

# PFAS in de praktijk

## Onderzoek en sanering

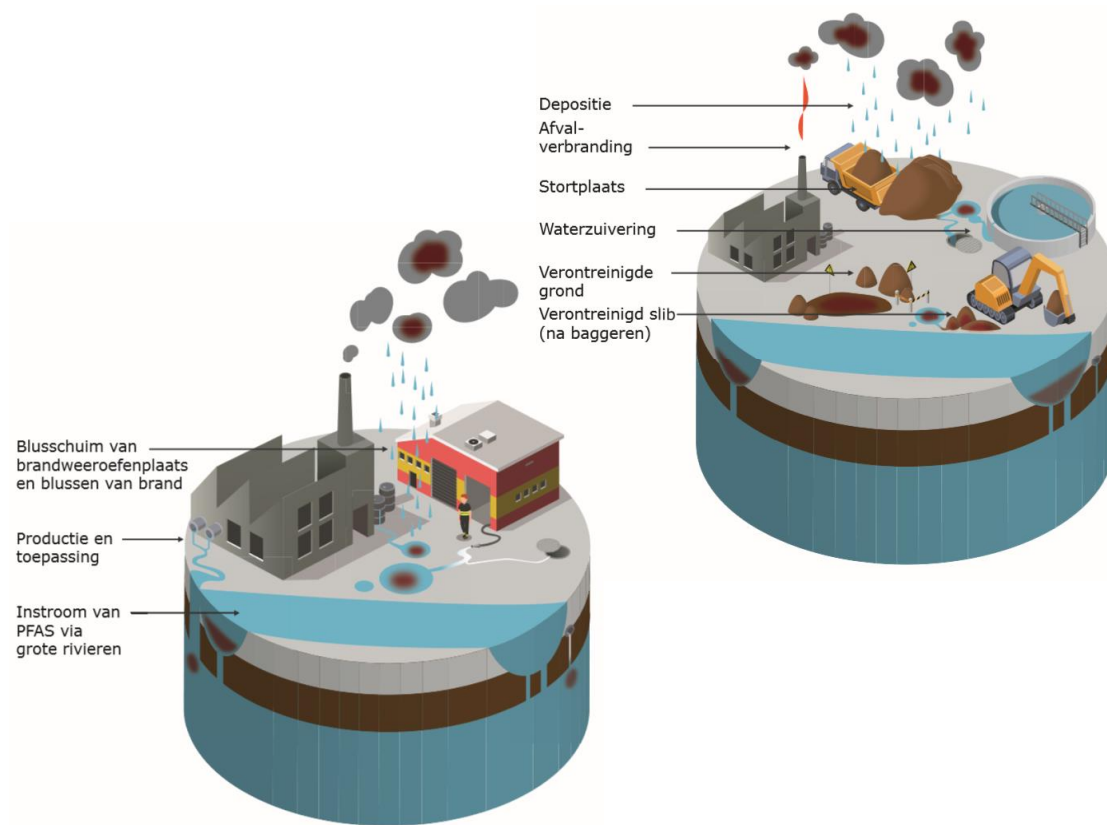
13 december 2018

Tessa Pancras



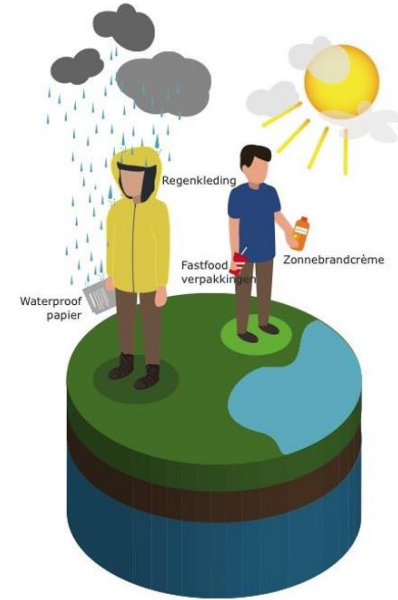
# PFAS in de praktijk

- Hoe bemonsteren?
- Waarop analyseren?
- Hoe saneren?

