



De doseerinstallatie voor poederkool in het full scale PACAS demonstratieproject op de rwzi Papendrecht

#### AUTEURS



**Mirabella Mulder**  
(Mirabella Mulder Waste Water Management)



**Herman Evenblij**  
(Royal HaskoningDHV)



**Arnoud de Wilt**  
(Royal HaskoningDHV)

## LOST IN TRANSLATION - GEBRUIK ZWITSERSE EN DUITSE KENTALLEN BIJ VERWIJDERING MICROVERONTREINIGINGEN UIT RIOOLWATER

**Bij de implementatie van maatregelen voor vergaande verwijdering van organische microverontreinigingen uit rioolwater wordt gebruik gemaakt van ervaringen in Duitsland en Zwitserland, waar men al een stuk verder is op dit vlak. Regelmatig blijkt dat een kental uit het buitenland niet zomaar op de Nederlandse situatie geplakt kan worden. In sommige studies worden appels met peren worden vergeleken. Er valt nog veel te leren.**

Ingenieurs zijn dol op kentallen: wat zijn de kosten per kuub, wat zijn de verbruiken in gram poederkool of ozon per kuub en wat is het energieverbruik in kWh en de CO<sub>2</sub>-emissie per kuub of inwonerequivalent? Hoe verhouden de investeringen zich tot de exploitatiekosten? Die kentallen helpen ons om ervaringen die elders zijn opgedaan te projecteren op de eigen situatie. Het is een vertaalsleutel en doorgaans werkt dat heel goed.

Specifiek op het gebied van microverontreinigingen wordt veel praktijkinformatie uitgewisseld tussen Zwitserland, Duitsland en Nederland, al is dit voornamelijk eenrichtingsverkeer richting Nederland. In de afgelopen jaren zagen we een ontwikkeling in de diverse aspecten van microverontreinigingen waarop eerst met name van de Zwitsers geleerd werd en later ook van de Duitsers. Initieel was er vooral behoefte aan technologische ervaringen. Het ging er eerst om te bepalen welke technieken werken, en wat de haalbare verwijderings-

rendementen zijn. Vervolgens verschoof de aandacht naar engineering, met vragen over de te bouwen installaties, zoals capaciteiten en daaraan gerelateerde kosten. Als laatste komt er steeds meer aandacht voor de impact op duurzaamheidsambities van de gebruiker, voornamelijk uitgedrukt als CO<sub>2</sub>-voetafdruk.

### Aanpak

Dit artikel presenteert de kentallen uit de Duitstalige literatuur en vergelijkt deze met de Nederlandse kentallen, zoals gepubliceerd in STOWA-rapporten (zie de referentielijst). We hanteren daarbij de volgorde zoals in de vorige paragraaf geschetst: 1. Techniek en Technologie; 2. Engineering en Kosten en 3. Duurzaamheid. Telkens analyseren we waar de gevonden verschillen vandaan komen en bespreken we de factoren die de bruikbaarheid van de betreffende kentallen bepalen. Voor een aantal kentallen wordt een voorstel gedaan hoe deze in de Nederlandse situatie het beste te gebruiken zijn en wat de bandbreedte voor de Nederlandse situatie is.

De geraadpleegde bronnen van de Duitstalige kentallen zijn artikelen uit Duitstalige vakliteratuur, de twee Kompetenzzentren in Baden-Württemberg en Nord-Rhein Westfalen en de website van het Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute.

### Oxidatie en adsorptie

Momenteel zijn er hoofdzakelijk twee technologieën die voor de verwijdering van microverontreinigingen grootschalig worden ingezet: oxidatie (meestal met ozon), en adsorptie (meestal met actiefkool in poedervorm (PAK) of granulaire vorm (GAK). In dit artikel zullen kentallen van deze technologieën worden besproken.

In Zwitserland en enkele Duitse deelstaten wordt voor een selectie gidsstoffen een verwijderingsrendement van 80% over de gehele rwzi nagestreefd. Deze gidsstoffen zijn deels dezelfde als de in Nederland aangewezen gidsstoffen, maar niet exact dezelfde. Daarnaast mikken wij in Nederland met de richtlijnen vanuit het ministerie van IenW op een rendement van 70%. In Nederland dient het 70% rendement behaald te worden voor 7 van 11 gidsstoffen; de keuze van deze gidsstoffen is vrij voor elk genomen monster.

