

PFAS & Watertechnologie bij Haskoning

Aqua NL

Open

Julian Ros, Laura Piai & Marco Kerstholt

19 maart 2026



Haskoning - Wie zijn we

- One purpose: Enhancing Society Together
- Three business lines
- Five themes where we aim to deliver positive impact:



Mitigate and adapt to climate change



Biodiversity and natural systems



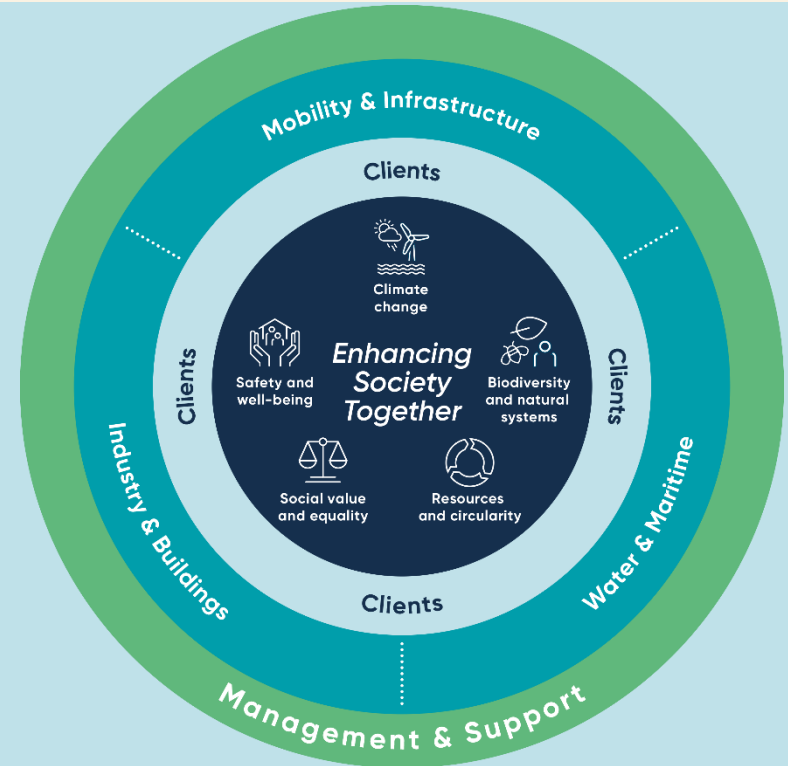
Resources and circularity



Social value and equality



Safety and well-being



Inleiding

Case 1

Case 2

Case 3

Case 4

R&D

Afronding

PFAS @ Haskoning

PFAS and chemical safety