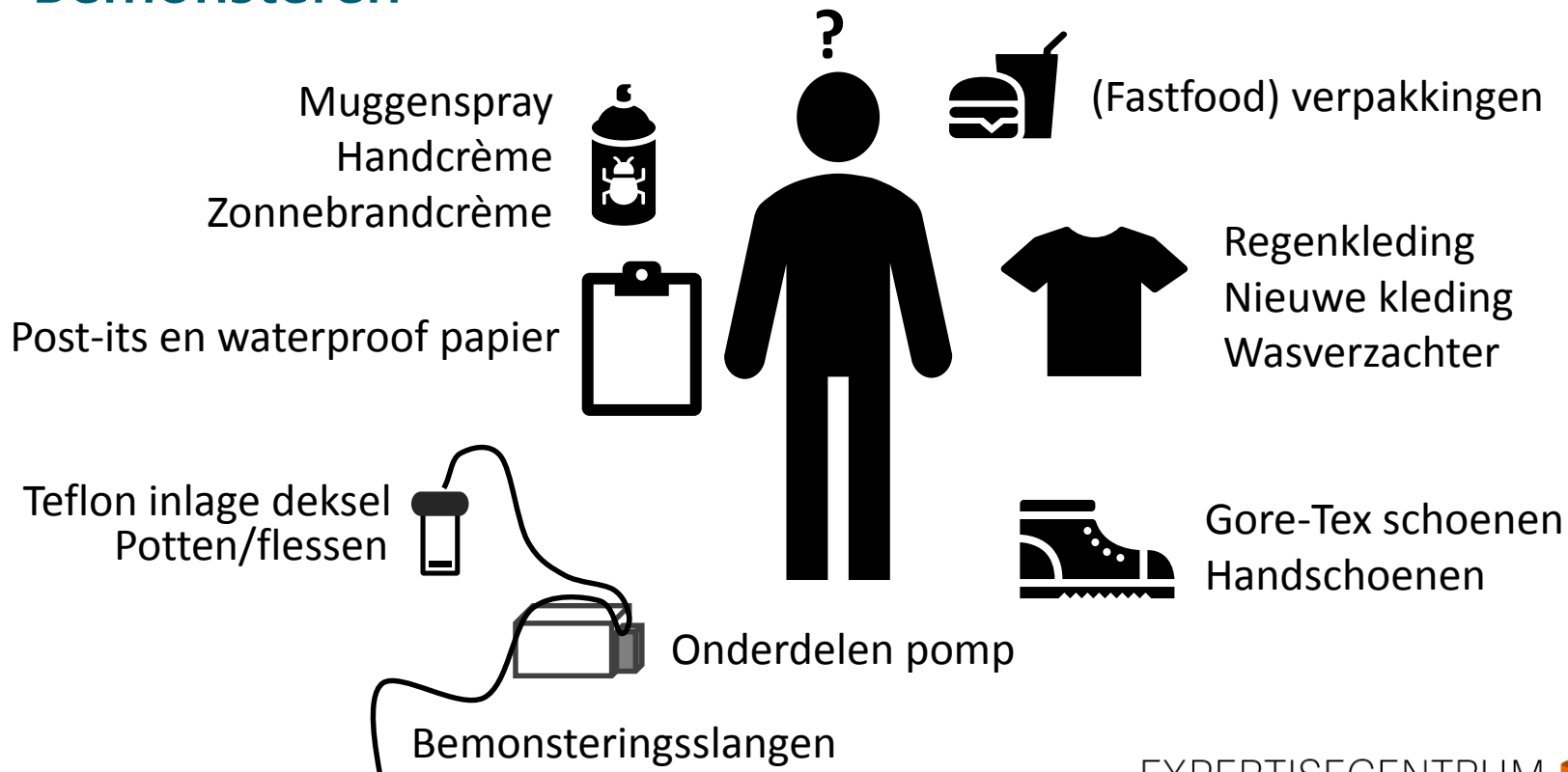


# Waar op letten?

- PFAS gedragen zich anders dan “reguliere” verontreinigingen
- Oppervlakteactief (zepen)
- Grensvlak water/lucht/olie/grond
- Binding met eiwitten, niet zozeer opname in vetten
- Aanwezig in zeer veel toepassingen



