



Rwzi Simpelveld: Poederkooldoseerunit (rechts) en voorraad poederkool (links)

#### AUTEURS



Sandra Malagón en Ad de Man  
(WBL)



Wout Pannekoek  
(WBL)



Herman Evenblij  
(Royal HaskoningDHV)



Saskia Moll en Pascal Deenekamp  
(Royal HaskoningDHV)



## MICROVERONTREINIGINGEN VERWIJDEREN MET COMBINATIE VAN POEDERKOOI EN NEREDA

**De Nederlandse oppervlaktewaterkwaliteit moet beter. Een van de noodzakelijke maatregelen is het verwijderen van microverontreinigingen (waaronder medicijnresten) uit het effluent van de rioolwaterzuiveringen. Hiervoor is een nieuwe methode op demoschaal getest: een combinatie van poederkooldosering en granulair actiefslib (Nereda zuiveringstechniek).**

Microverontreinigingen vormen een bedreiging voor de waterkwaliteit. Effluent van rioolwaterzuiveringen is voor veel van deze stoffen, zoals medicijnresten, een belangrijke route naar oppervlaktewater. De waterschappen onderzoeken met STOWA en het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (I&W) mogelijke maatregelen om de lozing van deze stoffen naar oppervlaktewater te verminderen in het Innovatieprogramma Microverontreinigingen uit rwzi-afvalwater (IPMV). In dit programma zijn elf gidsstoffen vastgesteld (tabel 1). Door het monitoren van steeds dezelfde gidsstoffen in alle onderzoeken zijn de onderzoeksresultaten goed met elkaar te vergelijken. Het vereiste verwijderingsrendement is minimaal 70% voor zeven van de elf gidsstoffen.

Tabel 1. De elf gidsstoffen uit het IPMV

1,2,3-benzotriazool	onderdeel van geneesmiddelen, ook antivriesmiddel/corrosieremmer
carbamazepine	anti-epilepticum
diclofenac	pijnstillert
gabapentine	anti-epilepticum
hydrochloorthiazide	diureticum
irbesartan	middel tegen hoge bloeddruk
metoprolol	bètablokker
som 4- en 5-methyl-1H-benzotriazool	metaboliert
sotalol	bètablokker
trimethoprim	antibioticum
venlafaxine	antidepressivum

Eén van de mogelijkheden om microverontreinigingen te verwijderen is de dosering van poederkool op de rioolwaterzuivering (rwzi), zoals op de rwzi Papendrecht werd gedemonstreerd in het PACAS project [1]. Hier werd poederkool gedoseerd in een continu-actiefslibstelsysteem.

Er zijn ook rwzi's die gebruik maken van de Nereda®-zuiveringstechnologie. Dit is een opwaarts doorstroomd batchstelsysteem met korrelslib (granulair slib). Is poederkooldosering ook in combinatie met Nereda een effectieve verwijderingstechniek? En blijft daarmee de installatie ook voor het overige doen wat hij moet doen? Om deze vraag te beantwoorden is in 2021 een onderzoek gestart in de Nereda-installatie op de rwzi Simpelveld. De resultaten van deze proef worden uitgebreid beschreven in het STOWA rapport Pilot Poederkooldosering Nereda Simpelveld [2]. Dit artikel vat de proefopzet en de voornaamste conclusies samen.

### Proefopzet

De rwzi Simpelveld van Waterschapsbedrijf Limburg (WBL) werkt met een Nereda-installatie, bestaande uit twee parallelle 'straten'. De ene straat zuivert eenderde van het influent, de andere tweederde.

Bij deze proef wordt op de kleinste straat poederkool (PAK, dezelfde als in het PACAS-onderzoek) gedoseerd, de andere straat fungeert als referentie. De effluenten van de referentiestraat en van de PAK-straat worden in een egalisatiebuffer met elkaar gemengd en vervolgens naar de zandfilters geleid. Het doseerniveau van poederkool is gedurende 14 maanden stapsgewijs verhoogd van 5 naar 10, 15 en 20 mg PAK/l influent. Daarna is een kortdurende proef gedaan met een (duurzamere) poederkool uit dennenhout, in plaats van de eerder gebruikte PAK (steenkool). Gebruikte dosering: 15 mg PAK/l.