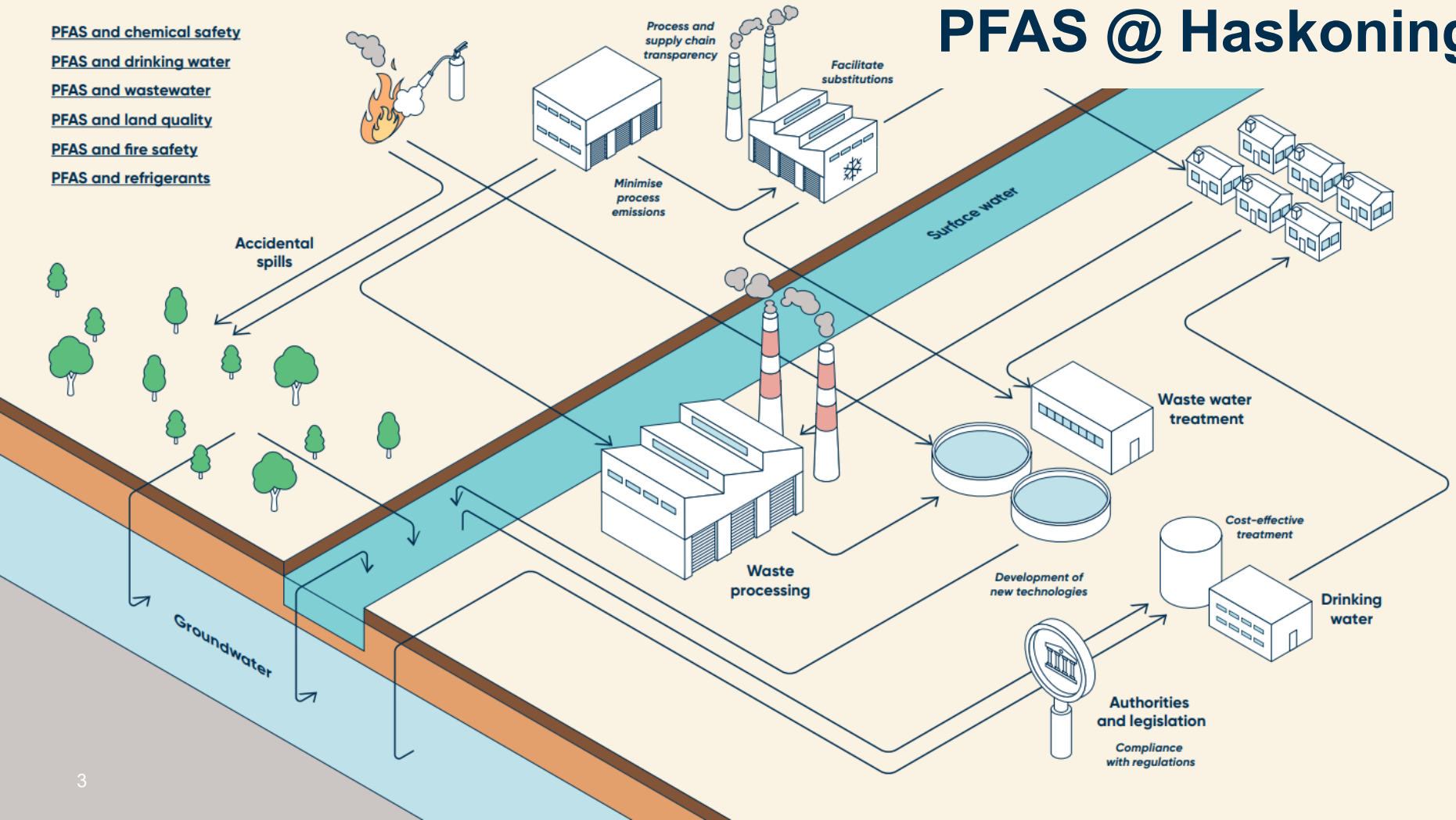
PFAS and drinking water

PFAS and wastewater

PFAS and land quality

PFAS and fire safety

PFAS and refrigerants

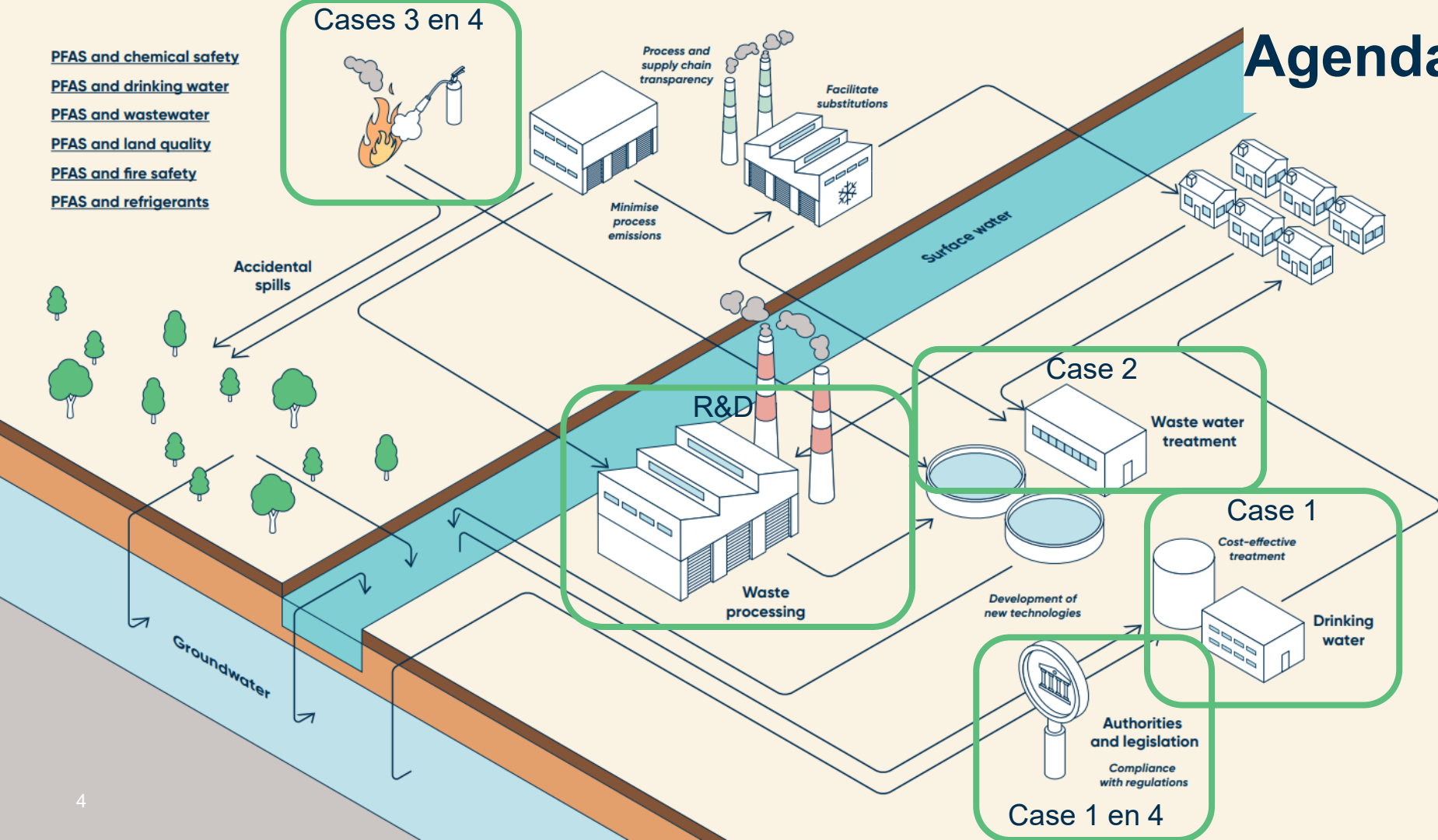


Agenda

Cases 3 en 4



PFAS and chemical safety
PFAS and drinking water
PFAS and wastewater
PFAS and land quality
PFAS and fire safety
PFAS and refrigerants



PFAS in grondwater

Case 1

Case 1

Probleem & context: Toenemende druk op grondwaterbronnen

Aanleiding

Motie tweede kamer 2022: verbod op (PFAS)-bestrijdingsmiddelen in grondwater-beschermingsgebieden (GWB).

