

# INNOVATIEPROGRAMMA MICROVERONTREINIGINGEN UIT RWZI-AFVALWATER

## Pilotonderzoek MicroForce<sup>++</sup>



Nelis De Rouck  
PureBlue Water  
[nderouck@pureblue.nl](mailto:nderouck@pureblue.nl)



# Onze missie



returning water  
to its natural state.  
PureBlue



# MicroForce<sup>++</sup>



Verwevenheid O<sub>3</sub> + microbiologie



Minder bijproducten (bv. bromaat)



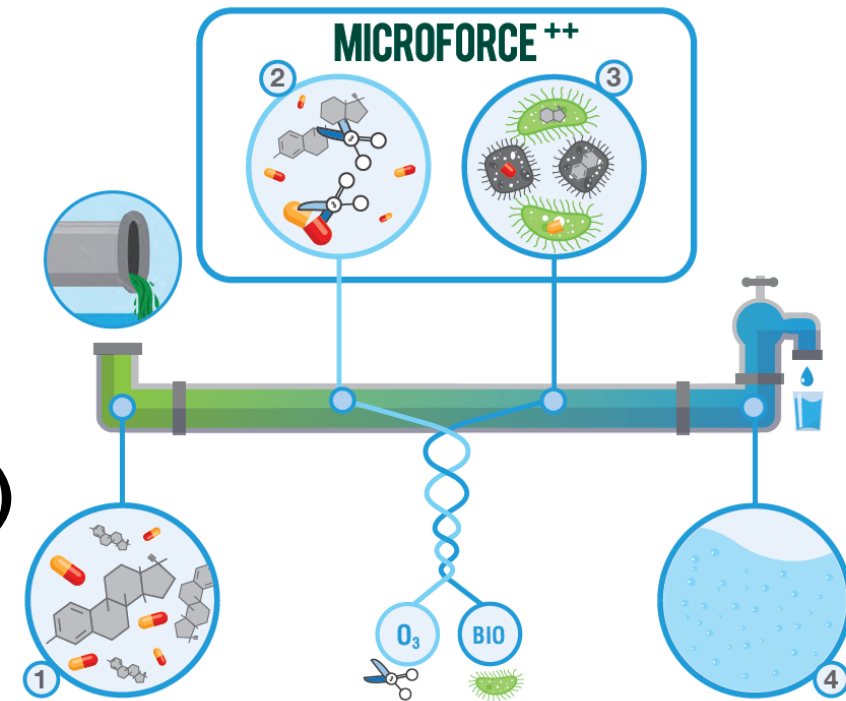
Lagere CO<sub>2</sub> footprint & energieverbruik



Compact & modulair



Extra verwijdering van nutriënten & TSS





# Ontwikkeling MicroForce<sup>++</sup>

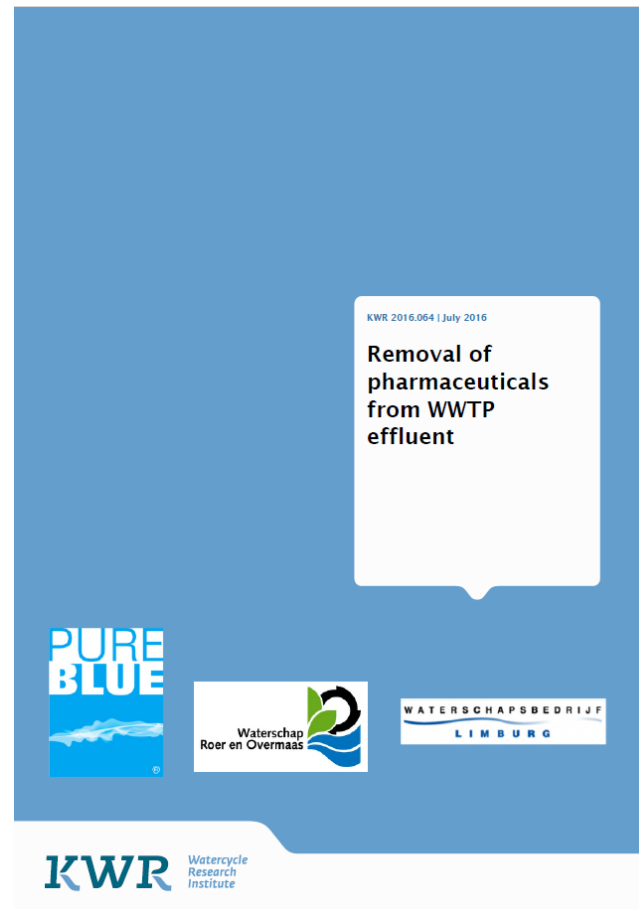
**TKI onderzoek RWZI Panheel (2015)**

*Industriële full scale MicroForce<sup>++</sup> (2017)*

*IPMV Haalbaarheidsstudie + klein pilotonderzoek (2021)*

*Scale-up en optimalisatie ozontechnologie (2021-2022)*

*IPMV Pilotonderzoek RWZI Walcheren (2022-2023)*



➤ **O<sub>3</sub> + Biofiltratie als voorbehandeling voor UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>**

# Ontwikkeling MicroForce<sup>++</sup>

TKI onderzoek RWZI Panheel  
(2015)

**Industriële full scale  
MicroForce<sup>++</sup> (2017)**

IPMV Haalbaarheidsstudie  
+ klein pilotonderzoek  
(2021)

Scale-up en optimalisatie  
ozontechnologie (2021-  
2022)

IPMV Pilotonderzoek RWZI  
Walcheren (2022-2023)



- Biarritz, Frankrijk
- Ozoncapaciteit 6 kg O<sub>3</sub>/h
- Hoge organische belasting & laag debiet ⇔ RWZI effluent



# Ontwikkeling MicroForce<sup>++</sup>

TKI onderzoek RWZI Panheel  
(2015)

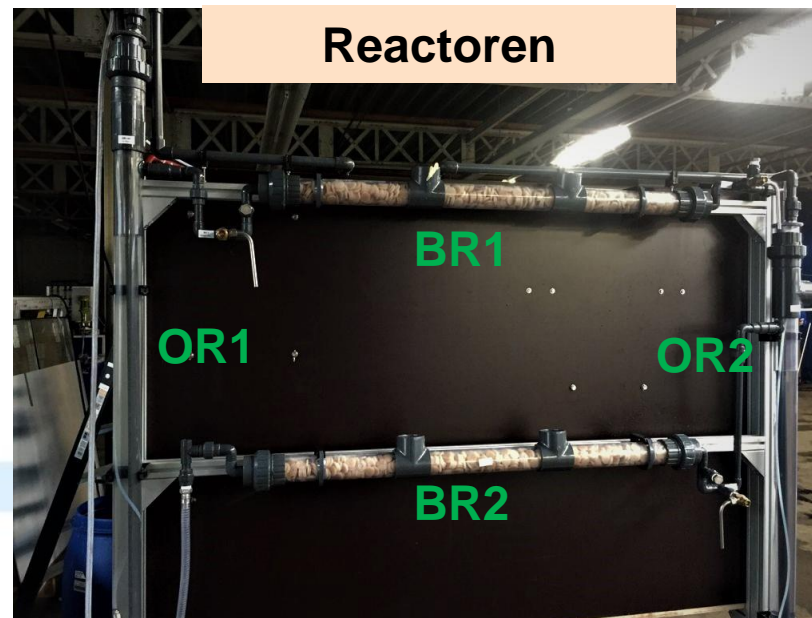
Industriële full scale  
MicroForce (2017)

