

**stowa**

ATLANTIS  
**RIO  
NED**  
STAD - WATER - HUIS

**Vlakwa**  
VLAAMSE KENNISCENTRUM WATER  
FLANDERS KNOWLEDGE CENTER WATER

 **vito**

**KENNISEVENT NIEUWE SANITATIE**

**Een samenwerking over de grenzen heen...**

28 November 2019 – Bovendonk, Hoeven (NL)

# High-Tech ontwikkelingen



# Electrocoagulatie Forward Osmose Nazuivering met algen

# Electrocoagulatie – flotatie als potentieel nieuwe sanitatie

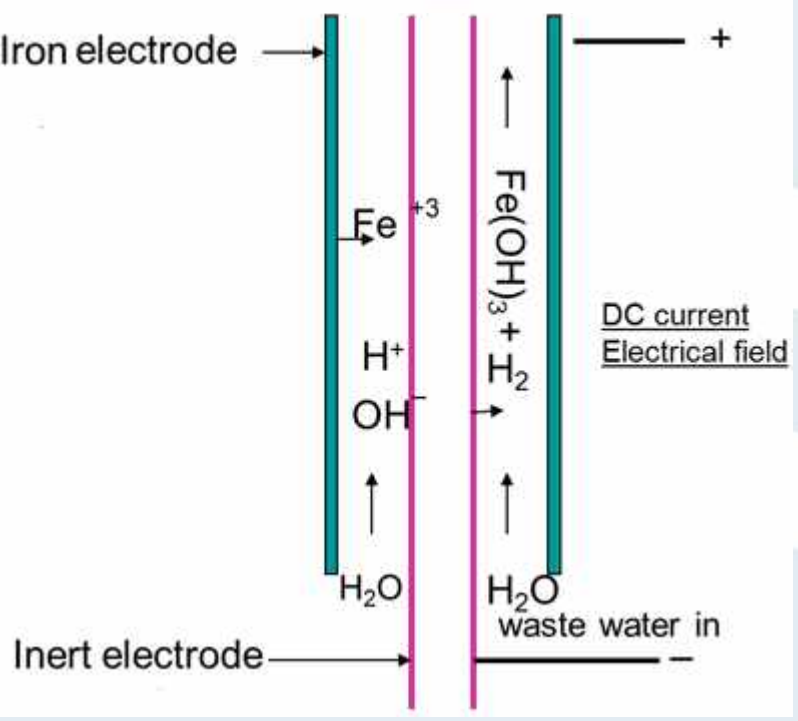
Parmentier Dries  
Noah Water Solutions  
28/11/2019



# Inleiding Noah Water Solutions

- ⇒ Oprichter: Rik Van Meirhaeghe
  - ⇒ 20 jaar ervaring in de engineering services sector
  - ⇒ Oprichter van succesvolle technologie bedrijven (e.g. Genano Oy)
- ⇒ Kern-technologie:
  - ⇒ Gepatenteerde reactor ontwikkeld door Dr. Hannu Suominen
  - ⇒ Gebruik door licentie overeenkomst
  - ⇒ Uitwerken eigen patent omtrent reiniging van de cellen: BE2018/5601
- ⇒ Partners in verder onderzoek:
  - ⇒ Universiteit Antwerpen
  - ⇒ Universiteit Gent
- ⇒ Bedrijfspartners:
  - ⇒ MUST (CH) – chemical industry
  - ⇒ Axelot (S) – paper industry

# Inleiding Electrocoagulatie



- Reacties aan de positief geladen elektrode:
  - aluminium of ijzer ionen
  - binden met alle vervuiling in het afvalwater
  
- Reacties aan de negatief geladen elektrode:
  - waterstof gas
  - breken van emulsies
  - opwaartse stuwing van het gevormde slib

# Werkingsprincipe reactor

**5** De ijzer - aluminium hydroxide, VLOK, drijft door de geproduceerde H<sub>2</sub>. Er is geen mechanical scheiding enkel gravitationeel

**4** De binnenste INERTE ELEKTRODE produceert veel fijne waterstof bellen die een drijvend effect veroorzaken.  
 De inner electrode is uitgerust met kleine gaatjes, die kunnen gebruikt worden om de electrodes te reinigen wanneer nodig.

**3** De geproduceerde metaal ionen reageren met water ter productie van metaal hydroxiden, die colloïdale deeltjes en vervuilingen mee integreren, adsorberen en coprecipiteren

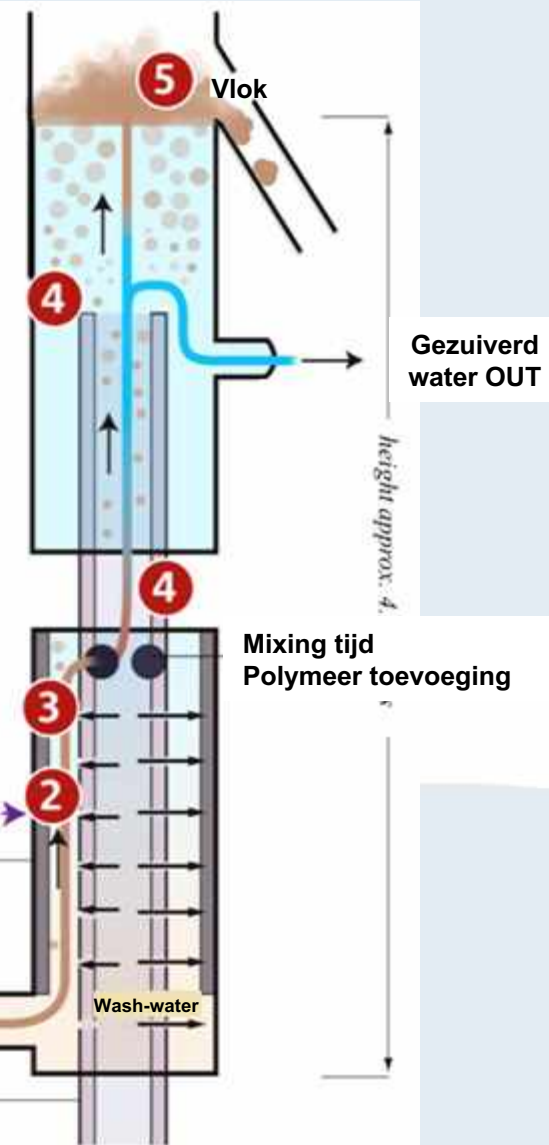
**2** De OPOFFERINGS ELEKTRODE opgemaakt uit ijzer of aluminium zorgt voor de ontwikkeling van metaal ion complexen afhankelijk van de pH

**1** Afvalwater wordt gepompt door de ruimte tussen de twee coaxiale elektrodes

DC stroom

OPOFFERNGS ELEKTRODE

INERTE ELEKTRODE



# Voordelen

- ⊕ Goedkopere optie voor het halen van de lozingsnorm
- ⊕ PLC gestuurd:
  - ⊕ Onbemande werking
  - ⊕ Wekelijkse inspectie
- ⊕ Affiniteit van ijzer/aluminium hydroxides voor:
  - De meeste negatief geladen deeltjes (bacteriën, organische vervuiling,...)
  - Fosfaten
  - Zware metalen
  - Fluoriden, cyaniden
- ⊕ Geen extra chlorides in het afvalwater
- ⊕ Desinfectie
- ⊕ Minder slib productie vergeleken met chemische behandeling
- ⊕ Korte behandelingstijd
- ⊕ Compacte reactor

# Labo reactor



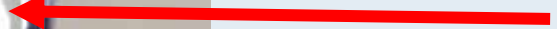
Afloop slib



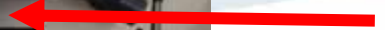
Afvoer effluent  
Hoogteregeling  
slibvorming



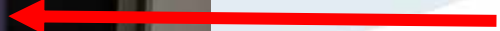
Flocculatie toren



Statische mixer



Elektrode cel





# Pilot reactor



- Prototype voor industriële testen: 2x 20 ft. container
- 'Plug & Play' → water + electriciteit (400V, 63A)
- Oppervlakte 50 m<sup>2</sup>
- Manuele bediening
- Voorbehandeling deeltjes >2mm

# Piloot reactor



- ⊗ Voorraad tanks (niet zichtbaar) + pomp circuit
- ⊗ Metingen van debiet/polymeer/pH/EC
- ⊗ Alle parameters worden geregistreerd in log files door PLC → set-up voor een protocol voor industrieel afval water.
- ⊗ Automatische regulatie van pH en druk

# Piloot reactor



- Twee bruikbare cellen
  - Gesegmenteerd
  - Volle Fe/Al elektrodes
  - Veranderbaar
- Flexibele aaneensluiting mogelijk voor cascade runs

# Ervaringen tot nu toe

Nereus: Resource recovery project from waste water

- ⇒ Specific focus op ortho-phosphate verwijdering
- ⇒ NEREUS project
- ⇒ water met een lage conductiviteit (0,8-1,5 mS/cm)
- ⇒ Verwijdering fosfor tussen 96-99%
- ⇒ COD verwijdering tussen 40-50%



# Ervaring

## Papier & Pulp Industrie



# Ervaring

## Algen oogsten

- Project in samenwerking met de Ugent campus Kortrijk onder supervisie van Prof. Stijn Van Hulle en doctoraatstudent Dave Manhaeghe
- Influent: pH 7,2; conductiviteit 2,35 mS/cm



# Ervaring

## Algen oogsten

- ⇒ Concentratie algen in het concentraat is meer dan een factor 100 hoger
- ⇒ Geoogste algen met aluminium blijven hun groene kleur behouden, niet zo met ijzer.
- ⇒ Zowel met het concentraat als met het effluent was het mogelijk om de algen terug te laten groeien. → non-destructieve oogstmethode
- ⇒ Energie consumptie (0,3A; 12 A/m<sup>2</sup>) was 0,22 kWh/m<sup>3</sup> en resulteert in een opex cost van 0,02€/m<sup>3</sup>



# Potentiële toepassingen

## Sanitatie

- Testen uitgevoerd op het zwart/grijs afvalwater van restaurant Gust'eaux
- Parameters afvalwater:
- pH 7,19
- Conductiviteit 1,731 mS/cm
- Turbiditeit 197 NTU



# Potentiële toepassingen

## Sanitatie - Resultaten



- Zuivering aan 0,3A via aluminium elektrodes
- Elektrisch verbruik 0,084 kWh/m<sup>3</sup>
- Operationele kost 0,08 €/m<sup>3</sup>

# Potentiële toepassingen

## Sanitatie – Resultaten ECF

Type		inf	eff	% removal
Day		ECF		
afvalwater		No rain		
pH		6,85	7,70	-12%
EC	µS/cm	1.450	2.137	-47%
DO	mg/L	0,25	8,03	-3112%
Turbiditeit	NTU	235,0	13,20	94%
Zwevende stoffen	mg/L	85,0	10,80	87%
CZV	mg/L	356,0	74,0	79%
BZV	mg/L	218,0	49,80	77%
Ptotaal	mg/L	2,98	0,04	99%
PO4-P	mg/L	2,12	0,02	99%
NH4-N	mg/L	19,30	3,22	83%
NO2-N	mg/L	5,00	2,00	60%
NO3-N	mg/L	5,80	0,90	84%
TN	mg/L	25,7	23,6	8%

# Potentiële toepassingen

## Sanitatie – Resultaten ECF vs Wetland

	% removal	
	ECF	wetland
pH	-12%	4%
EC	-47%	-100%
DO	-3112%	-1763%
Turbiditeit	94%	99%
Zwevende stoffen	87%	90%
CZV	79%	78%
BZV	77%	98%
Ptotaal	99%	-%
PO4-P	99%	-%
NH4-N	83%	74%
NO2-N	60%	-%
NO3-N	84%	-%

**Note: Verschil verblijftijd!**

# Potentiële toepassingen

## Sanitatie – Noodzakelijke ontwikkelingsstappen

- ⇒ EC-F ziet er potentieel een heel goede techniek uit om zwart afvalwater te zuiveren voor hergebruik
- ⇒ Opschaling van labo testen naar piloot testen zijn nog nodig om dit te verifiëren

# Bedankt voor jullie aandacht!

Dries Parmentier  
[d.parmentier@noahws.be](mailto:d.parmentier@noahws.be)  
+32 472835954

# Electrocoagulatie Forward Osmose Nazuivering met algen

# CoRe Water

A new approach for municipal wastewater treatment



bluetec  
PROCESS WATER TECHNOLOGIES

# BLUE-tec – membrane technologies for the future



- Company
  - Engineering and contracting company
  - Focus on innovative membrane systems
  - Renkum, the Netherlands
- Clients
  - Industrial wastewater
  - Waste processing companies
  - Manure treatment
  - Municipal wastewater
  - Product concentration
- What we do:
  - Pilot testing & studies
  - Engineering
  - Realization of installations



Renkum [NL]





# What are the future challenges for wastewater ?



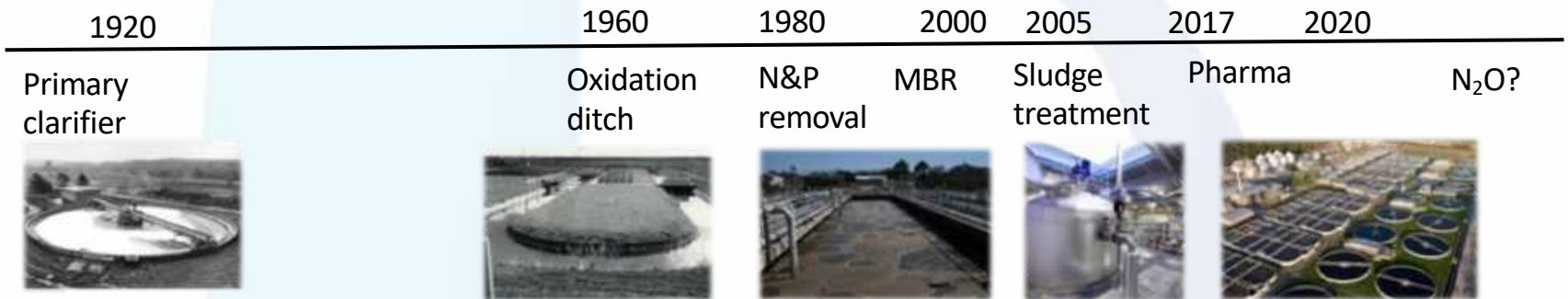
- Production of clean water (including removal of pharmaceuticals)
- Local reuse of treated water
- Minimum greenhouse gas emissions (including  $N_2O$ )
- Maximum recovery raw materials ( $NH_4$ , P, C, K, ...)
- Modular and flexible system



# Evolution of municipal wastewater treatment



Linear development of WWTP's



**RE-THINK THE SYSTEM:**

➤ Direct separation of raw wastewater



Clean Water  
+  
Concentrate (COD, N, P, etc)

# The road towards a sustainable WWTP



## Energie en grondstoffen fabriek



Optimizing existing WWTP's

- 90% of compounds are oxidized
- Recovery of valuables from sludge
- Recovery of NH<sub>4</sub> and P from digested sludge supernatant