- WUR heeft impactanalyse uitgevoerd op generiek verbod en effecten op de landbouw
- Ministerie I&W wil inzicht in zuiveringskosten als er géén verbod komt
- Risico voor drinkwaterkwaliteit en KRW-doelen

Grondwaterkwaliteit verslechtert

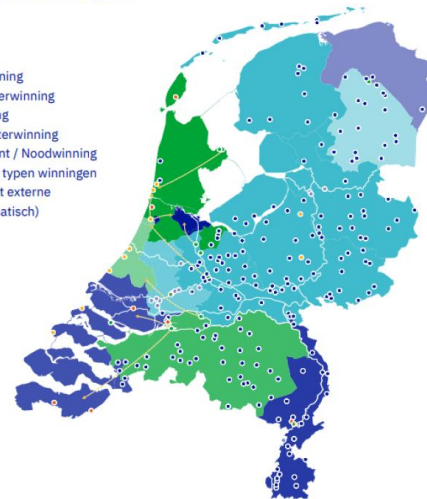
- 96% van grondwater meetlocaties bevat milieuvreemde stoffen
- Toelatingsbeleid geen garantie op bescherming
- Normoverschrijdingen nemen toe; geen dalende trend zichtbaar (N&M, KWR, CLM)

Chemische druk op onze bronnen neemt toe en grijpt direct in op drinkwaterproductie

Drinkwaterwinningen

Type winning

- Grondwaterwinning
- Oevergrondwaterwinning
- Infiltratiewinning
- Oppervlaktewaterwinning
- Noodinnamepunt / Noodwinning
- Combinatie van typen winningen
- Transport vanuit externe winning (schematisch)



Figuur 1 Drinkwaterwinningen in Nederland (bron: Vewin Kerngegevens Drinkwater 2025)

Case 1

Technische uitgangspunten voor kostenraming

- Alleen winningen binnen GWB-gebieden direct gerelateerd aan gebruik bestrijdingsmiddelen
- Uitsluitingen: Waddeneilanden (PFAS-seaspray), industriële verontreiniging, infiltratielocaties
- Beschouwde winningen leveren 49,6% van drinkwaterproductie

Uniforme benadering zuiveringsinspanning op beschouwde locaties:

1. Toepassing van actieve koolfiltratie als basis (effectieve verwijdering bestrijdingsmiddelen)
 - Hogere regeneratie van kool door slechte adsorptie
2. Toepassing van omgekeerde osmose (RO) voor TFA-verwijdering
 - Kosten houden geen rekening met neveneffecten o.a. hogere onttrekking door waterverlies en ecologische impact

Kernuitgangspunt: Als gebruik van bestrijdingsmiddelen in GWB-gebieden niet stopt, zal op termijn álle drinkwaterproductie in deze gebieden aanvullende zuivering vereisen

Case 1

Resultaten: Scenario's & Randvoorwaarden

	Actieve koolfiltratie – 1x per jaar regenereren	Actieve koolfiltratie – 2x per jaar regenereren	Actieve koolfiltratie – 3x per jaar regenereren	Omgekeerde Osmose
CAPEX	€ 1,14 miljard	€ 1,14 miljard	€ 1,14 miljard	€ 4,44 miljard
Jaarlijkse OPEX (incl. monitoringskosten)	€ 114,8 miljoen	€ 154,5 miljoen	€ 195,7 miljoen	€ 337,1 miljoen
Neveneffecten	Verhoogde CO ₂ - uitstoot door regeneratie van actieve kool.	Hogere CO ₂ - uitstoot door dubbele regeneratie- frequentie.	Hogere CO ₂ - uitstoot door frequente regeneratie.	- 20% waterverlies → hogere grondwateronttrekking nodig - PFAS-rijk concentraat dat afgevoerd en verwerkt moet worden. - Extra opschaling voorbehandeling nodig.

End-of-pipe zuivering wordt financieel en technisch zwaar door TFA-verwijdering. Bronaanpak is noodzakelijk om kosten, CO₂, waterverlies en ecologische impact beheersbaar te houden.

Extra operationele kosten

Resultaten: Scenario's & Randvoorwaarden

Vergeleken met een conventionele grondwaterzuivering (zuiveringskosten ~ €0,90 per kuub geproduceerd drinkwater):

- Liggen de extra operationele kosten per kg PFAS op orde grootte 10-100 € mln/jaar door intensievere zuiveringsinspanning voor GWB-gebieden.
- Stijgt de prijs van geproduceerd drinkwater met;
 - €0,20 per kuub (>20%) voor het verwijderen van bestrijdingsmiddelen (regeneratiefrequentie 1x per jaar);
 - €0,30 per kuub (>30%) voor bestrijdingsmiddelen en PFAS (regeneratiefrequentie van circa 2,5x per jaar, KWR);
 - minimaal €0,60 (>70%) per kuub inclusief TFA (RO-toepassing).
- Neemt de totale CO₂-uitstoot sterk toe: twee regeneraties per jaar geven een even grote CO₂-uitstoot als een totale conventionele grondwaterzuivering.

