

INNOVATIEPROGRAMMA MICROVERONTREINIGINGEN UIT RWZI-AFVALWATER

AdOx

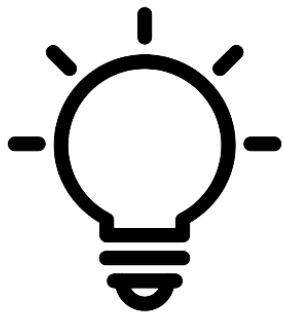
Een “*next generation*”
adsorptie-oxidatie proces

Jan Peter van der Hoek
TU Delft



Van idee naar pilot-plant: een reis van vijf jaar naar TRL-6

Idee



2017

Lab
onderzoek



2018

Haalbaarheids-
studie



2022

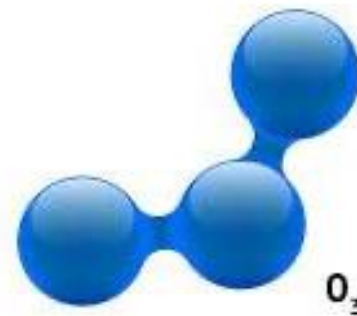
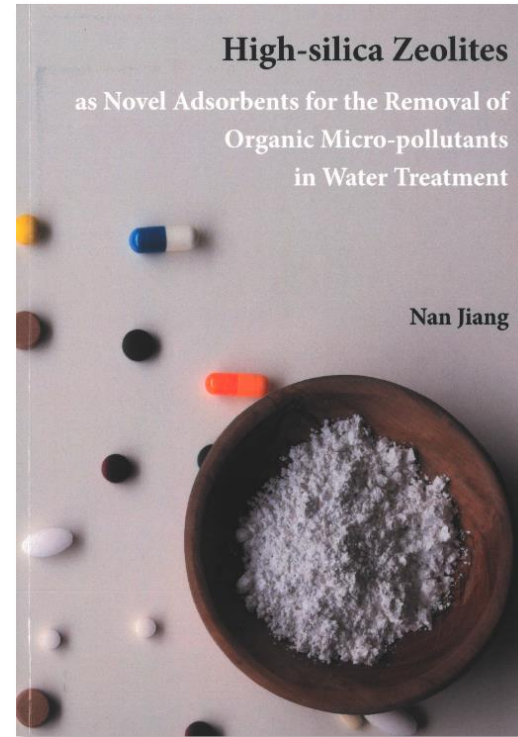
Pilot-plant
onderzoek



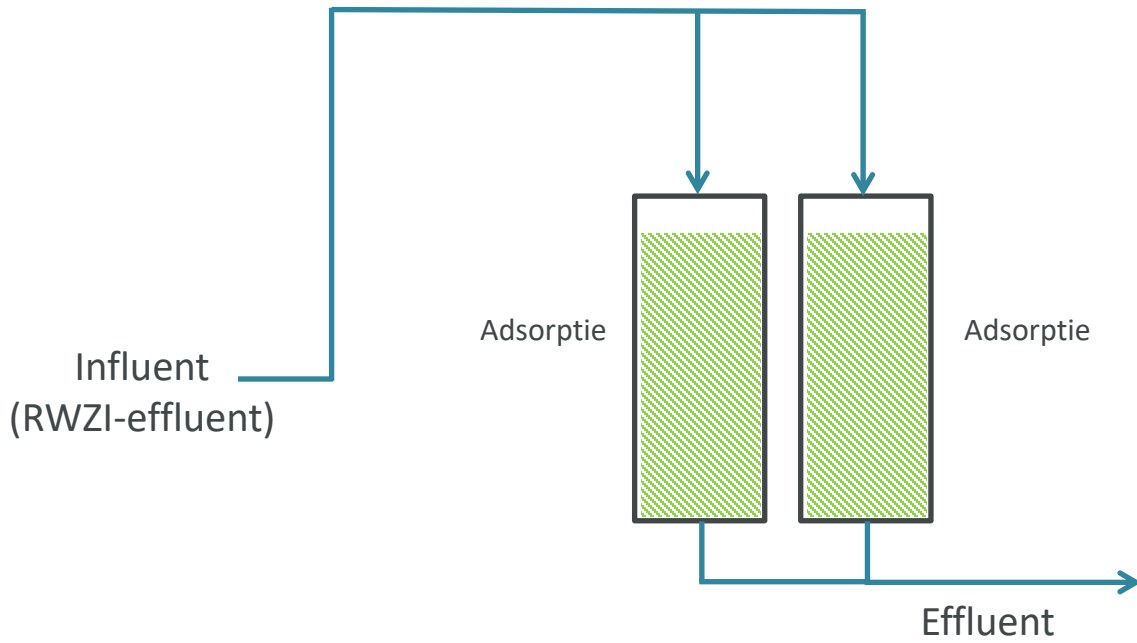
2023

Het idee 2017

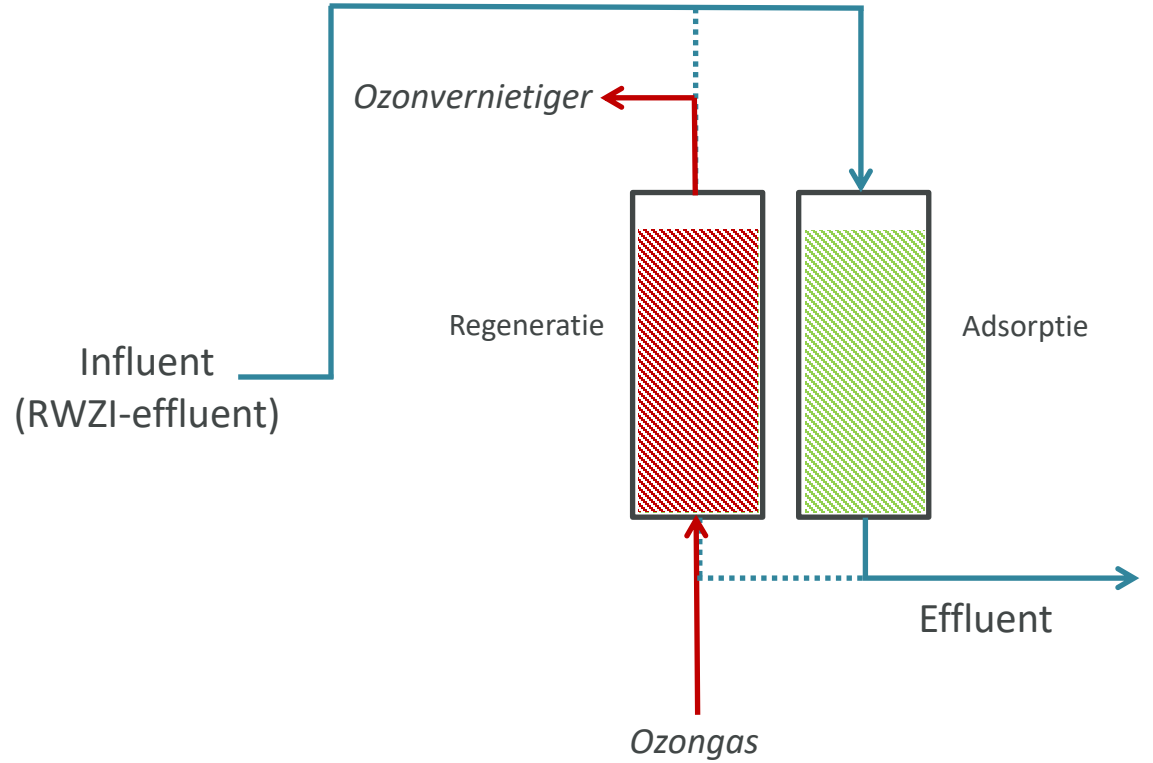
- Proefschrift Nan Jiang: gebruik zeolieten voor adsorptie
- Gebruik ozon voor regeneratie van zeolieten



AdOx!