## CoRe Water - FO



Directe separation of domestic wastewater

- Very clean water for (re)use
- Concentrate for recovery of valuables

## Decentral sanitation



Vuna

Decentral sanitation

- Effective
- Long road to implementation

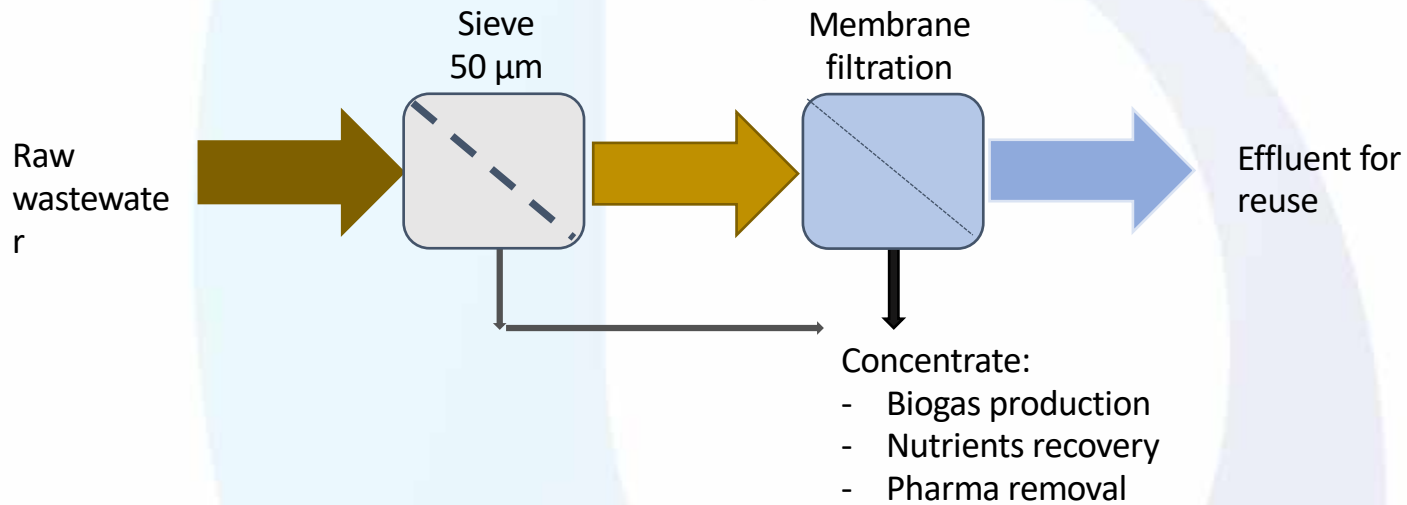
Now

2025

future

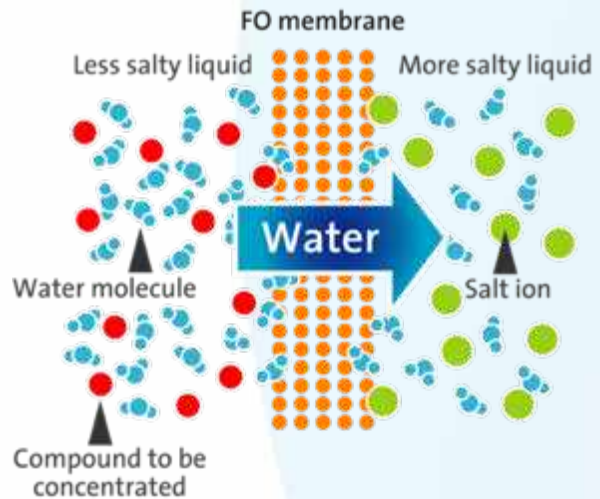
Time →

# Direct separation of raw wastewater



Use of low fouling membrane technology: **Forward Osmosis**

# Forward Osmosis

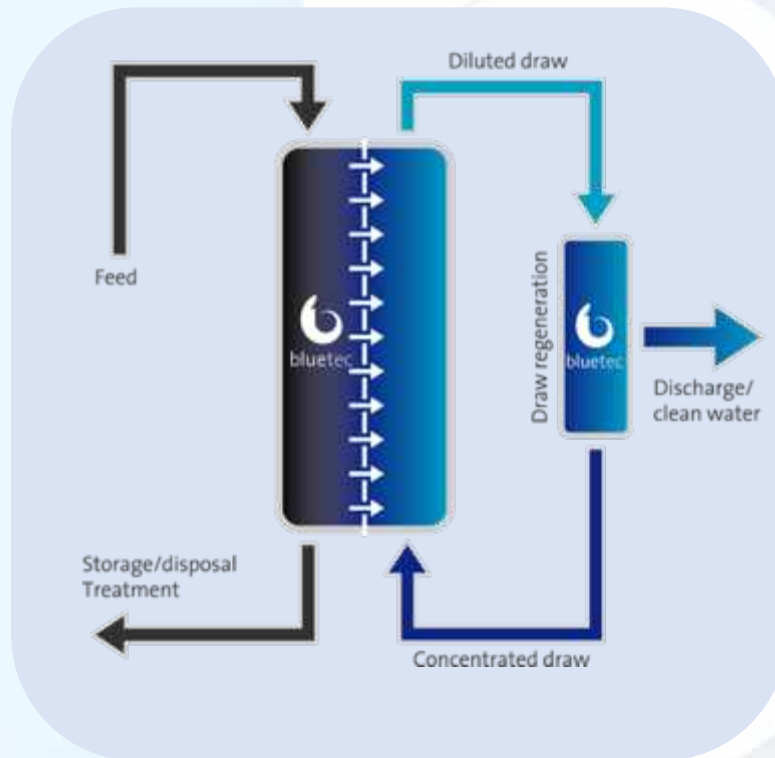


## Dewatering and concentrating

- No mechanical pressure
- Limited membrane fouling
- High concentration factors
- No heat impact



# Forward Osmosis Process



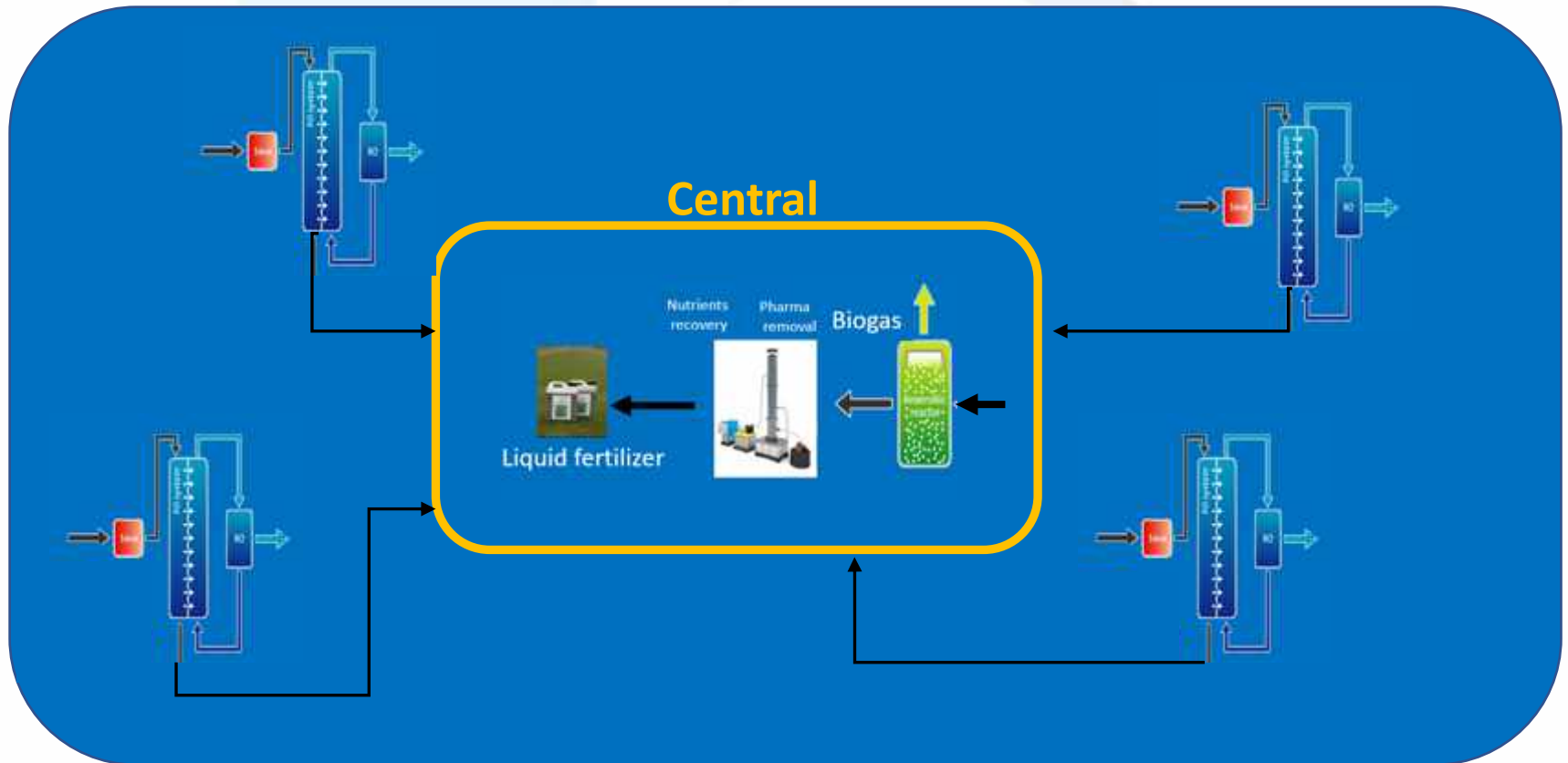
BLUE-tec proprietary  
**FO-membrane module**  
for handling difficult  
feed streams

## *FO-draw side:*

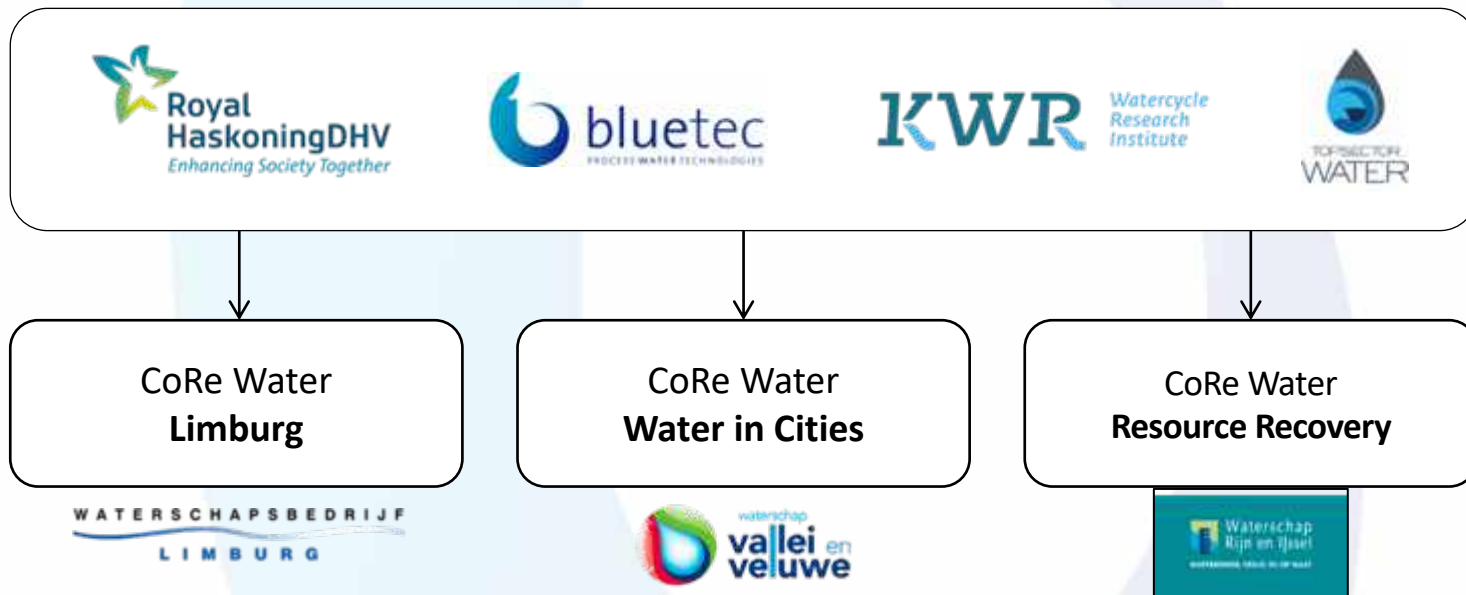
- Engineered system/clean solution
- Excellent water quality
- Double membrane barrier

Draw solution recovery  
system: RO, HBRO™, MD

# New treatment scheme for municipal wastewater



# CoRe Water: Concentrate – Reuse - Recover





# Development of CoRe Water concept



2000 – 2014	KWR	laboratory tests sewer mining concept	0,01 m <sup>3</sup> /d
2014	BLUE-tec/WBL	bench scale tests wwtp Venlo	0,1 m <sup>3</sup> /d
2015 – 2017	BLUE-tec/WBL	pilot tests wwtp Simpelveld (EUROSTARS)	5 m <sup>3</sup> /d
2017 – 2019	CoRe Water	pilot tests op wwtp Wehl and sewage pumping station Leusden	5 m <sup>3</sup> /d
2020 -2021	CoRe Water	big pilot at wwtp Roermond	50 m <sup>3</sup> /d
2022 -	CoRe Water	demonstration unit	1000 m <sup>3</sup> /d

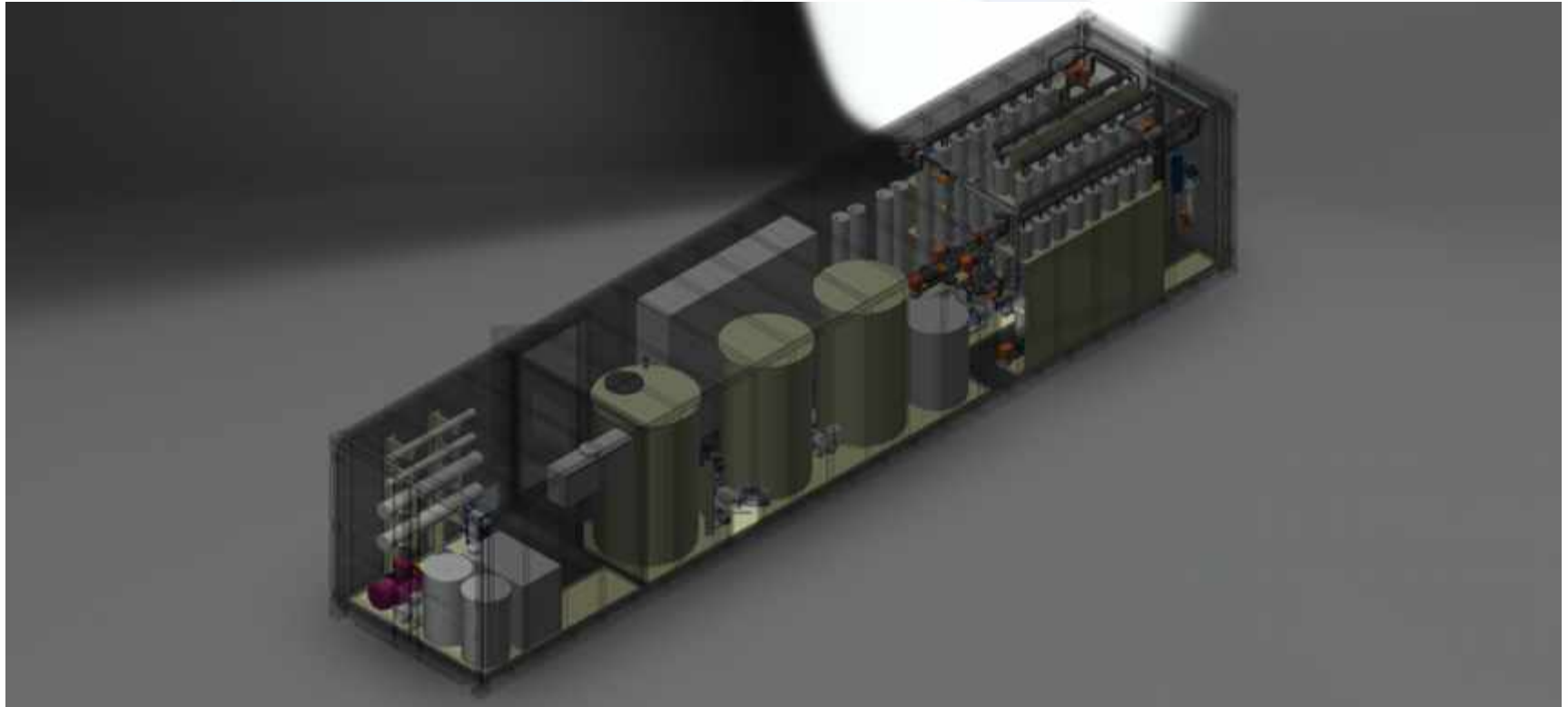
# Pilot test wwtp Simpelveld, Wehl and Leusden



- Concentration factor up to **30**
- Fouling control, development of new membrane cleaning methods
- Concentrate for biogas and nutrients
- Clean water for reuse



# Demonstration plant at WWTP Roermond



# Het CoRe Water concept



# Can CoRe Water meet the future challenges?



- Production of clean water (including removal of pharmaceuticals)
- Local reuse of treated water
- greenhouse gas emissions (including  $N_2O$ )
- Maximum recovery raw materials ( $NH_4$ , P, C, K, ...)
- Modular and flexible system



[www.blue-tec.nl](http://www.blue-tec.nl)



bluetec

PROCESS WATER TECHNOLOGIES

MEMBRANE TECHNOLOGY FOR A SUSTAINABLE FUTURE

Electrocoagulatie  
Forward Osmose  
**Nazuivering met algen**



## HIGH-TECH ONTWIKKELINGEN

# Q&A



**stowa**

ATLANTIS  
**RIO  
NED**  
STAD - WATER - LEVEN

**Vlakwa**  
VLAAMSE KENNISCENTRUM WATER  
FLANDERS KNOWLEDGE CENTER WATER

 **vito**

## KENNISEVENT NIEUWE SANITATIE

Een samenwerking over de grenzen heen...