# Bemonsteren



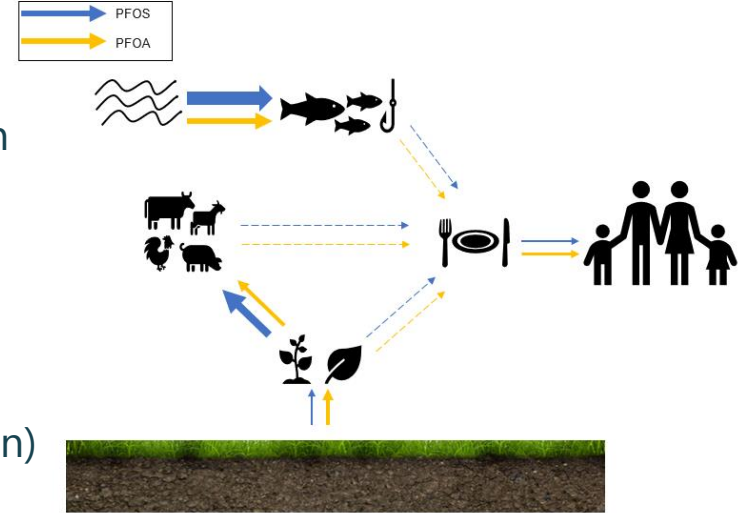
# Bemonsteren



| Bemonsteringsprotocol PFAS (versie 1.2 02-10-2017)                                                 |                                                                       |                                                                                            |       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Bemonsteringsmateriaal                                                                             |                                                                       |                                                                                            |       |
| Niet gebruiken:                                                                                    | Waarom:                                                               | Wel gebruiken:                                                                             | Bron: |
| Teflon, Viton (bemonsteringsmateriaal, inlages in doppen, tape, spray etc.)                        | PFAS gebruikt bij productie                                           | HDPE, PP (polypropyleen) voor bemonsteringspotten / flessen.<br>Geen teflon inlage in dop! | 1, 3  |
| Teflon, Viton (bijvoorbeeld bailers)<br>LDPE/Siliconen bij langdurig contact (bijvoorbeeld opslag) | PFAS gebruikt bij productie<br>PFAS dringen door in LDPE en siliconen | Siliconenslang of LDPE slang voor bemonstering                                             | 2, 3  |
| Glas                                                                                               | PFAS hecht zich aan glas                                              | HDPE, PP voor bemonsteringspotten / flessen                                                | 2, 3  |
| Doorzichtige potten / flessen                                                                      | Enkele PFAS kunnen omgezet worden onder invloed van licht             | Donkere bemonsteringspotten / flessen van HDPE of PP                                       | 3     |
| Reinigingsvloeistoffen gebaseerd op PFAS (bijvoorbeeld Decon 90)                                   | Kan PFAS bevatten                                                     | Reinigen met water                                                                         | 1, 2  |
| Verboden/voorzichtig zijn met:                                                                     | Waarom:                                                               | Alternatief:                                                                               | Bron: |
| Vervluchting tijdens bemonstering                                                                  | Enkele PFAS zijn vluchtig                                             | Vervluchting voorkomen (geen steekbus nodig)                                               | 3     |
| Nieuwe kleding                                                                                     | Kleding is veelal waterafsto-                                         | Kleding minimaal 6 x was-                                                                  | 1, 2  |

# Hoe zit het met veiligheid?

- PFAS zijn niet zozeer acuut toxisch, vooral chronisch
- Lage toetsingswaarden vooral door bioaccumulatie en chronische blootstelling
- Werken conform normale veiligheidsvoorschriften (CROW)
- PFAS zijn niet vluchtig (behalve fluortelomeeralcoholen)
- PFOA is niet vluchtig onder milieumomstandigheden
- Vooral opletten met contaminatie monstermateriaal
- Steekbussen niet nodig



# Analyseren

- Niet alleen PFOS en PFOA
- Samenstelling analysepakketten verschilt
- Ervaring van het lab is belangrijk!
- Haalbare detectiegrenzen
  - Water; 1 ng/l
  - Grond; 0,1 µg/kg d.s.