IPMV Haalbaarheidsstudie  
+ klein pilotonderzoek  
(2021)

Scale-up en optimalisatie  
ozontechnologie (2021-  
2022)

IPMV Pilotonderzoek RWZI  
Walcheren (2022-2023)

PURE  
BLUE



- Effluent RWZI Hulst (3 m<sup>3</sup>/week)
- Resultaten als input voor haalbaarheidsstudie IPMV
- 50% ozonbesparing t.o.v. stand-alone O<sub>3</sub>

# Ontwikkeling MicroForce<sup>++</sup>

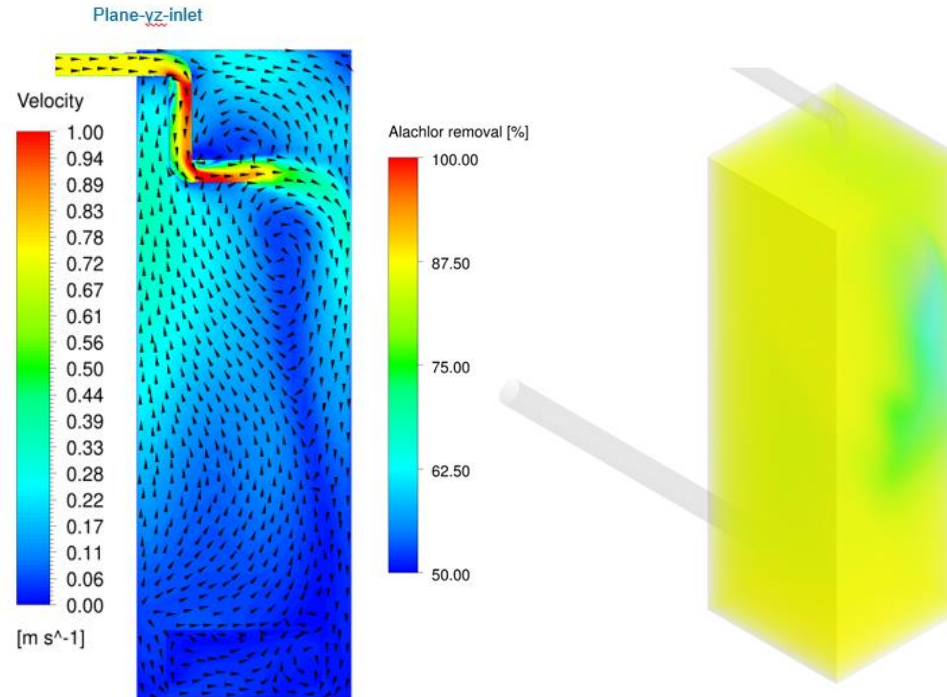
TKI onderzoek RWZI Panheel  
(2015)

Industriële full scale  
MicroForce<sup>++</sup> (2017)

IPMV Haalbaarheidsstudie  
+ klein pilotonderzoek  
(2021)

Scale-up en optimalisatie  
ozontechnologie (2021-  
2022)

IPMV Pilotonderzoek RWZI  
Walcheren (2022-2023)



- Maximalisatie OMV verwijdering
- Minimalisatie bromaatvorming
- Minimalisatie footprint on site
- Design voor RWZI toepassingen





# Ontwikkeling MicroForce<sup>++</sup>



Waterschap Scheldestromen

TKI onderzoek RWZI Panheel (2015)

Industriële full scale MicroForce<sup>++</sup> (2017)

IPMV Haalbaarheidsstudie + klein pilotonderzoek (2021)

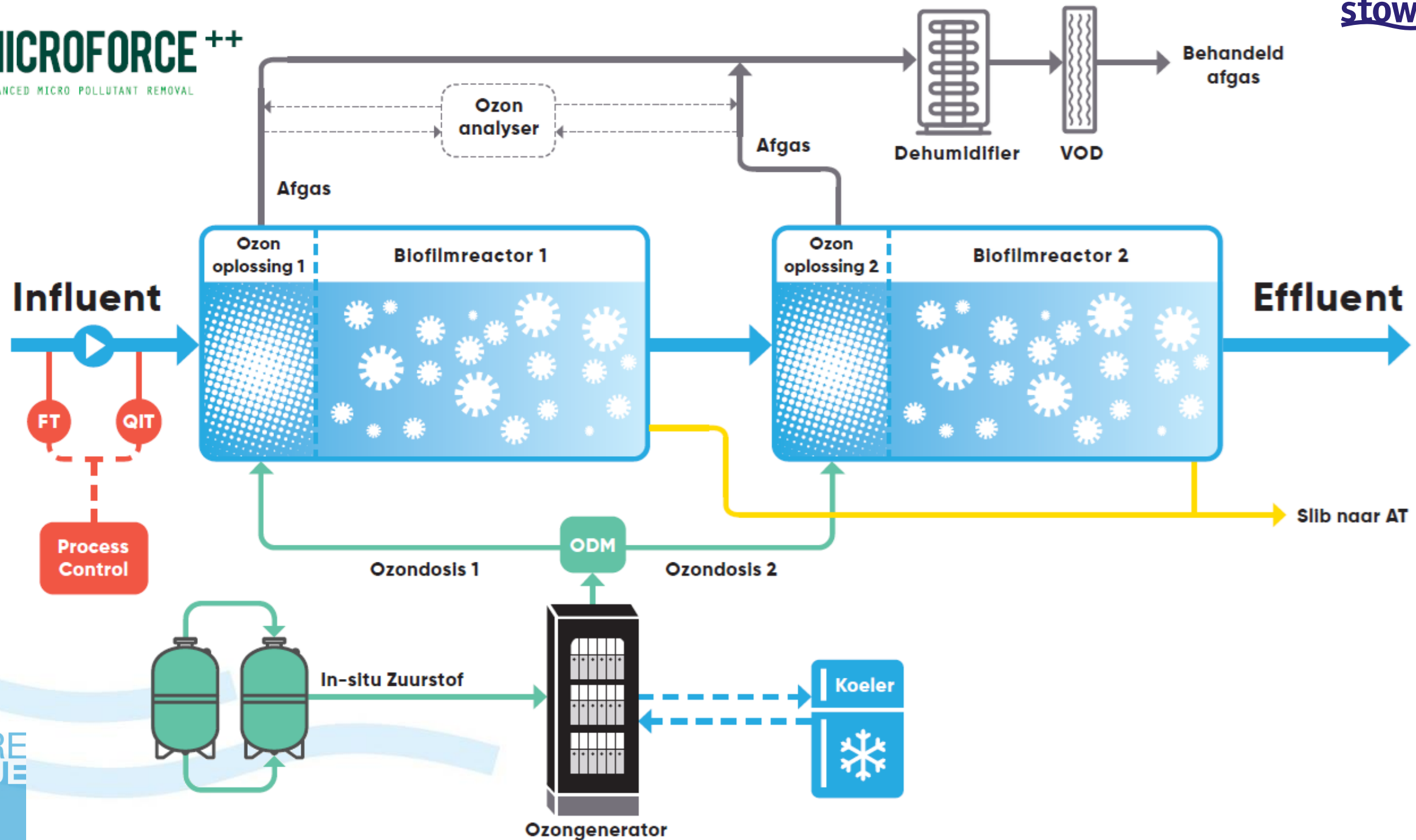
Scale-up en optimalisatie ozontechnologie (2021-2022)