28 November 2019 – Bovendonk, Hoeven (NL)

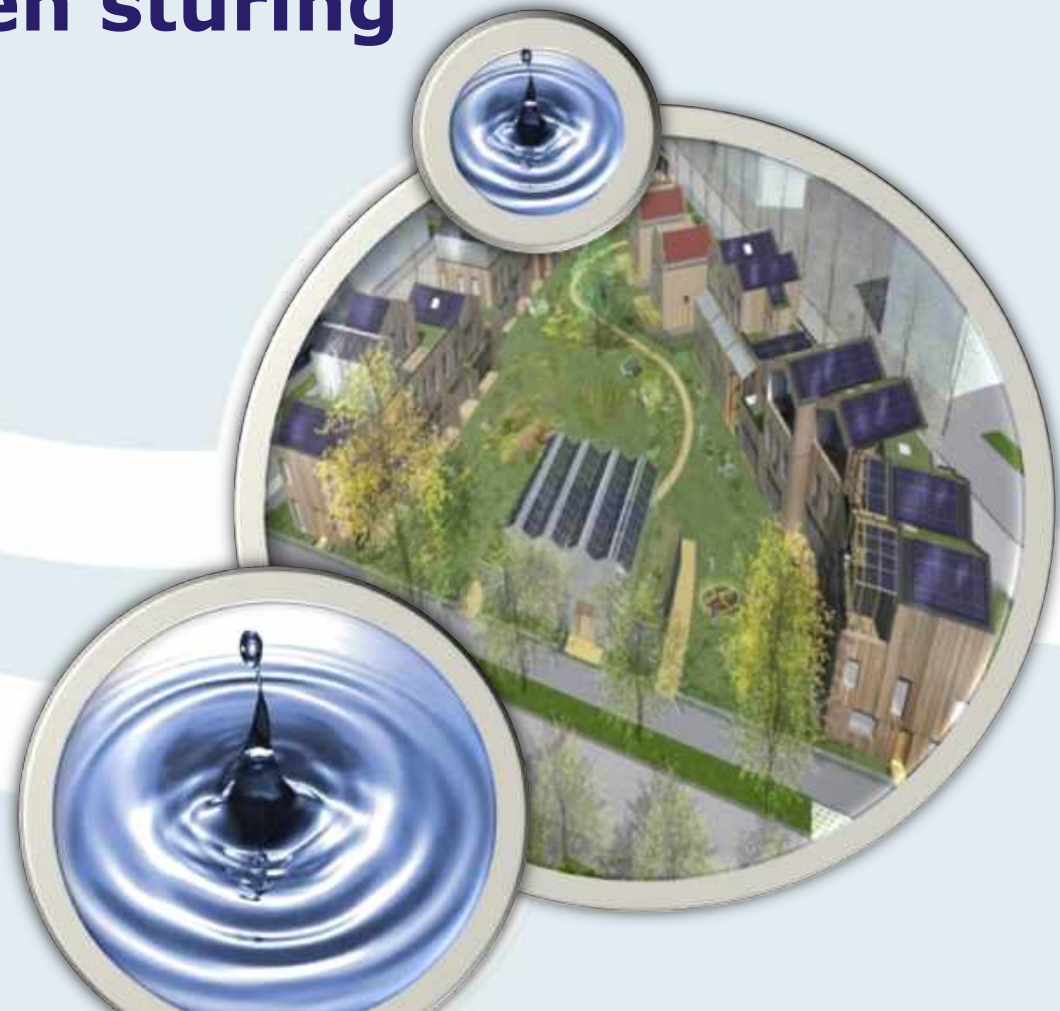
# Compacte systemen



**Online monitoring/sturing**  
**SBR-MBR**  
**Membranen**  
**Verregaande verwijdering micro's**

# Compactsystemen online monitoring en sturing

Ton Koekkoek  
AkaNova



# Inleiding

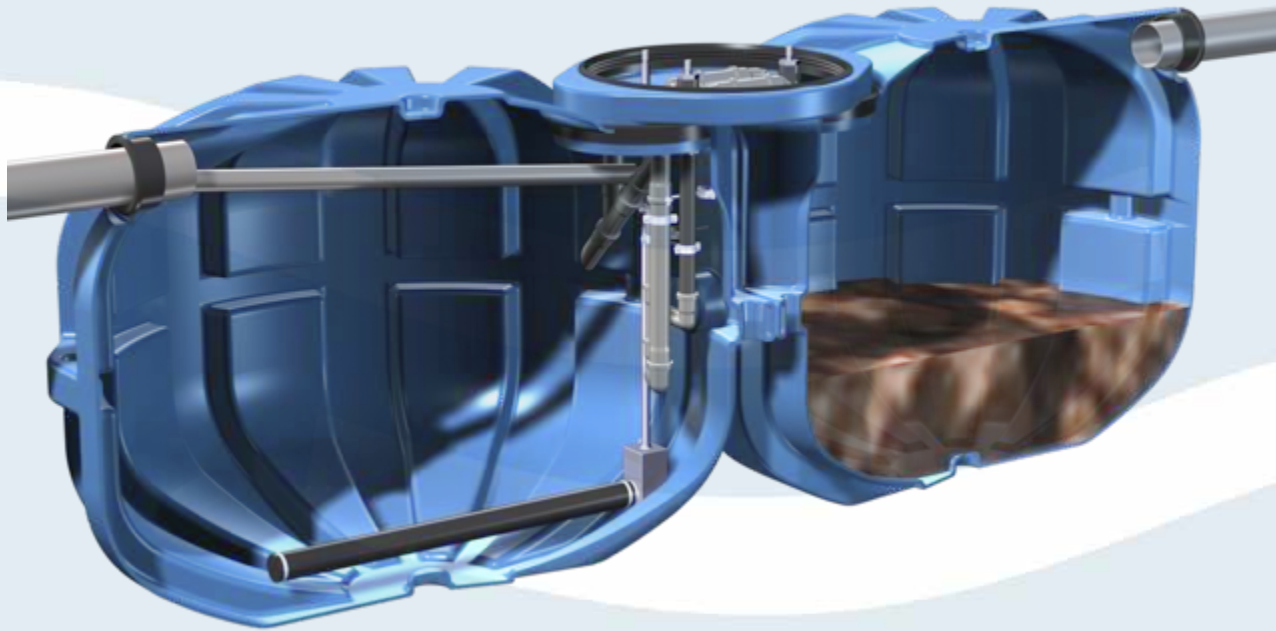
- **Communale zuiveringen hebben sensortechnologie en operators**

**Met als doel een optimale aansturing en controle**

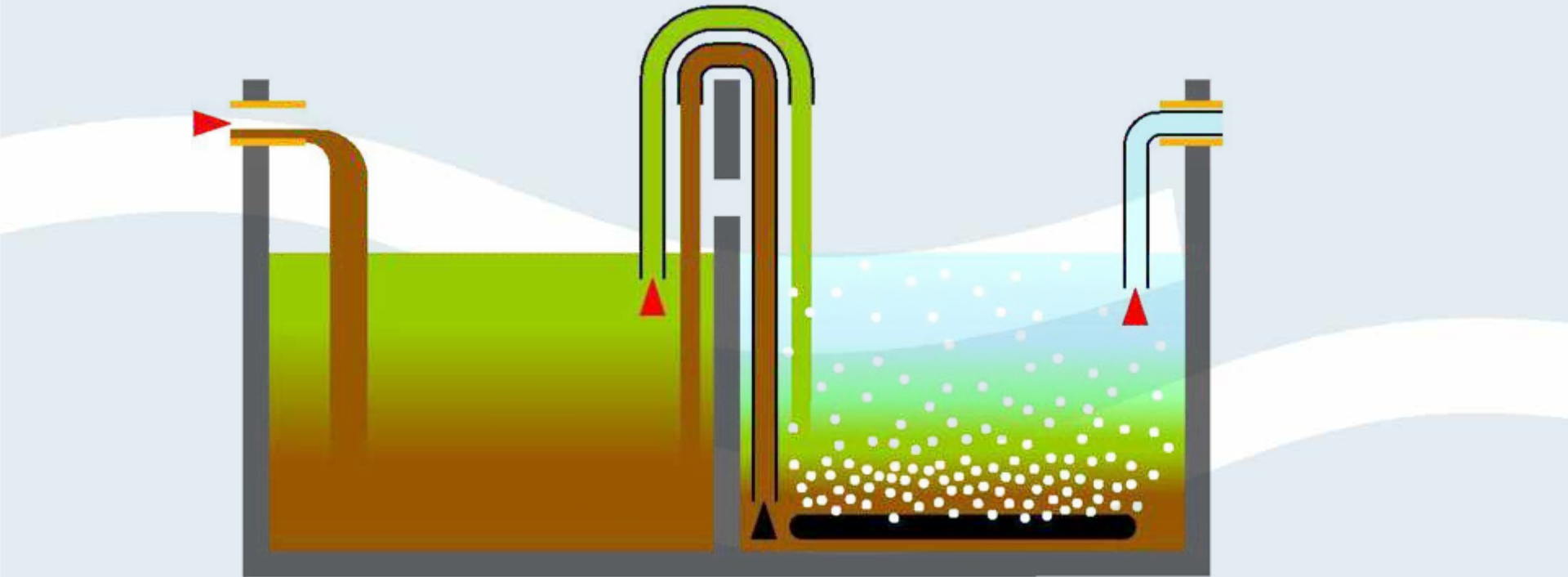
- **Decentrale zuiveringen/iba's functioneren met minimale controle en sturing**

**Dat kan beter!**

# Compactsysteem - principe



# Compactsysteem - principe



# Doel

**Krijg meer grip op proces en effluentkwaliteit van decentrale zuiveringen en iba's:**

## **Mogelijke voordelen:**

- **efficiënter proces:**
  - lager energieverbruik
  - hogere systeembelasting
- **hogere effluentkwaliteit**
- **constante effluentkwaliteit**

# Van regel- naar stuursysteem

**Benodigd: informatie → sensoren**

## **Uitdagingen:**

- Geen operator: **onderhoudsvrij**
- Afvalwater: **snelle vervuiling**
- Prijsniveau: **'t mag niks kosten'**

**→ 3-stappen plan**



# Eerste stap: niveau

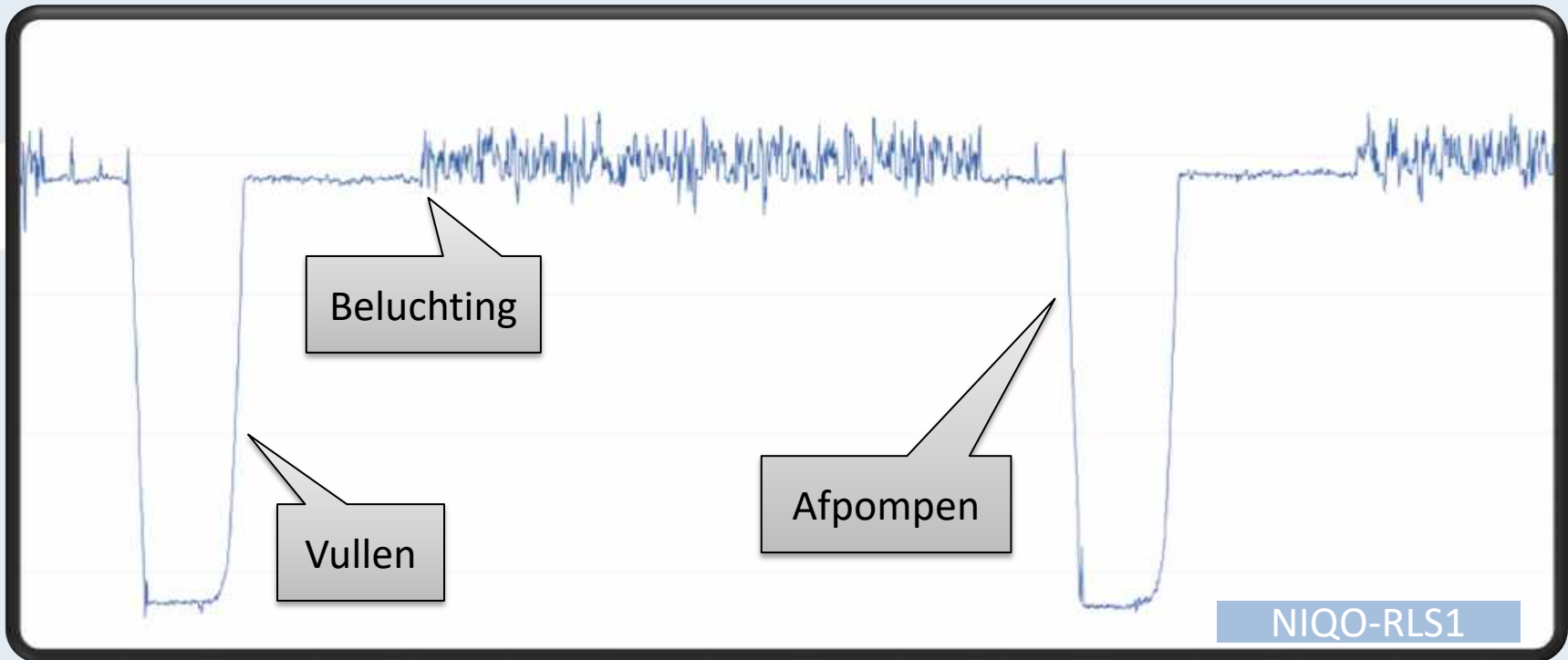
## Wat:

Vervanging vlotters door een echte niveau-meting (in één of meerdere tanks)

## Geeft:

- **Inzicht in de ware belasting**  
→ mogelijkheid tot sturen op basis van belasting
- **Inzicht in storingen, bijvoorbeeld:**
  - Pomp die niet functioneert
  - Afvoer die verstopt is

