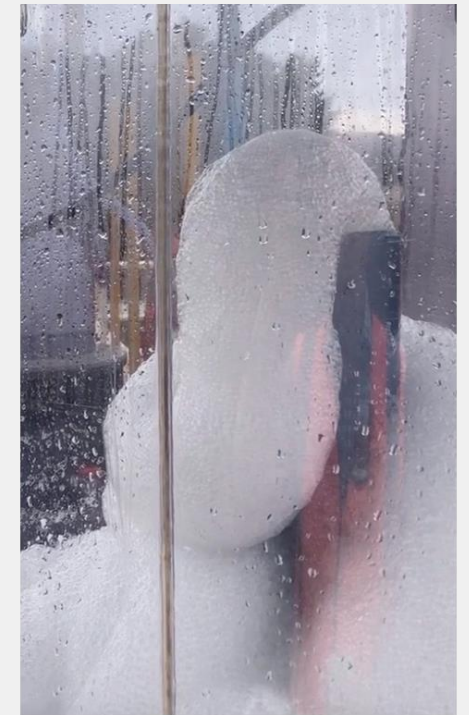
# Schuim- en ozoFractionering

## Toepassing

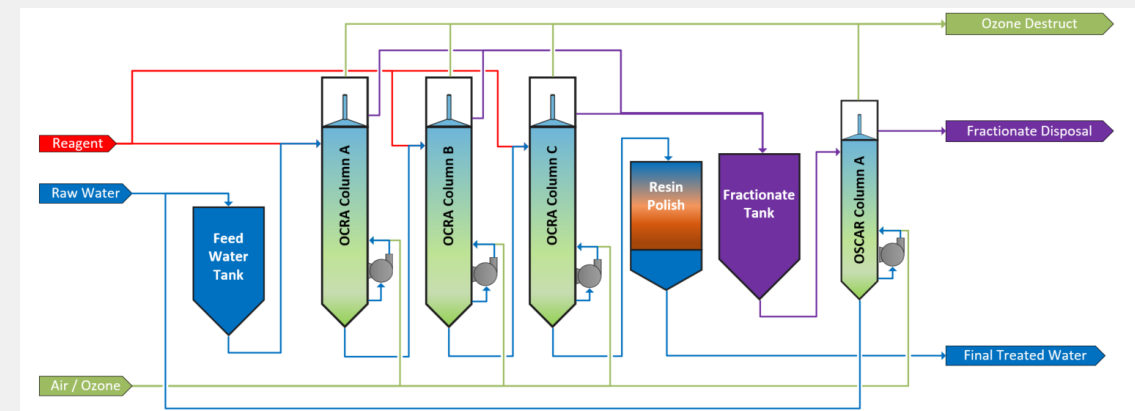
- Lucht en ozon bubbels creëren PFAS schuim concentraat
- Voornamelijk mg/l range (maar ook tot 100'en ng/l)
- Verwijdering 99%
- Installaties van 0,1 tot 20 m<sup>3</sup>/u

## Beperkingen

- Hogere contacttijden maken het minder geschikt voor hogere debieten
- Opgeconcentreerd schuim (0,5 – 2%) dient verder verwerkt te worden
- Arcadis en Evocra hebben een partnership om de techniek wereldwijd te ontplooiën