**IPMV Pilotonderzoek RWZI Walcheren (2022-2023)**



- Kustgelegen RWZI => hoge bromideconcentraties
- RWZI 200 kIE – Pilot 16 m<sup>3</sup>/h
- Modulaire en compacte bouw





# Scope pilotonderzoek RWZI Walcheren

- **Proof of principle pilotschaal (16 m<sup>3</sup>/h)**
- **Kan MicroForce<sup>++</sup> de OMV doelstellingen halen met minder ozon?**
- **Wat is de impact van een biologische stap op het verwijderingsrendement, TCO en CO<sub>2</sub> footprint?**
- **Hoe presteert MicroForce<sup>++</sup> op vorming van bromaat, ecotoxiciteit en verwijdering van nutriënten?**

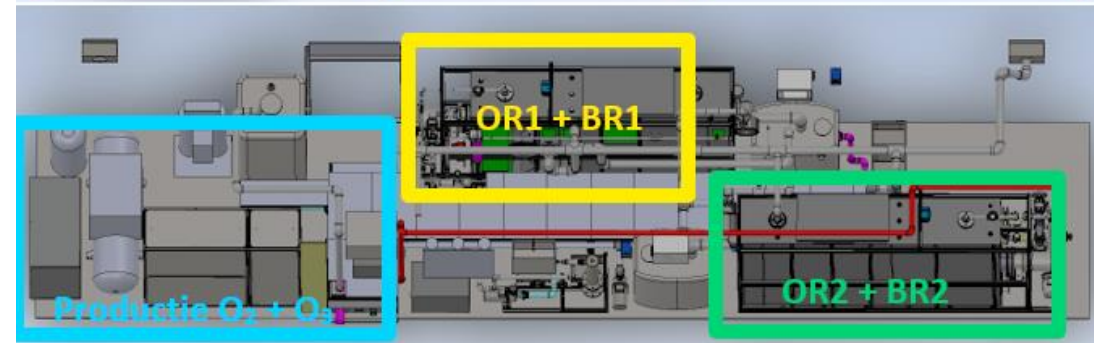
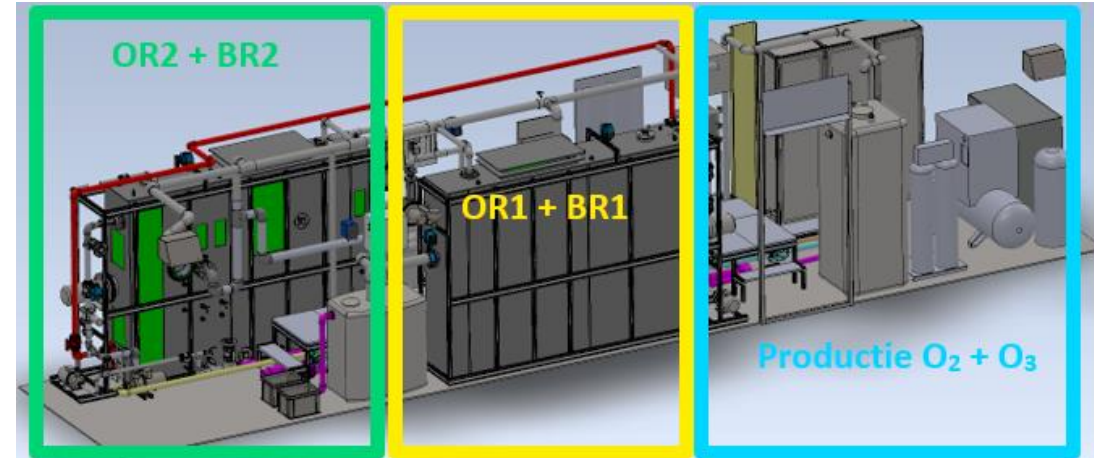


[www.stowa.nl/publicaties](http://www.stowa.nl/publicaties)

**Rapport 2023 - 49**

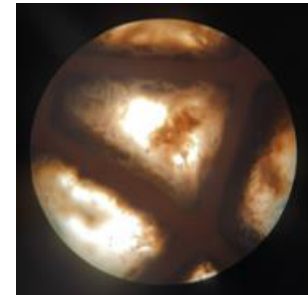
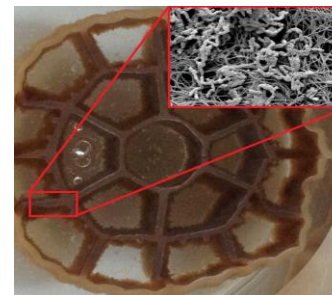


# Configuratie Pilotonderzoek RWZI Walcheren



- Hydraulische capaciteit 16 m<sup>3</sup>/h
- Ozoncapaciteit 160 g O<sub>3</sub>/h
- 40 ft container
- HDPE dragermateriaal ca. 1150 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>

PURE  
BLUE



# Testplan

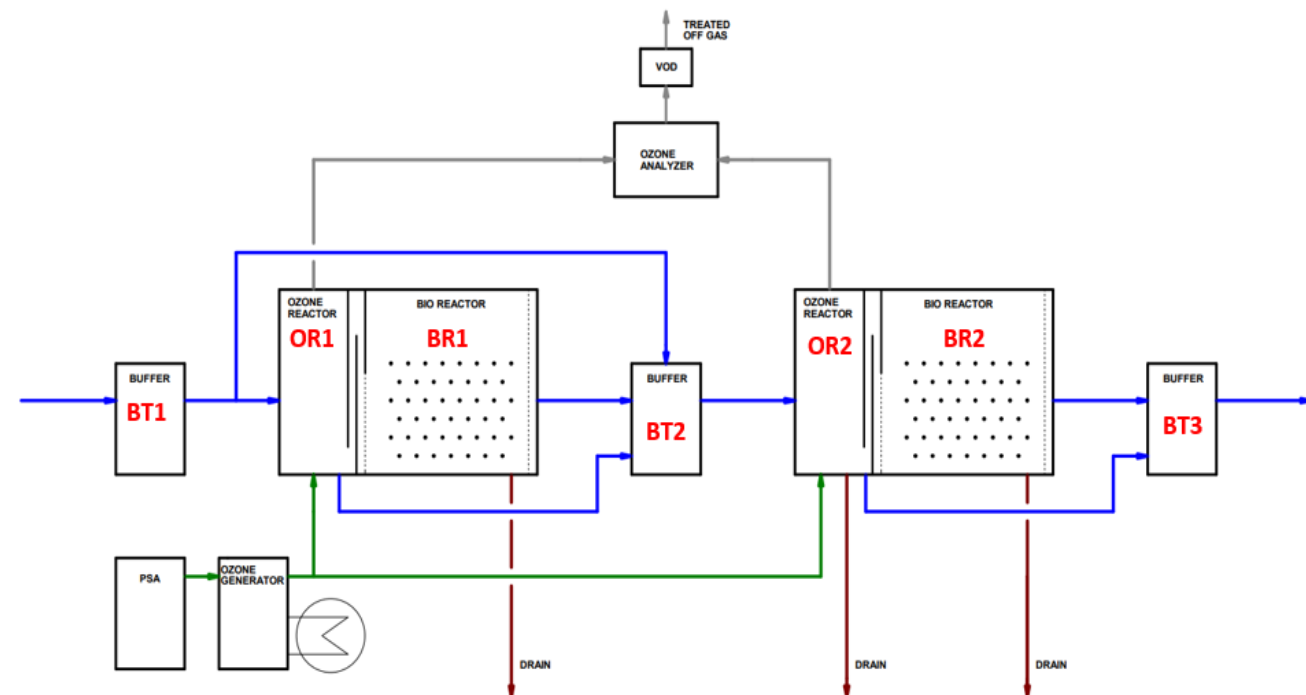
SETPOINT (SP)	Testvariabele	Target Ozondosis (g O <sub>3</sub> /g DOC)	Ozondistributie (OR1/OR2)	HRT BR (min)
1	Oriënterend	0,35	50/50	7,5
2	HRT/ozondistributie	0,35	33/66	15
3	Ozondosis	0,45	33/66	15
Extra	Configuratie 1 OR +/- BR	0,45	-	0-15
4	Redox BR1/BR2	0,45	33/66	15