In Zwitserland en Duitsland is de keuzevrijheid veel beperkter. Over het algemeen zijn de Zwitserse eisen en ook de Duitse richtlijnen dus strenger dan in Nederland. Dit is alvast een belangrijk verschil waarmee rekening gehouden dient te worden bij de vertaling van Zwitserse en Duitse kentallen.

### Techniek en Technologie

Tabel 1a geeft een overzicht van de relevante technische en technologische kentallen. Deze bepalen hoeveel ozon of actiefkool benodigd is voor de gewenste verwijdering van microverontreinigingen en daarmee de te installeren doseercapaciteit in kg ozon of PAK per uur.

Voor zowel ozon als PAK geldt dat deze weliswaar reageert met microverontreinigingen, maar ook met andere in het water aanwezige verbindingen zoals nitraat en organische macromoleculen, als humuszuren. Deze organische macromoleculen (vaak gepresenteerd als DOC, dissolved organic carbon) zijn in een 1.000 tot 100.000 maal hogere concentratie aanwezig dan microverontreinigingen en bepalen vrijwel volledig de benodigde overdosering van ozon en PAK om vervolgens ook de microverontreinigingen aan te pakken. Door allerlei oorzaken blijkt het gehalte DOC in Zwitsers afvalwater significant lager te liggen dan in Nederland. Daarnaast is de bandbreedte ervan binnen Nederland groter. Door de dosering weer te geven als gram ozon of actiefkool per gram DOC wordt dit probleem ondervangen.

Echter, ook als we kijken naar de DOC-specifieke dosering zien we een aanmerkelijk verschil: in Zwitserland wordt per gram DOC tot 30% minder ozon gedoseerd dan volgens Nederlands onderzoek noodzakelijk is in de Nederlandse situatie. Dit wordt, behalve door de reeds genoemde rendementdoelstellingen, waarschijnlijk veroorzaakt door een andere samenstelling van de DOC. Vanwege deze hogere dosering is het energieverbruik en de CO<sub>2</sub>-voetafdruk per kuub in Nederland hoger. Daarnaast heeft dit ook direct invloed op de vorming van bromaat tijdens ozonisatie. De vorming van dit ongewenste product neemt toe bij hogere ozondosis. Voor zowel PAK als GAK heeft een lagere DOC-concentratie ook een positieve impact op de doseerhoeveelheid en de

Buitenlandse  
kentallen micro-  
verontreiniging

20

Parameter	Eenheid	Waarde in Duitstalige literatuur en praktijk	Waarde in NL studies en pilots
<b>a. Techniek en Technologie</b>			
Verwijderingsrendement gidsstoffen rwzi <sup>1</sup>	%	80	70
<b>DOC</b>			
DOC gehalte in afvalwater	mg DOC/l	3 – 9 (gem. 6)	8 – 20 (gem. 11)
<b>Ozon</b>			
Te doseren hoeveelheid ozon	g O <sub>3</sub> /m <sup>3</sup>	1,5 - 6,3 (gem. 4,2)	4 - 14 (gem. 6,6)
Te doseren hoeveelheid ozon	g O <sub>3</sub> /g DOC	0,40 – 0,70 (gem. 0,55)	0,50 - 0,80 (gem. 0,70)
<b>PAK</b>			
Te doseren hoeveelheid PAK	g PAK/m <sup>3</sup>	10-12	10-15
<b>GAK</b>			
Standtijd <sup>2</sup>	maanden	9-16	3-6
<b>b. Kostenkentalen</b>			
Ozonisatie incl. zandfiltratie	€/m <sup>3</sup>	0,03-0,12	0,10-0,20
PACAS	€/m <sup>3</sup>	0,02-0,05	0,04-0,08
Nageschakelde PAK-dosering incl. zandfiltratie	€/m <sup>3</sup>	0,05-0,15	0,12-0,25
GAK-filtratie	€/m <sup>3</sup>	0,05-0,12	0,15-0,30
<b>c. Kentallen duurzaamheid</b>			
Elektriciteitsverbruik	kg CO <sub>2</sub> / kWh	0,181 (mix CH) 0,030 (CH zonder import)	0,526 (mix NL) <sup>3</sup>