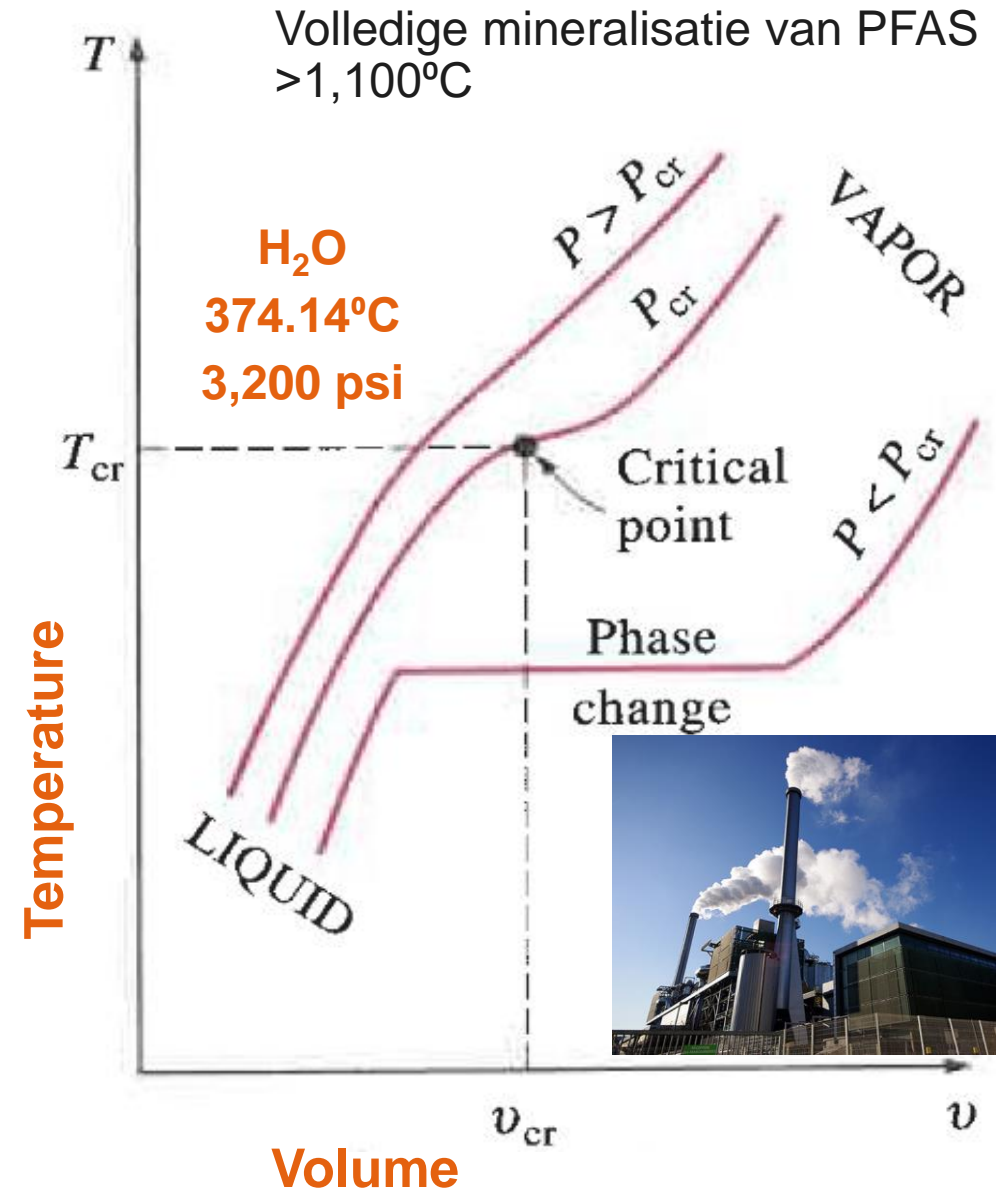


Target Structural Collapsing Foam – Optimized Fractionate Flow



# Verbranding van PFAS

- Afbraak van PFAS bij hoge temperaturen
- **Voorals laatste stap in de 'saneringstrein'**
- PFOA defluorering bij 300°C tot 350°C
- PFOS defluorering bij 600°C
- Toepasbaar voor vaste en geconcentreerde afvalstromen
- **Risico op emissies:** HF, korte PFAS, CF<sub>4</sub> (broeikasgas) Kost: 700 – 2000 EUR/m<sup>3</sup> (bron BBT)
- Potentieel in cementindustrie





# Zuivering Bemalingswater - case

# Case Infrastructuurwerken Antwerpse Haven

- Bemaling gedurende 7 maanden
- PFAS in grondwater: influent 2 à 3.000 ng/l, vnl. C4 – C6 ketens (PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHxS)
- Beperking debiet (tot max.  $\sim 2.5 \text{ m}^3/\text{h}$ ) : waterkerende constructies, peilgestuurde pompen
- Opbouw WZI: terugspoelbare zandfilter, 2 WAK filters (2 x 2 m<sup>3</sup> Filtrasorb 400)
- Effluent: PFAS < RG
- Vervanging AK: ca elke 4 weken, snelle doorslag korte PFAS ketens
- Beladingsgraad AK: <0,001%



**Dank voor uw aandacht !**



Jeroen Verhack

[Jeroen.verhack@arcadis.com](mailto:Jeroen.verhack@arcadis.com)

Anja Vandercappellen

[Anja.Vandercappellen@arcadis.com](mailto:Anja.Vandercappellen@arcadis.com)

Karen Van Geert

[karen.vangeert@arcadis.com](mailto:karen.vangeert@arcadis.com)