## ➤ Testduur

- 6-12 weken per setpoint
- Afhankelijk van RWA/DWA
- Totale testduur 42 weken

## ➤ Bemonstering

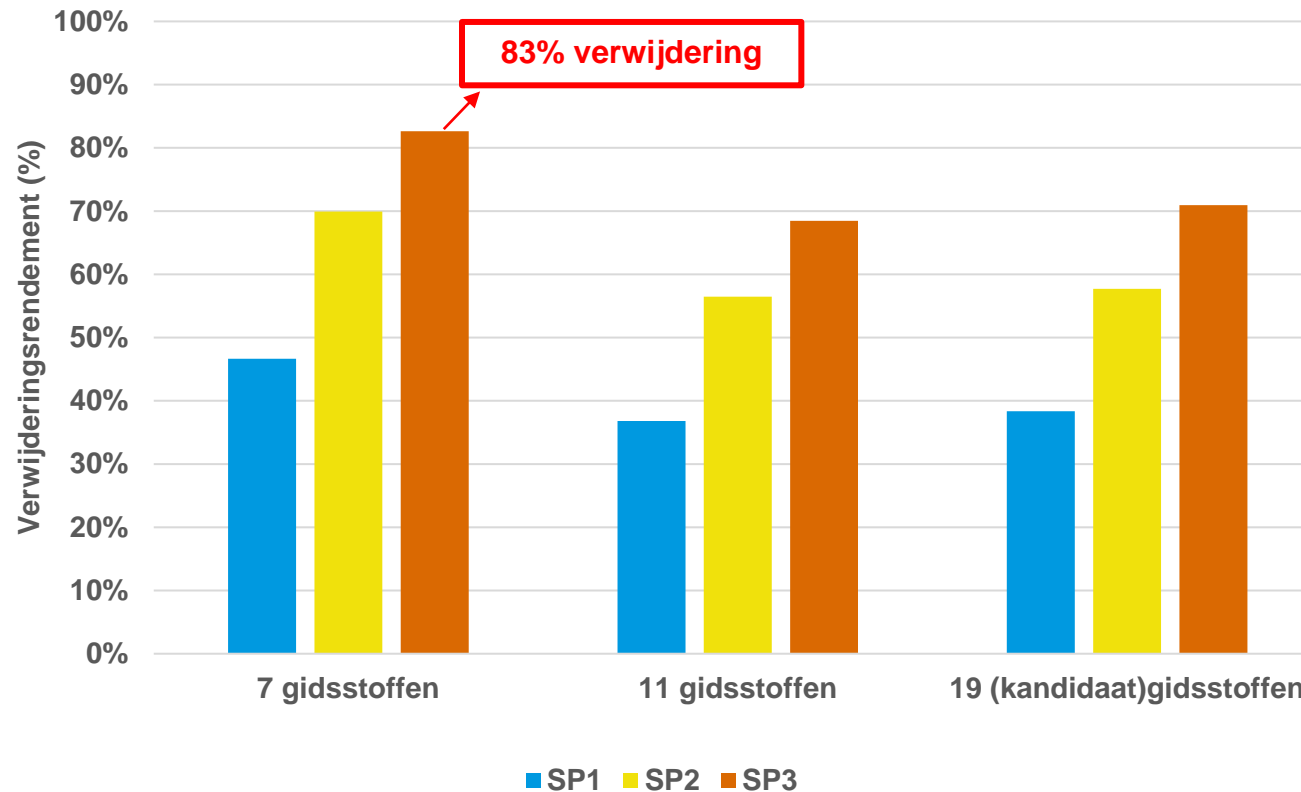
- 48h bemonstering in buffertanks (BT)
- Steekmonsters tussen ozon en bio





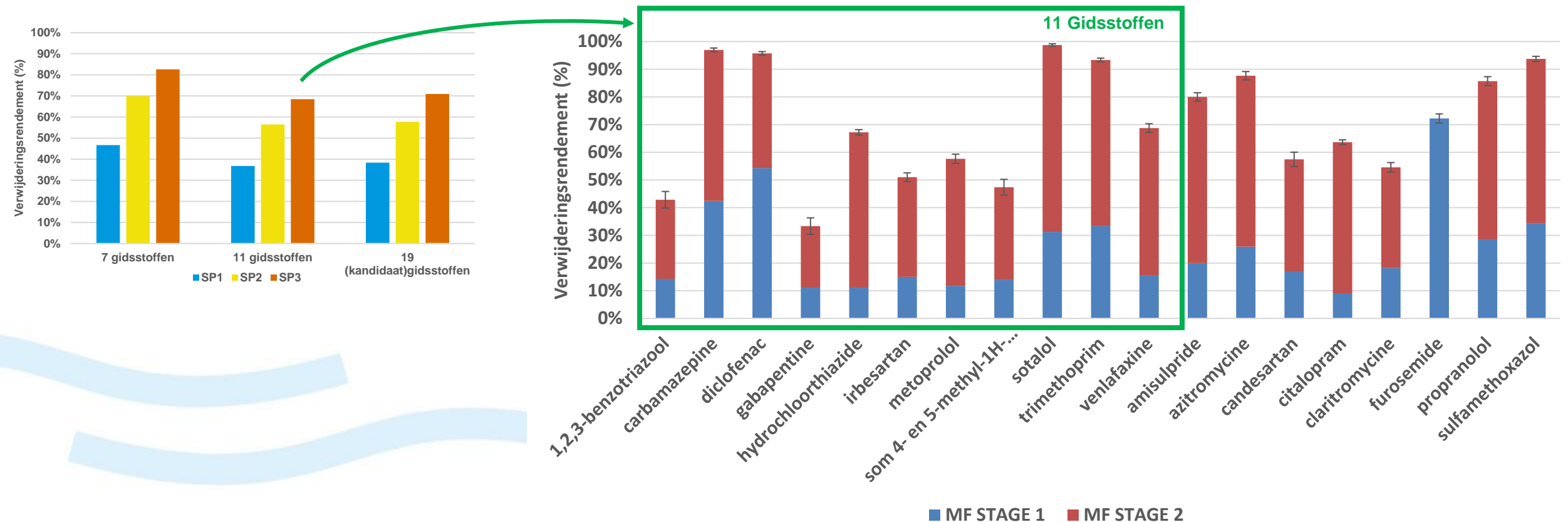
# Resultaten gidsstoffen

SETPOINT (SP)	Test variabele	Target Ozondosis (g O <sub>3</sub> /g DOC)	Ozondistributie (OR1/OR2)	HRT BR (min)
1	Oriënterende test	0,35	50/50	7,5
2	HRT/ozondistributie	0,35	33/66	15
3	Ozondosis	0,45	33/66	15