Inleiding	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	R&D	Afronding
-----------	--------	--------	--------	--------	-----	-----------

Case 1

Conclusies

- Grondwaterkwaliteit verslechtert structureel
- Zonder bronbeleid wordt aanvullende zuivering op alle beschouwde winningen noodzakelijk
- PFAS-pesticiden versterken de zuiveringsopgave substantieel (hogere regeneratiefrequentie, hogere kosten)
- TFA maakt actieve kool ontoereikend. Hoog investeringsniveau door noodzakelijke RO-installaties.
- RO brengt significante systeemimpact met zich mee: waterverlies, extra grondwateronttrekking, lozingsproblematiek.

Zonder bronmaatregelen wordt zuivering onhoudbaar: PFAS-pesticiden en TFA maken de drinkwaterketen structureel duurder, complexer en ecologisch kwetsbaarder.

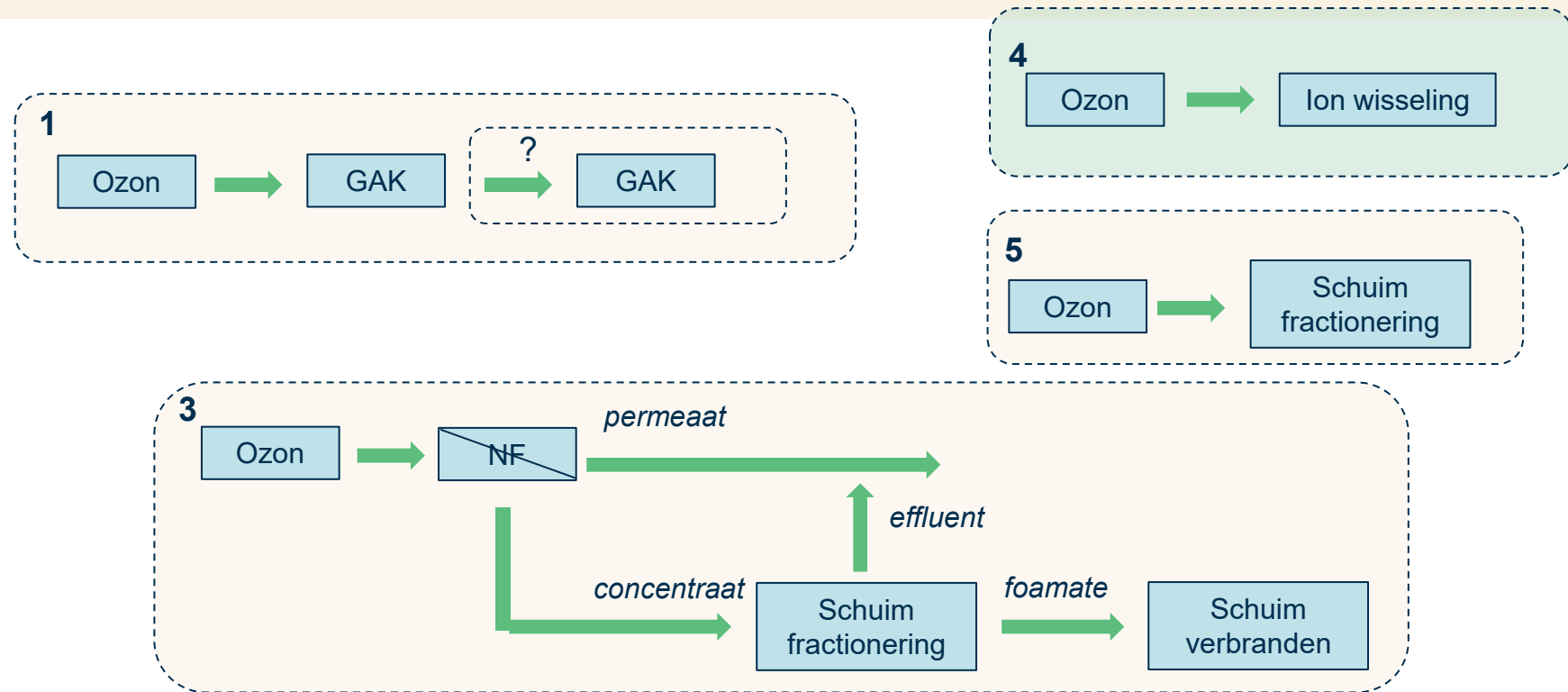
PFAS in rwzi effluent

Case 2

PFAS in rwzi effluent

- Nieuwe rwzi in ontwerp, strenge PFAS-eisen (aanvullend aan zeer strenge eisen voor micro's en zware metalen)
 - PFOS 0,4 ng/L
 - PFOAeq ($\sum$ 24 PFAS) 4,9 – 7,3 ng/L
- Systeemkeuze
 - TRL $\geq$ 9
 - Toepasbaar op hoge debieten (> 4 000 m³/h)