# Eerste stap: niveau



# Tweede stap: chemisch

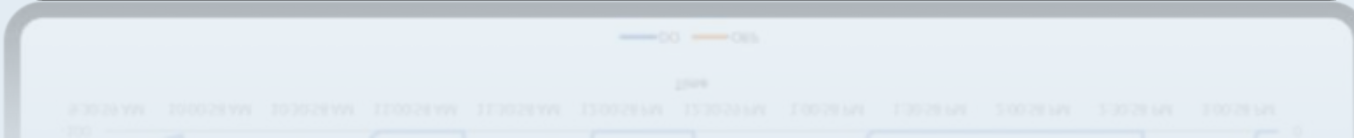
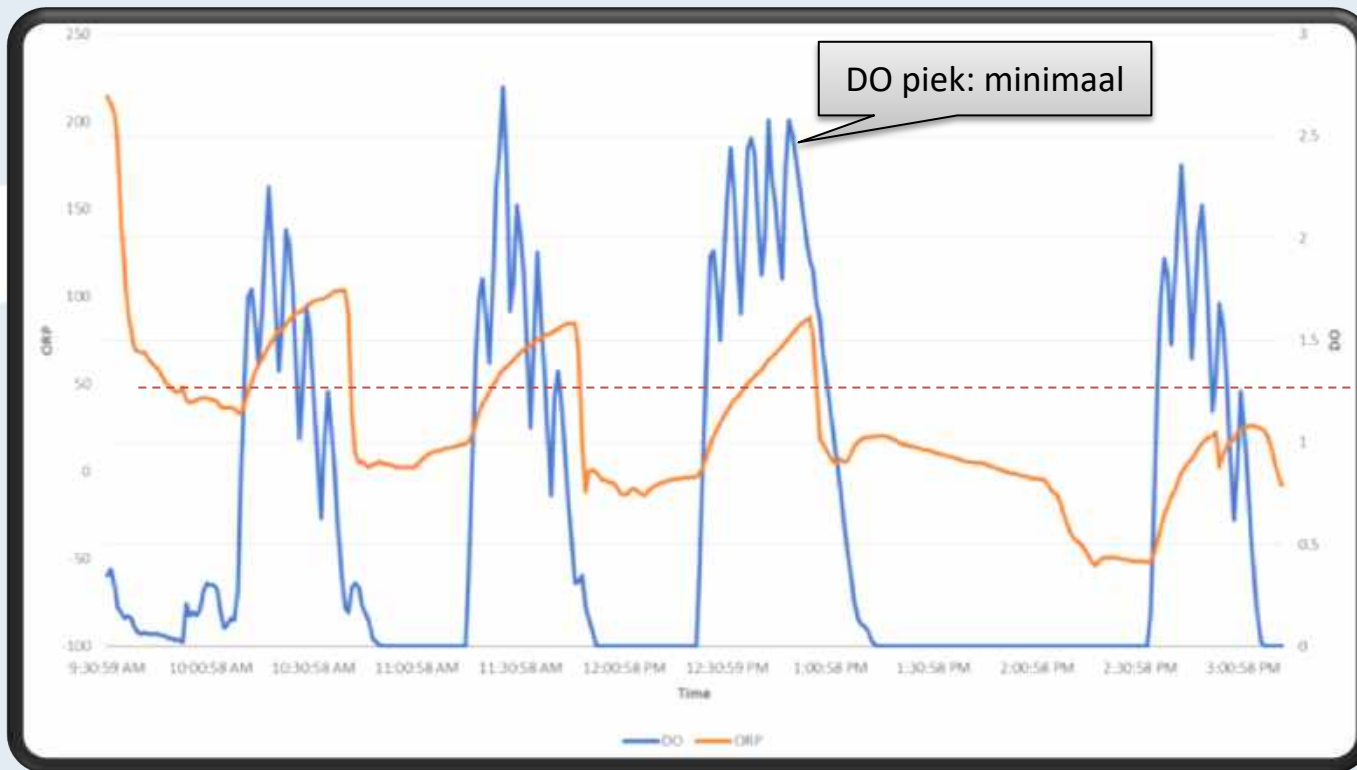
## Wat:

Meet één of meer grootheden:  
DO of ORP of ...

## Geeft:

- **Inzicht gedurende proces:**
  - mate van Denitrificatie / Nitrificatie
  - mogelijkheid tot beter sturen van luchtpomp
- **En daarmee een verbetering van het proces**

# Tweede stap: chemisch



# Derde stap: kwaliteit

## **Wat:**

Kwaliteitscontrole van effluent  
bijv. COD, totale N

## **Geeft:**

- **Inzicht in de prestaties**  
→ pas zuiveringsproces aan naar omstandigheden
- **Met uiteindelijk een beter eindresultaat**

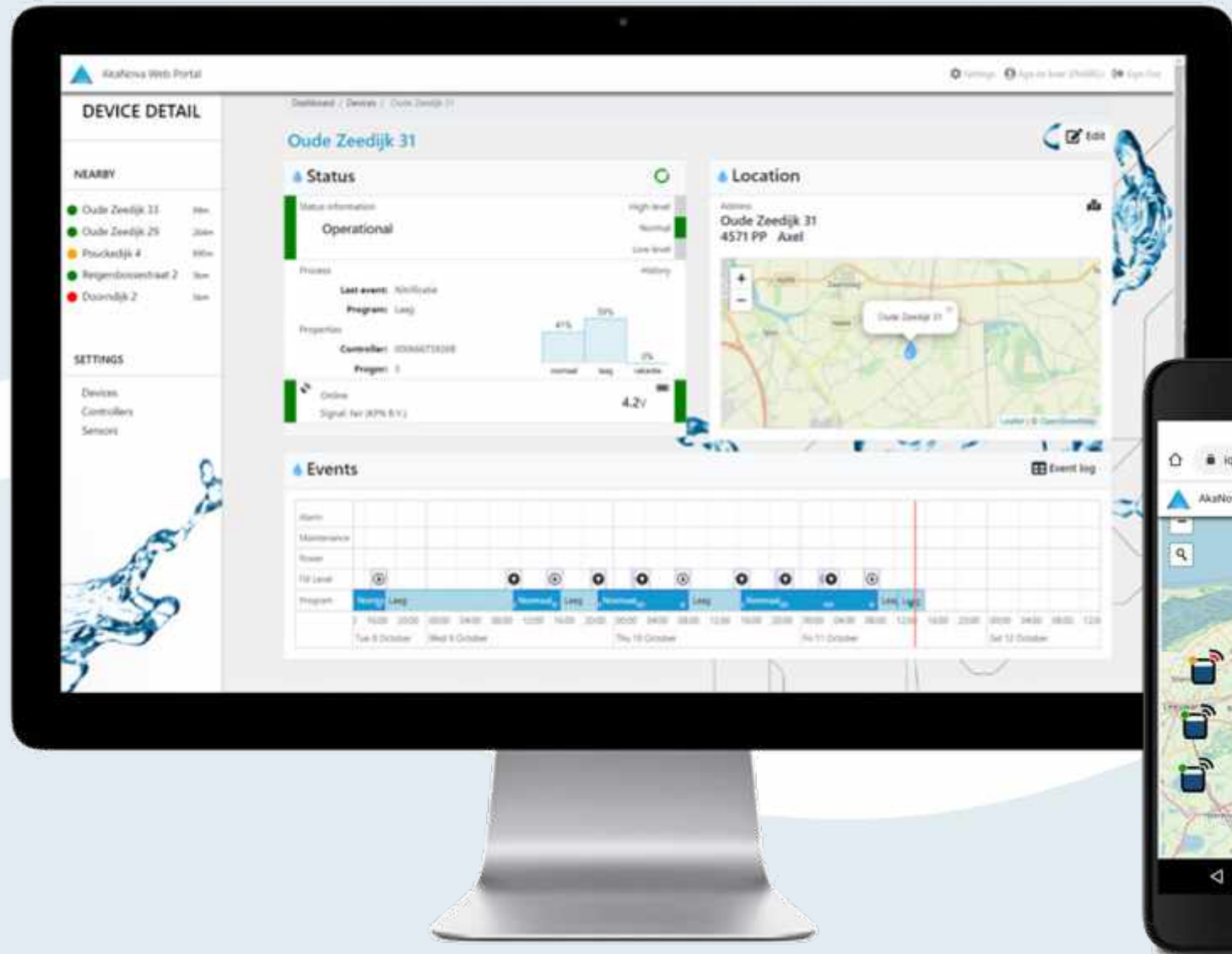
# Kosten vs toepasbaarheid

Stap 1	Niveaumeting	€350 – 750
Stap 2	Chemische meting (DO, ORP)	€500 – 1000
Stap 3	Kwaliteitsmeting	> €3.000

- **Kosten van sensoren moet omlaag**
- **Prijsniveau van iba's moet juist iets omhoog**

# Ervaringen tot nu toe

- Niveaumeting
  - **Veel voordelen voor onderhoud en werking**
- Chemisch
  - **Laat zien dat er ruimte is voor verbetering**
- Kwaliteit
  - **In ontwikkeling;  
bestaande oplossingen te duur  
én onderhoudsintensief**





# Toepassingsmogelijkheden

- **Iba installaties:**

- niveaumeting,
- misschien DO/ORP

- **Collectieve zuiveringen**

- Niveau, chemisch en kwaliteit – alle stappen

→ Is ook nodig, **want impact is groter dan van een iba**

# Noodzakelijke ontwikkelstappen

- **Zoektocht naar goedkope, robuuste sensoren**
- **Met name kwaliteit: COD, totale N, ammonium etc.**

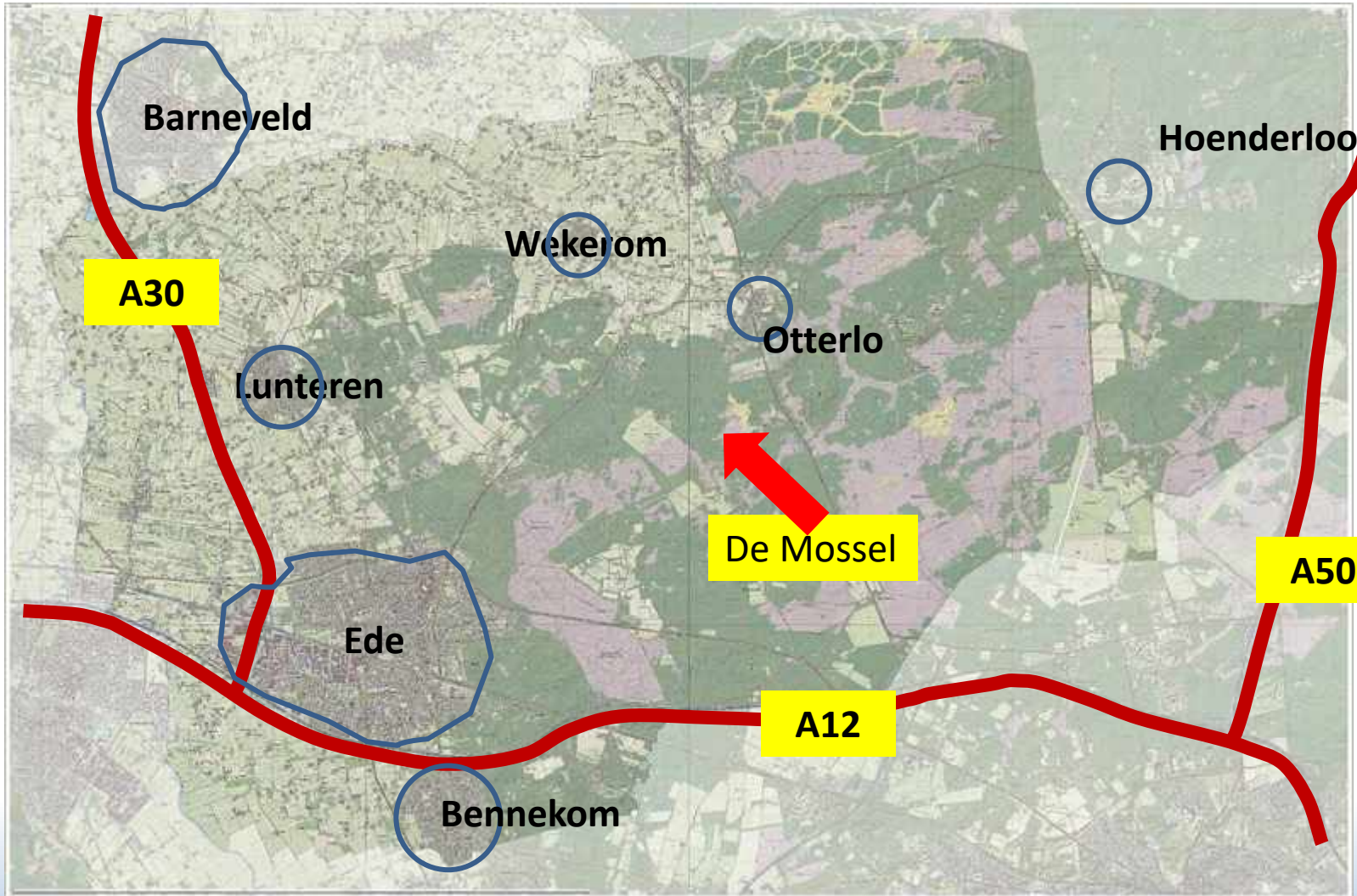


## COMPACTE SYSTEMEN

Online monitoring/sturing  
**SBR-MBR**  
Membranen  
Verregaande verwijdering micro's