Adsorptie



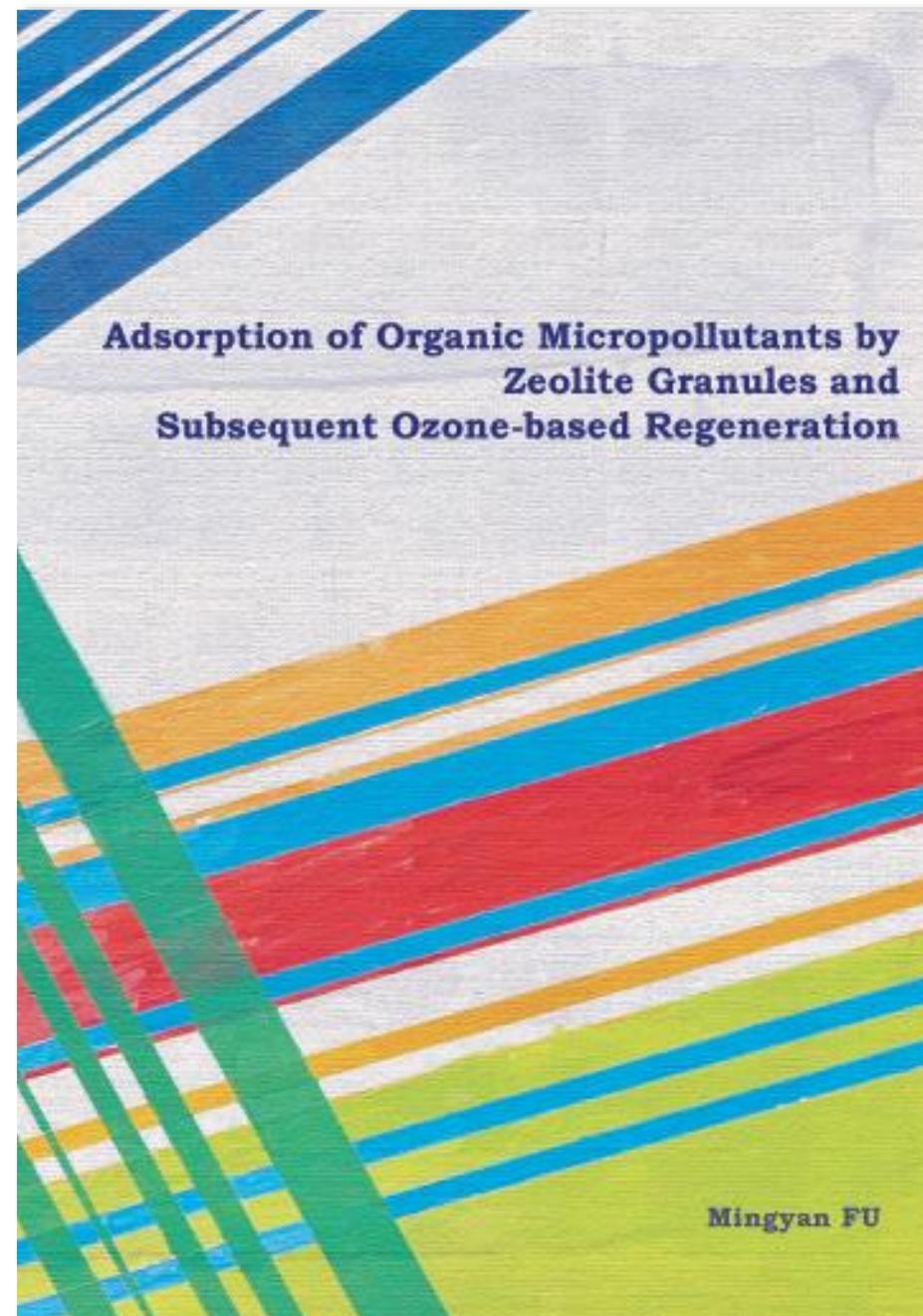
Regeneratie

Kenmerken en verwachte voordelen

- Kleine installatie door korte contacttijd (EBCT)
- Frequente '*on-site*' regeneratie: lage transportkosten
- Geen concurrentie met DOC: effectief adsorptie- en regeneratieproces
- Geen ozon in de hoofdstroom: geen bromaat en oxidatiebijproducten
- Combi met ammoniumverwijdering: '*polishing-step*' voor ammonium

Laboratorium onderzoek

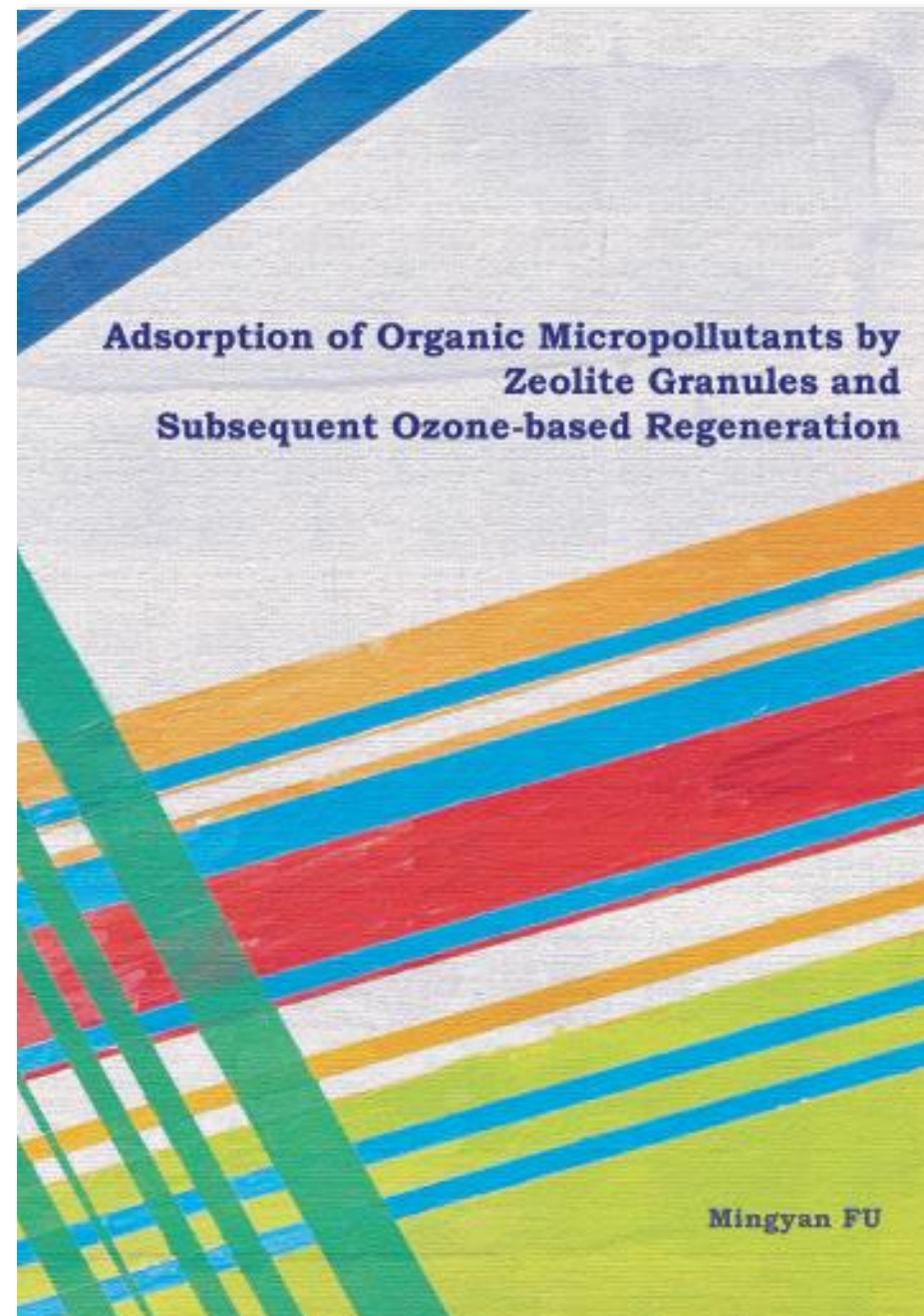
2018-2022

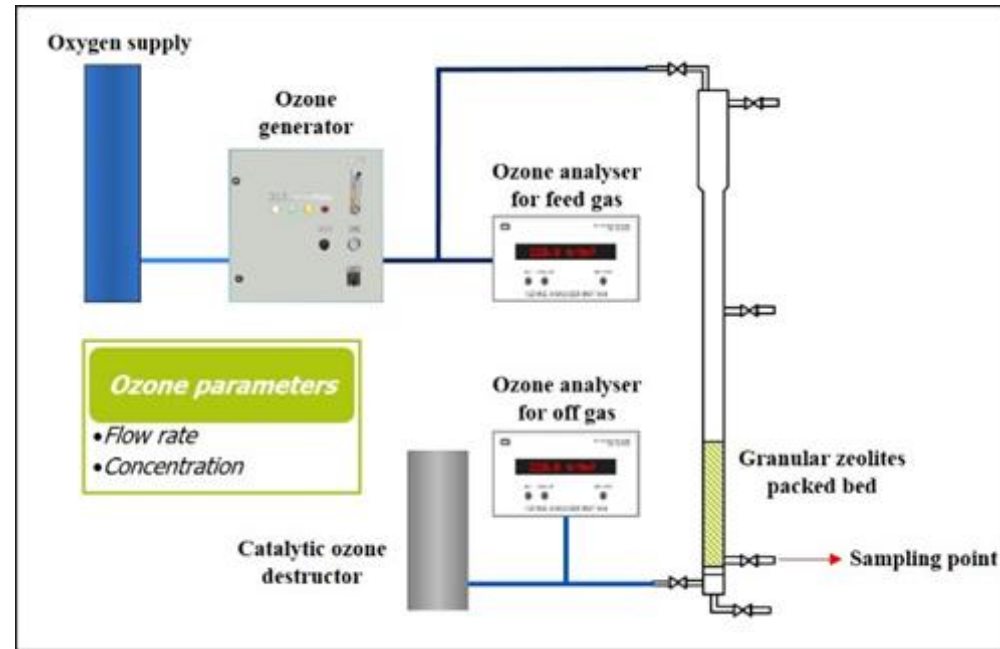


Laboratorium onderzoek

2018-2022

- Is regeneratie met ozon mogelijk?
- Wordt de adsorptiecapaciteit hersteld?
- Hoe maak je zeolietkorrels?
- Werkt het ook op rwzi-effluent?