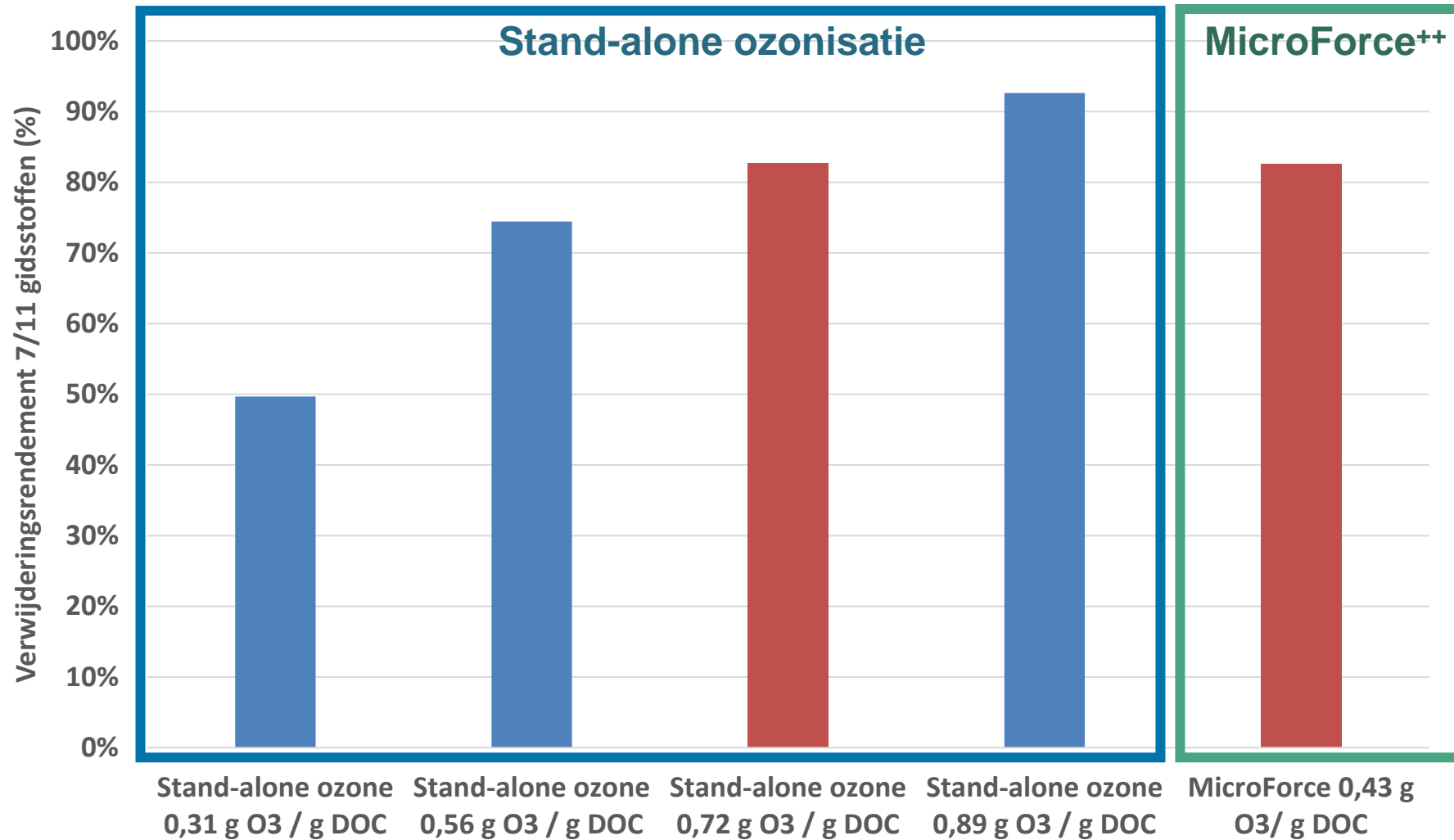
# Resultaten gidsstoffen

SETPOINT (SP)	Test variabele	Target Ozondosis (g O <sub>3</sub> /g DOC)	Ozondistributie (OR1/OR2)	HRT BR (min)
1	Oriënterende test	0,35	50/50	7,5
2	HRT/ozondistributie	0,35	33/66	15
3	Ozondosis	0,45	33/66	15





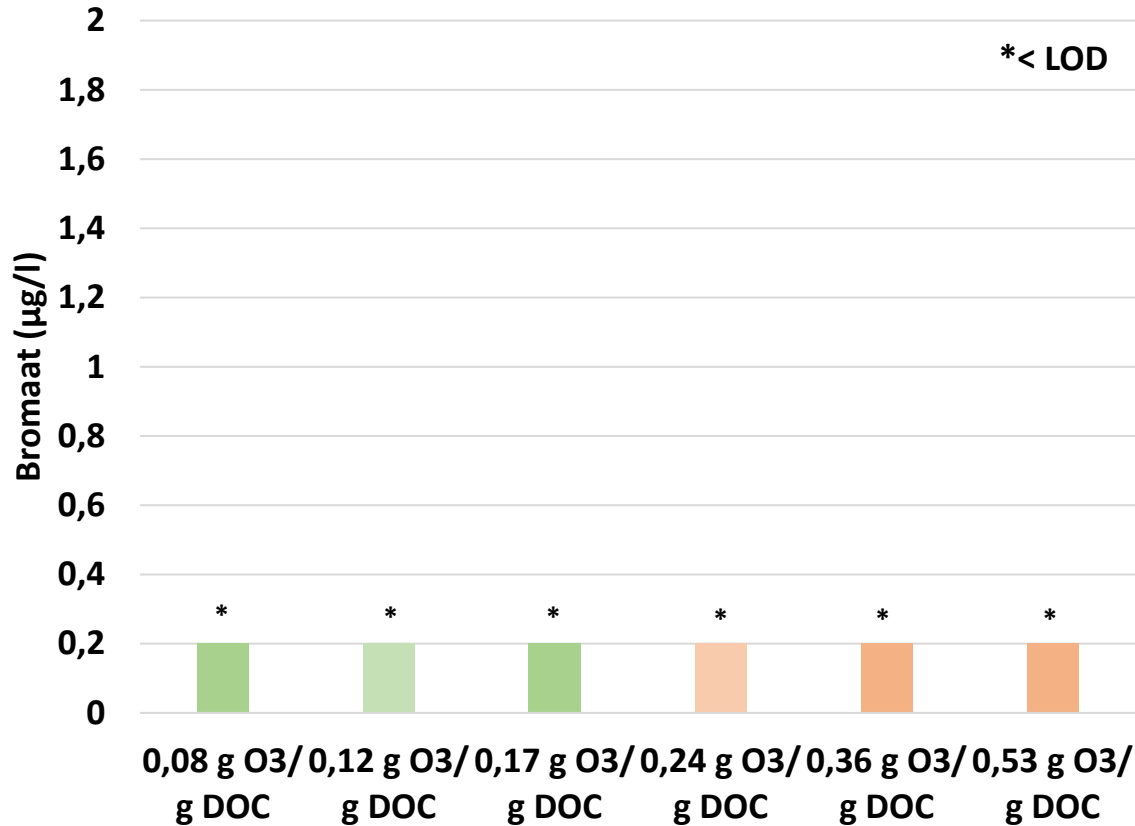
# Benchmark testen met stand-alone ozonisatie op RWZI Walcheren