# DECENTRALE AFVALWATERZUIVERING

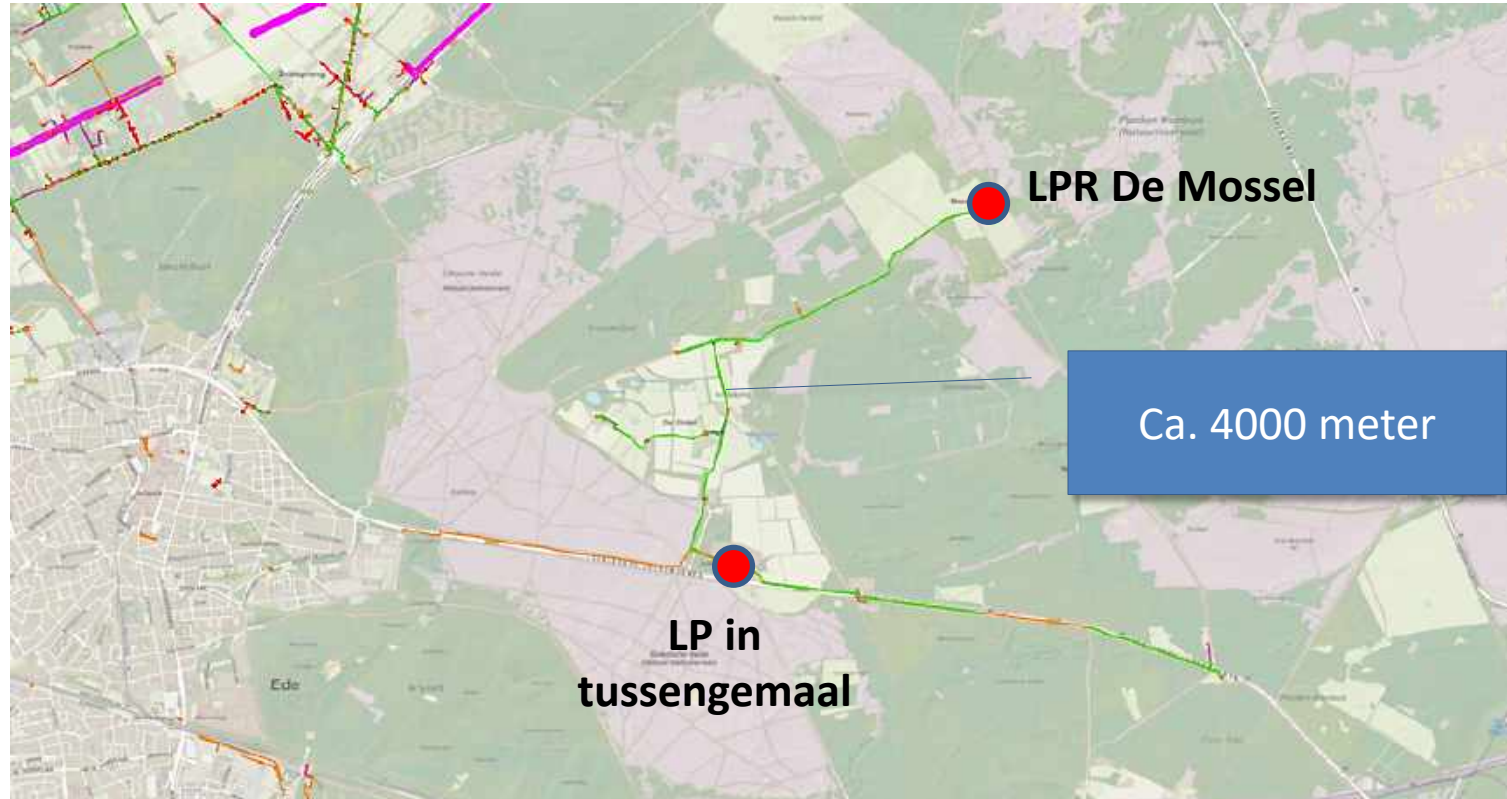
“De Mossel”  
te Ede



## WAT IS “DE MOSSEL”?









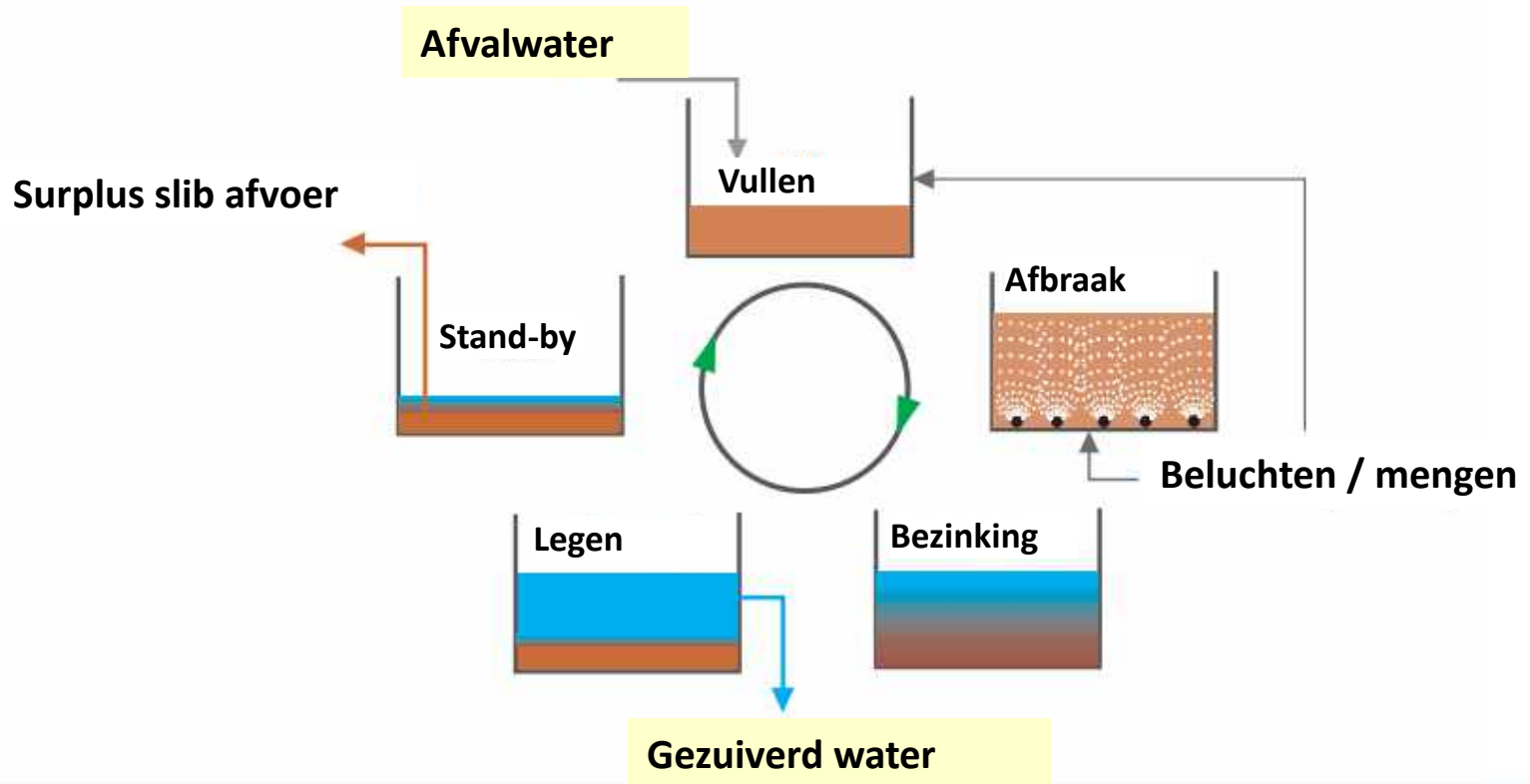
## VERTREKSITUATIE:

- LPR gemaal
- Lange persafstand
- Zeer wisselend aanbod afvalwater
- Veel storingen

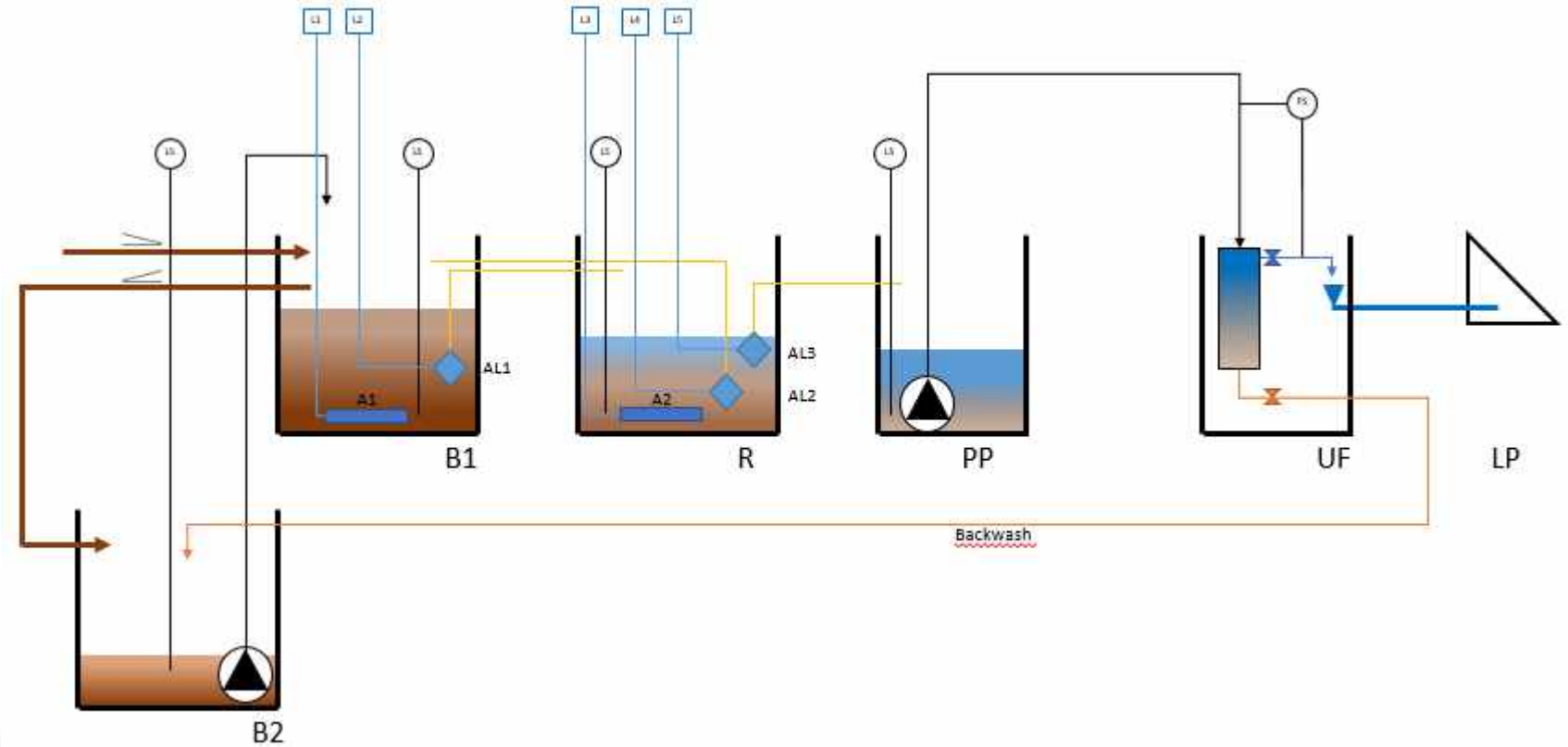
## OPLOSSING LOKALE AFVALWATERZUIVERING

- SBR principe met filtratie
- Geregelde buffervoorziening voor wisselend aanbod
- Seizoen standen
- Monitoring via telemetrie hoofdpst InterAct\*

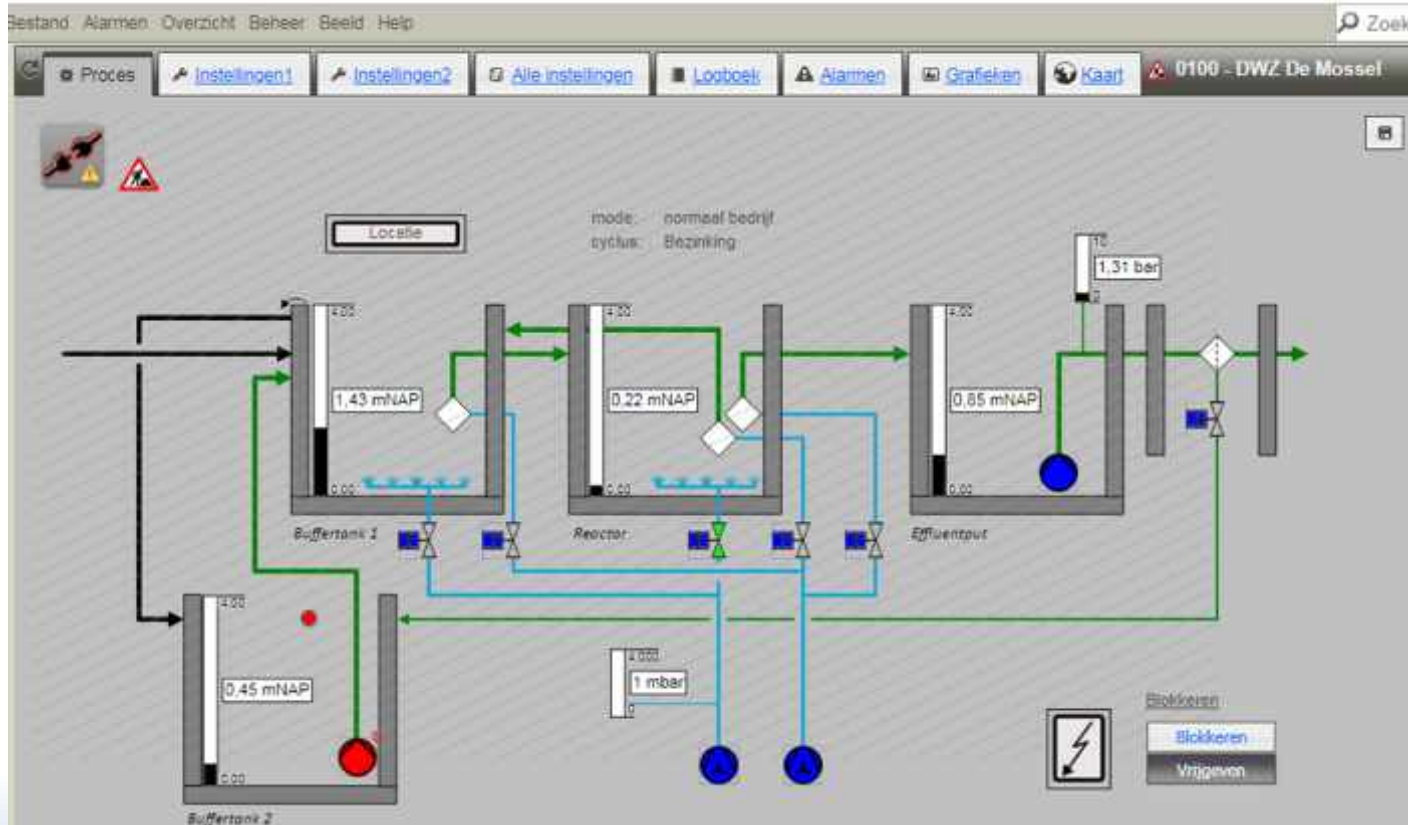
# SBR PRINCIPE



# SYSTEEMOPZET



# SCREENSHOT hoofdpost Telecontrolnet (TCN)

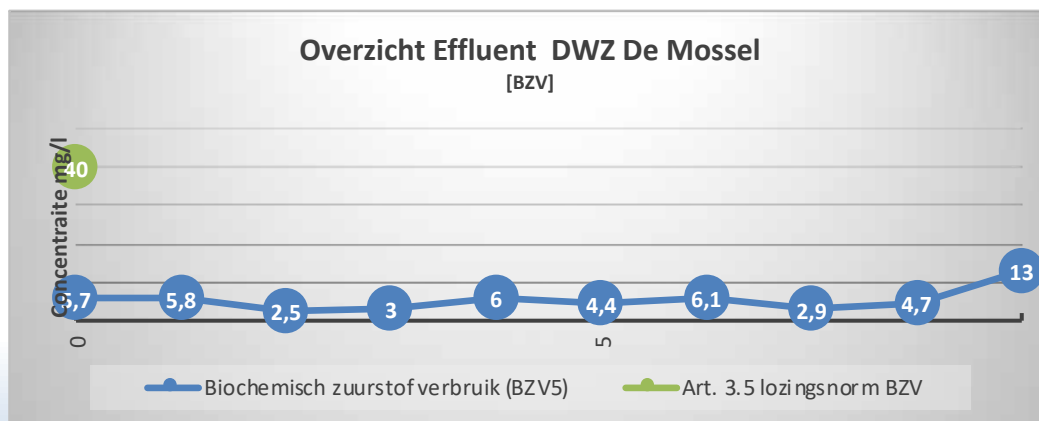
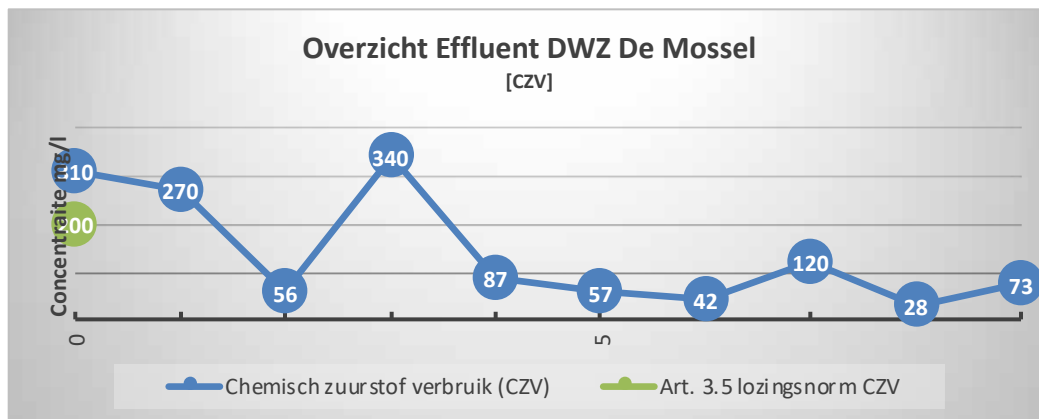