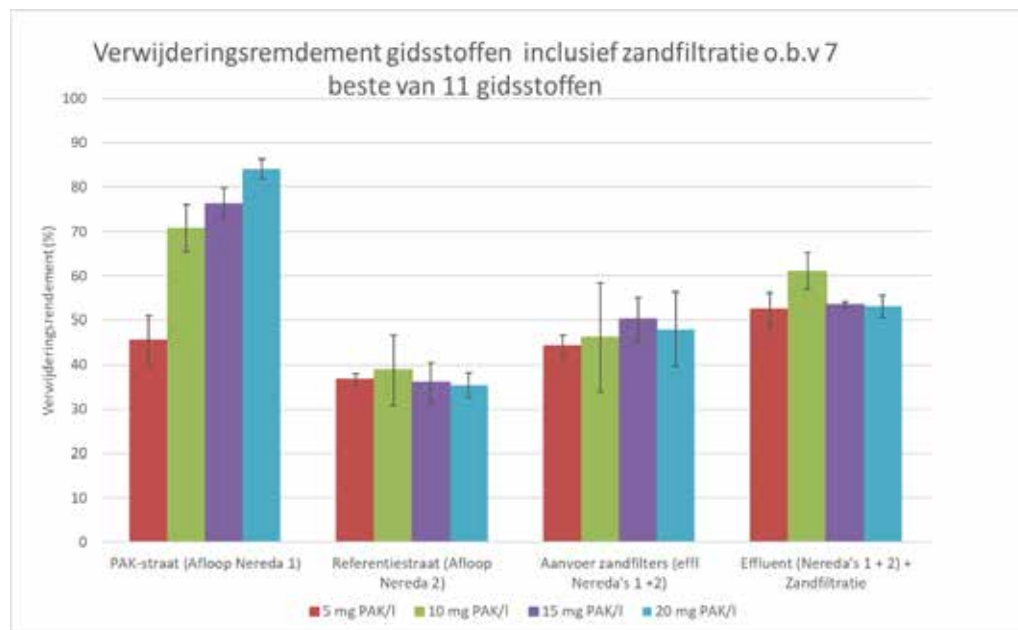
De dosering van poederkool vond plaats tegen het eind van de beluchttingsfase, minimaal 30 minuten voordat de volgende fase inging. De per batch toe te voegen hoeveelheid poederkool werd berekend op basis van de aanvoersituatie. Bij droog weer werd de vaste doseerverhouding van 5, 10, 15 of 20 mg/l influent gebruikt. Deze hoeveelheid werd bij regenweeraanvoer verlaagd, om te compenseren voor het regenwater (dat immers geen medicijnresten bevat).

### Monitoringsprogramma

Tijdens elke doseerperiode werden dagelijks monsters genomen (en ingevroren) van de influenten en effluenten van de referentiestraat en de PAK-straat. Voor de analyse van de gidsstoffen zijn de verzamelde 24-uursmonsters, na controle van de werking van de rwzi en poederkooldosering, gecombineerd tot 48-uursmonsters. De effluentbemonstering is 24 uur later dan de influentbemonstering gestart. Dit om rekening te houden met de hydraulische verblijftijd in de reactor.

De monsters zijn uitgebreid gemonitord op: microverontreinigingen (de gidsstoffen), nutriënten (P en N), overige macroparameters (CZV, BZV, zwevende stof), slibsamenvesting en aandachtstoffen zoals PFAS. Op basis van deze data zijn het verwijderingsrendement en het effect van de dosering op de effluentkwaliteit, de slibkwaliteit en de (berekende) extra slibproductie bepaald.

Het verwijderingsrendement is berekend volgens de 'Voorlopige werkinstructie bemonstering en chemische analyse medicijnresten in rwzi-afvalwater' van het Ministerie van I&W en STOWA. Hierbij is het berekende rendement de gemiddelde waarde van de zuiveringsrendementen van de best verwijderde zeven gidsstoffen in elk genomen watermonster.