| Stofnaam                               | Afkorting      | Ketenlengte | Opnemen in analysepakket |
|----------------------------------------|----------------|-------------|--------------------------|
| <b>Perfluorcarbonzuren</b>             |                |             |                          |
| Perfluorbutaanzuur                     | PFBA           | 4           | Ja                       |
| Perfluorpentaanzuur                    | PFPeA          | 5           | Ja                       |
| Perfluorhexaanzuur                     | PFHxA          | 6           | Ja                       |
| Perfluorheptaanzuur                    | PFHpA          | 7           | Ja                       |
| Perfluoroctaanzuur                     | PFOA           | 8           | Ja                       |
| Perfluornonaanzuur                     | PFNA           | 9           | Ja                       |
| Perfluordecaanzuur                     | PFDA           | 10          | Ja                       |
| Perfluorundecaanzuur                   | PFUnA          | 11          | Ja                       |
| Perfluordodecaanzuur                   | PFDoA          | 12          | Meestal                  |
| Perfluortridecaanzuur                  | PFTDA          | 13          | Meestal                  |
| Perfluortetradecaanzuur                | PFTeDA         | 14          | Meestal                  |
| <b>Perfluorsulfonzuren</b>             |                |             |                          |
| Perfluorbutaansulfonzuur               | PFBS           | 4           | Ja                       |
| Perfluorpentaansulfonzuur              | PFPeS          | 5           | Soms                     |
| Perfluorhexaansulfonzuur               | PFHxS          | 6           | Ja                       |
| Perfluorheptaansulfonzuur              | PFHpS          | 7           | Soms                     |
| Perfluoroctaansulfonzuur               | PFOS           | 8           | Ja                       |
| Perfluordecaansulfonzuur               | PFDS           | 10          | Meestal                  |
| <b>Precursors</b>                      |                |             |                          |
| 7H-Dodecaanfluorheptaanzuur            | HPFHpA         | 7           | Soms                     |
| 1H,1H,2H,2H-Perfluoroctaansulfonzuur   | 6:2 FTS/H4PFOS | 8           | Ja                       |
| 1H,1H,2H,2H-Perfluordecaansulfonzuur   | 8:2 FTS        | 10          | Meestal                  |
| 1H,1H,2H,2H-Perfluordodecaansulfonzuur | 10:2 FTS       | 12          | Soms                     |
| Perfluoroctaansulfonamide              | PFOSA          | 8           | Meestal                  |
| 3,7-Dimethylperfluoroctaanzuur         | 3,7-DMPFOA     | 8 (10)      | Soms                     |
| 2H,2H-Perfluordecaanzuur               | H2PFDA         | 10          | Soms                     |
| 2H,2H,2H,2H-Perfluorundecaanzuur       | H4PFUnA        | 11          | Soms                     |

# Duizenden verbindingen

- Standaard pakketten – enkele precursors
- Vele duizenden verbindingen
- Analyses totaal organisch fluor
  - Adsorbeerbaar
  - Oxideerbaar
- Vluchtige PFAS via andere analyse

| Analyse methode | Individuele componenten | Som parameter | Detectiegrenzen water | Detectie precursors           | Ervaring In gebruik | Kosten |
|-----------------|-------------------------|---------------|-----------------------|-------------------------------|---------------------|--------|
| HPLC-MS-MS      | Ja                      | Nee           | 0,5 - 1 ng/l          | Enkele                        | Hoog                | €€     |
| AOF             | Nee                     | Ja            | 1.000 ng/l            | Ja (som)                      | Laag                | €€€    |
| PIGE/TOF        | Nee                     | Ja            | 2.000-5.000 ng/l      | Ja (som)                      | Laag                | €      |
| TOP             | Ja                      | Ja            | 2 ng/l                | Ja (verdeling in ketenlengte) | Opkomend            | €€€€   |