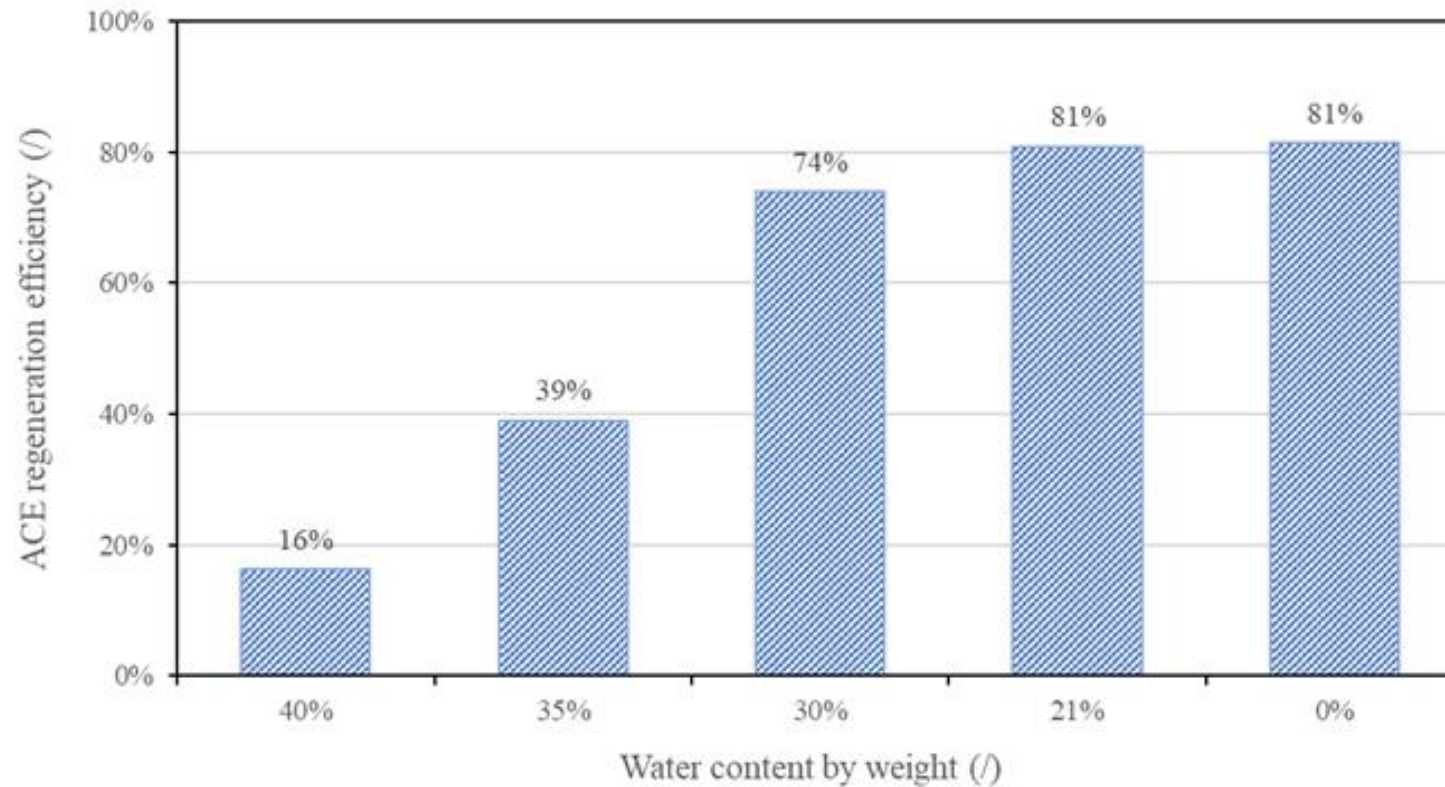




Regeneratie met ozon

- Ozon opgelost in water: beperkt effect
- Ozongas: goede regeneratie mogelijk

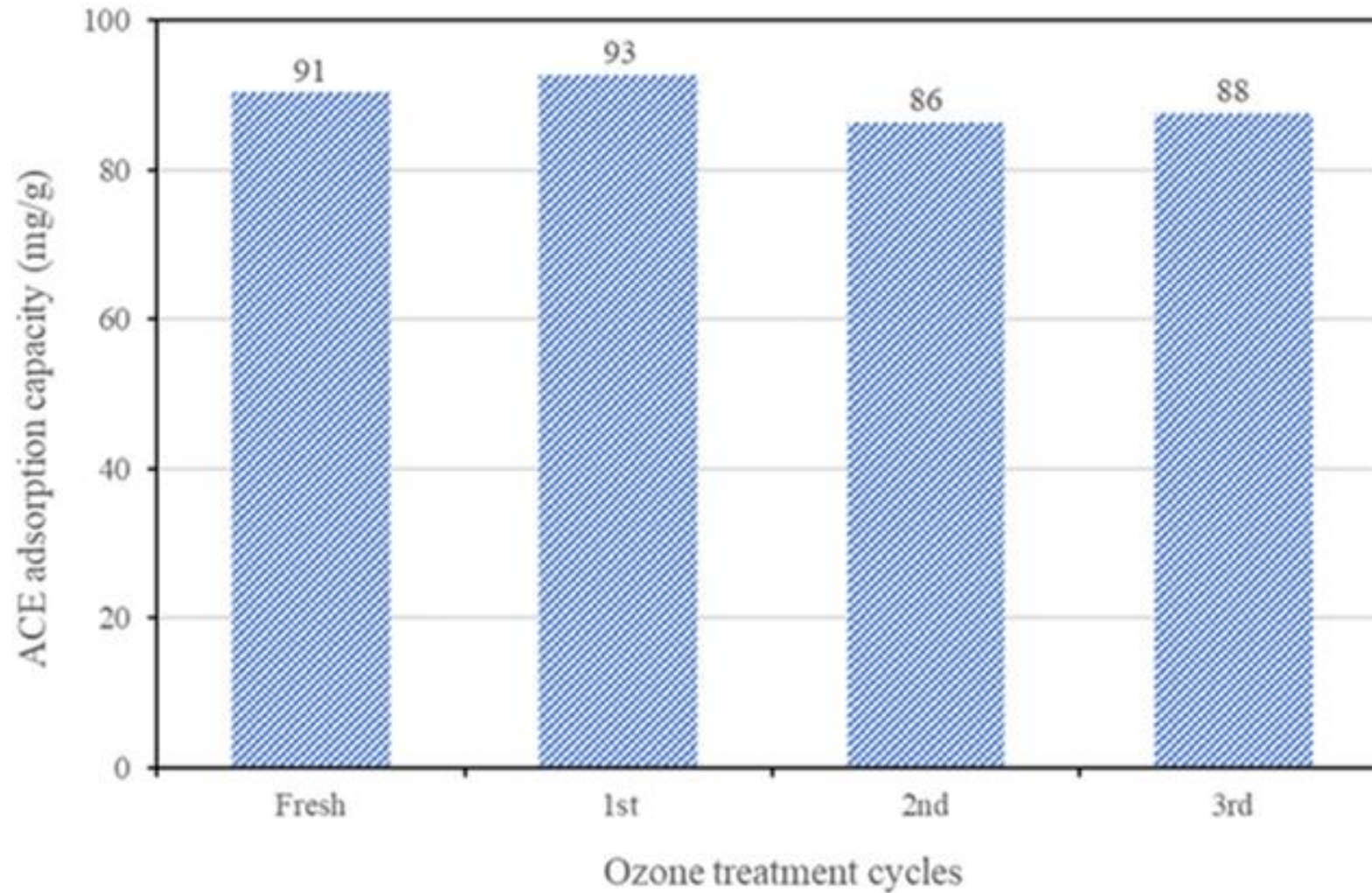
Regeneratie met ozongas (90 mg/L)



Ozon transport limitaties voorkomen:

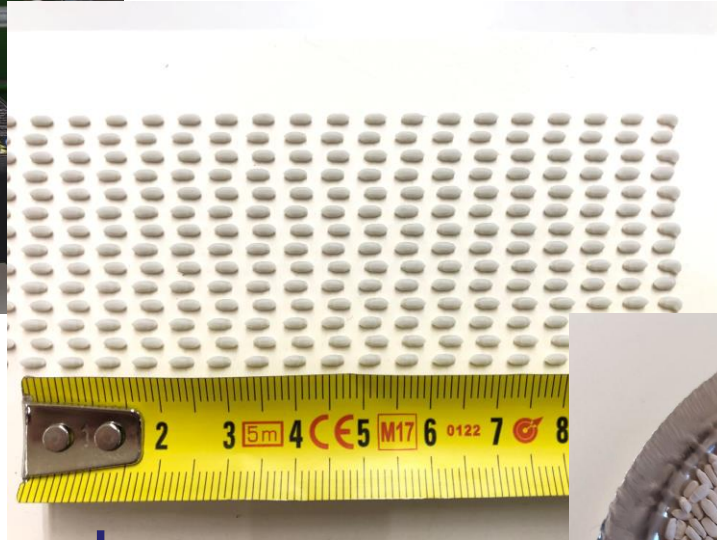
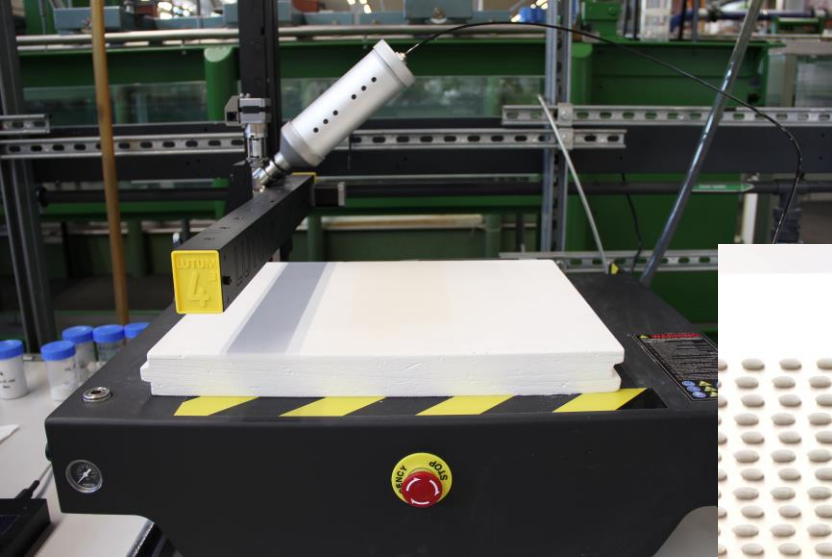
- drainen naar 40% (w/w)
- drogen naar 20% (w/w)

Herstel van adsorptiecapaciteit



Hoe maak je zeolietkorrels?

