



HET INNOVATIEPROGRAMMA MICROVERONTREINIGINGEN UIT RWZI-AFVALWATER IPMV

➤ **STAND VAN ZAKEN NAJAAR 2021**

2021
45





HET INNOVATIEPROGRAMMA MICROVERONTREINIGINGEN UIT RWZI-AFVALWATER IPMV

➤ **STAND VAN ZAKEN NAJAAR 2021**

**Hoe beperken waterschappen de emissie van
medicijnresten en andere organische micro-
verontreinigingen naar het watermilieu?**

In deze brochure leest u meer over de Nederlandse aanpak van medicijnresten en andere microverontreinigingen in het afvalwater en oppervlaktewater. Meer in het bijzonder over de stand van zaken rond het 'Innovatieprogramma Microverontreinigingen uit rwzi-afvalwater' (IPMV).

In dit programma onderzoeken we de haalbaarheid, betaalbaarheid, effectiviteit en duurzaamheid van veelbelovende nieuwe verwijderingstechnieken, of combinaties ervan. Deze brochure is een update van een eerder verschenen brochure over dit programma.



MEDICIJNEN IN HET MILIEU

➞ TOENEMENDE BRON VAN ZORG

1

In Nederland, maar ook in veel andere landen, bestaan grote zorgen over de aanwezigheid van geneesmiddelen en andere microverontreinigingen* in afvalwater, oppervlaktewater en drinkwater. Soms zijn deze stoffen al decennia aanwezig, maar kunnen we de aanwezigheid door betere analysetechnieken sinds enige tijd ook daadwerkelijk aantonen. Maar er komen ook steeds nieuwe verontreinigende stoffen bij. De verwachting is dat het aantal medicijnen en andere verontreinigende stoffen, alsook de aangetroffen concentraties in het water verder toenemen. Onder meer omdat we met elkaar steeds meer medicijnen gaan gebruiken.

Veel medicijnresten en andere microverontreinigingen komen in het riool terecht: via de douche, de keuken, de wc (urine, feces) en afstromend hemelwater. Met het rioolwater komen de verontreinigingen vervolgens aan op rioolwaterzuiveringen (rwzi's). Veel rwzi's verwijderen, zonder aanvullende zuiveringstechnieken, slechts een beperkt deel van deze verontreinigingen. Het gevolg is dat veel van deze verontreinigingen uiteindelijk met het gezuiverde afvalwater in het oppervlaktewater terecht komen.

Hoewel er nog volop onderzoek plaatsvindt naar de ecotoxicologische effecten van medicijnresten en andere organische microverontreinigingen op het waterleven, wordt steeds duidelijker dat de aanwezigheid van (mengsels van) deze stoffen een risico kan vormen voor de

volksgezondheid en een belangrijke stap in de weg vormt voor een gezond waterleven en het behalen van vastgestelde ecologische waterkwaliteitsdoelen (Kaderrichtlijn Water). Vooralsnog zijn er geen normen voor individuele medicijnresten in oppervlaktewater en maar beperkt voor de overige organische microverontreinigingen.

De afgelopen jaren zijn er in Nederland al de nodige, met elkaar samenhangende initiatieven genomen om de emissies van organische microverontreinigingen naar het watermilieu te verminderen. Zo nemen beheerders van rwzi's (de waterschappen) maatregelen om de emissies terug te dringen. Ook vindt praktijkgericht innovatief onderzoek plaats. Dat gebeurt onder meer in het 'Innovatieprogramma Microverontreinigingen uit rwzi-afvalwater', waarop we hieronder uitgebreid ingaan.

In de Nederlandse aanpak werken alle betrokken partijen nauw met elkaar samen om snel resultaten te boeken: het verantwoordelijke ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, de Nederlandse waterschappen, de Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer STOWA (het kenniscentrum van de waterschappen), kennisinstellingen en het bedrijfsleven. Ieder vanuit zijn eigen rol, taak en verantwoordelijkheid. Over de tot dusver behaalde resultaten vertellen we u graag meer.