# Saneren

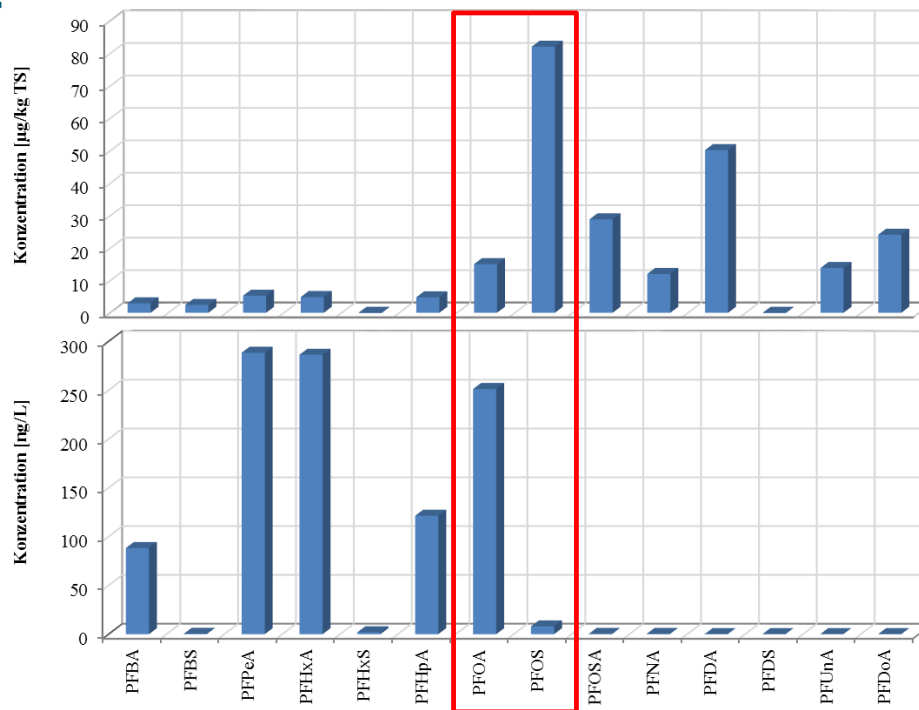
- Gangbare in-situ technieken – geen effect
  - Niet vluchtig
  - PFOS en PFOA (en analoge verbindingen) zijn niet biologisch afbreekbaar
  - Geen afbraak door reguliere chemische oxidatie / reductie
  - Wel onttrekken – actief kool (langdurig proces)
- Precursors kunnen afbreken tot PFOS, PFOA en analoge verbindingen
- Lage toetsingswaarden

# Saneren

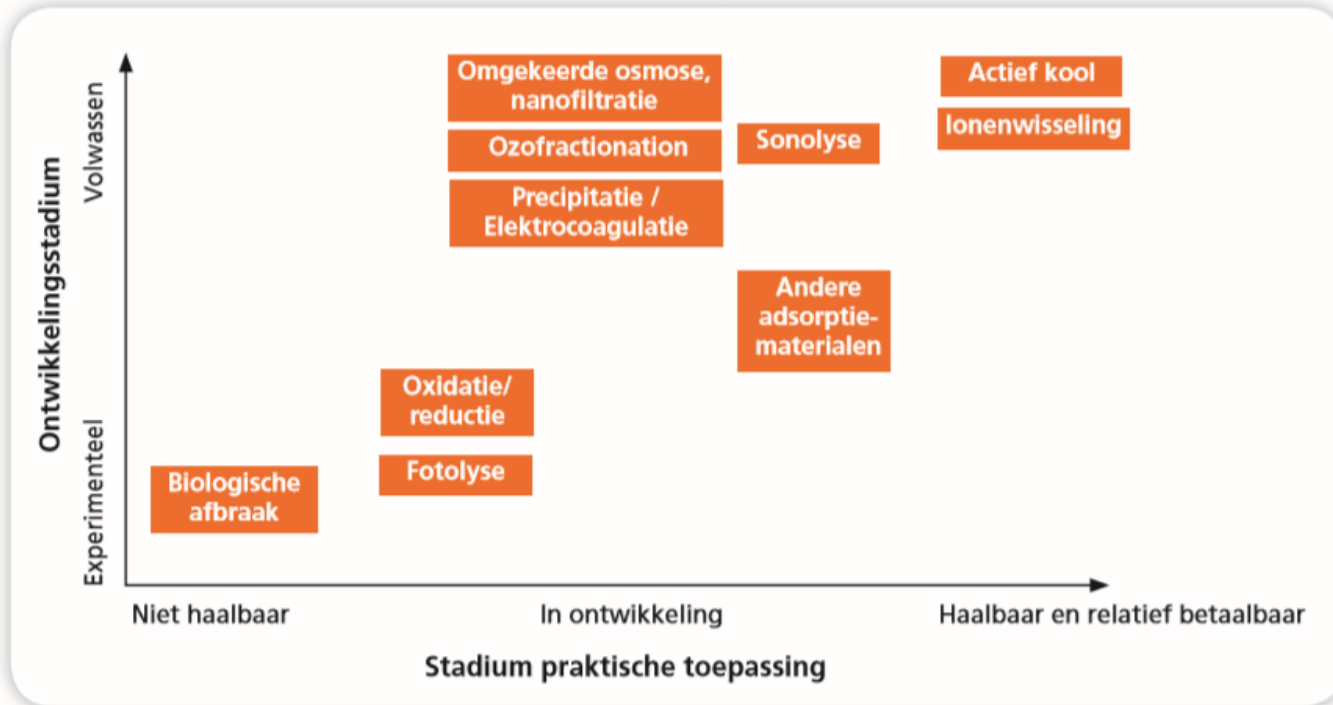
- Meest toegepast
  - Ontgraving
  - Grondwateronttrekking / actief kool – lage adsorptie
- Definitieve oplossing
  - Verbranding 1000-1200 °C
- Let er op dat PFAS overal aan vast plakken en niet vanzelf verdwijnen!