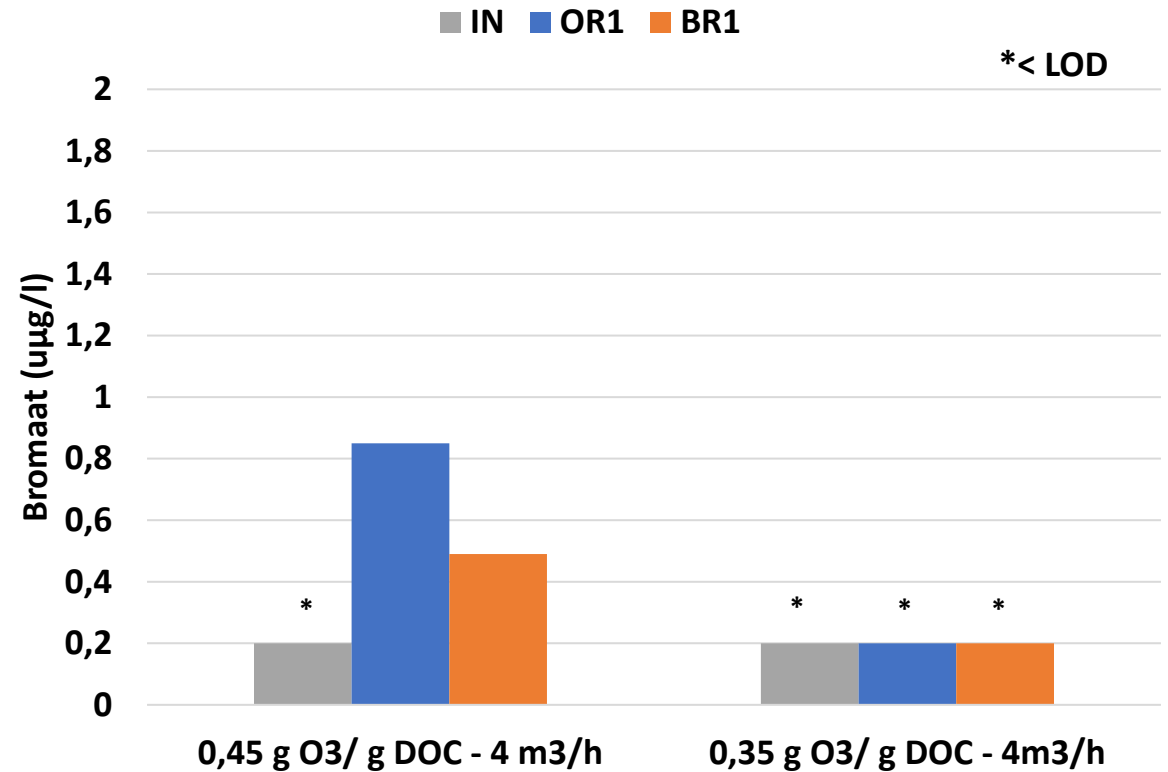
**>80% verwijdering stand-alone ozonisatie @ 0,72 g O<sub>3</sub>/g DOC vs. MicroForce @ 0,43 g O<sub>3</sub>/g DOC  
= 40% reductie**

# Resultaten bromaatvorming

Tweestaps-injectie (2 x OR/BR) 1,5-2 mg Br/l



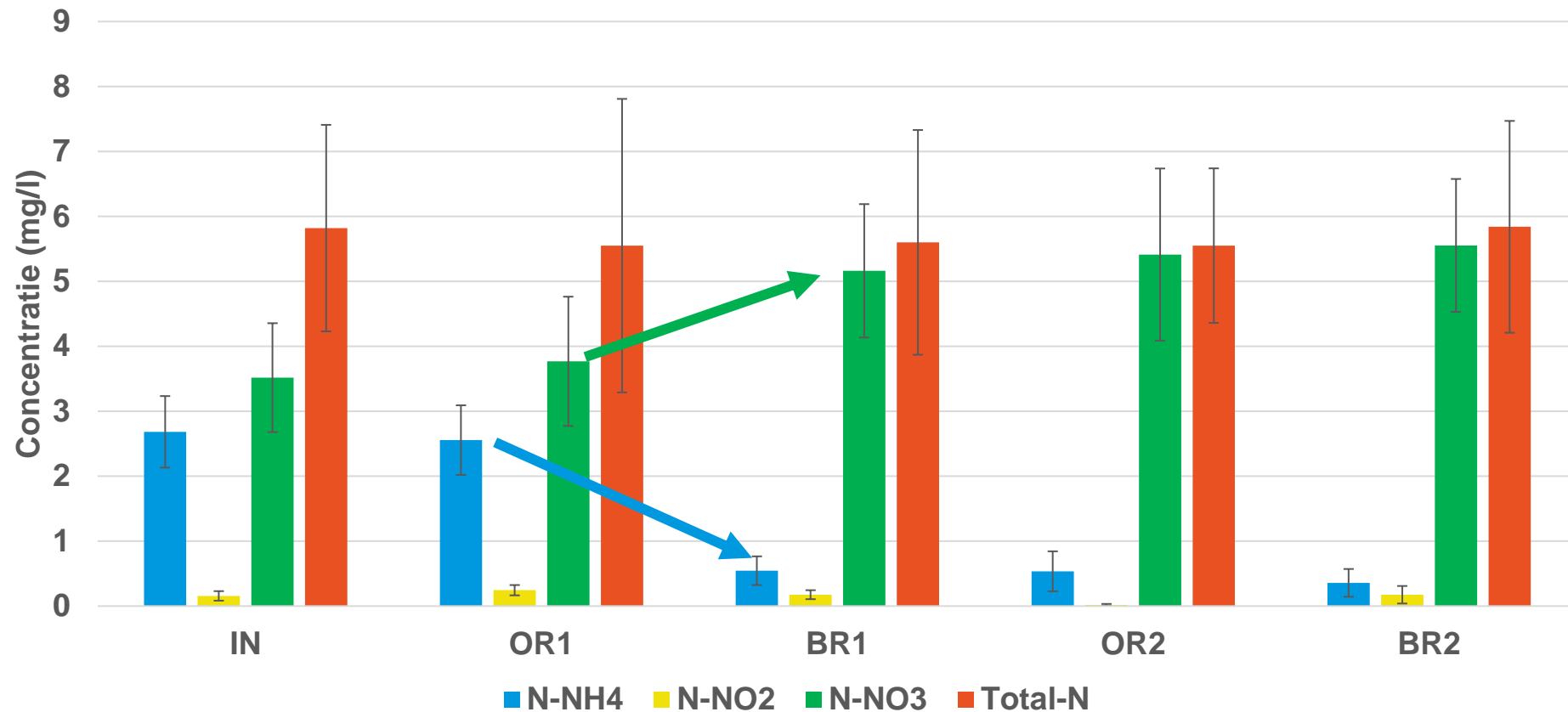
Eenstaps-injectie (OR/BR) 1,4 mg Br/l



- Geen bromaatvorming zelfs bij uitzonderlijke hoge bromideconcentratie (1500-2000 µg/l)
- Meerstaps injectie efficiënter bij hogere ozondosissen + potentieel voor biologische reductie