		0,450 (mix EU)	
Verbruik van actiefkool uit steenkool	kg CO <sub>2</sub> /kg kool	11,7	9,6
Geregenereerde actiefkool	kg CO <sub>2</sub> /kg kool	1,9	2,5
Kool van biologische oorsprong	kg CO <sub>2</sub> /kg kool	2,1 - 6,4 (o.b.v. kokosnoot)	4,3 – 6,8 <sup>4</sup>
Vloeibare zuurstof	kg CO <sub>2</sub> /kg O <sub>2</sub>	0,26	0,42
Ozonisatie inclusief zandfiltratie	g CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	20-50	100-160
PACAS	g CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	90 -120	120-160
Nageschakelde PAK-dosering incl. zandfiltratie	g CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	120-150	160-220
GAK-filtratie	g CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	30 -60	220-320

GAK-standtijd, maar het effect lijkt minder uitgesproken dan bij ozon.

### Engineering en kosten

Ter illustratie zijn de verschillen tussen de Nederlandse en Duitstalige kentallen voor kosten gepresenteerd in tabel 1. Dit roept meteen de vraag op: waarom is het in Duitsland goedkoper? De vergelijking van kostenkentallen is zelfs binnen Nederland een lastige klus, laat staan in internationale context. Het kan hierbij op heel veel manieren misgaan. Vandaar

Tabel 1. Vergelijking van kentallen voor technologie, kosten en duurzaamheid voor vergaande verwijdering van medicijnresten uit afvalwater.

<sup>1</sup> Verwijderingsrendement effluent rwzi ten opzichte van influent rwzi inclusief bypass niet behandelde deelstroom. <sup>2</sup> Bij contacttijd van 30 minuten. <sup>3</sup> Gemiddelde mix voor heel Nederland. <sup>4</sup> Diverse hernieuwbare materialen waaronder hout, kokosschalen en afval van MDF (STOWA 2020-19)

dat binnen het Innovatieprogramma Microverontreinigingen (IPMV) strikte afspraken zijn gemaakt over de manier waarop kosten worden vergeleken, namelijk binnen een vooraf bepaalde fictieve casus voor een rwzi van 100.000 i.e.

Bij een vergelijking van stichtingskosten komt het aan op zaken als de gehanteerde reservestelling, de bouwwijze, het type ondergrond en veiligheidsvoorzieningen, wat weer een relatie heeft met wettelijke eisen en locatiespecifieke klantwensen, etc. Daarnaast speelt een belangrijke rol waar de systeemgrenzen liggen. Al deze factoren bepalen de teller van het kental kosten per kubieke meter.

Verder is van belang om na te gaan wat er precies is opgenomen in de noemer van het kental, om welke kubieke meters gaat het precies? Het maakt daarbij verschil of de beschouwde rwzi ontworpen is op droogweeraanvoer of een hogere capaciteit inclusief (een gedeelte van) de piek bij regenweeraanvoer. In het IPMV is afgesproken om de kosten alleen te betrekken op het daadwerkelijk behandelde volume. Bij de buitenlandse presentaties van kentallen wordt er echter vaak voor gekozen om de kosten van nageschakelde behandeling toch om te slaan over het totale debiet (het behandelde en het onbehandelde deel samen).

Als laatste blijkt dat er verschillend wordt omgegaan met het verdisconteren van investeringen en operationele kosten, waarbij met name de wijze van de berekening van investeringslasten zeer bepalend is (gehanteerde afschrijvingsmethodiek, rentevoet), en de berekening van onderhoudskosten. De vertaling van kostenkentallen is dus onmogelijk zonder kennis van de gehanteerde systematiek, afschrijvingstermijnen, rentepercentages, en aannames voor onderhoudskosten.