Scenarios



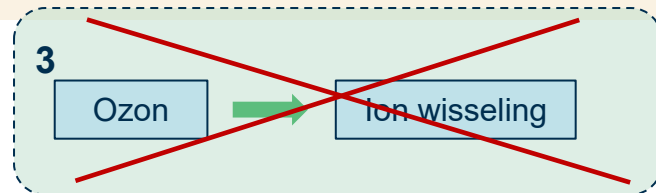
Inleiding	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	R&D	Afronding
-----------	--------	--------	--------	--------	-----	-----------

Scenarios

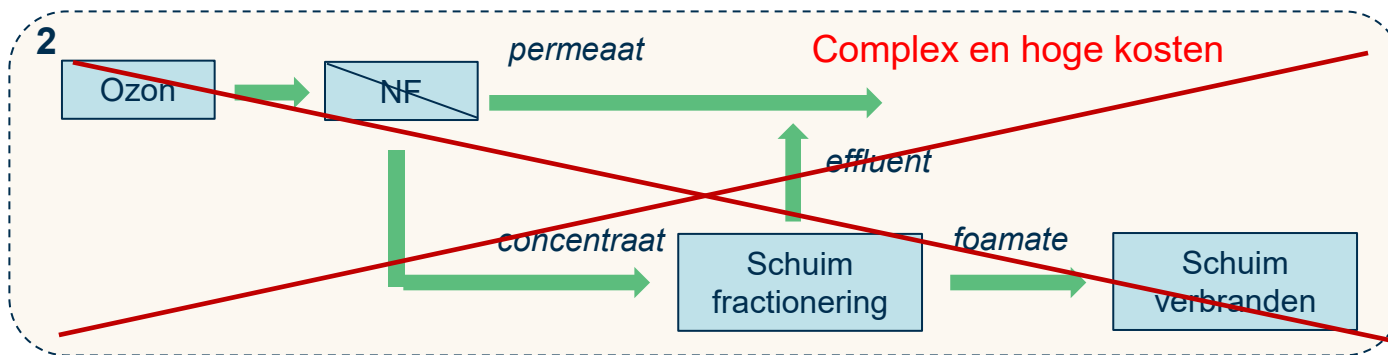
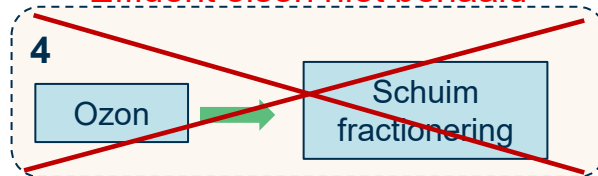
Voorkeurs variant



Laag TRL
(schaalgrote en type afvalwater)



Effluent eisen niet behaald



Complex en hoge kosten

Inleiding

Case 1

Case 2

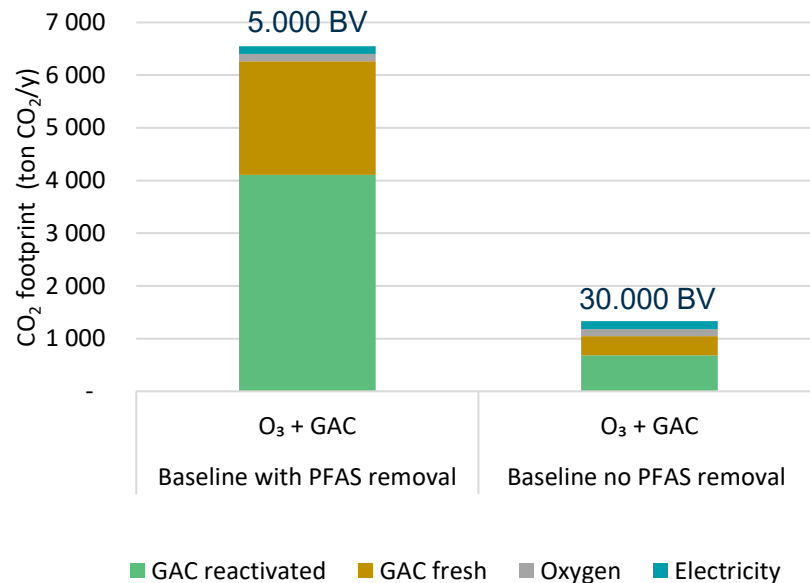
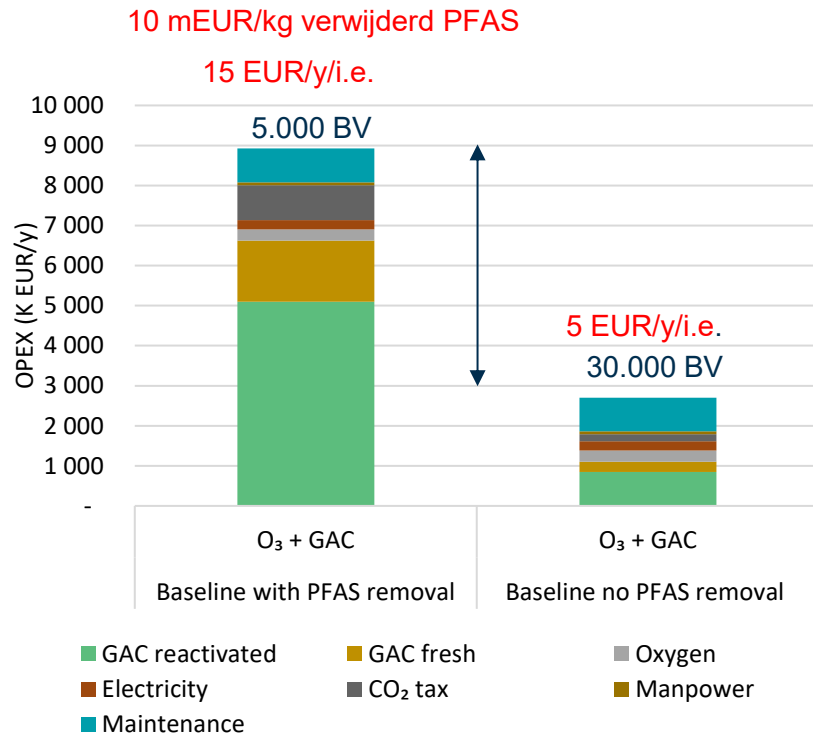
Case 3