# Resultaten NH<sub>4</sub> verwijdering

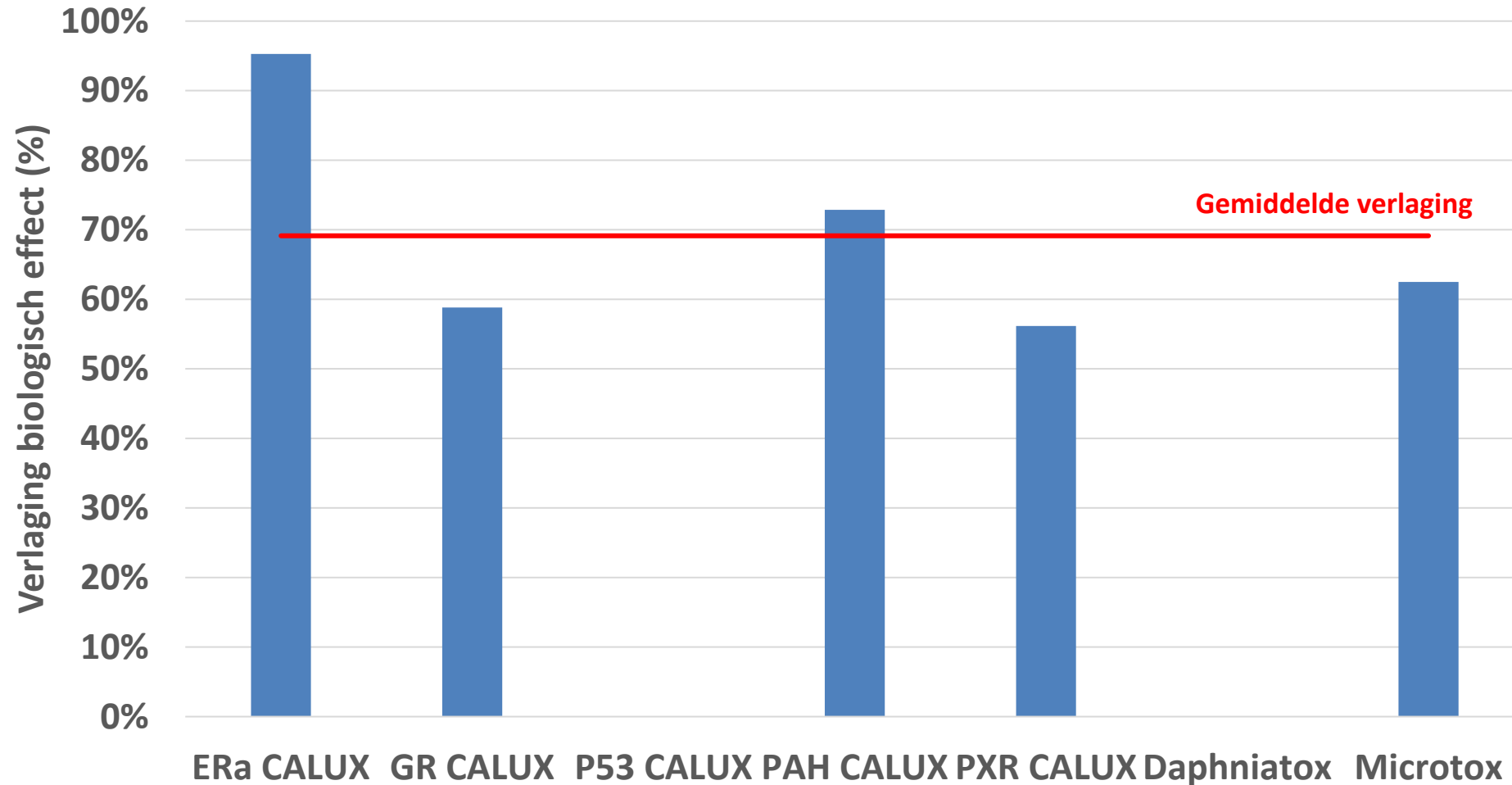
## Stikstofbalans



- 80% ammoniumverwijdering in BR1
- Zuurstofrecuperatie als drijvende kracht voor nitrificatieproces
- Volgende stap: denitrificatie in BR2

