



Ministerie van Infrastructuur  
en Waterstaat

PFAS kennisontwikkeling  
t.b.v. bodemsaneringen  
*BodemBreed 18 april 2024*  
*Zwolle*



# Programma

- › Inleiding – waar zit de kennisbehoefte?
- › *Mathijs van de Waardt (ministerie van IenW)*
  
- › Wetenschappelijk PFAS onderzoek / kennisontwikkeling in Nederland
- › *Bas van der Grift (KWR)*
  
- › PFAS praktijk kennisprogramma's
- › *Aiko Hensums (provincie Utrecht)*
  
- › Beleidsmatige behoefte
- › *Tim Porada-Zierfuss (ministerie van IenW)*

# Overzicht PFAS-trajecten en -initiatieven



Voedsel

Drinkwater

Lucht

Oppervlakte water

Bodem

Grondwater

Afval

Bronaanpak

Verdrag van Stockholm uitfasering POP (o.a. PFOS, PFOA)

Verbod individuele PFAS:  
recent verbod PFHxA

REACH-restrictie (UPFAS) – in procedure

Verbod PFAS in brandblusschuim:  
Eind 2024 besluitvormende fase

Alternatieven

Actieprogramma PFAS

Onderzoeksprogramma RIVM

Minimalisatieplicht ZZS

Normstelling /kader

Maximale limieten (EU)

Drinkwater-richtwaarde

Activiteiten-besluit

KRW (EU)

Handelings-kader PFAS

GWR (EU)

Wet milieubeheer

Voorkomen verspreiding

RIVM EFSA-vervolgonderzoek

Vergunningverlening Versterken VTH

Toezicht/handhaving

Grenswaarden Circulair Materialen Plan

Vergunningverlening Versterken VTH

Onderzoek sea spray

Vernietigingsverplichting

Verwijdering /sanering

INEVs Handreiking saneringen

Afbraak van moleculen

SPUK Bodemmiddelen



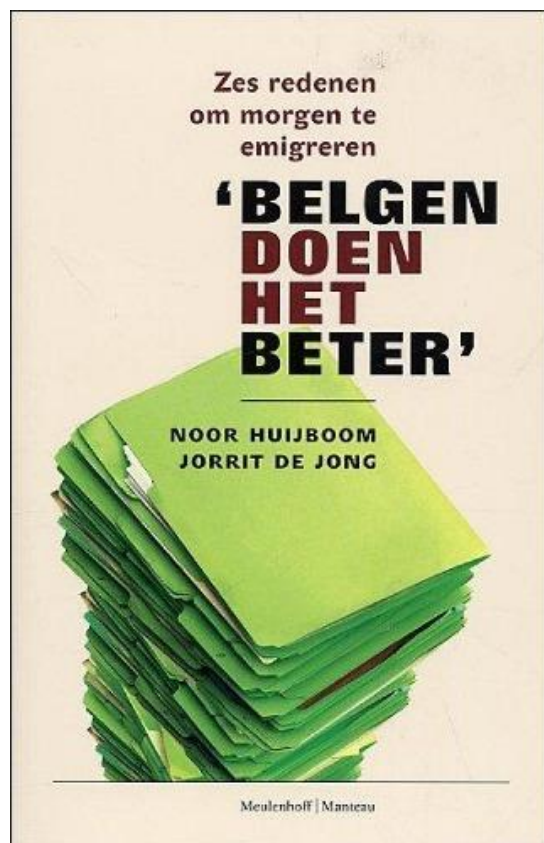
# Waarom?

- › Te weinig fundamentele kennis en innovatie om in het bodemwatersysteem aanwezig PFAS effectief aan te pakken
- › Beschikbare kennis wordt onvoldoende benut
- › Stakeholdersconsultatie: draagvlak bij gemeenten, provincies en bedrijfsleven voor starten kennisprogramma
- › Motie-Haverkort (30/3/23): onderzoeken hoe de sanering van met PFAS vervuilde locaties met behulp van innovatieve technieken kan worden versneld





# Belgen doen het beter?



**KIS** Kenniscentrum  
Innovatieve  
Saneringstechnieken

☰ 🔍 NL ▾

## Welkom bij KIS VZW

Wij zijn het kenniscentrum Innovatieve Saneringstechnieken, een netwerk van saneringsbedrijven, bodemsaneringsdeskundigen, technologieaanbieders, universiteiten, onderzoeksinstituten en overheden.

Samen beogen we een versnelling en vernieuwing van de aanpak van zeer zorgwekkende stoffen (zoals PFAS) in bodem, water en lucht.

```
graph TD; A((Studies)) --- B((Kennis centraliseren)); B --- C((Kennis delen)); C --- D((Connecteren)); D --- A;
```



# *Wetenschappelijk PFAS onderzoek / kennisontwikkeling in NL*

**Dr. Ing. J.A. (Johan) van Leeuwen**

Senior researcher Utrecht University & KWR

**Dr. B (Bas) van der Grift**

Senior researcher KWR

**H. (Hans) Groot**

Project manager Deltares



Utrecht University

BODEMBREED SYMPOSIUM 18 APRIL 2024

KWR

Deltares  
Enabling Delta Life



*Omdat ik aan het wandelen  
ben in het Bayerische wald,  
presenteert:  
dr. Bas van der Grift  
vandaag*

**Dr. Ing. J.A. (Johan) van Leeuwen**  
Senior researcher Utrecht university & KWR

**Dr. B (Bas) van der Grift**  
Senior researcher KWR

**H. (Hans) Groot**  
Project manager Deltares





# *Saneringslocaties PFAS...*



Brandweer protest op het Binnenhof met blusschuim (met PFAS?)





# *Wat is anders aan PFAS tov 'conventionele' verontreinigingen, zoals:*

*Teer, diesel, pesticiden, gechlooreerde koolwaterstoffen, PAK's etc.?*

*Hydrofoob of hydrofiel*

*PFAS*

*Hydrofoob en hydrofiel*

*dus adsorbeert op 3 manieren en niet 1 !*

*zeer sterke C-F binding*

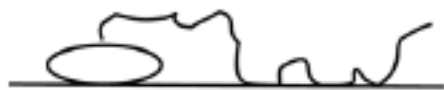


# Waarom is er wetenschappelijk onderzoek nodig?

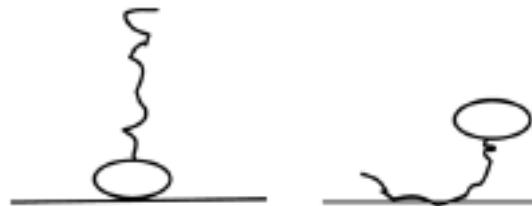
*Gedrag van PFAS is door hydrofiel+hydrofoob anders  
dit betekent dat processen in bodem en in waterzuiveringen (nog) niet goed  
worden begrepen*

*indien we de processen wel begrijpen kunnen we die potentieel bijsturen in ons  
voordeel voor toepassingen*

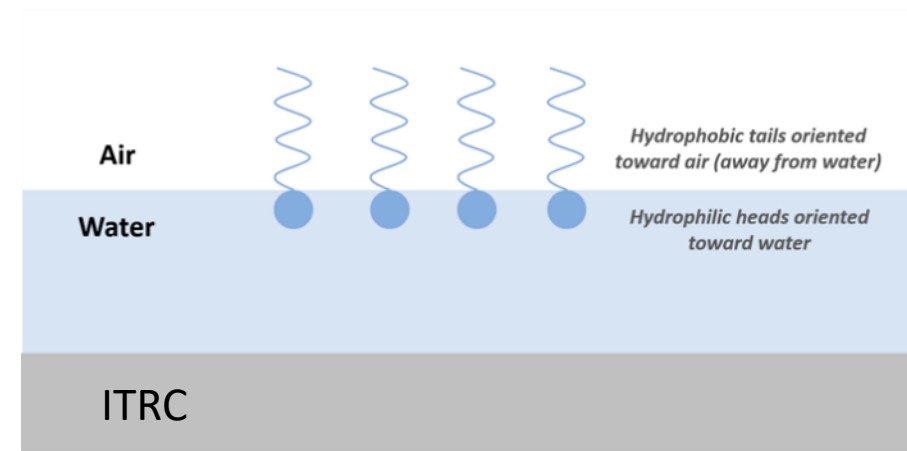
Dual-Mode (DM)