- 85% zeoliet poeder
- 15% bentoniet
- extruderen
- sinteren 2 uur 850-950 °C

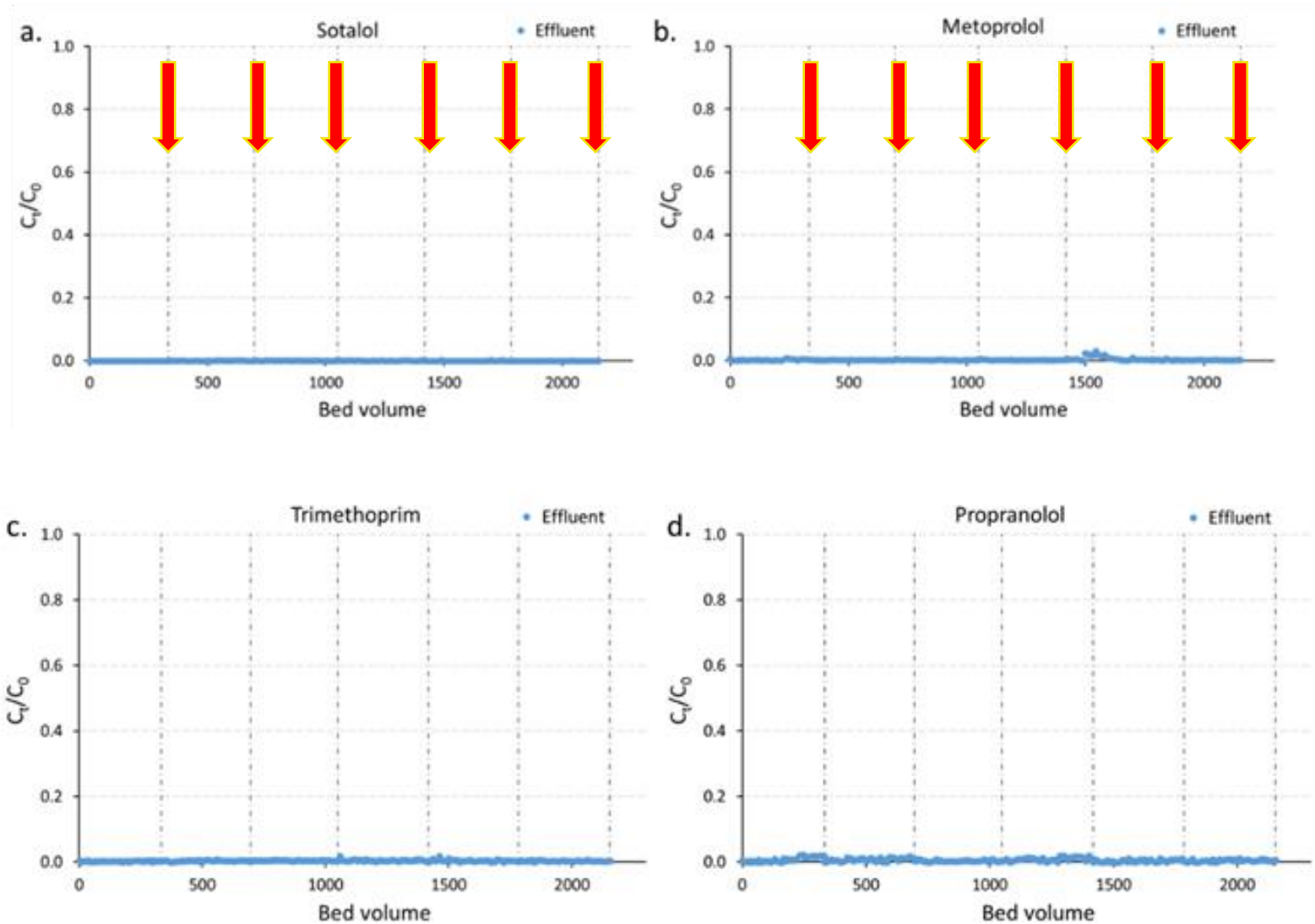


Werkt het ook op rwzi-effluent?

Zeer goed verwijderbaar

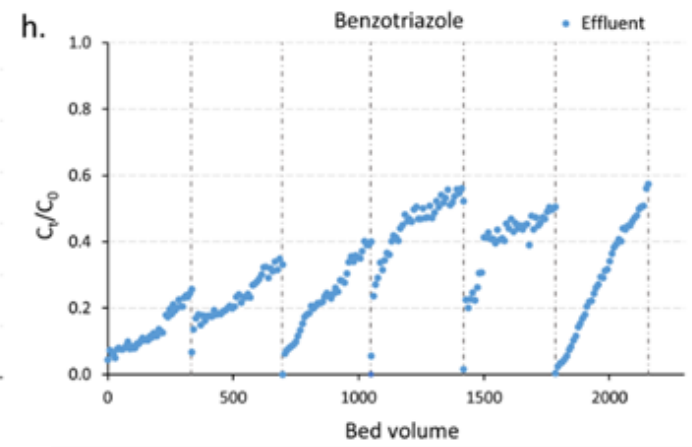
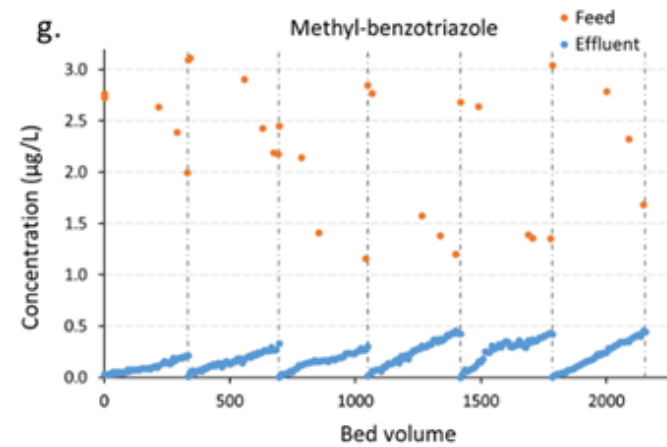
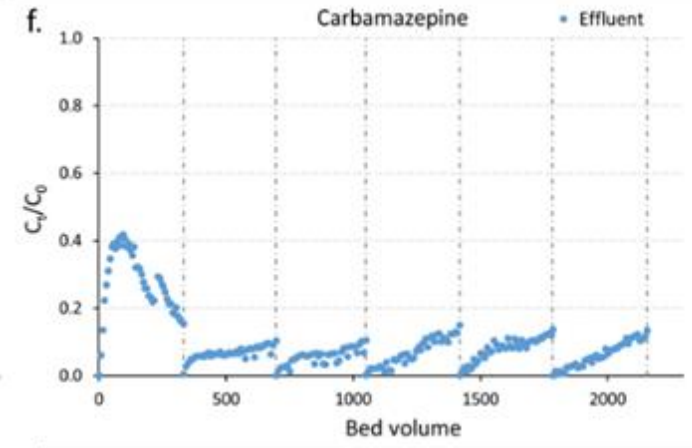
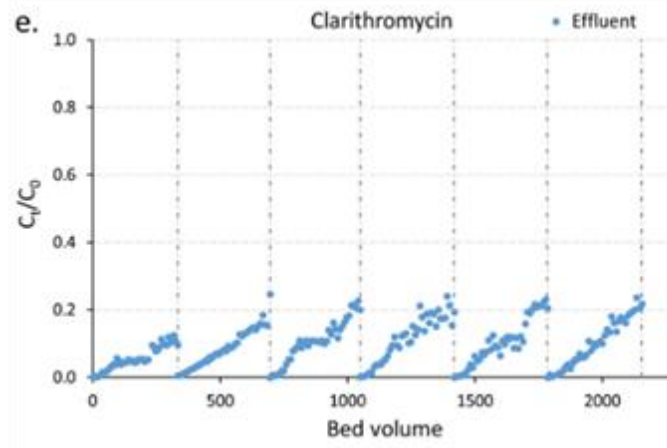


= regeneratie



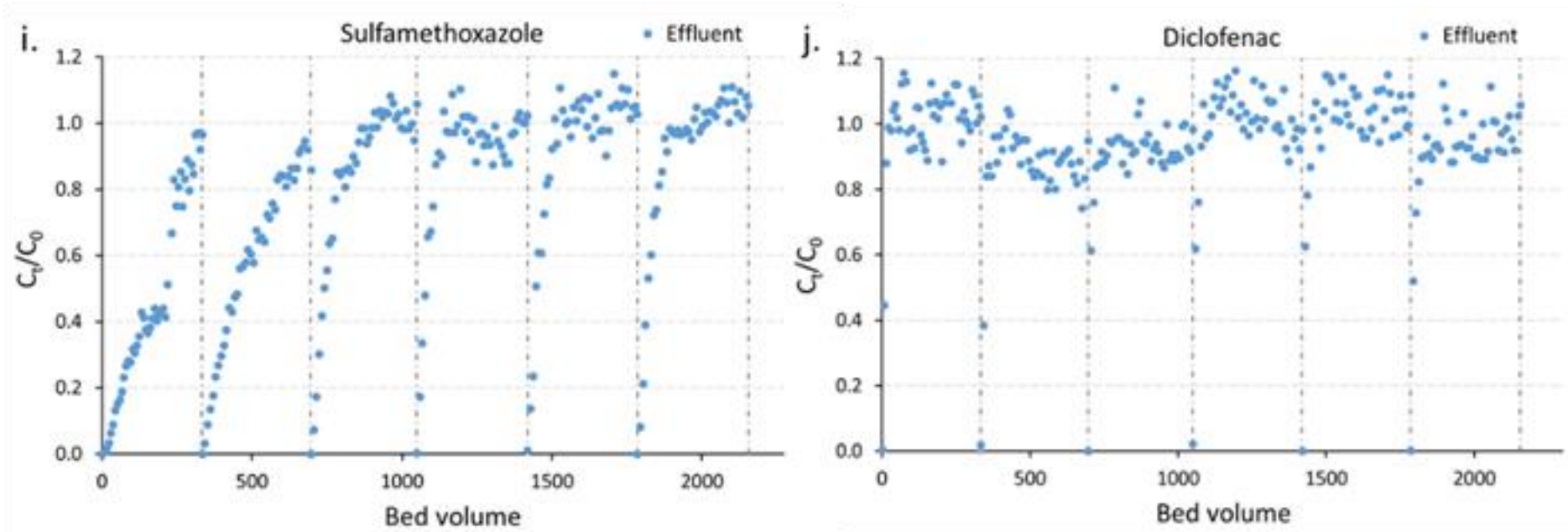
Werkt het ook op rwzi-effluent?