# PFAS grond - grondwater

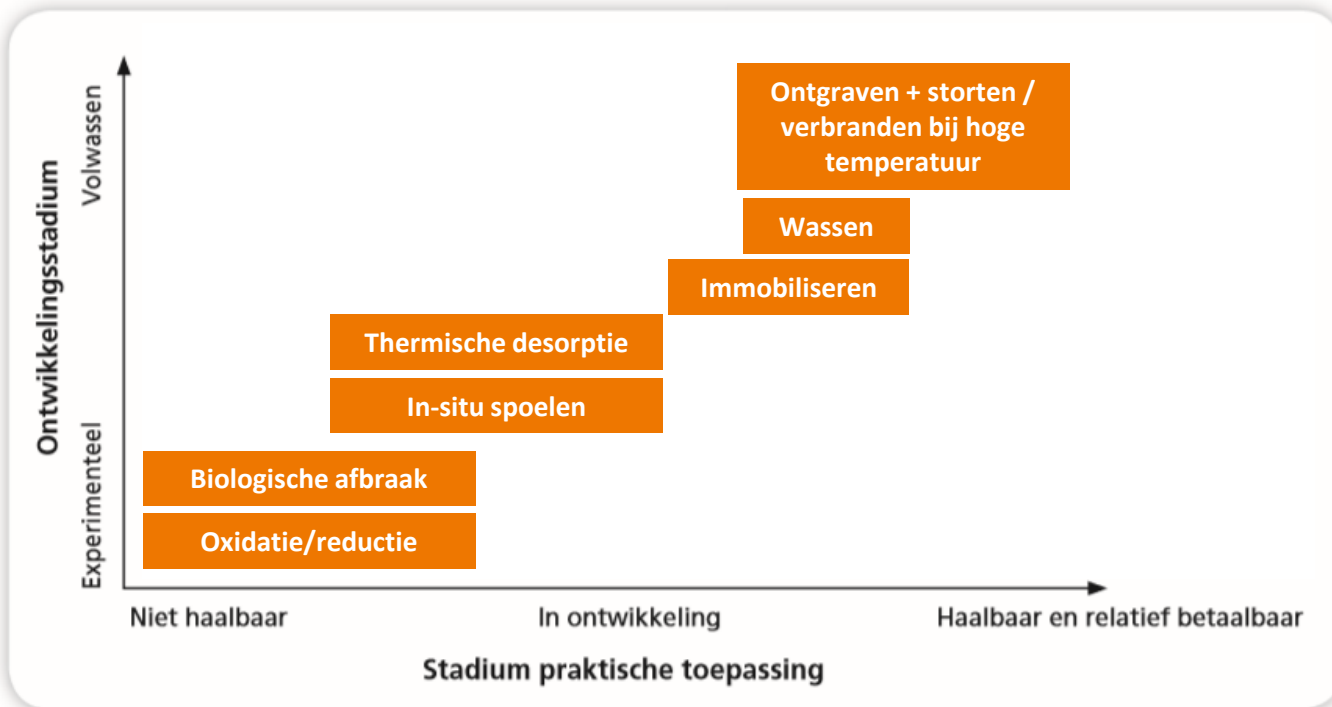
- Grond – lange ketens
- Grondwater – kortere ketens
- Sulfonzuren adsorberen sterker dan carbonzuren