Independent Mode (IM)



Krop et al. 2021

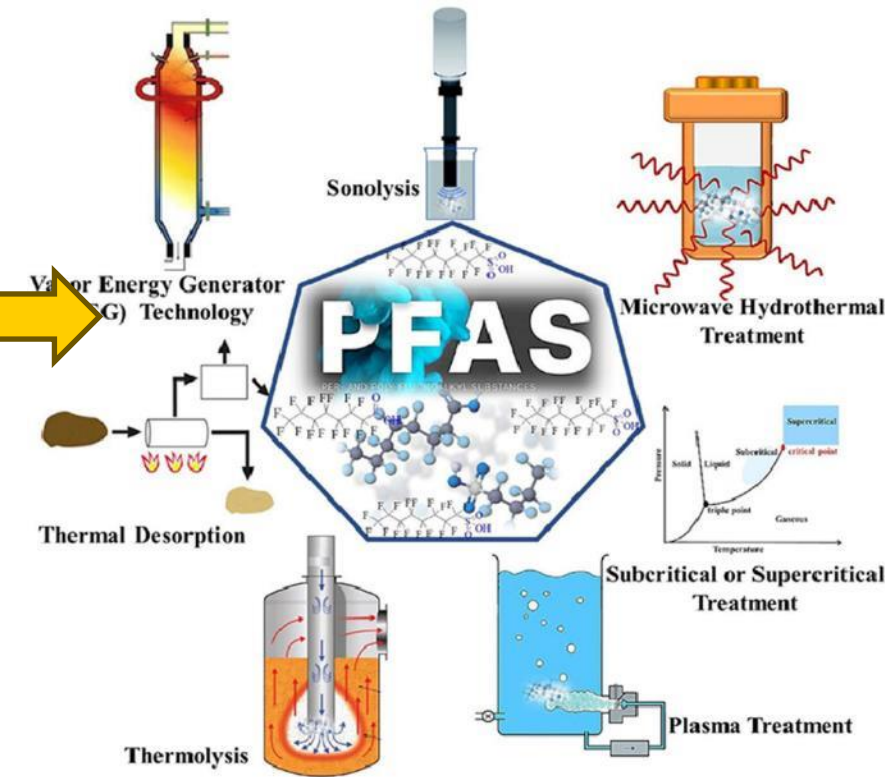
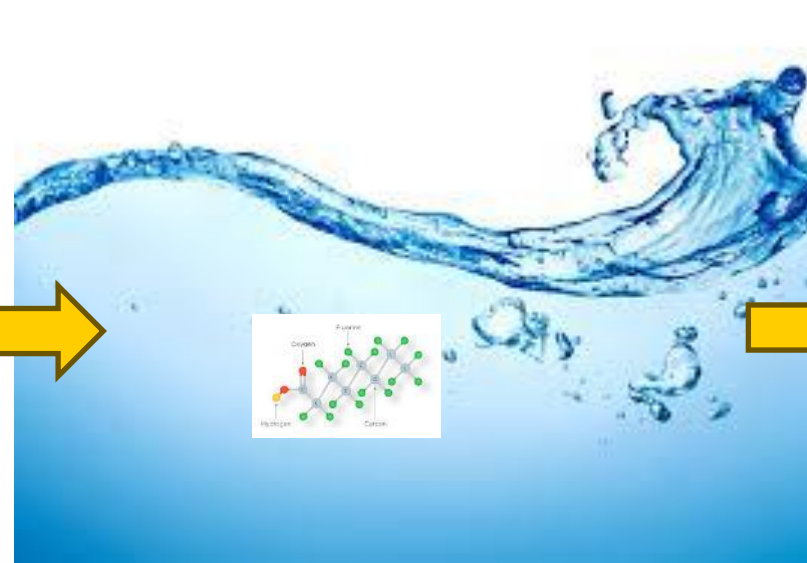


# Nodig voor bodemsanering

1) PFAS uit bodem halen

2) PFAS uit water halen

3) PFAS destructie



Thermal and Nonthermal Treatment Technologies





## Uit bodem halen



- Stofeigenschappen voor adsorptie aan bodemdeeltjes en lucht-water grensvlak (EU-PROMISCES; Deltares e.a.)
- Modelleren in onverzadigde bodem (UU, KWR, TNO, EU-PROMISCES)
- PFAS uit bodem spoelen (UU, Arcades)
- PFAS opname en afbraak in helofyten (Deltares)
- ....

## Uit water halen



- Adsorbents ontwikkelen en testen (KWR, Wi+Bo, Wetsus, Veritec)
- Regenereren actieve kool (Evides)
- Reactiveren actieve kool reductieve verhitting (KWR)
- Foam fractionation (KWR)
- ....

## Destructie



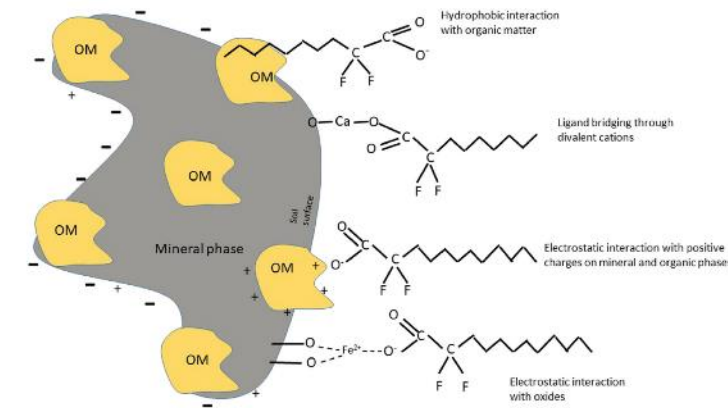
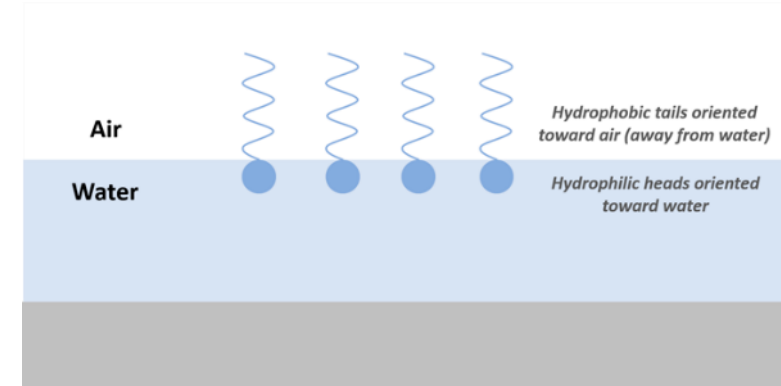
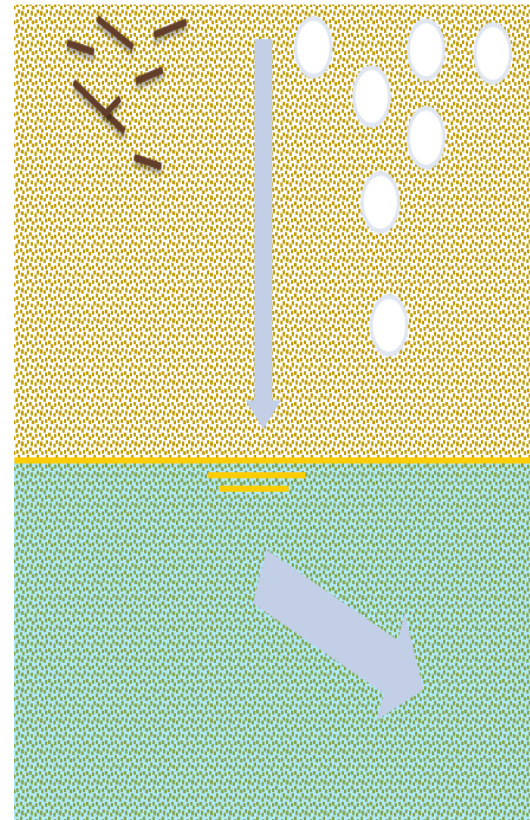
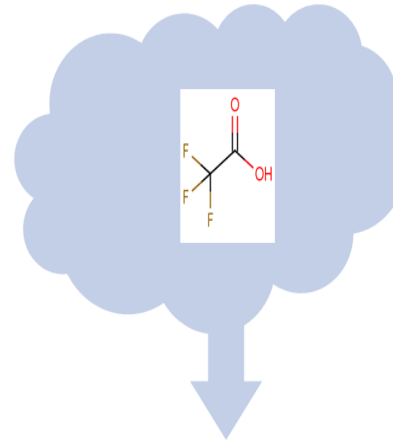
- Reductieve + oxidatieve defluorering (KWR/WUR)
- Electro catalytische destructie (UU)
- UV actieve heterogene fotocatalyse (voorstel fase UU)
- (Electrochemisch gestimuleerde) microbiologisch afbraak (Deltares)
- ....