Goed verwijderbaar



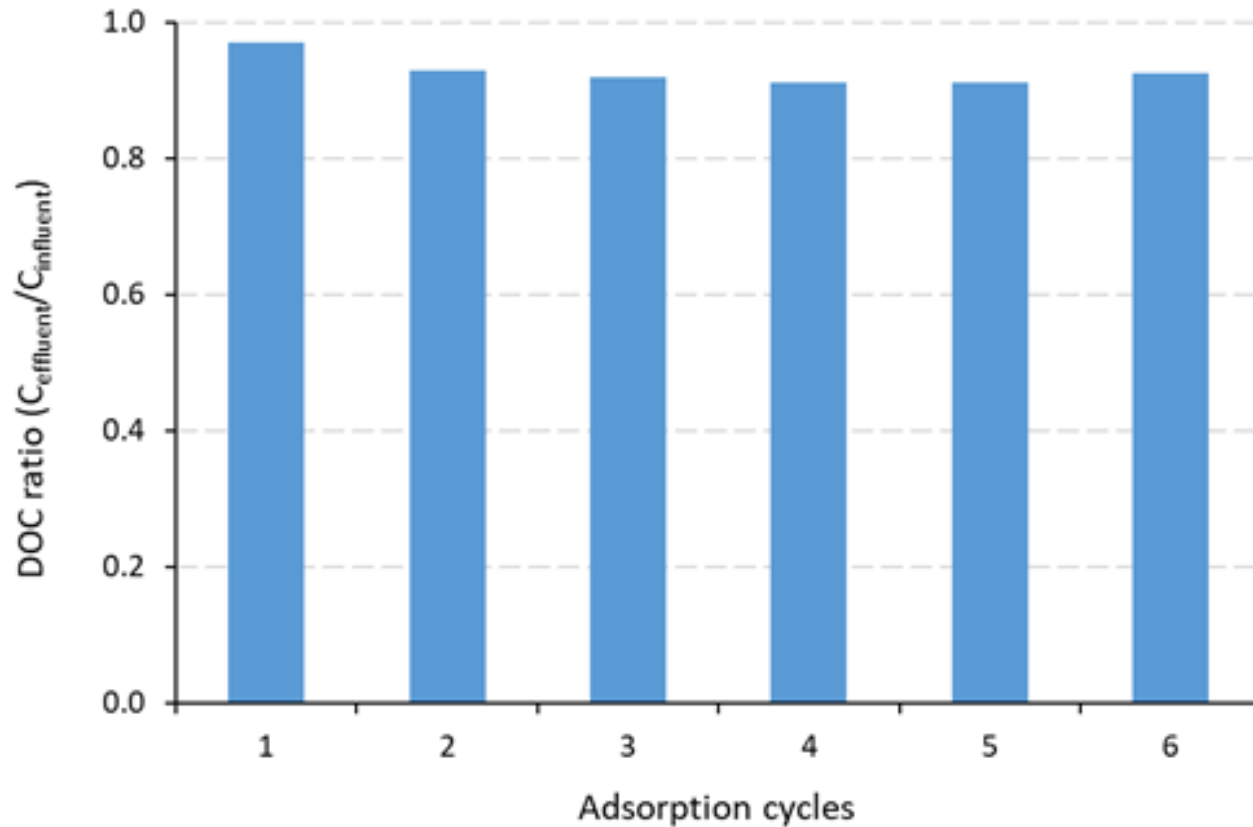
Werkt het ook op rwzi-effluent?

Matig / slecht verwijderbaar



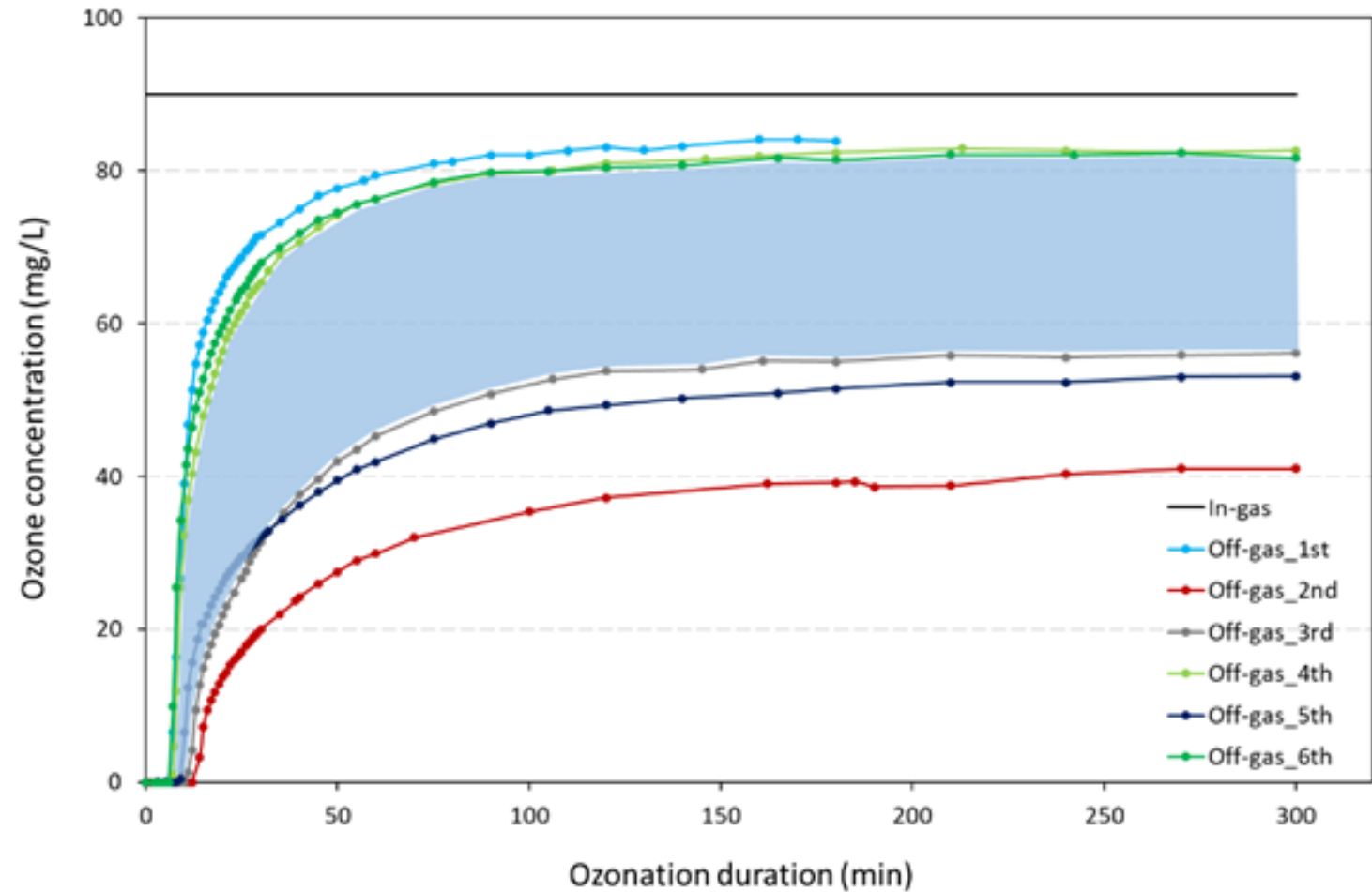
Interessant voor vervolg.....

DOC adsorptie



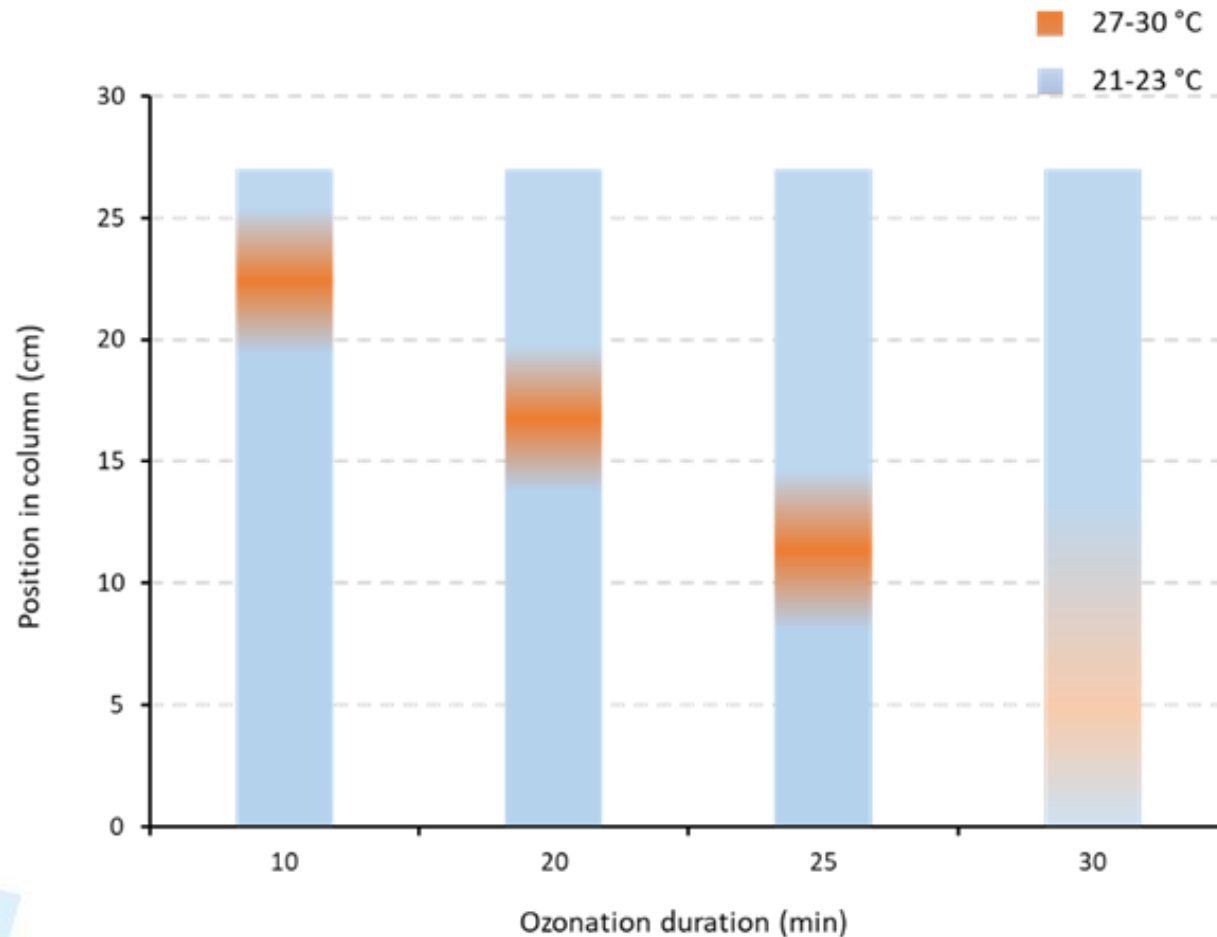
Interessant voor vervolg.....

Ozon in off-gas



Interessant voor vervolg.....