Case 4

R&D

Afronding

OPEX & CO₂ footprint voor PFAS verwijdering



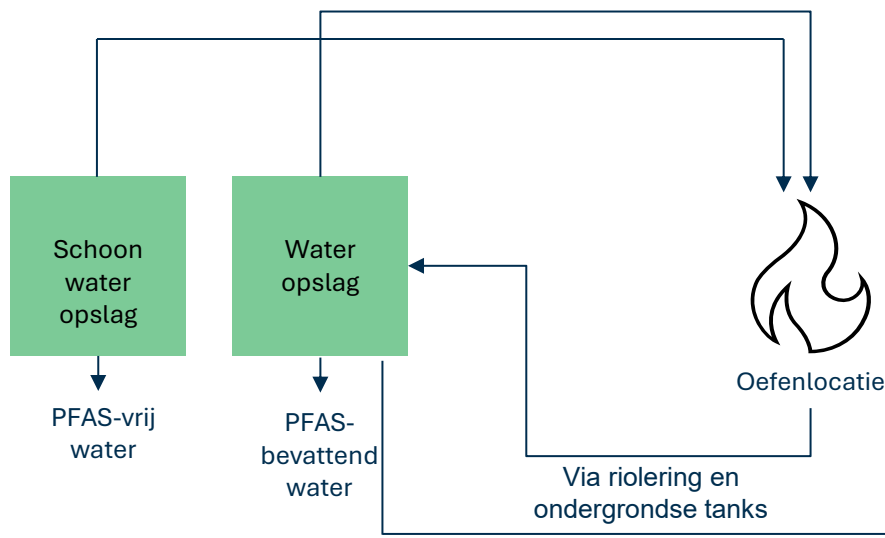
Brandweer oefenterrein

Case 3



PFAS in water na brandweeroefeningen

- Brandweer oefenterrein, PFAS-vrij brandblusschuim sinds 2020
- Schoon water wordt gebruikt bij oefening
- Water in ondergrondse watertanks vervuild met PFAS-verbindingen

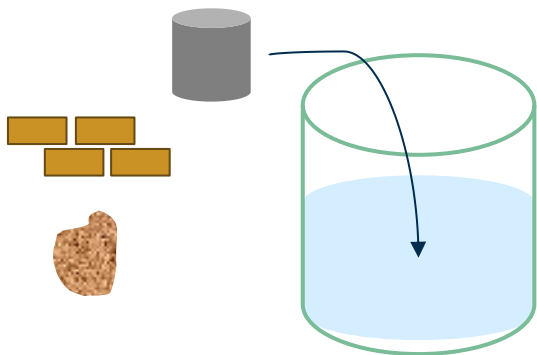


Vragen

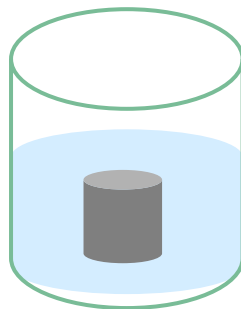
- 1) Waar komt de PFAS vandaan?
- 2) Wat zijn meest kost-effectieve maatregelen?

Vraag 1 - Waar komen de PFAS vandaan?

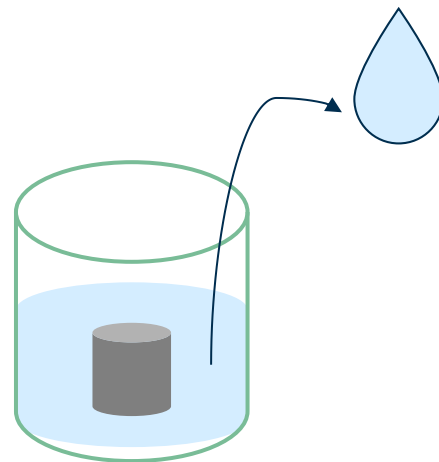
- Uitloogonderzoek naar verschillende verhardingsmaterialen



Beton/zand/klinkers + water



Wachten



PFAS in water meten

Uitdaging

Geen protocol voor uitloogonderzoek naar organische stoffen uit bouwmaterialen, protocollen voor anorganische stoffen toegepast

Vraag 2 – Wat zijn meest kost-effectieve maatregelen?