## ERVARINGEN TOT NU

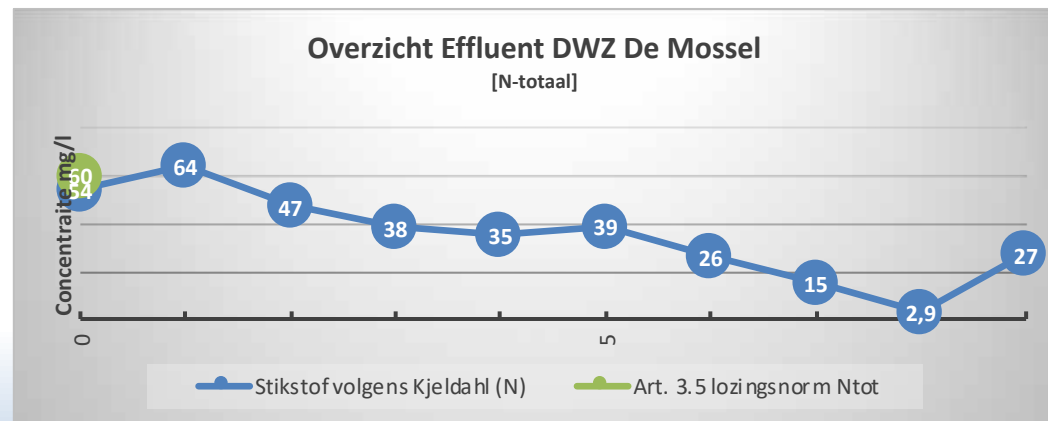
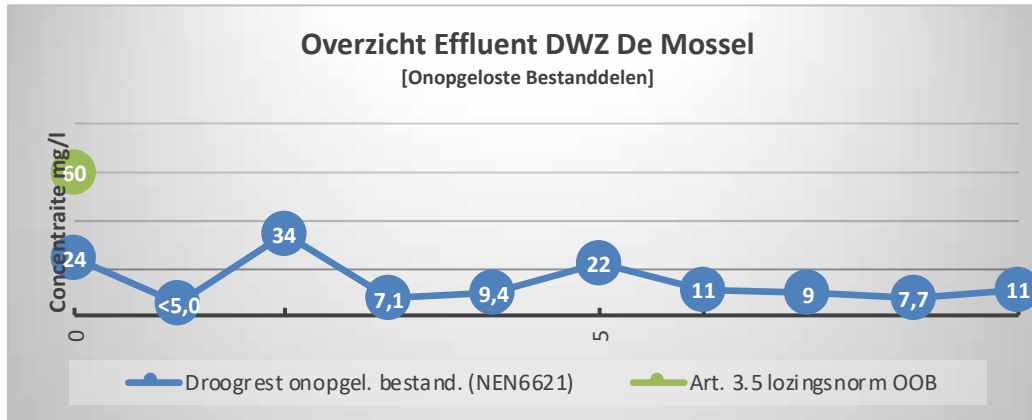
- “Zoeken” naar beste instellingen
- Beginperiode wat stankoverlast
- Systeem heeft nog capaciteit over
- Draait volledig stand alone
- Periodiek onderhoud 2x jaar
- Procescontrole na inregelen elke 2 maand\*



# RENDEMENT

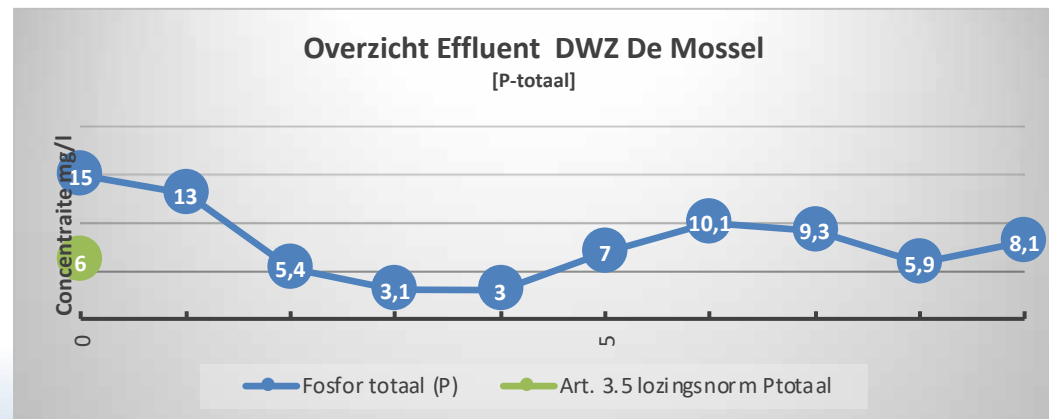
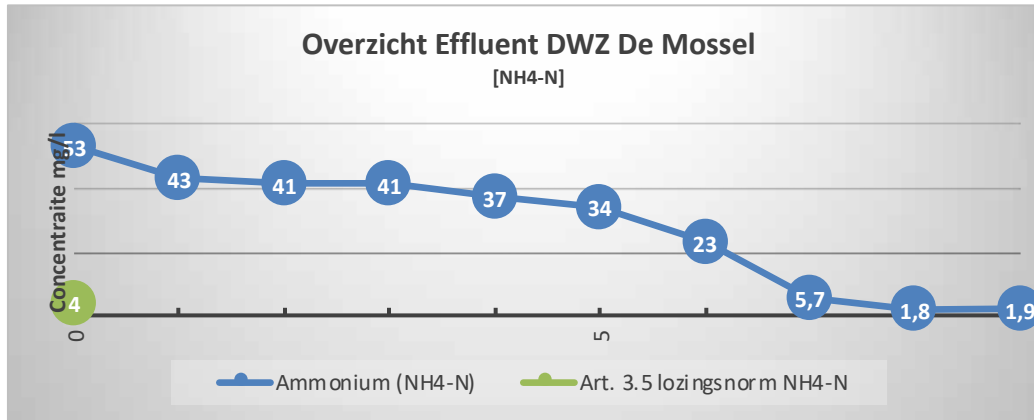


# RENDEMENT





# RENDEMENT



## TOEPASSINGSMOGELIJKHEDEN

- Vergelijkbare locaties
- Woningen/clusters
- Campings
- Kantoorlocaties buitengebied
- Militaire of vergelijkbare locaties

## Noodzakelijke ontwikkelstappen

Meer flexibelere houding waterschappen  
m.b.t. lokale zuiveringen

# Bedankt



Harro van der Zande  
Copier Water BV



## COMPACTE SYSTEMEN

Online monitoring/sturing  
SBR-MBR  
**Membranen**  
Verregaande verwijdering micro's

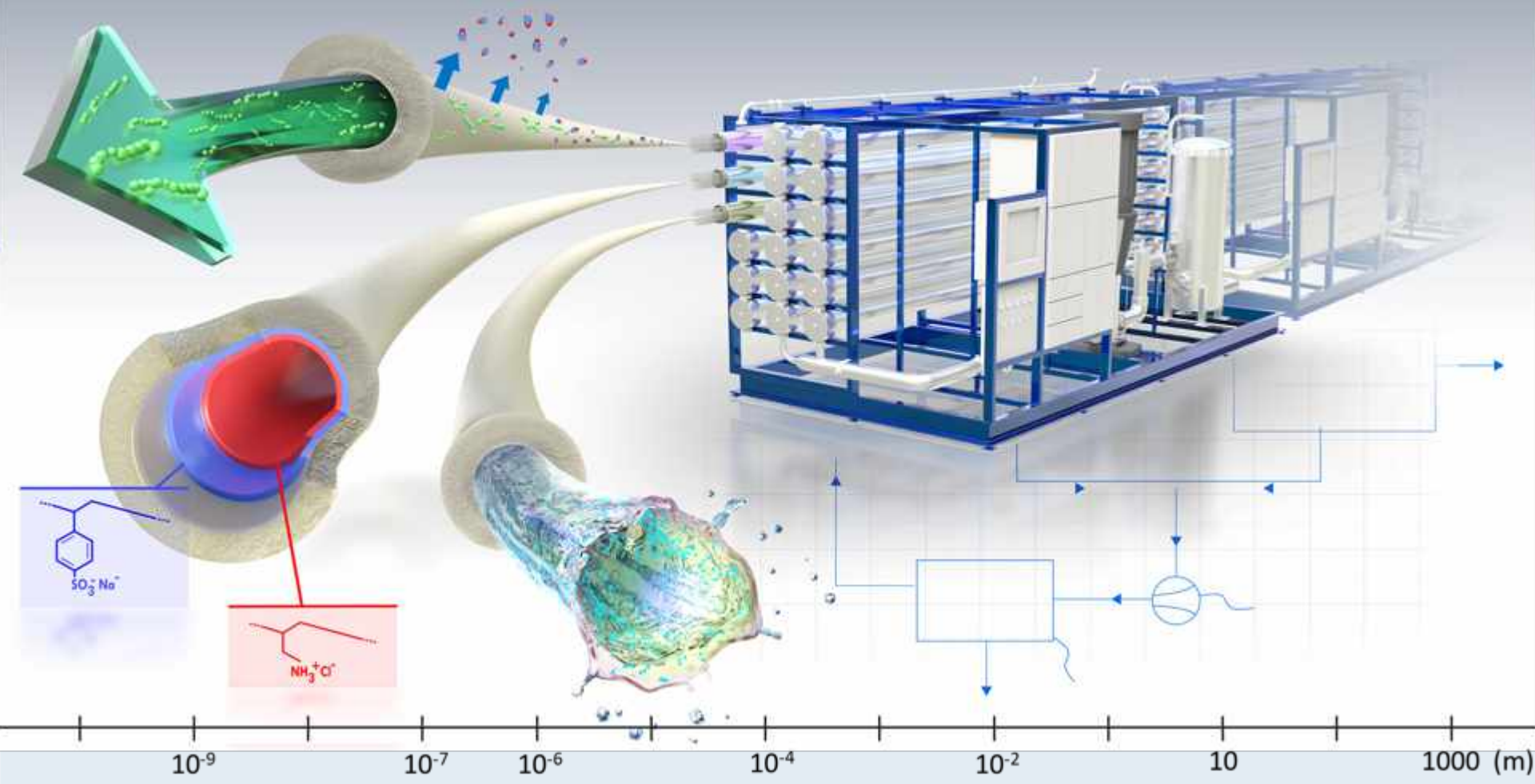
# Compacte Systemen: Membranen

Heleen Sombekke (EMI), Joris de  
Grooth (FiF)

Membrane Science & Technologie  
Universiteit Twente



# MST: From Molecule to Mega Joule



Benes de Grooth	Bouwmeester Meulenberg	Lammertink Wood	vd Meer Kemperman	Nijmeijer Winnubst Luiten	Roesink	de Vos
FiF	ERG	SFI	MTEWP	IM	AMAA	MSS



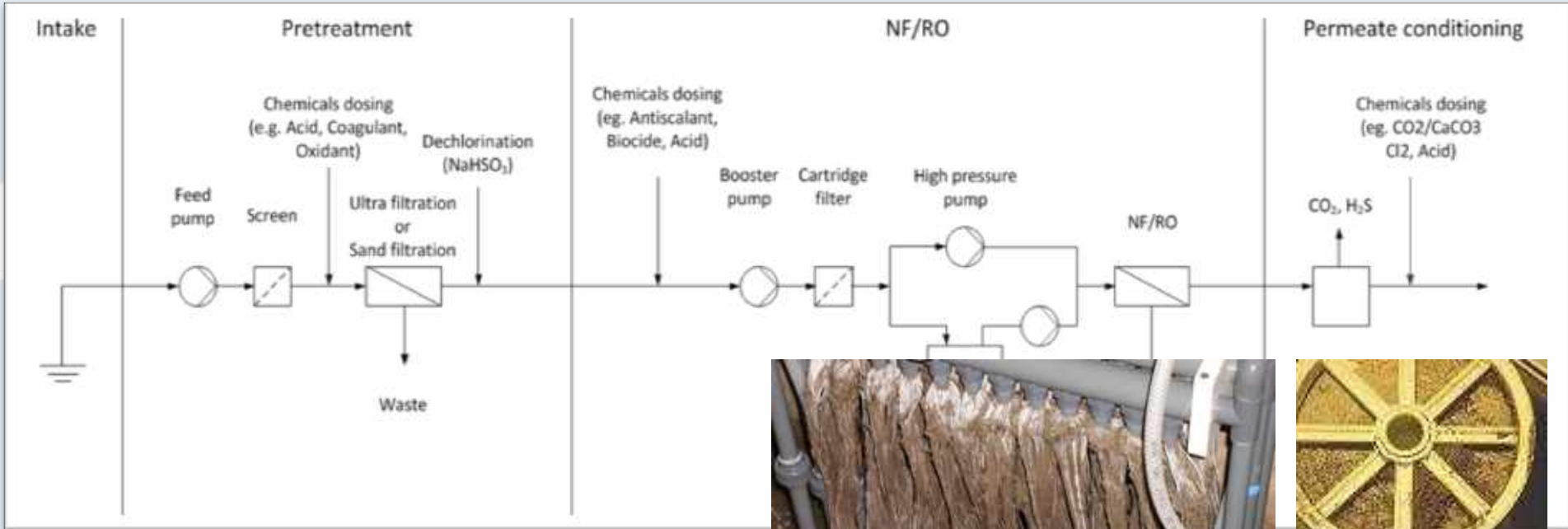
European Membrane Institute Twente  
Visser, Sombekke



# Nanofiltratie als barrière

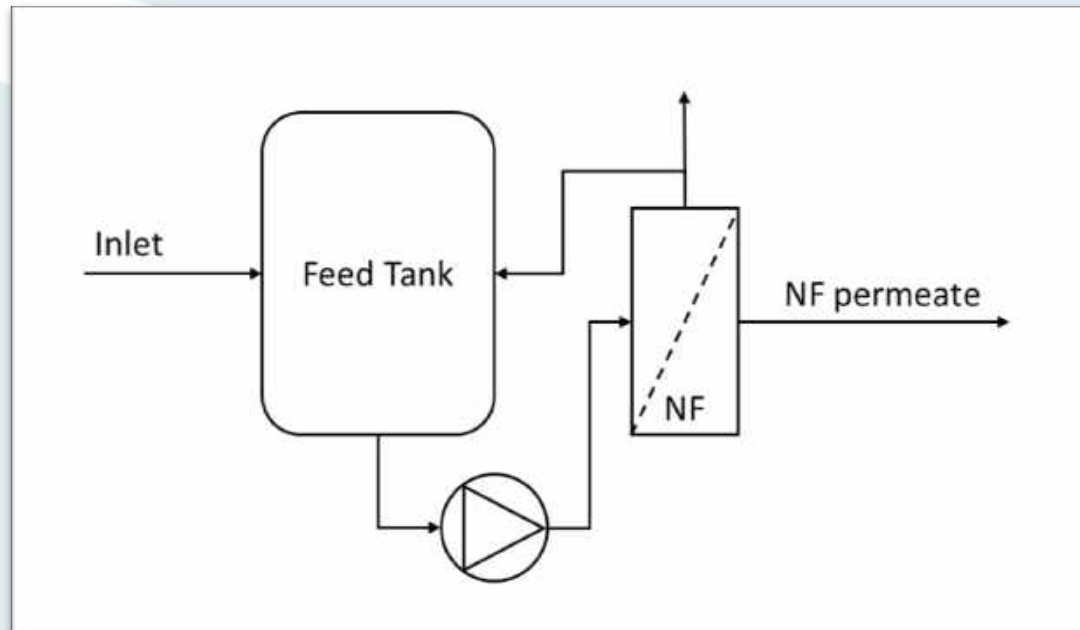
- **Aangepaste selectiviteit:**
  - **Porie <1 nm**
  - **Passage van mineralen**
- **Zuiveren van effluent:**
  - **TOC >95%**
  - **Microverontreinigingen 80-99%**
  - **Micro- en nanoplastics, bacteriën, virussen (LRV >9)**

# Standaard membraan proces



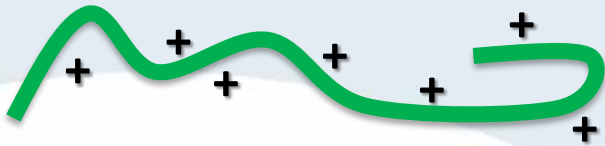
# Decentraal membraan proces

- **Leven met (bio-)vervuiling:**
  - **Gebruik van holle vezel geometrie**
  - **Aanpassing chemie**