Warmte ontwikkeling
tijdens regeneratie



Haalbaarheidsonderzoek 2022

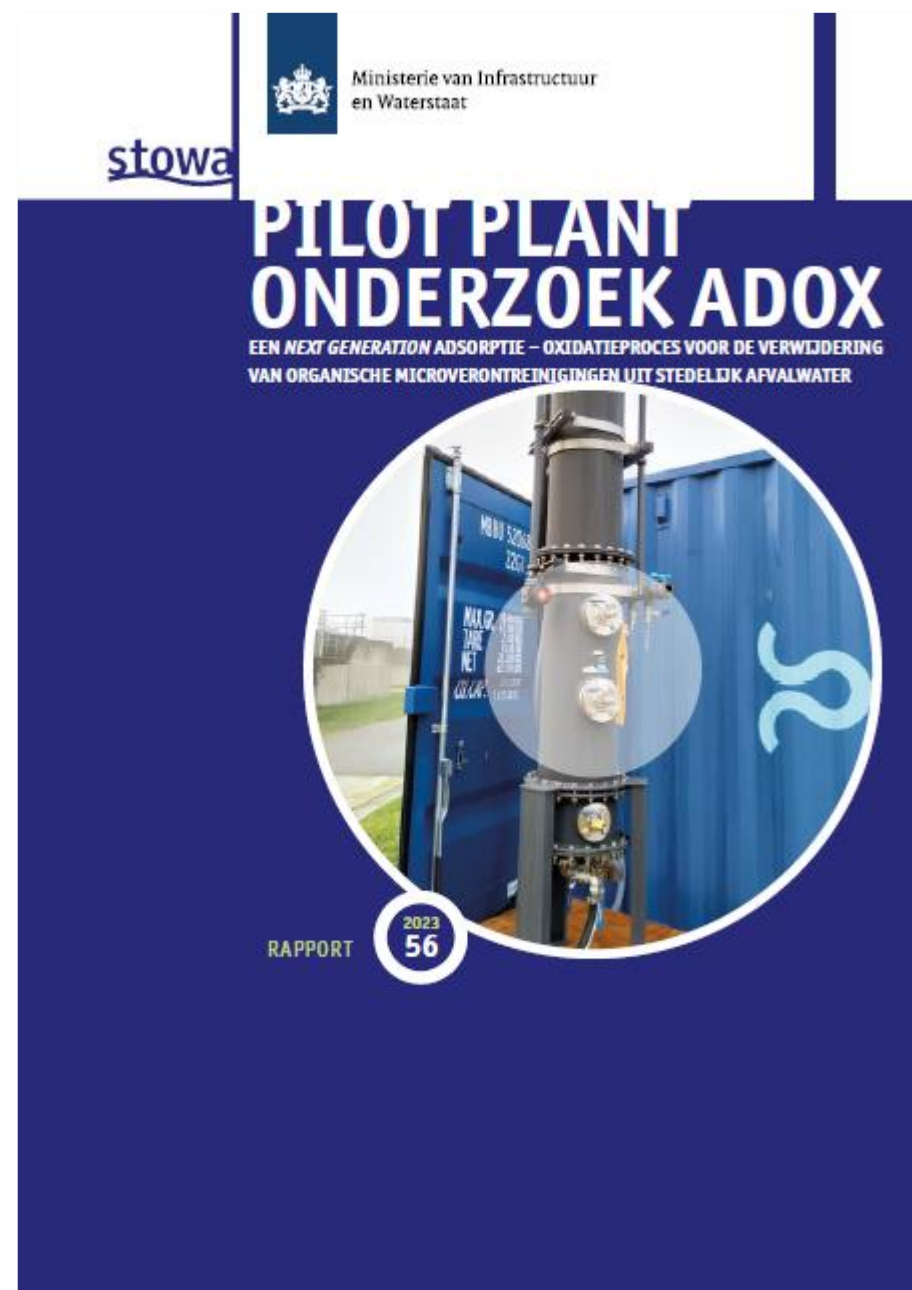


Haalbaarheidsonderzoek 2022

- Vertaling labresultaten naar een full-scale installatie (100.000 i.e.)
- CO₂-footprint
- Kosten
- Vergelijking met referentietechnieken PACAS, Ozon+zandfiltratie en GAC
- Kennis- en onderzoeksvragen voor een eventuele pilot-plant



Pilot-plant onderzoek 2023



Pilot-plant onderzoek 2023 kennis- en onderzoeksvragen

Adsorptie:

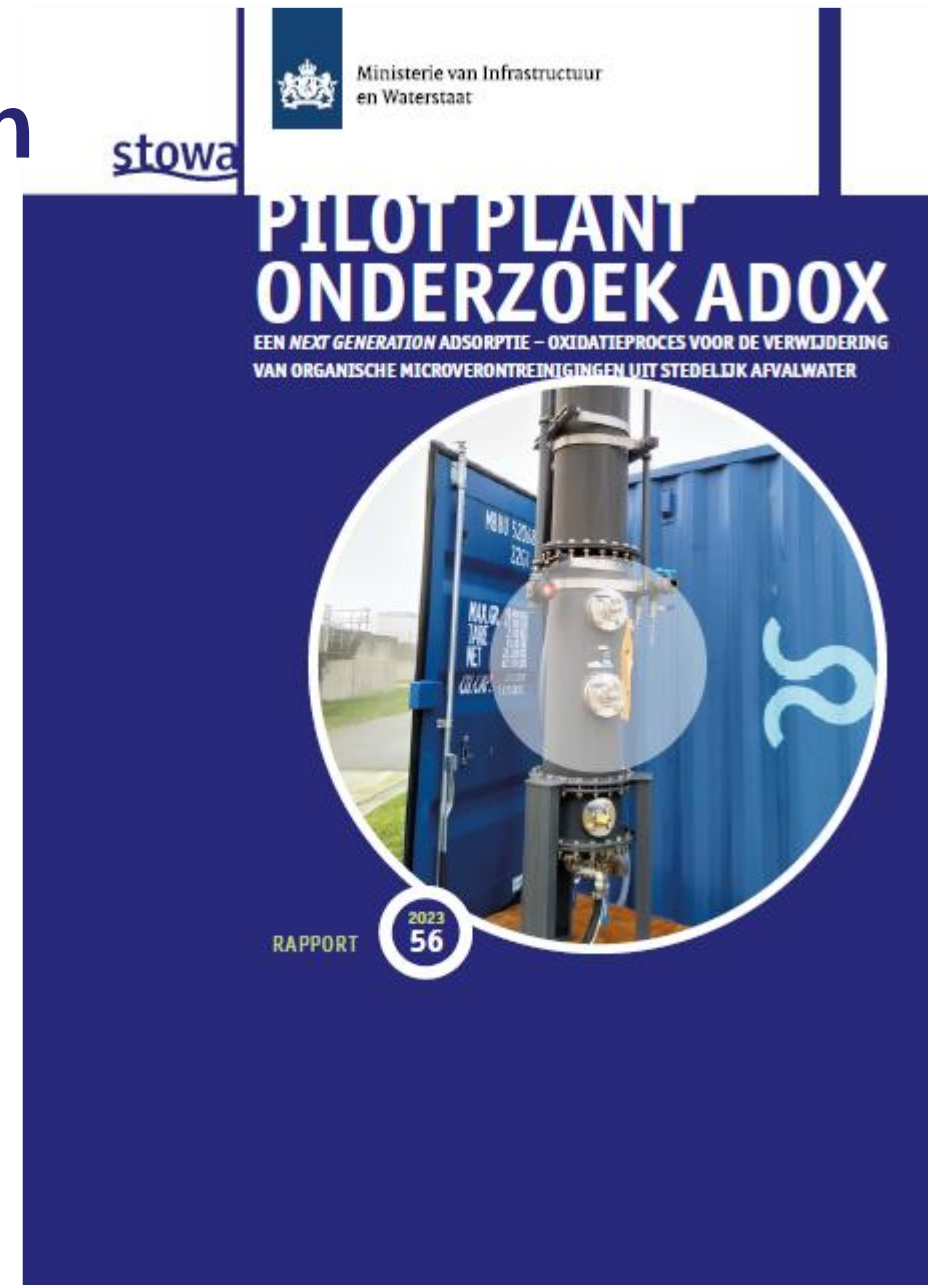
- verwijdering gidsstoffen
- procesinstellingen (EBCT)
- verwijdering organische stof
- bromaat en ecotoxiciteit

Regeneratie:

- efficiency en herstel adsorptiecapaciteit
- procesinstellingen (droogtemperatuur, ozonisatieduur)

Adsorptie + regeneratie:

- prestaties tov referentietechnologieën



Pilot-plant op rwzi Leiden-Noord (Rijnland)