Afbeelding 1. Verwijderingsrendement van medicijnresten bij verschillende PAK-doseringen o.b.v. 7 beste van 11 gidsstoffen. Aantal waarnemingen: 5 mg PAK/l n = 3; 10 mg PAK/l n = 5; 15 mg PAK/l n = 6; 20 mg PAK/l n = 6.

### Verwijderingsrendement en andere effecten

Het berekende verwijderingsrendement van de medicijnresten in de referentiestraat bedraagt gemiddeld 35%. Bij dosering van PAK neemt het rendement toe tot 45% bij 5 mg PAK/l en tot 84% bij 20 mg PAK/l (afbeelding 1). Het verwijderingsrendement bij 10 mg/l PAK voldoet precies aan de minimumeis van het Ministerie van I&W van 70% verwijdering.

De zandfilters zorgen voor gemiddeld 8% extra verwijdering van medicijnresten. Nader onderzoek zal moeten uitwijzen of dit ook zo is als de gehele stroom (dus ook in de referentiestraat) is behandeld met poederkool. De verwijdering van PFAS en van zware metalen neemt niet toe door de dosering van poederkool [2].

De dosering van poederkool heeft geen negatief effect op de (biologische) verwijdering van nutriënten: de slibbezinkingseigenschappen en de korrelvorming van het korrelslib worden bij de toegepaste doseerhoeveelheden poederkool niet beïnvloed.

De gedoseerde poederkool wordt in de Nereda-slibkorrels ingevangen en via het spuislib afgevoerd. De extra slibhoeveelheid als gevolg hiervan is gering. Uitgaande van een dosering van 15 mg PAK/l zal de slibproductie op de schaalgrootte van rwzi Simpelveld toenemen met ongeveer 19 ton ds/j, dat is ongeveer 5%.

Mogelijke uitspoeling van poederkool naar het rwzi-effluent is bekeken met de zogenaamde Schwarzgradbestimmung. Deze methode wordt in Duitsland en

Zwitserland toegepast [3, 4] en wordt sinds kort ook door STOWA als standaard voorgeschreven (publicatie is in voorbereiding). Met deze methode (detectiegrens 1 mg/l) werd geen uitspoeling van kool gedetecteerd. De hoeveelheid kool die niet in het slib wordt ingevangen wordt op de rwzi Simpelveld waarschijnlijk voor een groot deel in de zandfilters verwijderd.

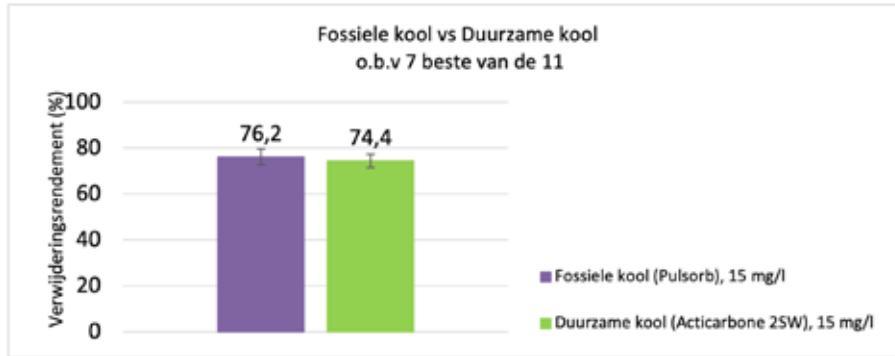
Uit de Nereda-slibkorrels kan de grondstof Kaumera worden teruggewonnen. Daarom is indicatief nagegaan of poederkool dosering hierop effect heeft. Uit de testen met spuislib en reactor-slib bleek dit niet het geval te zijn: in beide straten gaven beide slibsoorten vrijwel evenveel Kaumera (opbrengstcoëfficiënt PAK-straat 25,7% en referentiestraat 27,5%).