* In deze brochure hebben wij het over medicijnresten en andere organische microverontreinigingen. We duiden ze in deze brochure voor het leesgemak vaak aan als 'microverontreinigingen'. Organische microverontreinigingen (w.o. medicijnresten) bevatten koolstofmoleculen, i.t.t. anorganische microverontreinigingen zoals zware metalen.

DE NEDERLANDSE AANPAK

➔ LEREND IMPLEMENTEREN

2

De Nederlandse aanpak van medicijnresten en andere organische microverontreinigingen bestaat zoals gezegd uit een aantal onderdelen die nauw met elkaar samenhangen. De aanpak is pragmatisch van aard. Praktijk, verdere ontwikkeling van, en nader onderzoek naar mogelijke maatregelen gaan daarbij hand in hand. Het motto is 'lerend implementeren'. We denken na, komen in actie, onderzoeken of het werkt (monitoring), stellen eventueel bij en gaan met de uitkomsten opnieuw aan de slag. We verkennen nieuwe zuiveringsmogelijkheden voor de langere termijn in innovatief toegepast, maar ook in meer fundamenteel onderzoek. De ervaringen vanuit onderzoek benutten we in de praktijk. De opgedane inzichten in de praktijk, kunnen input vormen voor nader onderzoek.

Waaruit bestaat de Nederlandse aanpak? Hieronder zetten we de diverse onderdelen voor u op een rij.

A

DE KETENAANPAK MEDICIJNRESTEN

Sinds 2016 werkt de Nederlandse centrale overheid samen met waterschappen, drinkwaterbedrijven en zorgpartijen aan het terugdringen van de hoeveelheid medicijnresten die in het watermilieu terecht komt. In de gehele medicijnketen - van ontwikkeling, toelating, voorschrijven en gebruik, tot rioolwaterzuivering - wordt gezocht naar maatregelen die haalbaar en betaalbaar zijn.

De ketenaanpak is vertaald in een uitvoeringsprogramma. Daarin zijn de doelstellingen en meerjarige acties op alle plaatsen in de keten beschreven; van bronaanpak

aan het begin van de keten, zoals medicijngebruik in de zorgsector en door patiënten, tot het verwijderen van medicijnresten en andere microverontreinigingen aan het eind, in rioolwaterzuiveringen (rwzi's). Uit de aanpak is onder meer de 'Green Deal Duurzame Zorg' voortgekomen. Hierin heeft het Rijk met meer dan 130 zorgpartijen in Nederland afspraken gemaakt, bijvoorbeeld over voorschrijfgedrag en het inleveren van oude medicijnen bij apotheken en huisartsen.

B

DE BIJDRAGEREGELING 'ZUIVERING MEDICIJNRESTEN' EN HET VERSNELLINGSPROGRAMMA

Een belangrijk onderdeel van de genoemde ketenaanpak is de Bijdrageregeling 'Zuivering medicijnresten' van het verantwoordelijke ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW), plus het daarmee samenhangende Versnellingsprogramma.

Het ministerie heeft zestig miljoen euro beschikbaar gesteld om de implementatie van verwijderingstechnieken voor medicijnresten op praktijkschaal te stimuleren. Waterschappen die zulke technieken in gebruik nemen, kunnen hier een beroep op doen. Voorwaarde is dat de installaties minimaal tien jaar in bedrijf blijven, dat ze een minimaal verwijderingsrendement hebben van 70 procent voor zeven van de elf geselecteerde 'gidsstoffen' (zie kader Gidsstoffen) en dat de effectiviteit van de toegepaste techniek gemonitord wordt. In het Versnellingsprogramma zijn de voorwaarden om in aanmerking te komen voor financiële ondersteuning vanuit het Rijk verder uitgewerkt. Bewezen technieken worden gerealiseerd op een aantal zogenoemde hotspotlocaties.