maart – juni 2023

Zeoliet filter



Pre-filtratie systeem

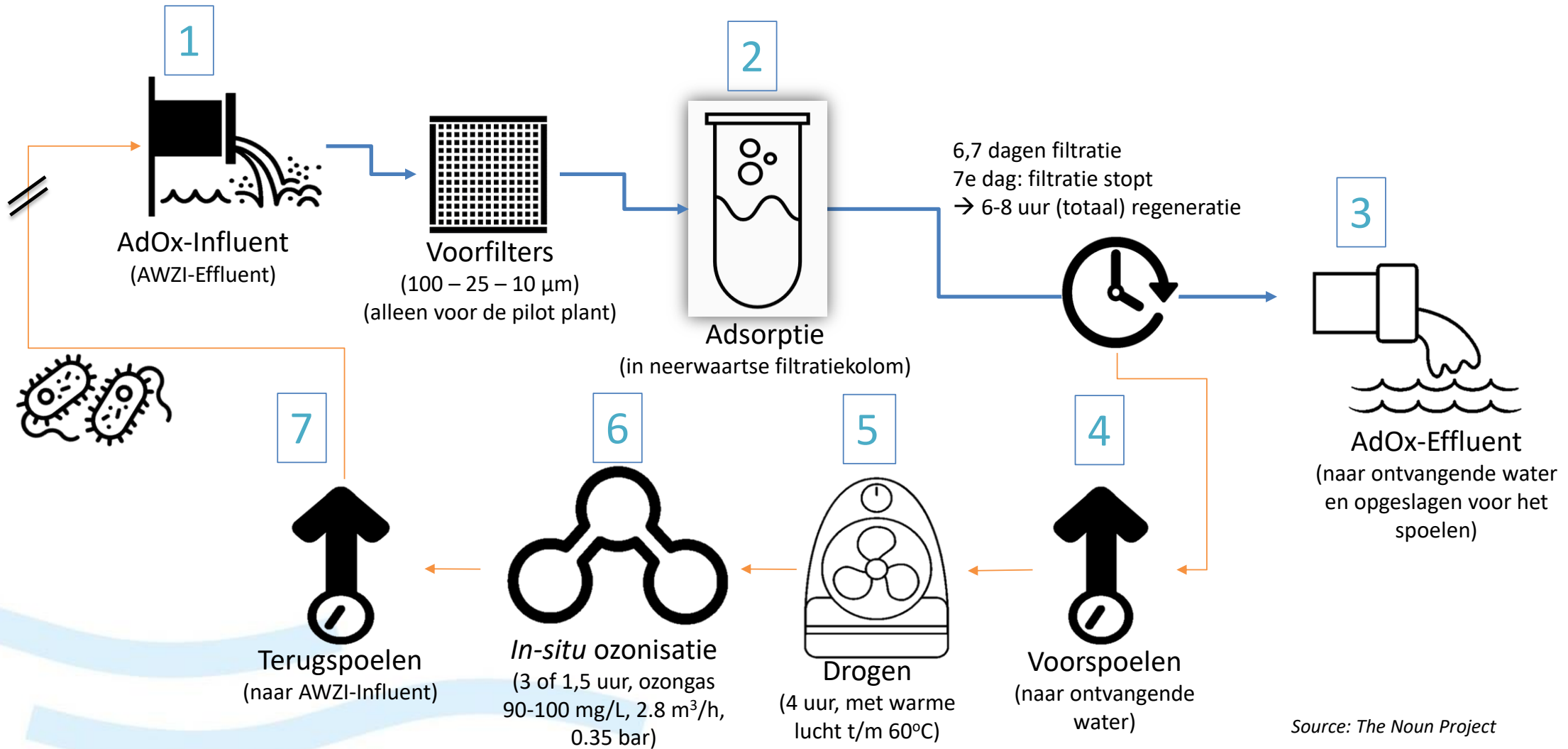
Influent debiet = 0,5 – 1,0 m³/uur

Classificatie: Intern



Ozon generator & oxygen supply

Adsorptie-regeneratie cyclus



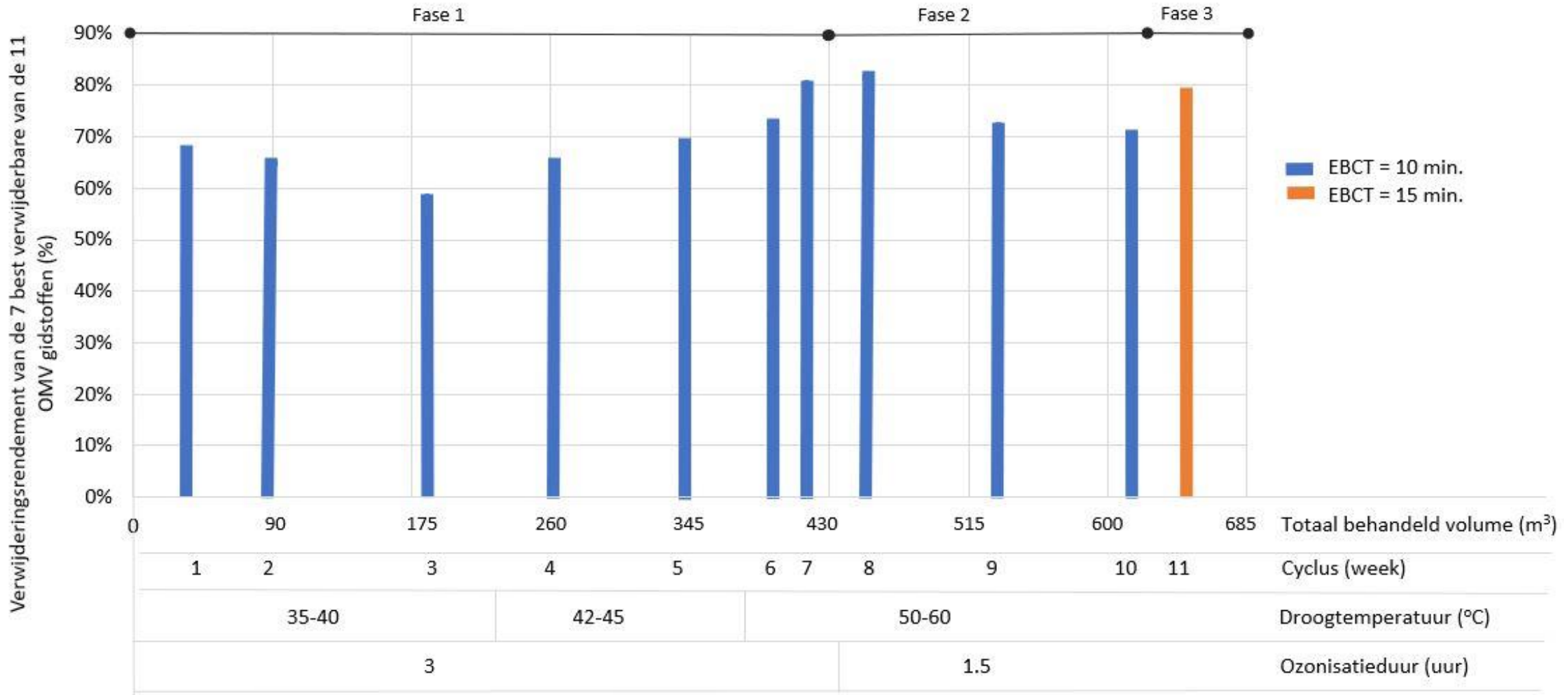
Source: The Noun Project

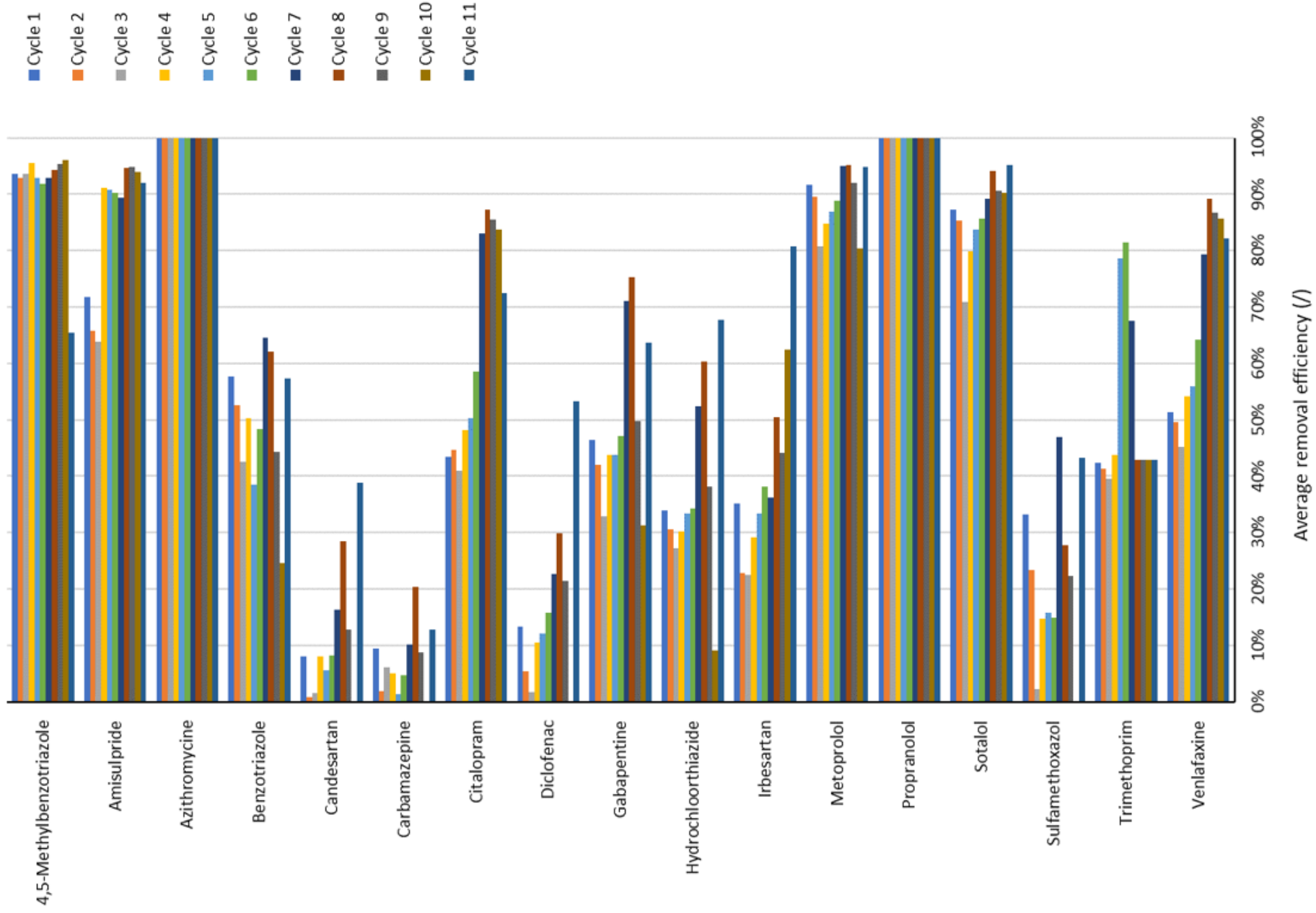
Procesinstellingen adsorptie en regeneratie

Fase	Cyclus	EBCT (min)	Droogtemperatuur (°C)	Ozonisatieduur * (uur)
1	1-3	10	35-40	3
	4-6	10	42-45	3
	7	10	50-60	3
2	8-10	10	50-60	1,5
3	11	15	50-60	1,5