# PFAS in bodems, hoe zat het ook alweer?

- Sorptie aan bodemdeeltjes
- Sorptie aan lucht-water oppervlak (air water interface, AWI)

→ PFAS transport naar het grondwater wordt extra vertraagd in vergelijking met 'conventionele' verontreiniging





# PFAS Retardatie in NL bodemtypen

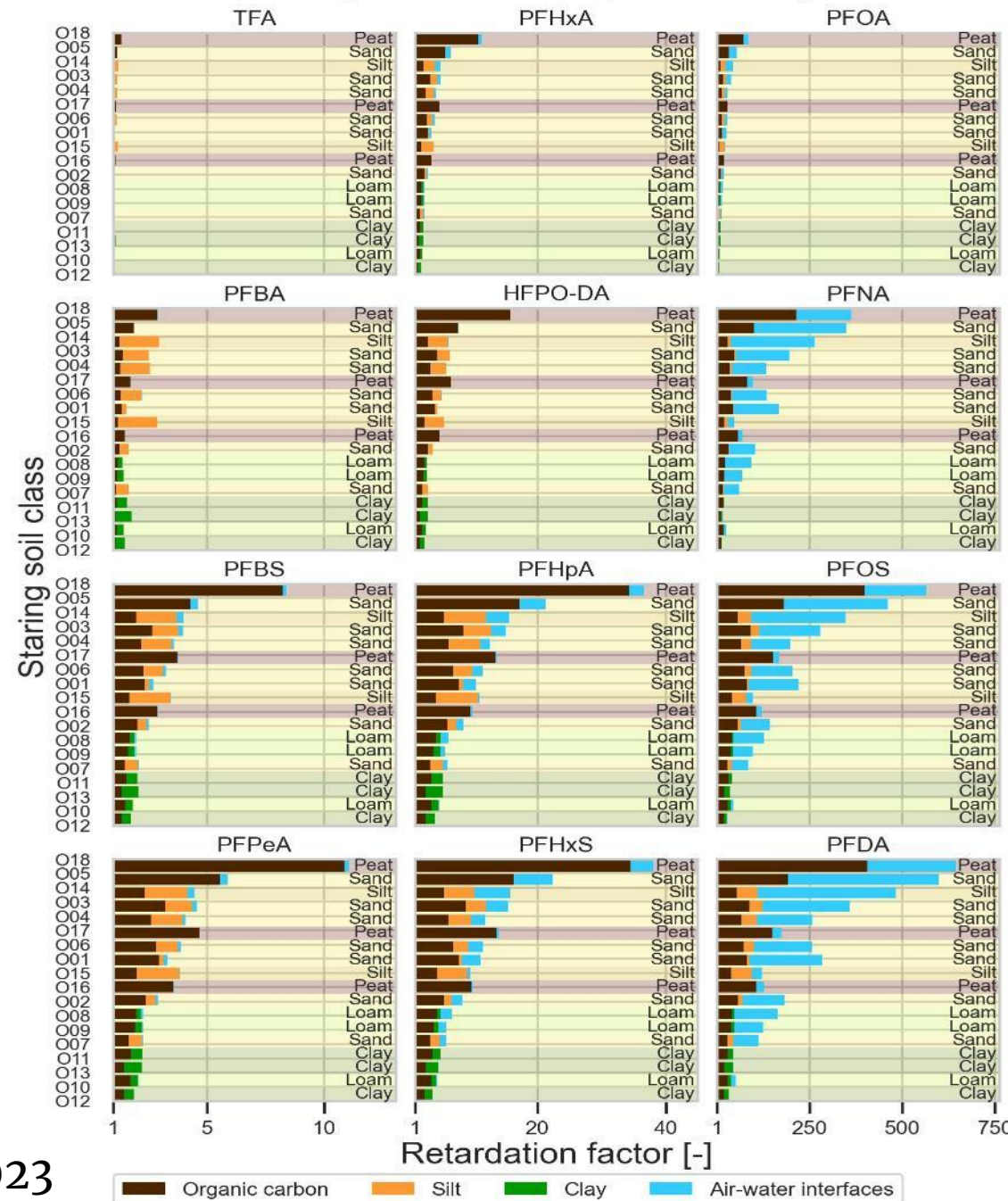
Gemiddelde retardatie factoren voor alle combinaties van 18 NL bodemtypen bovengrond en 12 veel voorkomende PFAS

Elke balk representeert de retardatie factor in een NL bodemtype:

- Blauw = lucht-water oppervlak
- Bruin = organisch stof
- Oranje = silt
- Groen = klei

bron: Van den Berg et al. 2023

Retardation per PFAS for each soil type at the average saturation for  $q = 300 \text{ mm/y}$

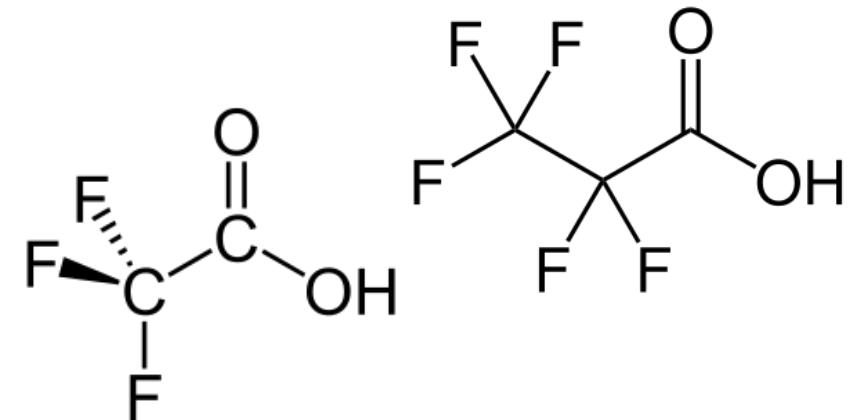
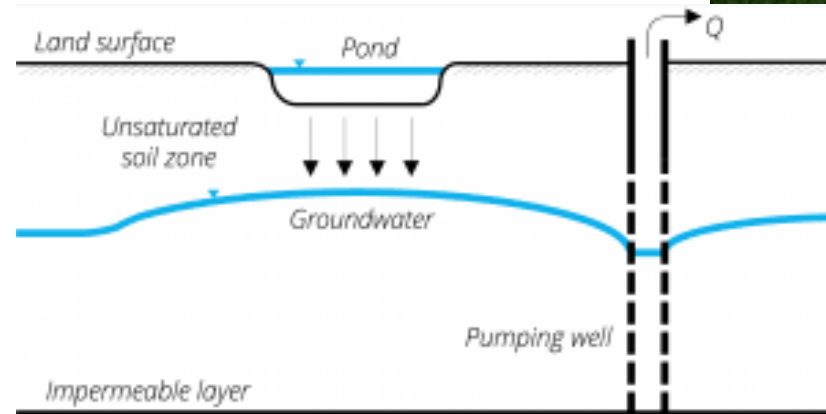
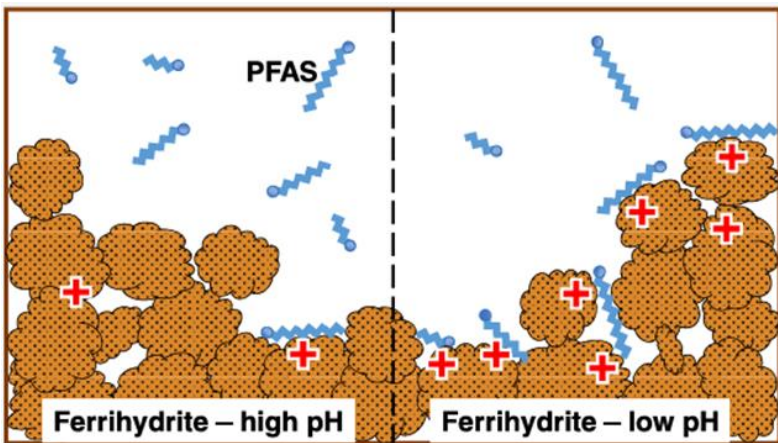