## Duurzaamheid

De belangrijkste maat voor duurzaamheid is op dit moment de equivalente CO<sub>2</sub>-uitstoot van de beschouwde activiteit. In tabel 1 zijn de meest belangrijke kentallen opgenomen. Hieruit blijkt dat de CO<sub>2</sub>-emissie van elektriciteit in Zwitserland beduidend lager is dan in Nederland. Dit heeft uiteraard te maken met de manier van opwekken. In tegenstelling tot de Zwitserse mix bevat de Nederlandse mix vooralsnog een zeer gering aandeel groene energie. De verschillen in CO<sub>2</sub>-emissie van elektriciteit werken ook door in een aantal andere kentallen zoals die voor productie van vloeibare zuurstof en activatie en regeneratie van actiefkool. Voor GAK is het voornaamste verschil gerelateerd aan het elektriciteitsverbruik voor activatie en regeneratie. In overige aspecten zoals steenkoolwinning en transport zitten praktisch geen verschillen. Aangezien PAK niet geregenereerd kan worden, verschillen de CO<sub>2</sub>-voetafdrukken veel minder, deze zijn dan voornamelijk gerelateerd aan een andere effluentsamenstelling op het gebied van DOC. Naast de kentallen in kg CO<sub>2</sub> per kWh of kg kool zijn het ook de technologische verschillen die de duurzaamheidskentallen in kg CO<sub>2</sub> per kubieke meter rioolwater sterk beïnvloeden. Het effect van een hogere ozon dosis of langere GAK-standtijd door bijvoorbeeld een hogere DOC-concentratie verslechtert de duurzaamheidsscore al snel met tientallen procenten.

## Conclusie

Kentallen voor zuiveringstechnologie voor de verwijdering van microverontreinigingen uit rioolwater hebben geen universele geldigheid, ze hebben vertaling nodig. Het werken met kentallen per m<sup>3</sup> en het extrapoleren hiervan leidt tot onjuiste keuzes in de afweging van technologieën. De auteurs roepen daarom eenieder op vooral zelf na te gaan wat op basis van de lokale specifieke situaties op rwzi's de beste technologiekeuze is en welke kosten en CO<sub>2</sub>-voetafdruk dit met zich meebrengt. Hierbij kan gebruik worden gemaakt van kentallen uit binnen- en buitenland, maar deze moeten dan wel zorgvuldig worden vertaald. Zo worden varianten op de juiste manier met elkaar vergeleken en kunnen investeringsbeslissingen beter worden onderbouwd.

Mirabella Mulder (*Mirabella Mulder Waste Water Management*), Herman Evenblij en Arnoud de Wilt (*Royal HaskoningDHV*)

## Bronnen

- STOWA 2015-27 Verwijdering van microverontreinigingen uit effluenten van RWZIs
- STOWA 2017-36 Verkenning technologische mogelijkheden voor verwijdering van geneesmiddelen uit afvalwater
- STOWA 2018- 02 PACAS – Poederkool dosering in actiefslib voor verwijdering van microverontreinigingen
- STOWA 2018-46 Zoetwaterfabriek AWZI de Groote Lucht: pilotonderzoek ozonisatie en zandfiltratie.
- STOWA 2018-67 Proof of Concept en laboratoriumonderzoek verwijdering microverontreinigingen uit rwzi-effluent met het O3-STEP filter.
- De haalbaarheidsstudies in het Innovatieprogramma Microverontreinigingen uit Water, van STOWA en ministerie van IenW, zie hier
- STOWA 2020-41 Pilotonderzoek vergelijking oxidatieve technieken effluent rwzi Aarle-Rixtel
- URL's websites  
[www.micropoll.ch](http://www.micropoll.ch)  
[www.koms-bw.de](http://www.koms-bw.de)  
[www.dwa-nrw.de](http://www.dwa-nrw.de)

Buitenlandse  
kentallen micro-  
verontreiniging

## SAMENVATTING

Ervaringen uit Duitsland en Zwitserland worden gebruikt bij de implementatie van maatregelen voor vergaande verwijdering van organische microverontreinigingen uit rioolwater. Regelmatig blijkt dat een kental uit het buitenland niet zomaar op de Nederlandse situatie geplakt kan worden. Dit artikel presenteert de kentallen over techniek en technologie, kosten en duurzaamheid uit de Duitstalige literatuur en vergelijkt deze met de Nederlandse kentallen. Hieruit blijkt deze kentallen geen universele geldigheid hebben, ze vereisen vertaling. De auteurs roepen daarom eenieder op vooral zelf na te gaan wat op basis van de lokale specifieke situaties op rwzi's de beste technologiekeuze is en welke kosten en CO<sub>2</sub>-voetafdruk dit met zich meebrengt.