# Saneren - water

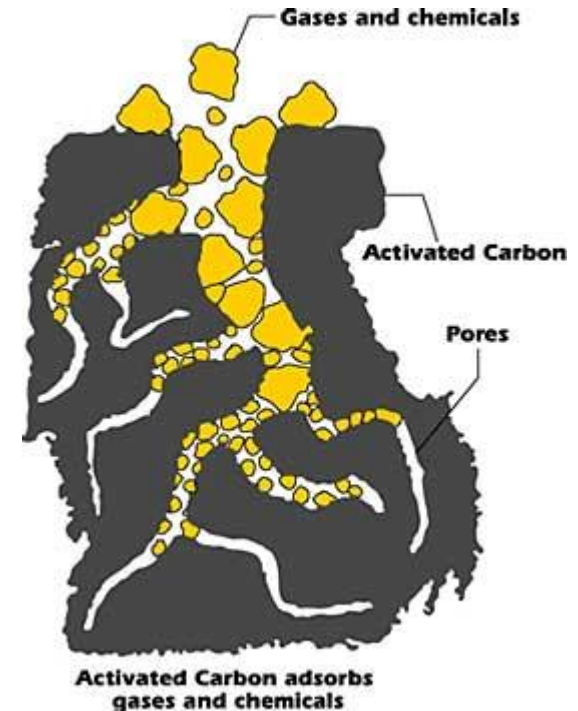


# Saneren - grond



# Adsorptie

- AC meest gebruikt
  - Lage adsorptiegraad
  - Hydrofobe interactie én ionenwisseling
  - Langere ketens adsorberen goed, korte ketens slecht(er)
  - Verstoring door organische moleculen
- Ionenwisseling (IEX) als alternatief
  - Vergelijkbaar met AC
  - Mogelijk op lange termijn rendabel
  - Korte vs lange ketens



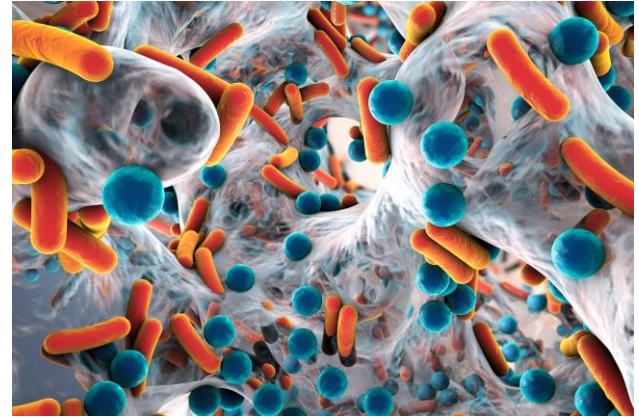
# Scheidingstechnieken

- Nanofiltratie (NF) en omgekeerde osmose (RO)
  - Molecuulgrootte: goede verwijdering
  - Concentraat nabehandeling – grote reststroom
- Ozofractionation
  - Ozonbelletjes: vergelijkbaar met zeepbellen
  - Kleine, geconcentreerde afvalstroom
  - Organische stoffen afgebroken door ozon, PFAS niet of gedeeltelijk



# Afbraak

- Biologisch
  - Niet of nauwelijks aangetoond op relevante schaal
  - Deels afbreekbaar, tot persistente eindproducten
- Chemische oxidatie/reductie
  - Alleen werkbaar onder zeer specifieke omstandigheden
- Sonolyse
  - Ultrasoon geluid
  - Belletjes die uit elkaar klappen
  - Temperaturen tot 4.500 °C leiden tot PFAS afbraak





# Samenvattend

- Gebruik bemonsteringsprotocol
- Kijk verder dan alleen PFOS en PFOA
- Saneren – geen zilveren bullet
- Ontwikkelingen gaande, maar let op:
  - Precursors → PFCAs en PFSA's
  - Persistentie (PMT)
  - Massabalans
  - Interacties

## Vragen over deze presentatie?

ARCADIS

Tessa Pancras (tessa.pancras@arcadis.com)

ARCADIS

Hans Slenders (hans.slenders@arcadis.com)

Witteveen + Bos

Martijn van Houten (martijn.van.houten@witteveenbos.com)

TTE

Arne Alphenaar (alphenaar@engineers.nl)

[www.expertisecentrumpfas.nl](http://www.expertisecentrumpfas.nl)