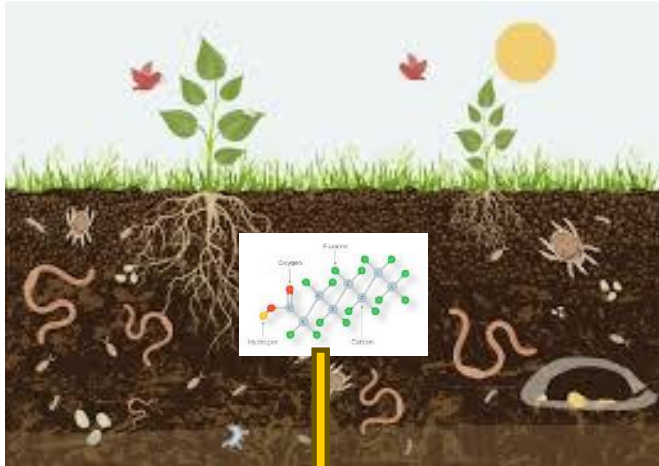
# PFAS onverzadigde bodem toekomst

- Binding aan bodemmineralen (o.a. oxides)
- Omzetting precursoren -> PFAS
- Pesticiden met PFAS (ultra short)
- Kleine verbindingen (<4C): TFA, PFPrA, TFMS, PFEtS, PFPrS
- Afspoelen hemelwater
- Infiltratie oppervlaktewater