# Ervaringen tot nu toe

- Van polyamide films naar Laag-bij-Laat op een vezel:



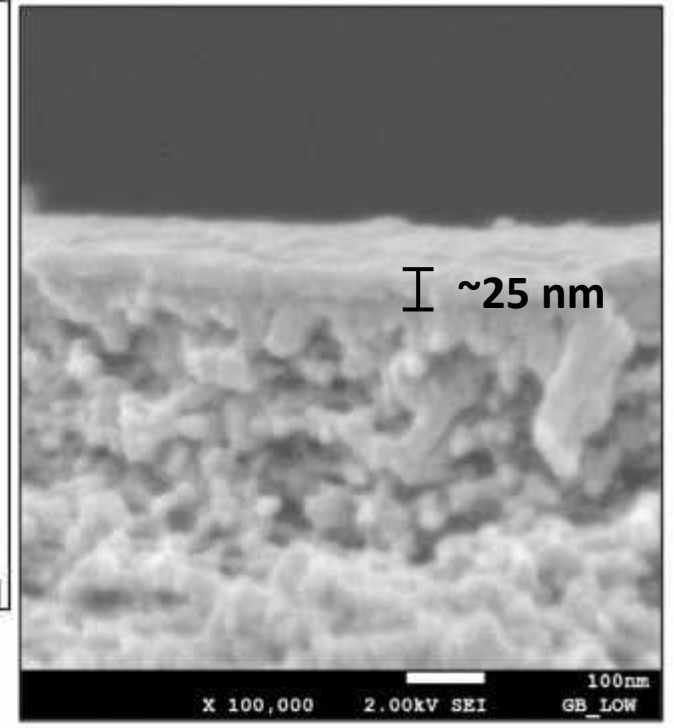
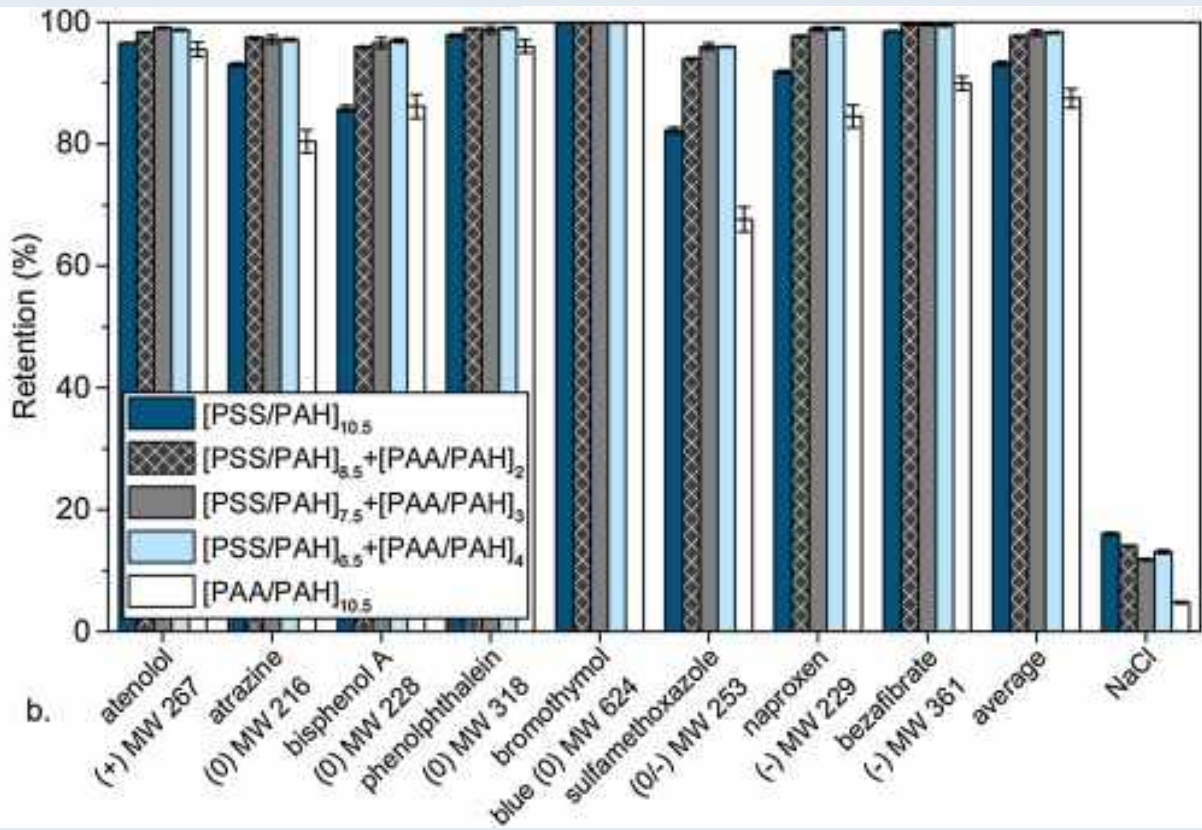
# Ervaringen tot nu toe

- **Van polyamide films naar Laag-bij-Laag op een vezel:**

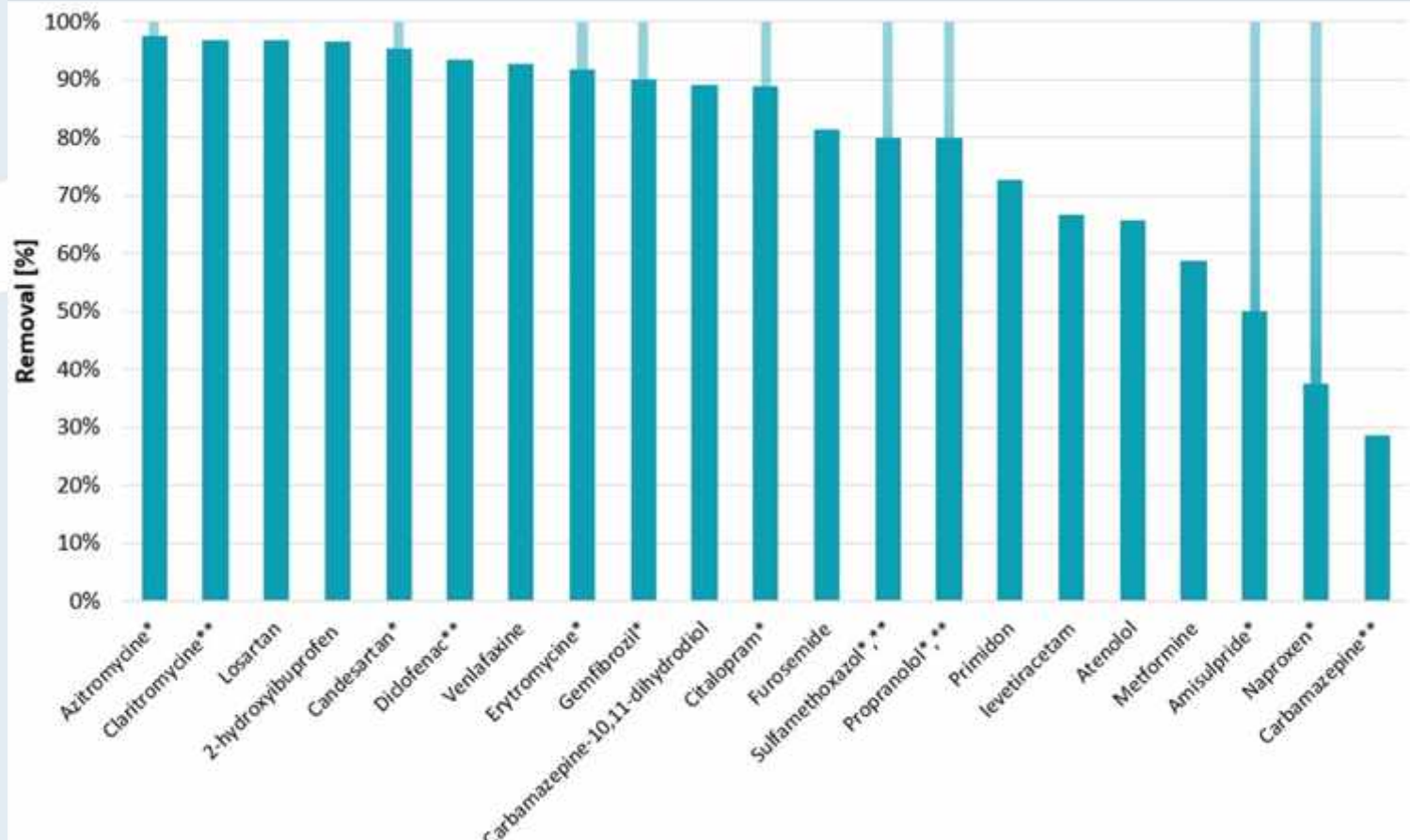


- **Dunne polelectrolyte films**
- **Controle over dikte, selectiviteit, lading**

# Ultra dunne lagen



# Effluent behandelning GLB (ov)



# Toepassingsmogelijkheden

- **Water hergebruik**
- **Behandeling grijswater**
- **Decentrale (drink)-waterbehandeling**
  - **Off-grid**
- **Tiny-houses**





# Noodzakelijke ontwikkelstappen

- **Effectieve NF-concentraat behandeling**
- **Integratie met (decentrale) biologie of alternatief**
- **Autonomie**
- **Sociale acceptatie voor hergebruik**



## COMPACTE SYSTEMEN

Online monitoring/sturing  
SBR-MBR  
Membranen  
**Verregaande verwijdering micro's**



# Verwijdering micro's uit IBA-effluent

*Praktijkproeven met drie nageschakelde technieken*

Els Schuman, Tiemen Nanninga en Arnoud de Wilt

In opdracht van Waterschap Zuiderzeeland

28 november 2019

# Achtergrond

- Meetcampagne op IBA effluenten
  - IBA effluenten bevatten (hoge) concentraties microverontreinigingen (geneesmiddelen)
  - Ecotoxicologische effecten op lokale oppervlaktewater reëel aanwezig nabij lozingspunt
- Screening technieken om microverontreinigingen nageschakeld te verwijderen
  - Selectie 3 technieken:
    - Actiefkoolfiltratie
    - UV-Ozonisatie
    - Adsorptie met elektrochemische oxidatie
- Praktijkproeven (november - februari)



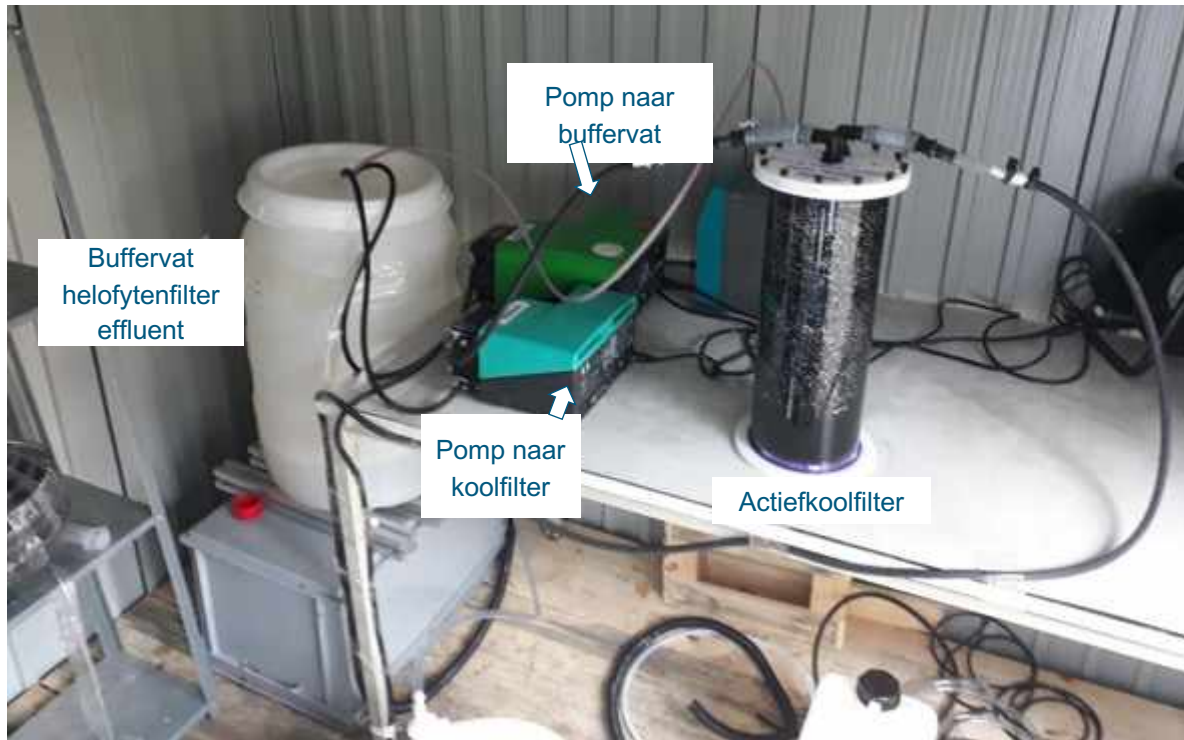
# Helofytenfilter praktijklocatie Wageningen