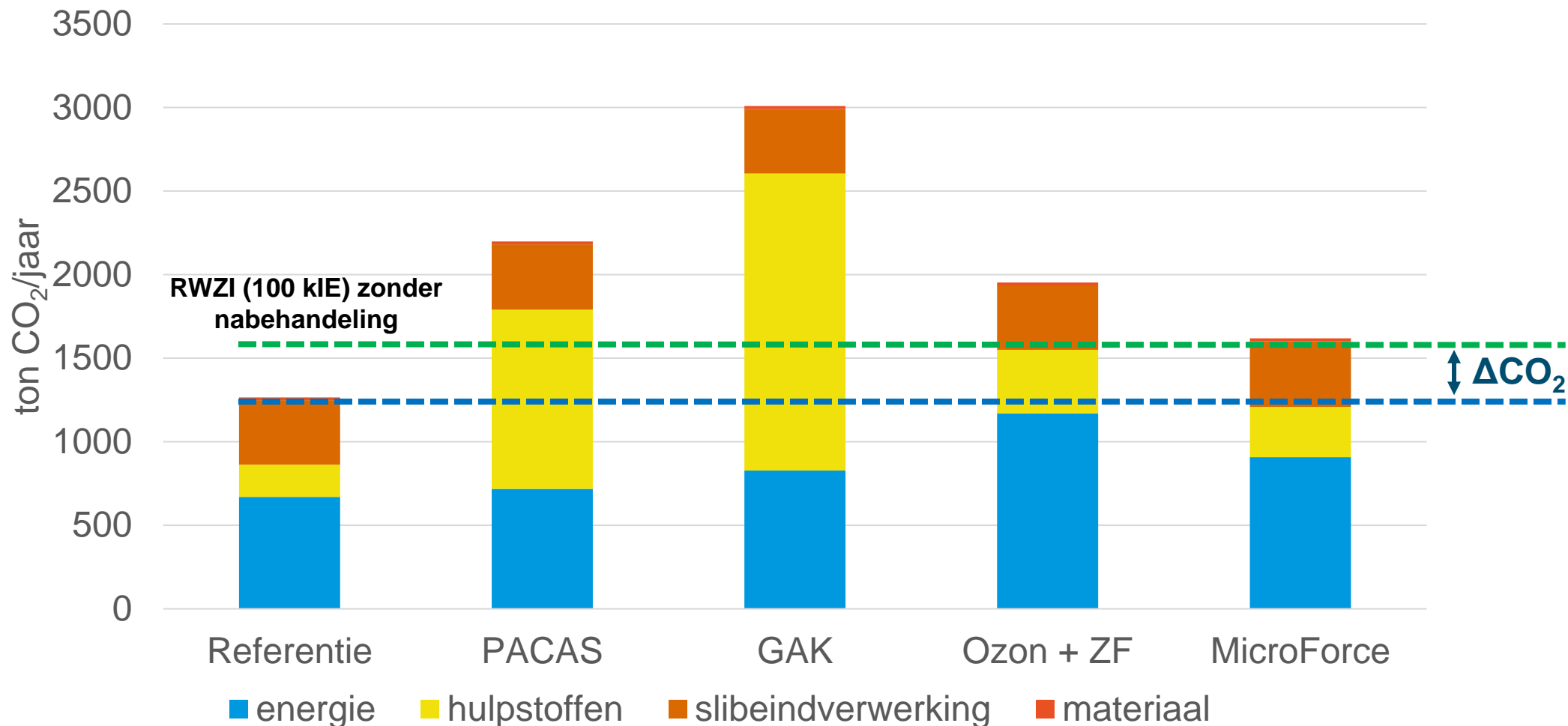


# Resultaten biologische effecten (ecotoxiciteit)



- Ca. 70% verlaging van biologische effecten
- P53-Calux en Daphniatox < LOD in effluent

# Resultaten CO<sub>2</sub> footprint

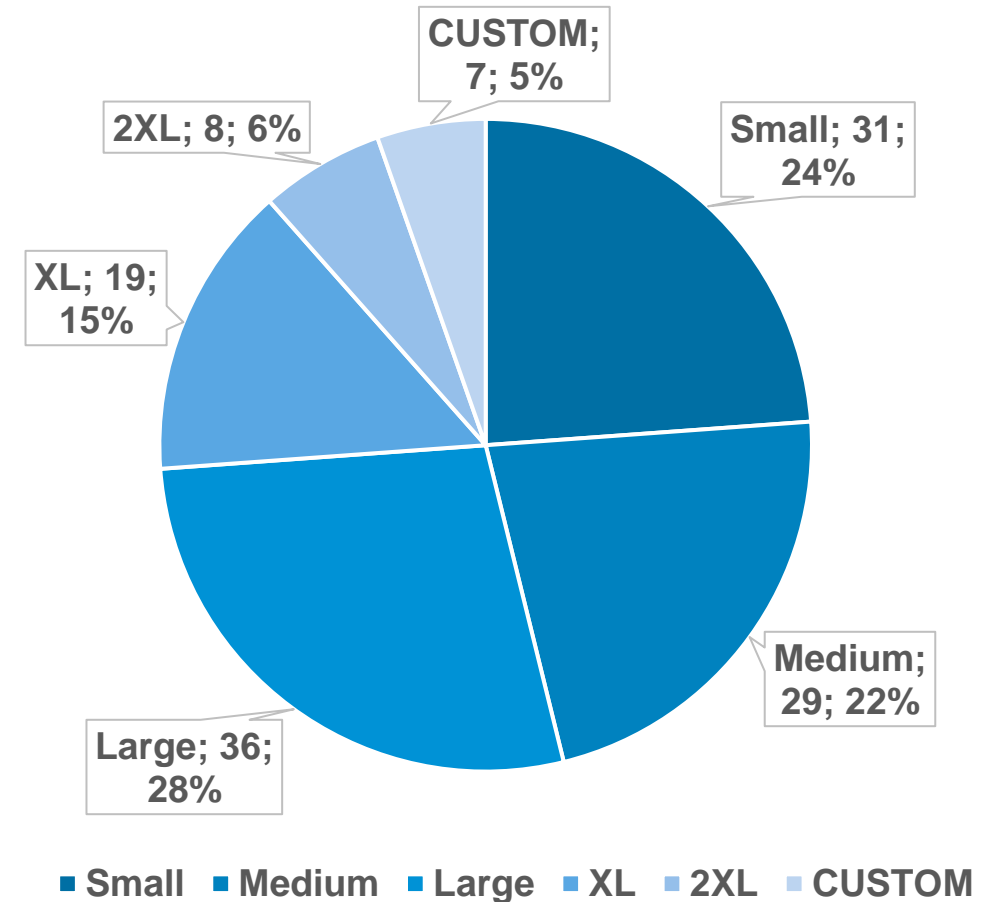


- Lagere ozonbehoefte = lagere energiebehoefte + lagere zuurstofbehoefte (hulpstoffen)
- Weinig spoelwater voor BW van biofilters
- Verwaarloosbare hoeveelheid extra gevormd slib

# Inzetbaarheid op Nederlandse RWZI's

## Standaardmodel

Productspecificaties	Small	Medium	Large	XL	2XL	Custom
Behandelbare I.E. (kIE)	60	120	240	360	480	500
DWA designcapaciteit (m <sup>3</sup> /h)	600	1200	2400	3600	4800	>5000
Ozoncapaciteit (kg O <sub>3</sub> /h)	3	6	12	18	24	>24



- Modulariteit en standaardisatie
- Hoge inzetbaarheid op hotspotlocaties NL

# Resultaten Pilotonderzoek MicroForce<sup>++</sup>

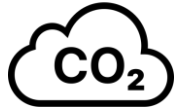
	Unit	Ozone + SF	MicroForce <sup>++</sup>
CO <sub>2</sub> -footprint	g CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> <sup>1</sup>	130	- 50% → 66
Kosten	€/m <sup>3</sup>	0,17	- 40% → 0,10
Verwijderingsrendement Gidsstoffen Ministerie I&W	% <sup>2</sup>	80-85	= 80-85%

<sup>1</sup> Per m<sup>3</sup> behandeld rioolwater

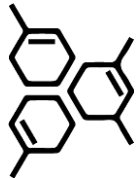
<sup>2</sup> Verwijderingsrendement methode voor minimaal 7 van de 11 gidsstoffen: benzotriazool, carbamazepine, diclofenac, irbesartan, gabapentine, metropolol, hydrochloorthiazide, mengsel van 4- en 5-methylbenzotriazool, sotalol, trimethoprim en venlaflaxine in elk 24h of 48h debiets- of tijdsproportioneel monster, waarbij rekening is gehouden met verblijftijd van het water in de rioolwaterzuivering. Hierbij is het rendement bepaald op basis van het totale effluent (nageschakelde behandeling inclusief bypass) ten opzichte van het influent van de rwzi



# Take home MicroForce<sup>++</sup>



**Uitstekende prestatie op CO<sub>2</sub> footprint & TCO**



**Verwijdering OMV > 80% @ 0,43 g O<sub>3</sub>/ g DOC (= 40% reductie)**



**Geen bromaatvorming tot 0,55 g O<sub>3</sub>/g DOC @ 1800 (!) µg/l Br**



**Modulariteit zorgt voor hoge toepasbaarheid op RWZI'S in NL**



**Doel: Simultane verwijdering van OMV en nutriënten met 1 enkele nabehandelingsinstallatie**



**Bedankt voor jullie aandacht!**



**Nelis De Rouck**  
**PureBlue Water**  
[nderouck@pureblue.nl](mailto:nderouck@pureblue.nl)



Rijkswaterstaat  
*Ministry of Infrastructure  
and Water Management*

**InnovatieProgramma MicroVerontreinigingen uit Afvalwater (IPMV)**