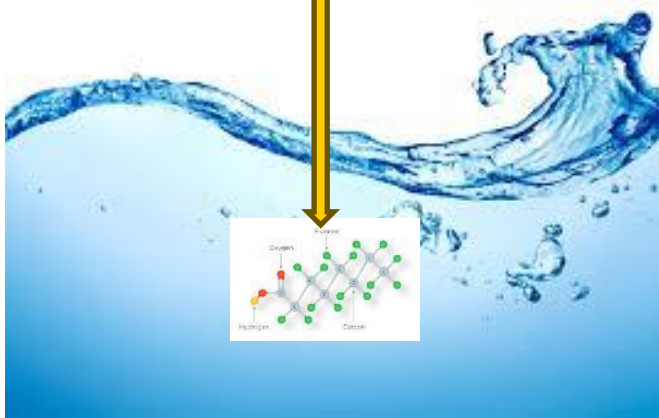




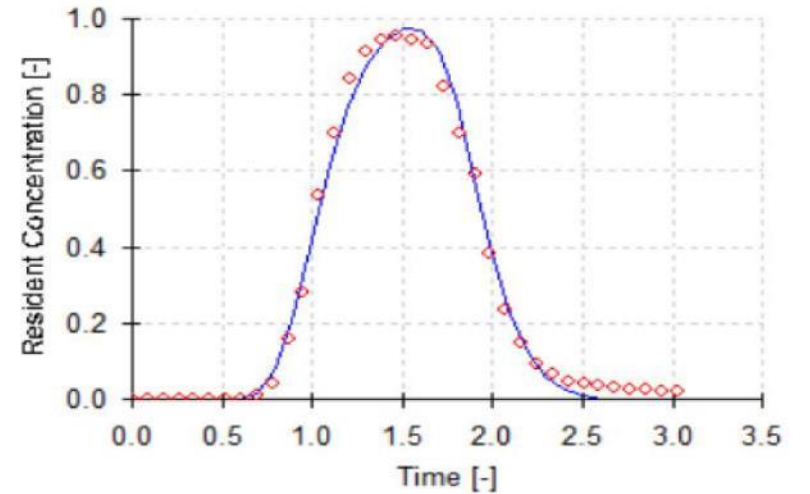
# PFAS uit bodem spoelen



← conceptueel



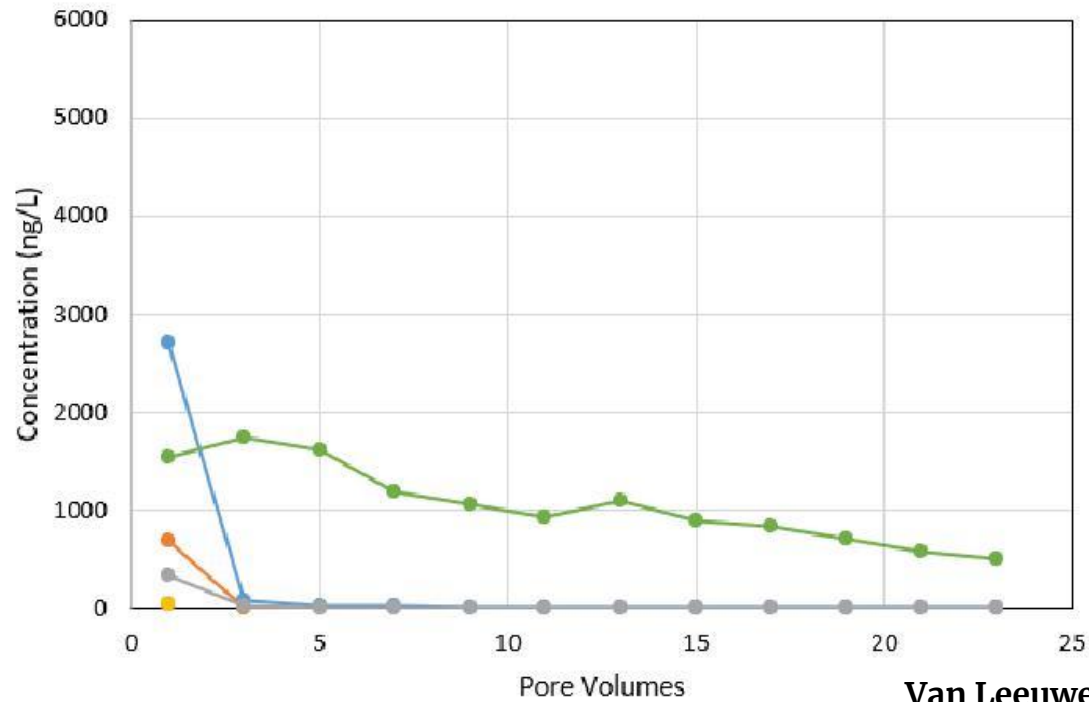
→ In het UU-lab





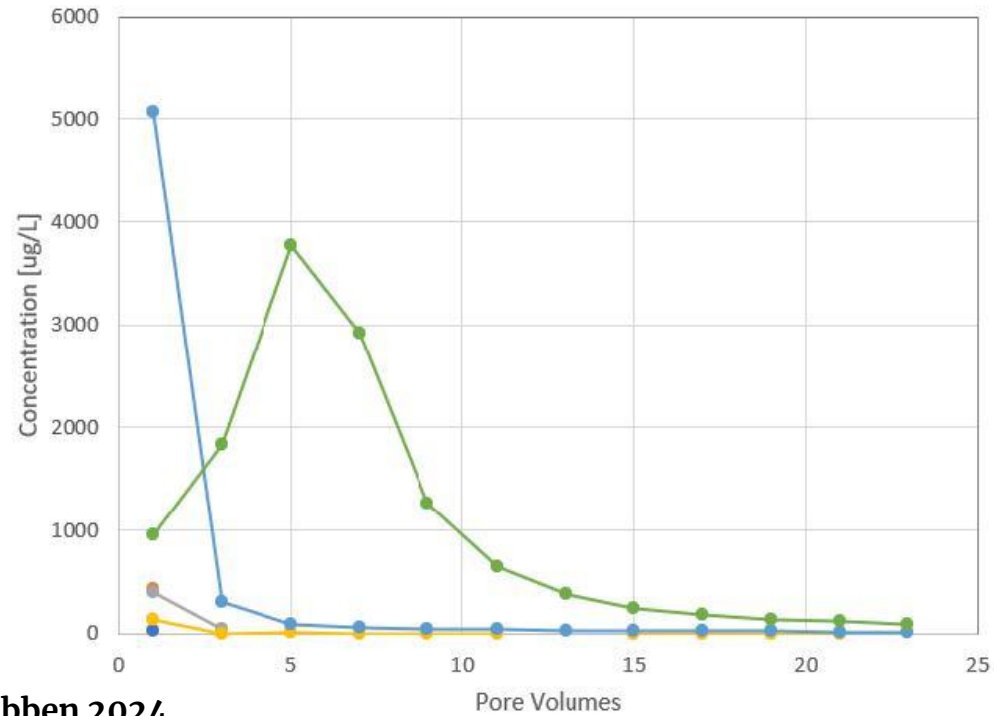
# Water Versus water+zeep spoelen

PFAS in Effluent:  
Water Flushing



Van Leeuwen & Hibben 2024

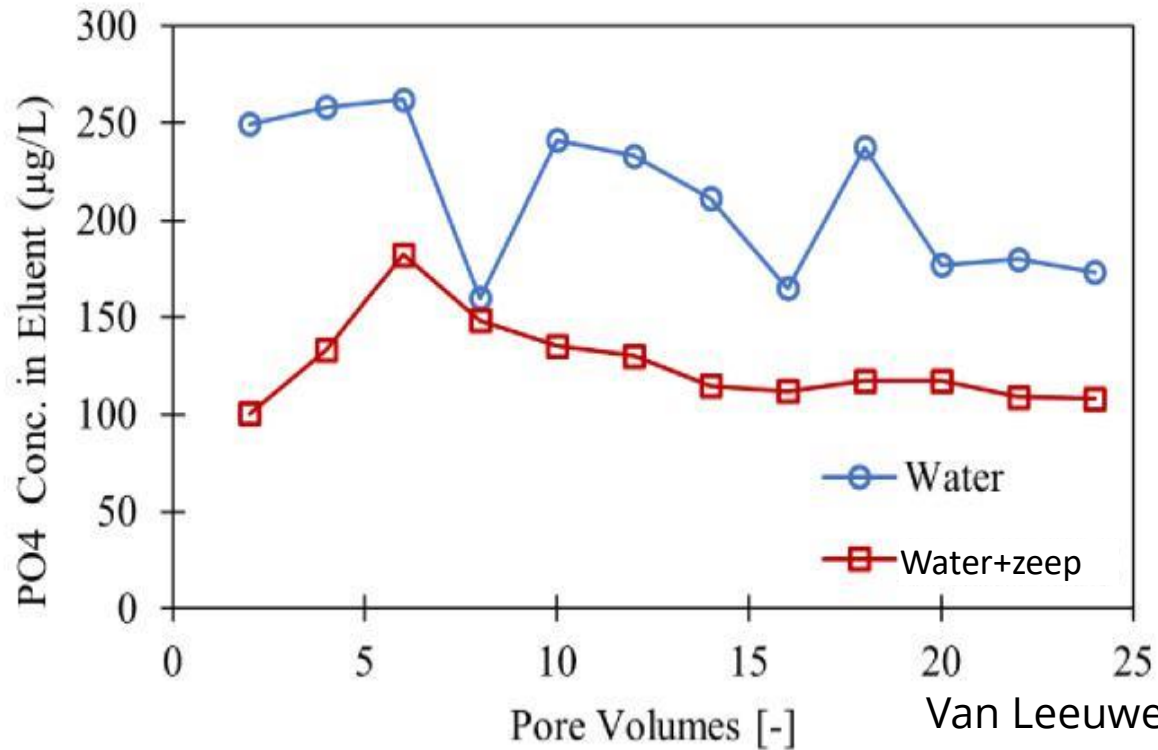
PFAS Effluent:  
Water+zeep flushing



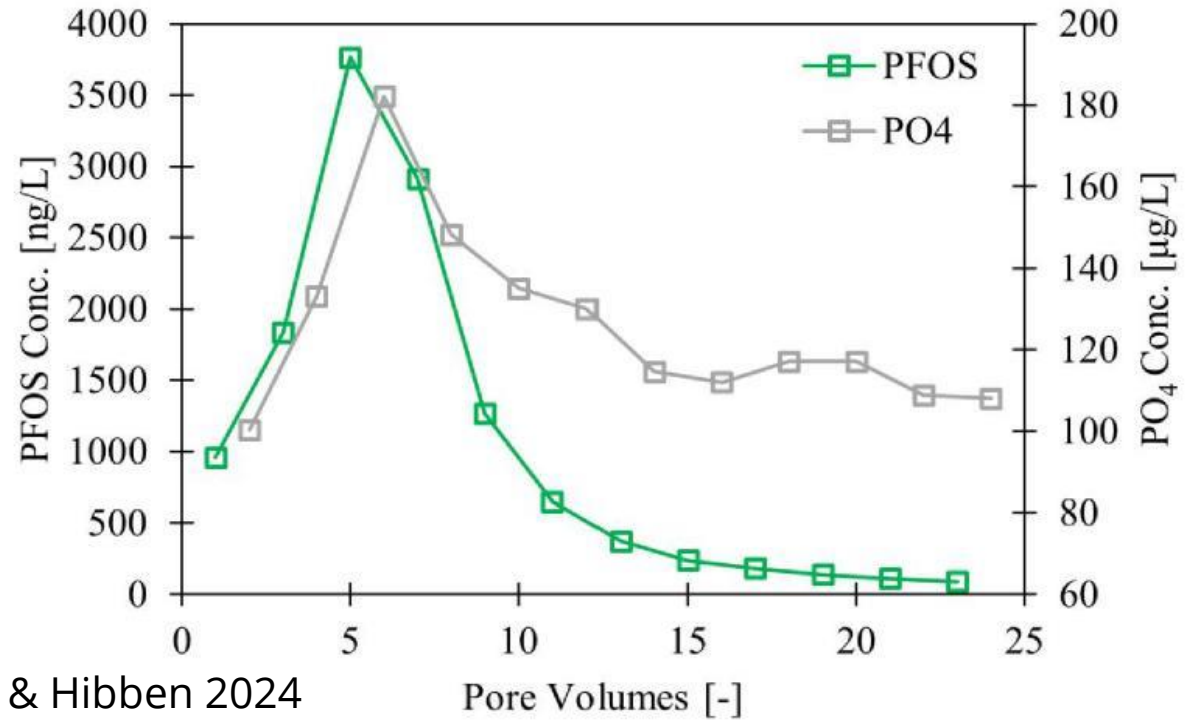
- PFBA (ng/L)
- PFHxA (ng/L)
- PFBS (ng/L)
- PFHxS (ng/L)
- PFOS (ng/L)
- PFOA (ng/L)