# Actiefkoolfiltratie



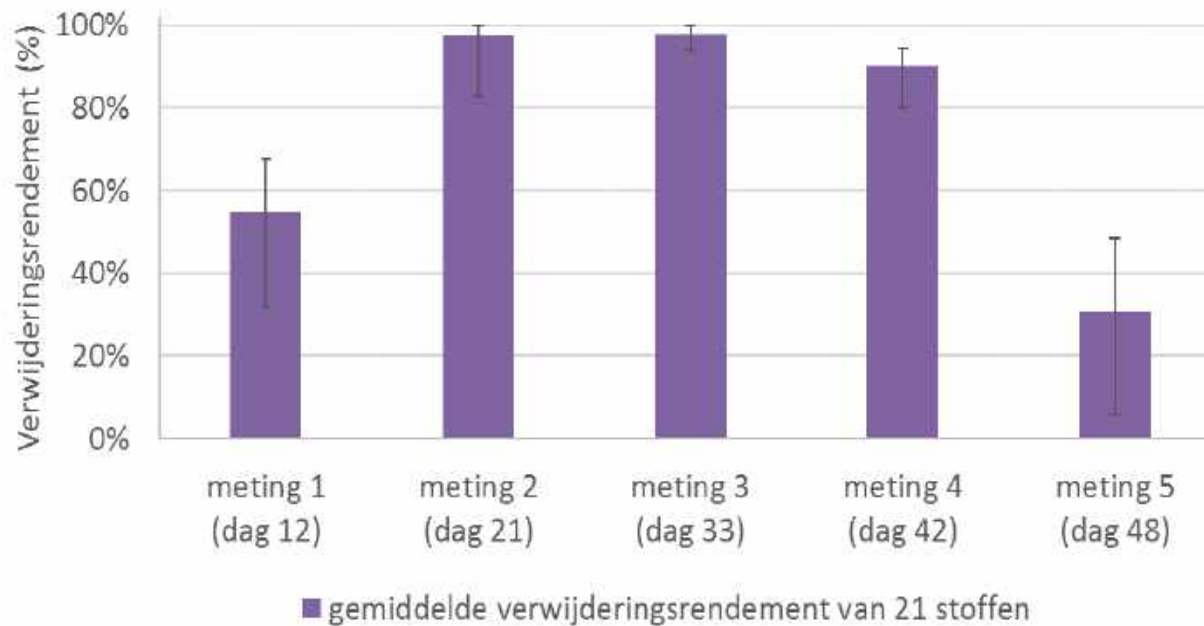
# Actiefkoolfiltratie



- ✓ Aquaforest Media Reactor 7 L
- ✓ GAK: Norit ROW 0,8 SUPRA
- ✓ EBCT 70 min

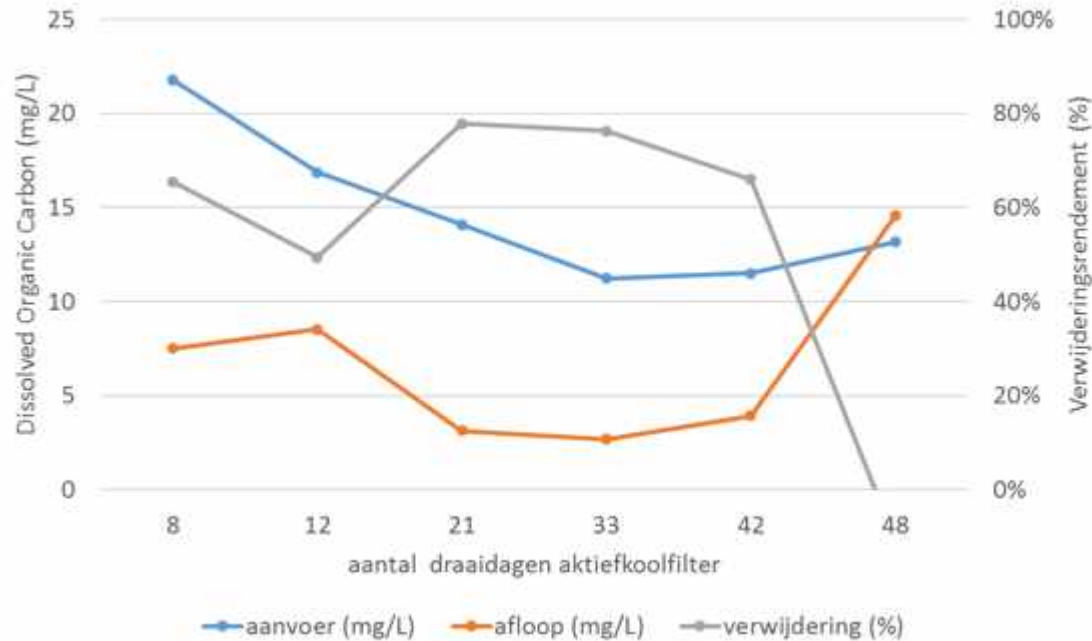
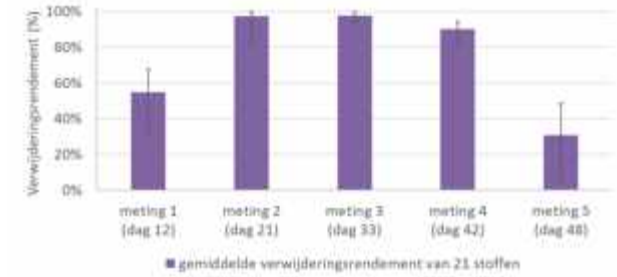


# Actiefkoolfiltratie – verwijdering microverontreinigingen

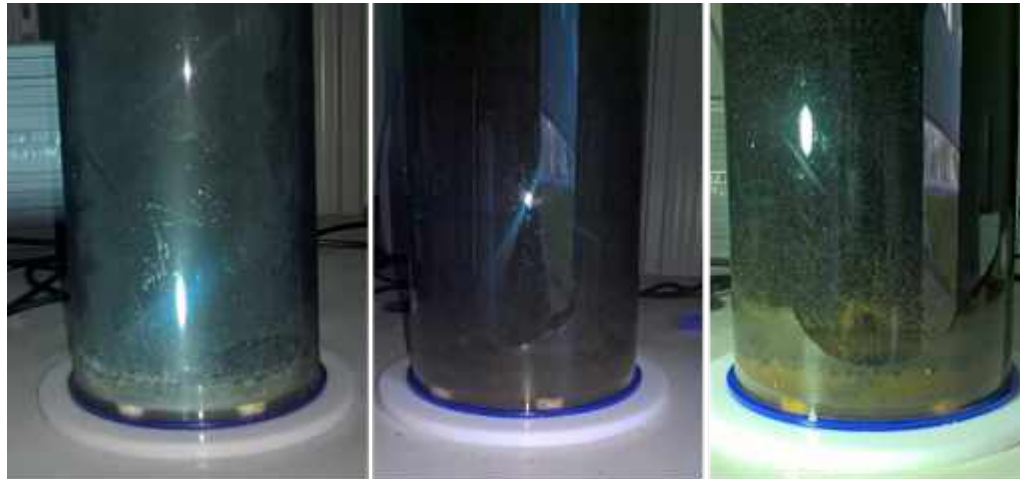




# Actiefkoolfiltratie – verzadiging?



# Actiefkoolfiltratie – vervuiling



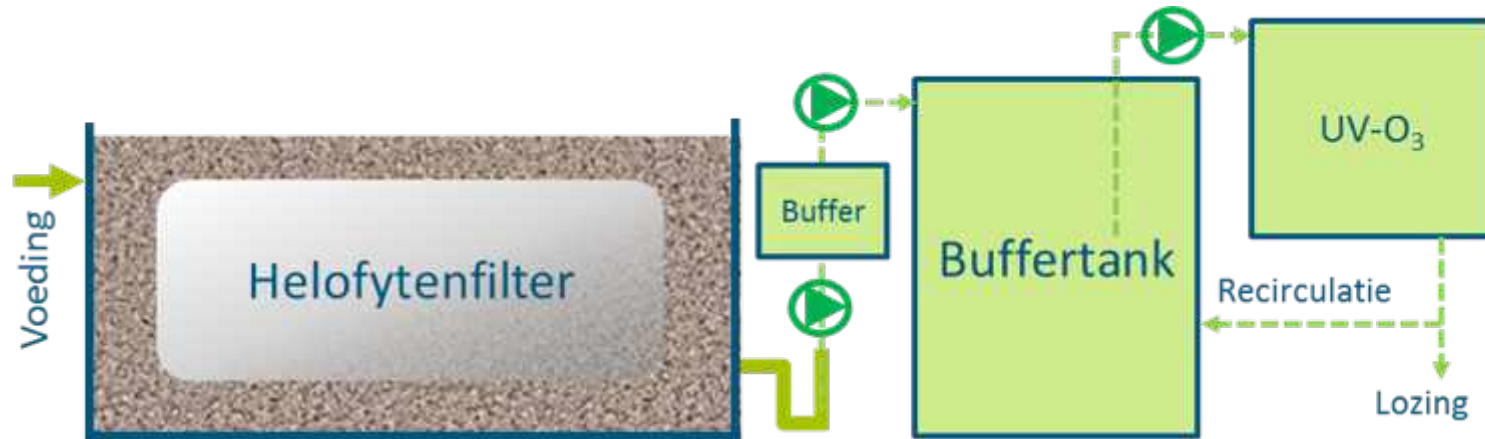
6-12-2018 (dag 7)

14-1-2019 (dag 26)

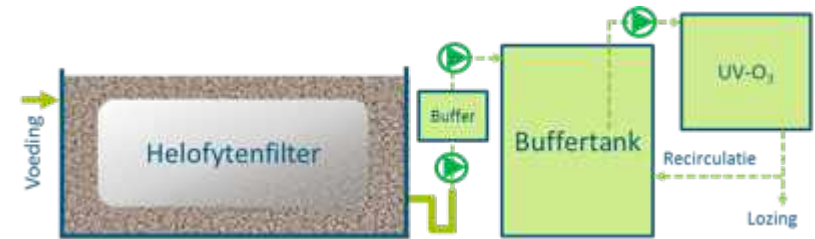
7-2-2019 (dag 48)



# UV-Ozonisatie



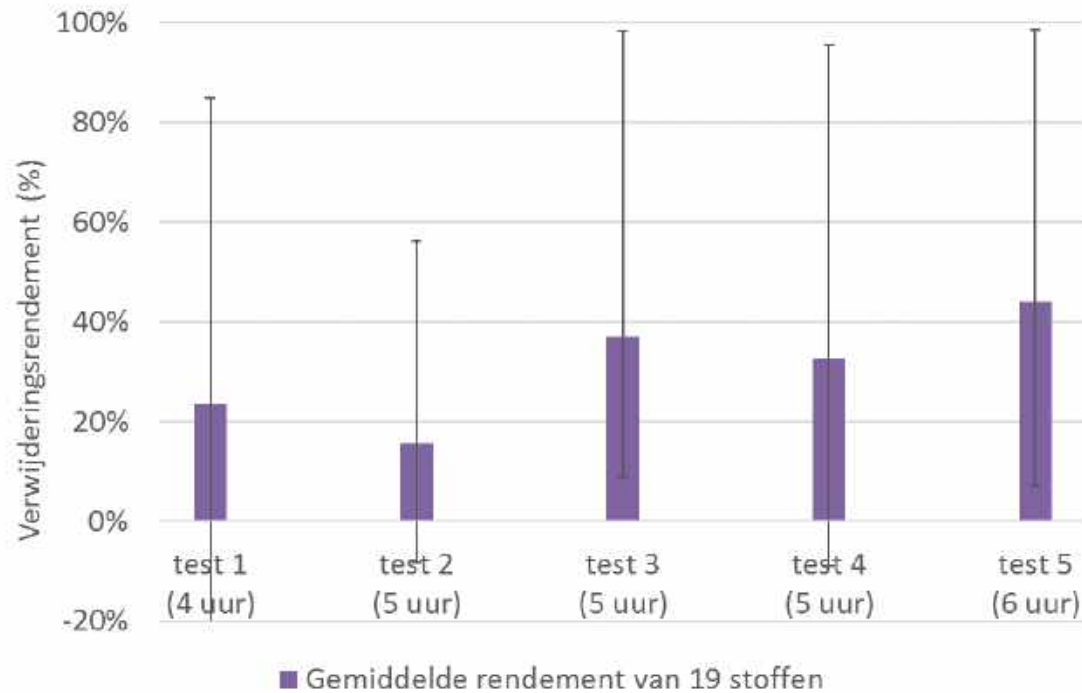
# UV-Ozonisatie



- ✓ Ballast Ozone Redox UVC AquaForte
- ✓ UVC lamp 75 Watt
- ✓ 4-6 uur behandeling van 500 L



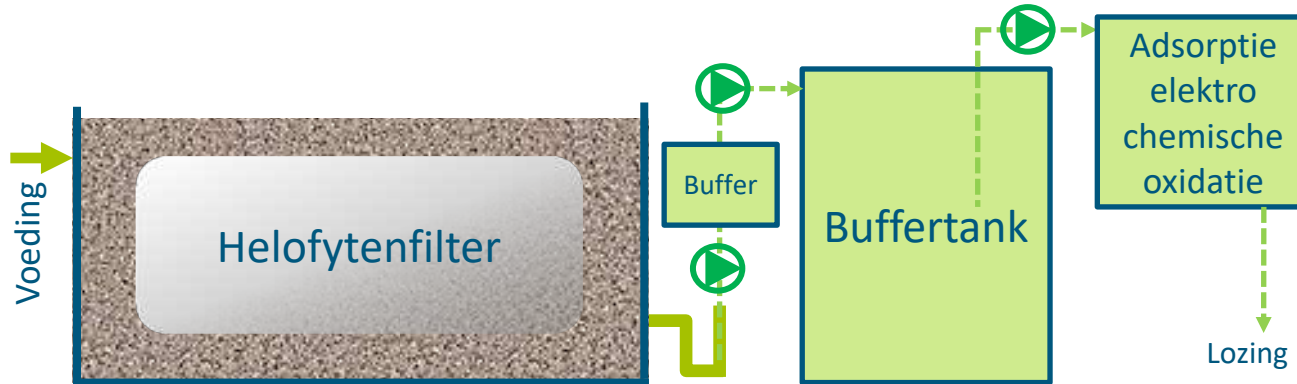
# UV-Ozonisatie – verwijdering microverontreinigingen



# UV-Ozonisatie - onderhoud



# Adsorptie met elektrochemische oxidatie



# Adsorptie met elektrochemische oxidatie

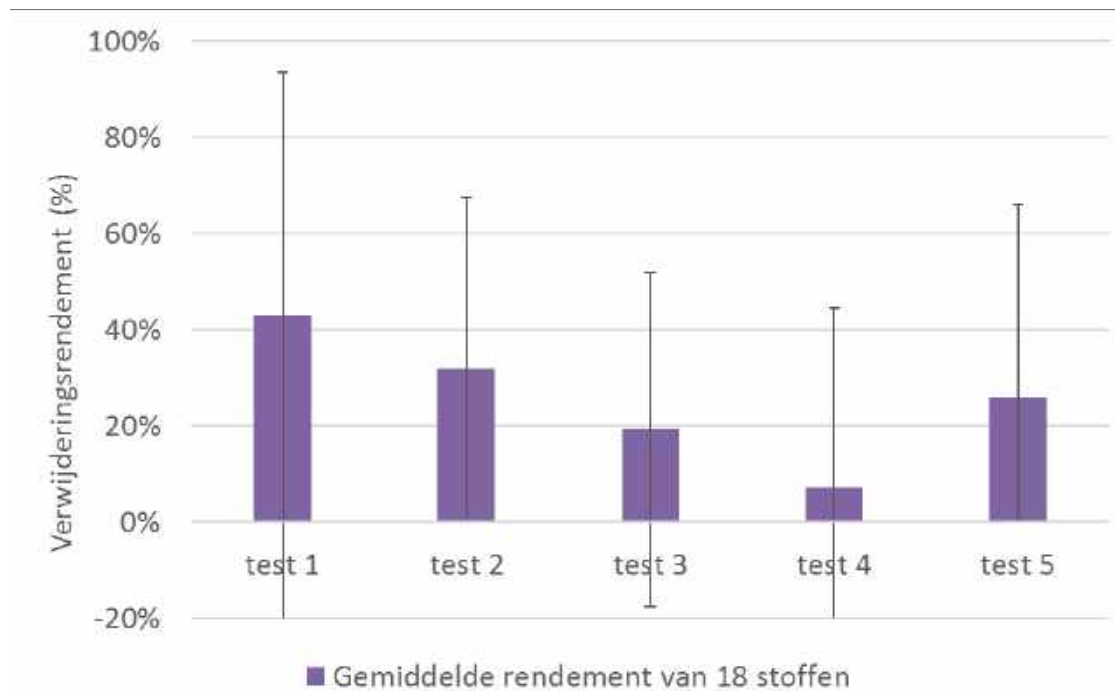


- ✓ Nyex™ lab-schaal demo-unit van Arvia
- ✓ 5-12 min verblijftijd
- ✓ Elektriciteit input 0.34-0.83 kWh/m<sup>3</sup>





# Adsorptie met elektrochemische oxidatie



# Vergelijking 3 technieken

	Actiefkoolfiltratie	UV-Ozonisatie	Adsorptie met elektrochemisch oxidatie
Belangrijke parameters praktijkproef	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Aquaforest Reactor 7 l</li> <li>✓ Norit ROW 0,8 SUPRA;</li> <li>✓ EBCT 70 min</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ozone UVC AquaForte</li> <li>✓ UVC lamp 75 Watt;</li> <li>✓ 4-6 uur behandeling/500 l</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Nyex™ demo-unit</li> <li>✓ 5-12 min verblijftijd;</li> <li>✓ E-input:0.34-0.83 kWh/m<sup>3</sup></li> </ul>
Verwijdering microverontreinigingen			
- Beste verwijdering van 5 metingen	98 (97-100%)	44 (7-99%)	43 (0-94%)
- Minste verwijdering van 5 metingen	31 (6-48%)	16 (0-56%)	7 (0-44%)
Elektriciteitsverbruik (kWh/m <sup>3</sup> )	-	1,30	1,27
Grondstoffenverbruik (kg adsorbens/m <sup>3</sup> )	0,026	-	0,002
GER waarde (MJ/m <sup>3</sup> )	4,2	14,6	14,7
CO <sub>2</sub> voetdruk (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> )	0,26	0,69	0,70



# Dank u

*Els.schuman@wur.nl*

*Tiemen.nanninga@wur.nl*

*Arnoud.de.wilt@rhdhv.com*



# Q&A