### Poederkool uit dennenhout

Aan het eind van de proefperiode is er gedurende een maand getest met een duurzame kool, geproduceerd uit dennenhout (Acticarbone 2SW, Chemviron). Het verwijderingsrendement hiermee verschilt bij een dosering van 15 mg/l niet significant met de eerder geteste poederkool (Pulsorb WP 235): respectievelijk 74% en 76% op basis van de zeven beste van elf gidsstoffen (afbeelding 2). De lage dichtheid van de Acticarbone (180 kg/m<sup>3</sup>) maakte het wel minder gemakkelijk te doseren met de pilotopstelling.

### Veelbelovende techniek

Dit onderzoek toont aan dat in een Nereda-installatie met poederkool dosering microverontreinigingen effectief verwijderd kunnen worden, zonder noemenswaardige negatieve bij-effecten. Met een dosering tussen 10 en



Afbeelding 2. Verwijderingsrendementen o.b.v. de 7 beste uit 11 gidsstoffen bij gebruik van duurzame PAK vergeleken met fossiele PAK bij dosering van 15 mg/l. Aantal waarnemingen: bij fossiele kool n = 6; bij duurzame kool n = 4.

15 mg PAK/l influent worden de vereiste verwijderingsrendementen uit het IPMV behaald. De gewenste poederkooldosering kan zeer nauwkeurig ingesteld worden. De duurzame kool had een lagere dichtheid dan de fossiele kool en was ook minder gemakkelijk te doseren. Bij een full-scale toepassing dient de silo-doseerinstallatie geschikt te zijn voor kolen met verschillende eigenschappen. Bijkomend voordeel: de installatie is, zoals in deze proef, als plug-and-play module in gebruik te nemen en past daarmee goed in een modulair bouwconcept. De techniek is daardoor ook geschikt voor andere Nereda-installaties waar specifiek medicijnrestenverwijdering noodzakelijk is, de zogenaamde *hotspot rwzi's* [5].

Sandra Malagón, Ad de Man, Wout Pannekoek (WBL);  
Herman Evenblij, Saskia Moll, Pascalle Deenekamp  
(Royal HaskoningDHV)

## BRONNEN

1. STOWA, 2018; PACAS poederkooldosering in actiefslib voor verwijdering van microverontreinigingen. Onderzoek naar effectiviteit en efficiëntie op rwzi Papendrecht (STOWA, 2018-02)
2. STOWA, 2023; Pilot Poederkooldosering Nereda Sijpeveld (STOWA 2023-02) *in voorbereiding*
3. Platz, 2015; S. Platz; Charakterisierung, Abtrennung und Nachweis von Pulveraktivkohle in der Abwasserreinigung, PhD-thesis, Universität Stuttgart.
4. Metzger, 2011; S. Metzger, A. Rössler, H. Kapp; Optimierung der Pulveraktivkohleabtrennung durch Filtration als Grundlage zur Anlagen-dimensionierung; Abschlussbericht, Hochschule Biberach.
5. STOWA, 2017; Landelijke Hotspotanalyse Geneesmiddelen RWZI's; STOWA 2017-42

## Dankwoord

WBL bedankt STOWA en het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat voor de financiële ondersteuning van de hier beschreven pilot.

## SAMENVATTING

In het Innovatieprogramma Microverontreinigingen uit rwzi-afvalwater (IPMV) onderzoeken de waterschappen met STOWA en het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat mogelijke maatregelen om de lozing van microverontreinigingen naar oppervlaktewater te verminderen. Volgens het hier beschreven onderzoek is de combinatie van poederkooldosering (PAK) en de Nereda-zuiveringstechniek veelbelovend. Het verwijderingsrendement is ruim hoger dan zonder de poederkool; bij 10 mg/l PAK voldoet het precies aan de eis van minimaal 70% verwijdering voor zeven van de elf gidsstoffen. De poederkooldosering heeft geen noemenswaardige negatieve bij-effecten op de (biologische) verwijdering van nutriënten, de hoeveelheid slib of de opbrengst van Kaamera-terugwinning.