# Fosfaat als interne tracer



Van Leeuwen & Hibben 2024



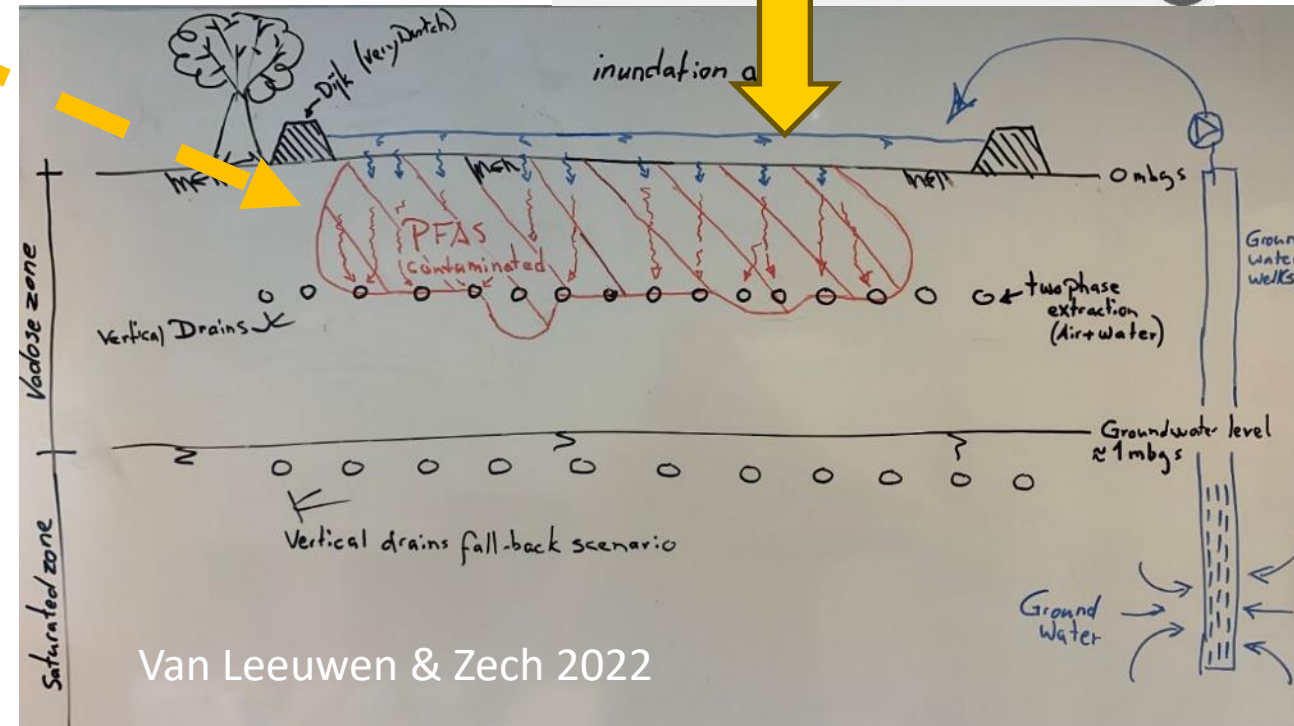
De vorm van de fosfaat curve volgt de vorm van de water en de water+zeep curve



# Opschalen lab -> pilot



Cirkel et al. 2017



Van Leeuwen & Zech 2022

Uitdaging: Van 1-D -> 2-D -> 3-D en van 10cm schaal naar de 10m schaal

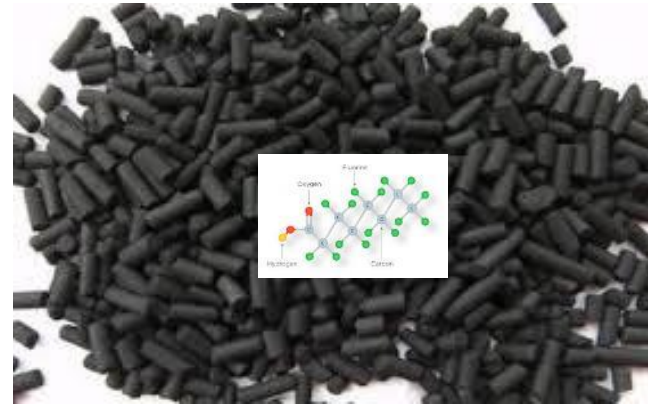
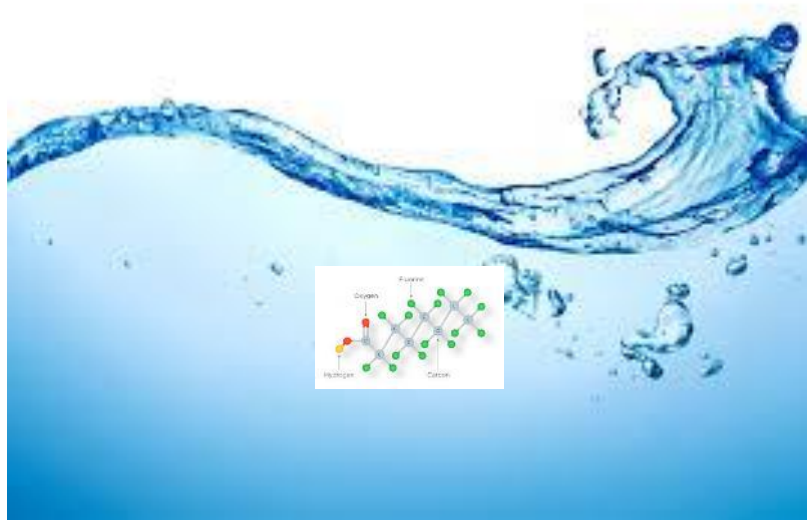
Hypothese? Probleemstelling?

Risico's ? Door spoelen versnellen van uitspoelen naar verzadigde bodem en verspreiding vergroten in het grondwater

Hoe modelleren?

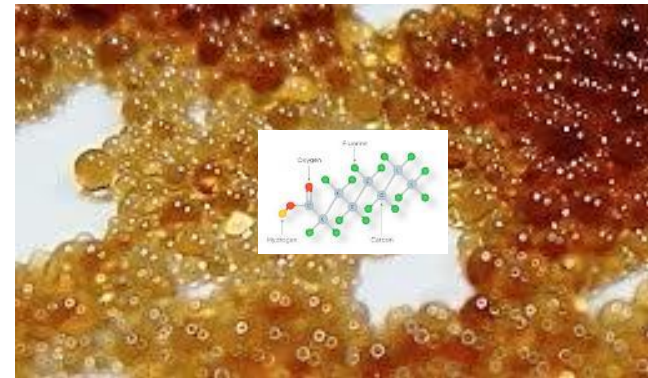


# PFAS uit waterfase halen



## Regulier

- Optimalisatie AC
- Regeneratie
- Reactivatie



## harsen



## Innovatief

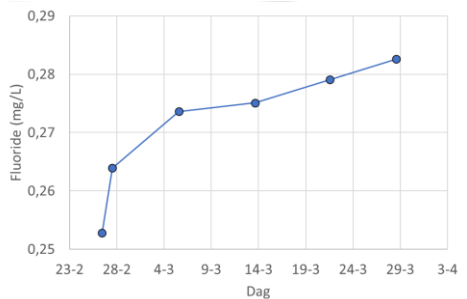
- Zeolieten
- gemodificeerde klei
- Cyclodextrines
- Chitosan
- ....



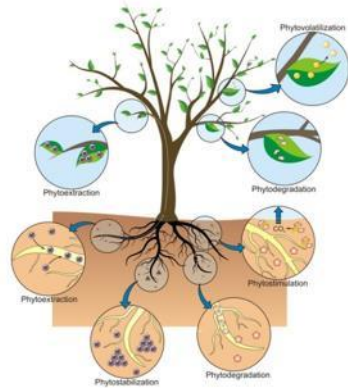


# PFAS onderzoek EMK-terrein

biodegradatie van PFAS  
o.a. met wat MIC hulp



Fytoremediatie



For instance, using the pumping capacity of trees.  
Now tested in Almelo and Zwolle.



Pilot proef met adsorbentia







*Onderzoek nodig  
kennishiaten  
oplossingen*



Fundamenteel onderzoek

Toegepast onderzoek

Pilots



Kennisdeling

---

*Wie gaat dit faciliteren?  
Wie gaat dit regisseren?*



Ook nodig !!!

Samenwerking

Wetenschap, adviesbureaus, technologie  
bedrijven en probleembezitters en industrie



The information in this presentation has been compiled with the utmost care,  
but no rights can be derived from its contents.



*symposium*

bodem breed



# PFAS

## Praktijk kennis programma's



# PFAS Praktijk kennisprogramma's

Aiko Hensums

- Initiatiefnemer Expertisecentrum PFAS (TTE, 2012-2021)
- Sinds 2022 zelfstandige (Athos Milieu)

Projectleider **kennisprogramma's** onderzoek en sanering PFAS bronlocaties.