End-of-pipe treatment

- Blijven zuiveren totdat bron(nen) uitgeput is (zijn)
- 2 technologieën beschouwd
 - Granulaire actief kool filters (GAK) – al in bedrijf op locatie
 - Omgekeerde Osmose (RO)

Bronaanpak

- Bron(nen) in kaart brengen
- Geschikte maatregelen bepalen
 - Beton impregneren → onbekende effectiviteit op lange termijn
 - Verhardingsmaterialen vervangen
 - Tanks en riool relinen

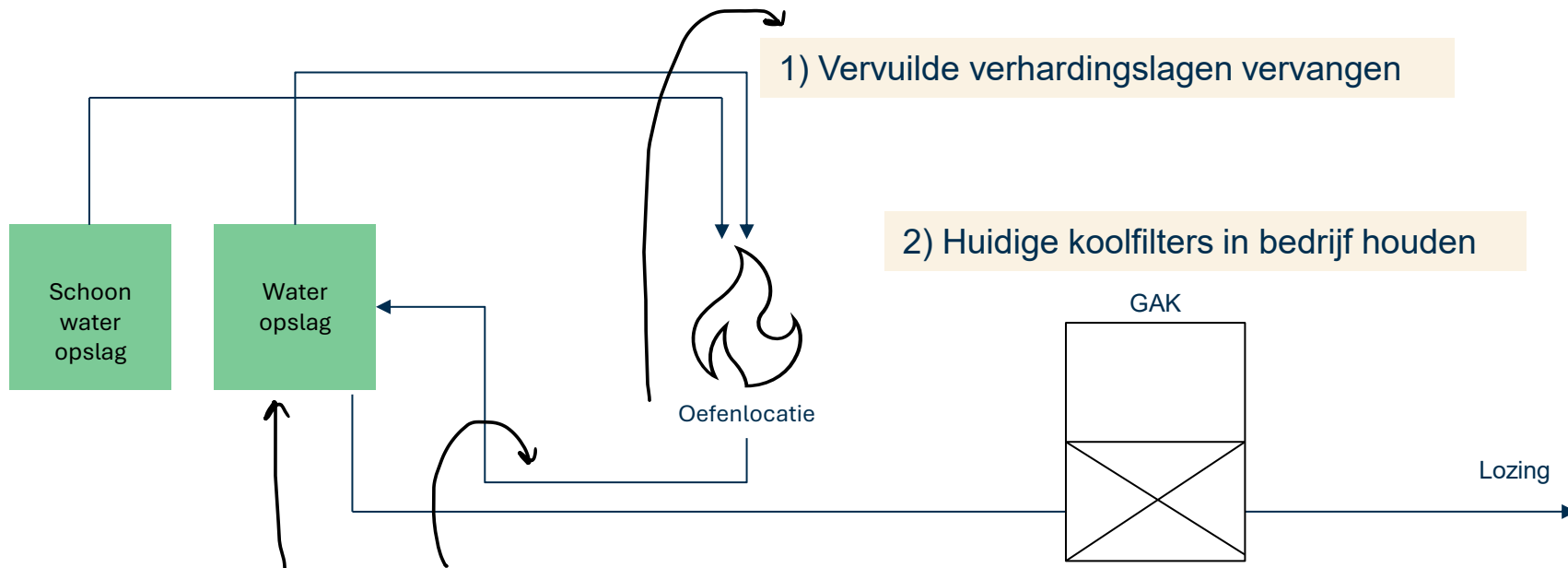
Uitdaging

Tijdsduur end-of-pipe treatment? Uitputting bron?

Uitdaging

Kunnen we alle bronnen identificeren?

Advies



Ontmanteling van een fabriek

Case 4

Case 3 – Ontmanteling van fabriek

- PFAS in effluent ontdekt bij een productie locatie die wordt gesloten
- Initieel bron onderzoek:
 - Merendeel debiet naar awzi is regenwater
 - Regenwater wordt vervuild met PFAS ergens op locatie
- PFAS bron is meest waarschijnlijk brandblusschuim
 - Al in 2017 gestopt met gebruik PFAS schuimmiddelen
- Naast brandblus oefeningen voor veiligheid tijdens “hete” werkzaamheden (i.e. lassen, etc) werd het riool afgeschuimd



Bron: Copilot

Aanpak

Bronaanpak

- Demolitie
- Coaten

Uitdaging

PFAS is breed verspreid over het terrein en locatie is te groot voor complete demolitie of coaten van kritische onderdelen

End-of-pipe treatment

- Verschillende afscheiding en afbraak technologieën overwogen
- Geen technologieën met lage TRL meegenomen
→ alle afbraak technologieën vallen af

Afscheiding

- Actief kool
- IX
- Nieuwe adsorbens
- Schuimfractionering
- Selpaxt
- ~~Membraan filtratie (NF/RO)~~

Afbraak

- ~~Oxidatie processen~~
- ~~Reductie processen~~
- ~~HALT~~
- ~~Plasma~~
- ~~SCWO~~
- ~~Etc.~~

Evaluatie end of pipe treatment

Kosteneffectiviteit

Let wel dit is makkelijk afvalwater voor behandeling! Kosten voor andere industriële zullen factoren hoger liggen!!