*90-100 g/m³; 2,8 m³/uur

Resultaten verwijdering gidsstoffen door AdOx

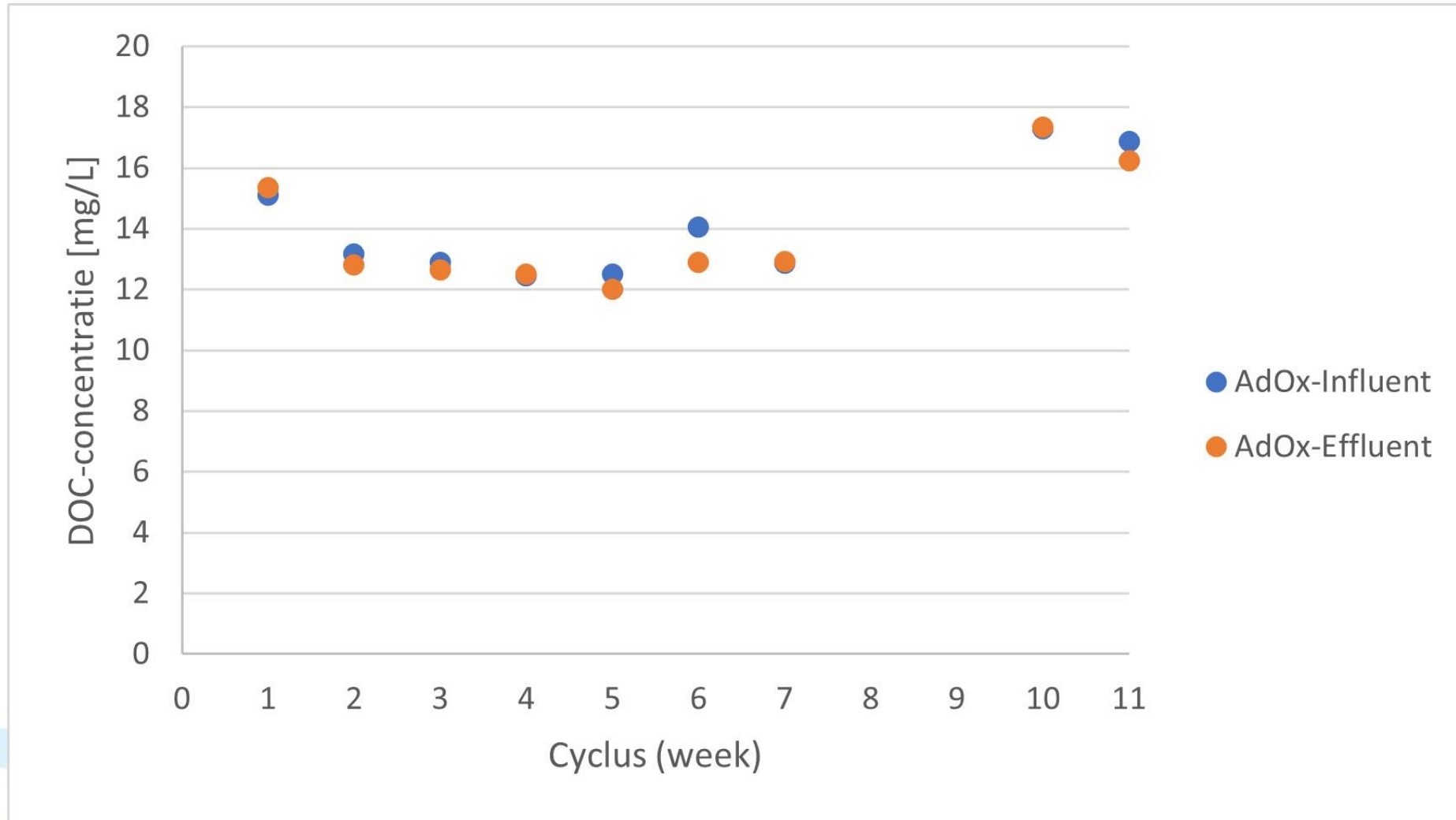




Verwijderingsrendementen

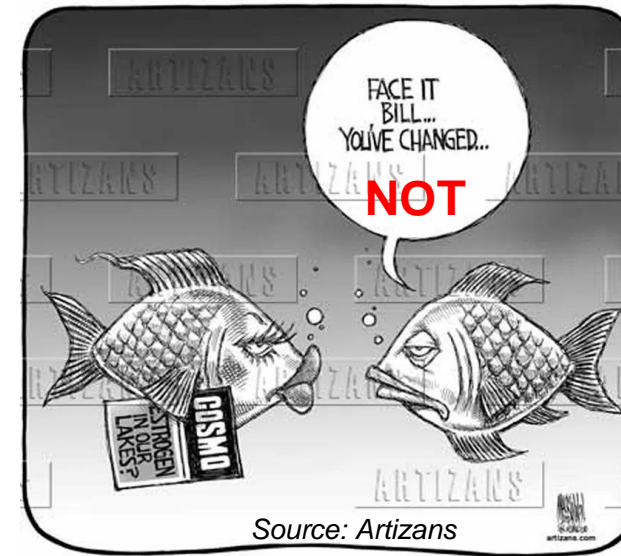
	EBCT 10 min	EBCT 15 min
Nageschakeld verwijderingsrendement	72%	79%
Overall verwijderingsrendement	67%	74%

Resultaten verwijdering organische stof

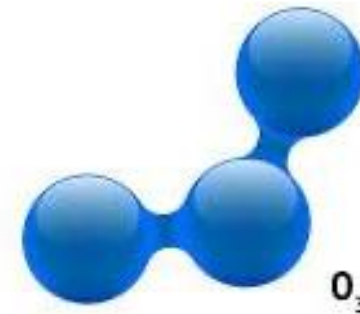


Resultaten ecotoxiciteit en bromaat

- Ecotoxiciteit: verwijdering > 50%



- Bromaat:
 - Influent en effluent AdOx: < 0,2 µg/l
 - Spoelwater na regeneratie: 17 µg/l
 - Verdunning met influent: 0,03 µg/l



Prestaties tov OZON-ZF en GAC

geen bromaat

	EENHEID	OZON-ZF	GAC	AdOx (EBCT 10 min)	AdOx (EBCT 15 min)
CO ₂ -footprint	g CO ₂ /m ³ ¹	128	325	95	131
Kosten	€/m ³ ¹	0,17	0,26	0,13	0,14
Verwijderingsrendement Gidsstoffen Ministerie I&W	% ²	80-85	80-85	67	74

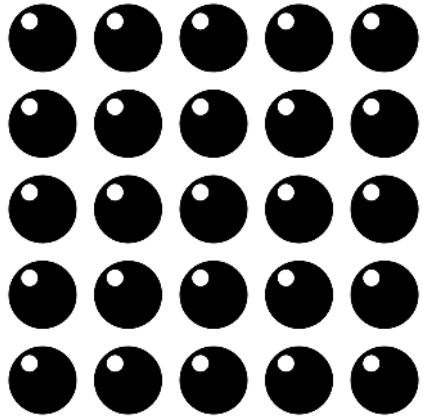
¹ Per m³ behandeld rioolwater

² 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

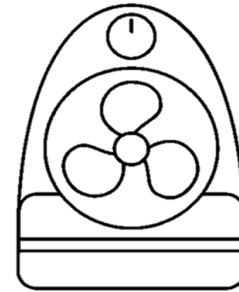
Lab versus pilot plant

Factor	Lab	Pilot plant
Verwijdering AdOx (%)	> 85%	72-79
Gidsstoffen in influent	constant	fluctuerend
EBCT (min)	20	10-15
Drogen (°C)	80	max. 60
Type zeoliet	2-3 high-silica	1 high-silica

Optimalisatie mogelijkheden

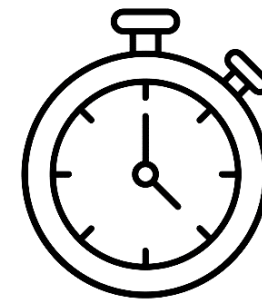
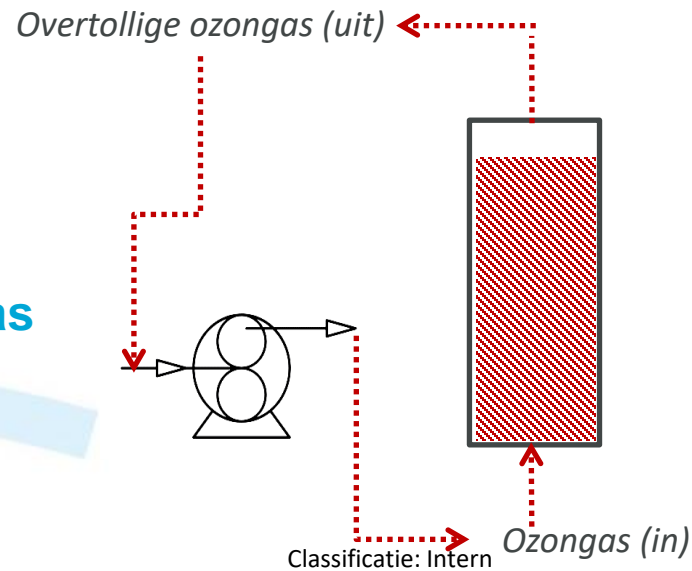


Verder ontwikkelen zeoliet granules



Verbeteren drogen

Recirculeren ozongas



Optimaliseren EBCT

Conclusies

- AdOx is in een periode van 5 jaar ontwikkeld van idee naar een technologie met perspectieven
- AdOx kan concurreren met andere oxidatie- en adsorptieprocessen
- AdOx maakt gebruik van ozon zonder bromaatvorming in het behandelde water
- Er zijn veel mogelijkheden om AdOx te optimaliseren
- Op naar een volgende pilot of demo!



Bedankt voor je aandacht

jan.peter.van.der.hoek@waternet.nl
j.p.vanderhoek@tudelft.nl

Jan Peter van der Hoek, Luuk Rietveld, Bas Heijman, Nessia Fausta, Nan Jiang, Max Fu, Yasmina Doekhi-Bennani



InnovatieProgramma MicroVerontreinigingen uit Afvalwater (IPMV)



Ministerie van Infrastructuur
en Waterstaat