- Gemeente Doetinchem (opslag blusschuim)
- Provincie Utrecht, Vliegbasis Soesterberg (brandweerkazerne)
- Provincie Gelderland, Pilot Schone bakstenen van PFAS-klei

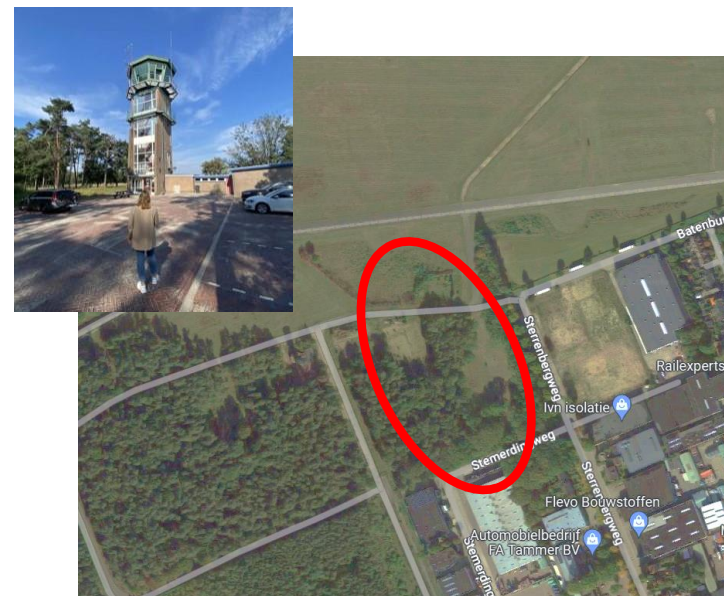
# PFAS Praktijk Kennisprogrammas



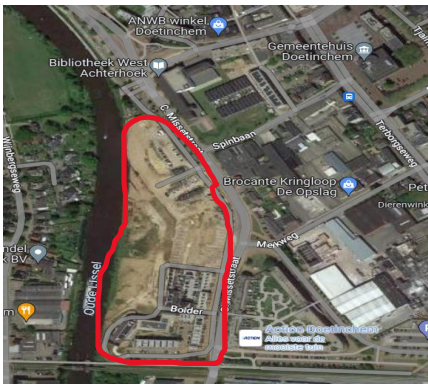
**Doetinchem**  
**Woningbouwlocatie**  
**(brandweerkazerne)**  
In uitvoering



**Doetinchem**  
**Bedrijfslocatie**  
**(opslag blusschuim)**  
Eind 2024 in uitvoering



**Soesterberg**  
**Woningbouwlocatie**  
**(brandweeroefenlocatie)**  
Medio 2026 in uitvoering



## PFAS Praktijk kennisprogramma Doetinchem

**Opgave**

**GWZI, hoog debiet, lage influenten/lozingsnormen (paar ng/l)**

**Onderzoeksvraag**

**Optimaliseren AK-filter (80m<sup>3</sup>)**

**Onderzoek**

**Intensieve monitoring compartimenten**

**Resultaat**

**Grote PFAS gaan goed  
Kleine PFAS slaan uiteindelijk door  
(> 70 miljoen euro/kg PFAS ☹)**

[gD]

Witteveen  Bos





# PFAS Kennisprogramma Doetinchem



**Opgave** GWZI, hoog debiet, hoge influenten/lage lozingsnormen (ng/l)

**Onderzoeksvraag** Andere adsorbentia beter resultaat dan actief kool ?

**Onderzoek** 3 andere adsorbentia getest

**Resultaat** Prima grote PFASsen  
Kleine PFASjes blijven uitdaging



Tabel 3. Samenvattende effectentabel adsorbentia

Thema	Effect	DEXSORB*	FLUOROSORB*	ZVZ-22
Effectiviteit verwijdering PFAS	totale behaalde capaciteit	901 g/ton	1.714 g/ton	1.335 g/ton
	doorslag PFBA	< bedvolumes	410 < 580 bedvolumes	< 440 bedvolumes
	doorslag PFOA	5.350 bedvolumes	16.260 bedvolumes	12.530 bedvolumes
Productie van PFAS-houdend afval	PFAS-verwerkingsroute	ball-milling (vernietiging: TRL 5-6)	storten (langetermijneffect onbekend)	Storten (langetermijneffect onbekend)
	Geproduceerd afval (per 10 kg PFAS verwijderd)	2,2 ton, na hergebruik DEXSORB na regeneratie	5,8 ton FLUOROSORB	7,5 ton ZVZ-22





## PFAS Kennisprogramma Doetinchem

gemeente  
[gD]  
Doetinchem



**Opgave**

**GWZI, hoog debiet, hoge influenten/lage lozingsnormen (ng/l)**

**Onderzoeksvraag Ander zuiveringstechniek ?**

**Witteveen** **Bos**

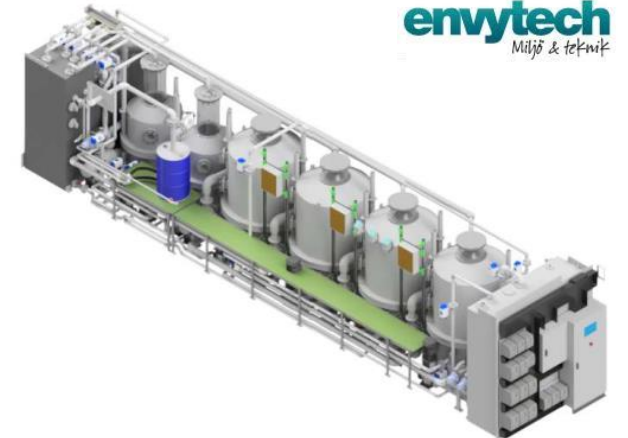
**Onderzoek**

**SAFF (Surface Active Foam Fractionation)**

**envytech**  
Miljö & teknik

**Resultaat**

**Prima grote PFASsen  
Kleine PFASsen moeilijker**



**Conclusie**

**Lozing op oppervlakte water technisch onmogelijk !  
We gaan saneren “in den natte”**



## PFAS Kennisprogramma Doetinchem

gemeente  
[gD]  
Doetinchem



**Opgave**

**Opruimen groenstrook**

**Onderzoeksvraag** Waar zit PFAS in en waar kan het naar toe

**Onderzoek**

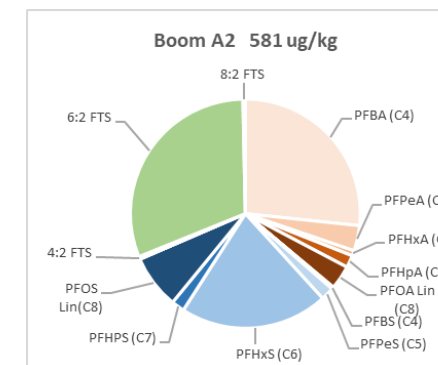
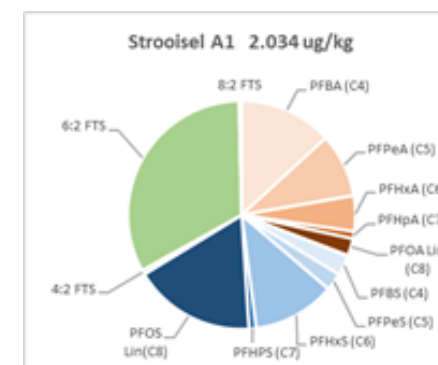
**Bomen en strooisellaag binnen/buiten contour**

**Resultaat**

**Bomen 200-600 ug/kg**

**Strooisellaag 1000-2000 ug/kg**

**130 ton biomassa; nog geen bestemming voor ...**





## PFAS Kennisprogramma Doetinchem



**Opgave**

**Jaarringen PFAS-bomen Voltastraat**



**Onderzoeksvraag Wanneer is de verontreiniging ontstaan ??**



**Onderzoek**

**Jaarringen afpellen/analyseren**

**Resultaat**

**Zomer 2024**





## PFAS Kennisprogramma Doetinchem



**Opgave**

**Alternatief voor storten PFAS klei ?**

**Onderzoeksvraag Kan je van PFAS klei schone bakstenen maken**

**Pilots**

**Van 24 stenen (2023) naar 50.000 bakstenen (2024)**

**Resultaat**

**2023 300ug/kg -> < 0.5 ug/kg PFAS**

**2024 resultaten eind 2024**

gemeente  
[gD]  
Doetinchem





# PFAS Kennisprogramma Soesterberg

## Vliegbasis Soesterberg (vml brandweeroefenplaats)



PROVINCIE  UTRECHT



Ministerie van Defensie



Ministerie van Infrastructuur  
en Waterstaat



## PFAS Kennisprogramma Soesterberg

### Kennisprogramma onderdelen (per 16 april 2024)

- Gedrag, transport en uitspoeling
- Grondreiniging
- Grondwaterreiniging
- Biomassa
- Onderzoekstechnieken