Op basis van AC verwachten kosten:
750 – 950 K€/kg PFAS

Gesprekken met bevoegd gezag
onderweg over hoe verder

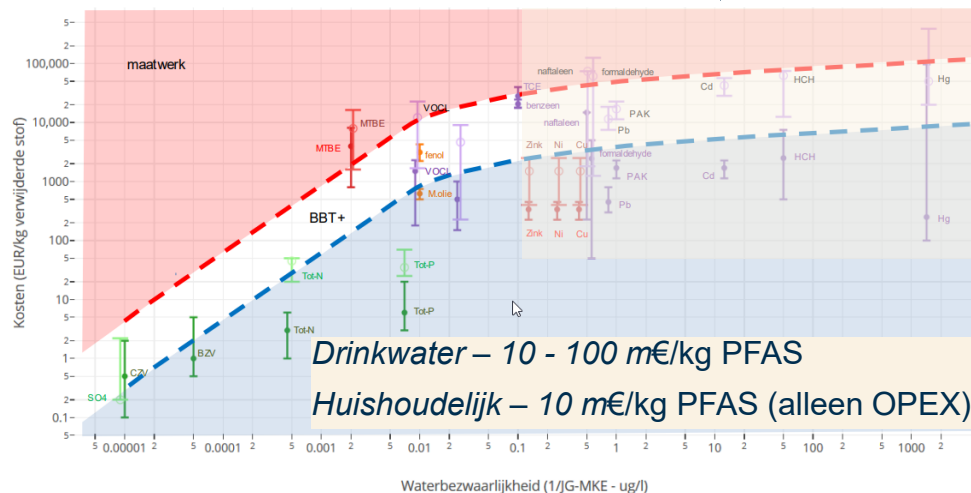
Kosteneffectieve maatregelen

100 – 150 K€/kg PFAS

Uitdaging

Kosteneffectiviteit vs. daadwerkelijke kosten

Welke heeft productie site heeft geen brandblus
oefeningen gehouden?



Inleiding

Case 1

Case 2

Case 3

Case 4

R&D

Afronding

Discussie en samenhang verschillende markten

- AC ondanks zijn slechte reputatie (hoge CO₂ belasting) in veel gevallen voorkeurs / referentie techniek
- PFAS verwijdering technisch mogelijk maar tegen significante kosten
 - >30 euro per persoon per jaar drinkwater en huishoudelijk afvalwater behandeling samen (indicatief, focus op OPEX, waarschijnlijk ondergrens!)
 - Let wel dit is een stijging van >30% voor de kosten water en afvalwater!
 - Vertaling van kosten voor PFAS water behandeling in de industrie naar consument (als onderdeel van product kosten) is complexer, maar kunnen zeker significant zijn!
- Kosteneffectiviteit maar ook CO₂ ambities wringen met de wens voor PFAS verwijdering
- Bron aanpak is essentieel om de kosten niet verder te laten escaleren

Voor de toekomst:

- Belangrijk om verder te kijken dan kosten en CO₂ footprint → LCA, MKI (of vergelijkbare methodieken)
- Voorzetten maatschappelijke discussie wat hebben we over voor een PFAS vrije samenleving
- R&D / innovaties om de kosten en milieu impact te verlagen van PFAS verwijdering

R&D

R&D – schuimfractionering in actief slib voor PFAS verwijdering uit percolaat

TKI project

Schuimvorming in aeratietank → van probleem naar oplossing

- Schuim is gevormd in aeratietank
- Huidige aanpak → voorkomen van schuimvorming (dosering anti-schuim)
- Voorstel → geen antischuim dosering, schuim verzamelen en verwijderen



R&D – schuimfractionering in actief slib voor PFAS verwijdering uit percolaat

PhD onderzoek (Josephine van Ruiten, begeleider Dr. Sanne Smith)

- Lab schaal



Onderzoeksvraag	Resultaat
PFAS verwijdering door schuimfractionering in actief slib	97% verwijdering voor lange keten en 49% verwijdering lange keten + korte keten (t.o.v. 10,5% en 1% respectievelijk zonder schuim productie)
Effect van schuimvorming en verwijdering op samenstelling en prestatie actiefslib	geen effect op N verwijdering waargenomen
Effect van co-surfactants op schuim hoeveelheid en kwaliteit	Nog te onderzoeken
PFAS afbraak in schuim	Nog te onderzoeken

- Full scale
 - Ontwerp en testen van verschillende schuimverwijdering systemen in rwzi (Afvalzorg)



Water in Industry 2026



WATER 2026
IN INDUSTRY
an IWA conference

Balancing water demand to
enhance availability and
quality – From Science to
Implementation

- Conference Venue: Delft University of Technology
- Date: Sat 27 June – Fri 3 July 2026

Zijn er nog vragen?



Julian Ros

Consultant drinking water
technology

Julian.ros@haskoning.com



Laura Piai

Consultant wastewater
technology

Laura.piai@haskoning.com



Marco Kerstholt

Senior process engineer /
Expert industrial water

Marco.kerstholt@haskoning.com