## PFAS Kennisprogramma Soesterberg



**Opgave**

**Verspreiding pluim stoppen**

**Onderzoeksvraag**

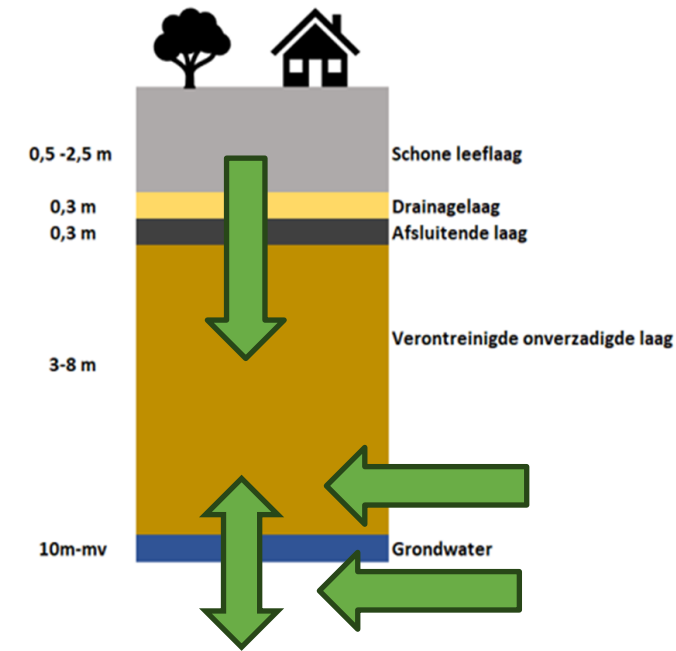
**Welke maatregelen zijn hiervoor noodzakelijk**

**Onderzoek**

**uitloogproeven  
pompproef  
gedrag/transport model**

**Resultaat**

**najaar 2024**







## PFAS Kennisprogramma Soesterberg



**Opgave**                      **Beheer woonwijk bomen en struiken met PFAS**

**Onderzoeksvraag** **Wat neemt PFAS op (vgl Doetinchem)**  
**Welke beheermaatregelen/ook sanerend effect**

**Onderzoek**                      **Onderzoek PFAS in bomen en struiken**  
**Mogelijk fytoremediatie ??**

**Resultaat**                      **najaar 2024**



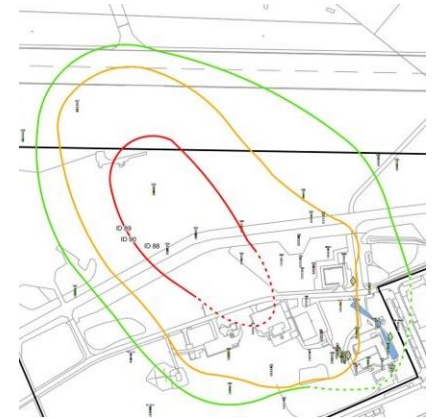


## PFAS Kennisprogramma Soesterberg



### Kennisprogramma werkwijze (per april 2024)

- Stuurgroep VBS (programma)
- Programma loopt meerdere jaren
- Uitwerken onderdelen door PFAS team VBS
  - Expertsessies (vooraf/tijdens)
  - Inhuur derden
  - Verspreiden resultaten



## Aanbevelingen PFAS Kennisprogrammas

### **Karl Francken december 2022**

Nadenken over wie met wie moet praten om een probleem op te lossen, welke partijen daarvoor nodig zijn.

Dat is de sleutel voor een succesvolle aanpak van dit soort uitdagingen.”







Ministerie van Infrastructuur  
en Waterstaat

# Kennis programma PFAS – Bodemverontreiniging sprookje of werkelijkheid

Auke Oostra  
& Tim Zierfuss





- › MOTIE VAN HET LID HAVERKORT C.S.
- › Voorgesteld 30 maart 2023
- › De Kamer, gehoord de beraadslaging, constaterende dat het kabinet in samenwerking met andere landen werkt aan een verbod op niet-essentiële pfas-stoffen in Europa;
- › constaterende dat daardoor vervuiling in de toekomst zal afnemen; constaterende dat op diverse locaties waar bouwplannen zijn of voedsel voor mens en dier wordt verbouwd, verontreinigingen uit het verleden risico's voor de volksgezondheid met zich mee kunnen brengen;
- › overwegende dat innovatieve technieken de sanering van dergelijke locaties kunnen vereenvoudigen;
- › verzoekt de regering te onderzoeken hoe de sanering van met pfas-stoffen vervuilde locaties met behulp van innovatieve technieken kan worden versneld, en de uitkomsten van dit onderzoek voor het einde van het jaar met de Kamer te delen,
- › en gaat over tot de orde van de dag.
- › Haverkort Beckerman

# Motie Haverkort





# Opgave aan bodemsanering – in vogelvlucht

- › Er zijn “echte” productie bronlocatie met PFAS – Chemours in Dordrecht en Custom Powders in Helmond
- › Er zijn vele gebruikers bron locaties met PFAS – brandweer oefenenterreinen – vele honderden in Nederland (bv. Soesterberg)
- › Veelal overheid of semi publieke organisaties eigenaar van de locaties (bv. Havenbedrijf Rotterdam, Schiphol)
- › Er is sprake van belemmerd hergebruik van grond door diffuse verontreiniging van PFAS
- › Gehalten PFAS oppervlakte water al maximaal/te hoog – geen ruimte voor opvulling zeer strenge lozingseisen





# Kennisvragen op hoofdlijnen

- › Geen inzicht tot hoe ver redelijkerwijs PFAS uit diverse typen van grond (zand, klei, veen) kan worden verwijderd.
- › Geen betaalbare en duurzame technieken om PFAS uit het opgepompte grondwater te verwijderen tot het gewenste milieu-hygiënische niveau (actieve kool erg duur)
- › Elk bevoegd gezag probeert houvast te creëren door expertsessies.
- › Geen rekenmodellen om stofgedrag van PFAS te voorspellen zodat de duur van de grondwatersanering berekend kan worden.
- › Hoe wordt de kostenverdeling tussen diverse betrokkenen bij een bodemsanering (bv. Soesterberg).



- > Vele van deze PFAS-verontreinigingen veroorzaakt na 1987 Wbb-zorgplicht
- > Zorgplicht houdt in: ALARA - redelijkerwijze verwijdering van de verontreiniging!
- > Wat is technisch mogelijk en wat kost dit?
- > Noodzaak van een **handreiking** voor allerlei partijen
  - geen invulling wat technisch mogelijk is!

## PFAS en zorgplicht





# Niet stil gezeten...

- › Specifieke uitkeringen:
  - Gemeente Dordrecht - moestuinen
  - Gemeente Utrecht – Living LAB Münsterlaan
  - Provincie Utrecht – Soesterberg – kennisontwikkeling samen met Defensie
  - Provincie Gelderland – Doetinchem
  - Gemeente Enschede - Vlierstraat
  - Gemeente Emmen - Heldenhof
  - Provincies Noord-Holland, Zeeland, Zuid-Holland – kuststrook
  - Eigen bodemsanering: EMK-terrein







# Eerste contouren van een kennisprogramma – inventarisatie

- › Inventarisatie door Arcadis in opdracht van RWS
  - State of the Art - PFAS – An overview of knowledge gaps and research needs soil and groundwater (2023)
  - Inventarisatie van de omvang van de problemen – “PFAS aandachtslocaties”
  - Contouren van de kosten voor bodemsanering; honderden miljoenen euro's





- › Is er behoefte aan een langjarig kennis en innovatie programma op het gebied van PFAS in relatie tot bodemsanering?

## Stelling





## Zo Ja!

Als het DGWB een kwartiermaker zou vragen:

“Ontwikkel een kennisprogramma voor PFAS en bodemsanering”

Wat willen we hem/haar mee geven?

- Focus?
- Governance?
- Samenwerking?
- Combinatie publiek / privaat?
- Kennisdelen?