De grote kracht van de Bijdrageregeling en het Versnellingsprogramma zit hem niet alleen in het feit dat er in de praktijk op steeds meer zuiveringen medicijnresten worden verwijderd. Waterbeheerders verzamelen via monitoring gedurende langere tijd zeer waardevolle informatie over de werking en de effectiviteit van de toegepaste technieken. Niet alleen over verwijderingsrendementen van de zogenoemde gidsstoffen, maar bijvoorbeeld ook over de biologische effecten. Omdat de installaties minimaal tien jaar moeten draaien om in aanmerking te komen voor een financiële bijdrage, verkrijgen diezelfde waterbeheerders tevens veel inzicht in de kosten voor beheer en onderhoud, en in de robuustheid van de gerealiseerde technieken.

Dankzij de Bijdrageregeling en het Versnellingsprogramma gaan negen waterschappen voor eind 2023 de bewezen technieken ozon, actiefkool (poederkooldosering en granulair-actiefkoolfiltratie, uitleg: zie pag. 11 en 12), of combinaties daarvan via praktijkinstallaties in bedrijf nemen. Dat gebeurt op twaalf rioolwaterzuiveringen. Voor eind 2027 komen daar nog een aantal bij. De waterschappen dragen zelf ook financieel bij aan deze praktijkinstallaties.

Kortom: dankzij de Bijdrageregeling en het Versnellingsprogramma verbreden en verdiepen alle betrokken partijen hun praktische kennis over de verwijdering van medicijnresten en andere microverontreinigingen.



DE HOTSPOTANALYSE

De Nederlandse waterschappen, verantwoordelijk voor de zuivering van huishoudelijk afvalwater, beheren in



totaal meer dan driehonderd zuiveringsinstallaties. Omdat het ondoenlijk en ook niet erg kosteneffectief is om op willekeurige installaties te starten met het nemen van maatregelen, is een hotspotanalyse uitgevoerd. Deze geeft antwoord op de vraag: op welke van die installaties heeft het nemen van maatregelen voor het verwijderen van medicijnresten het meest effect?

De hotspotanalyse kan worden gebruikt om de ernst van de emissie te bepalen en om locaties vast te stellen waar de effectiviteit van eventuele maatregelen ter vermindering van die emissies het grootst is. Bijvoorbeeld vanwege de ecologische waterkwaliteit, of met het oog op innamepunten voor het bereiden van drinkwater. Meer informatie over de hotspotanalyse vindt u in het rapport [Landelijke hotspotanalyse geneesmiddelen](#) (STOWA 2017-42).

D

HET INNOVATIEPROGRAMMA MICROVERONTREINIGINGEN UIT RWZI-AFVALWATER (IPMV)

De Nederlandse overheid geeft - zoals eerder aangegeven - financiële steun aan waterschappen om op hun rioolwaterzuiveringen extra (nabehandelings-)installaties neer te zetten voor het verwijderen van medicijnresten en andere microverontreinigingen.

Tegelijkertijd stelt de overheid geld beschikbaar voor nader onderzoek naar nieuwe veelbelovende verwijderingstechnieken. Deze onderzoeken zijn samengebracht in het Innovatieprogramma Microverontreinigingen uit rwzi-afvalwater, kortweg IPMV. In het volgende hoofdstuk gaan we uitgebreid in op dit programma.

E

HET ONDERZOEKSPROGRAMMA 'CONTAMINANTS OF EMERGING CONCERN IN THE WATER CYCLE'

De Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek NWO, het kennisinstituut KWR, het TKI Wartertechnologie en de Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer hebben in 2017 de handen ineengeslagen om te gaan werken aan wat zij omschrijven als 'een grensverleggende aanpak' van medicijnresten en andere microverontreinigingen. Die is volgens de betrokken partijen nodig om op de langere termijn effectief te kunnen zijn bij het aanpakken van medicijnresten en andere microverontreinigingen.

Binnen het programma lopen vijf grote onderzoeken, onderverdeeld in drie thema's. De eerste betreft het goed monitoren van de effecten van stoffen en stofcombinaties op het waterleven. Want als we de effecten goed kunnen monitoren, kunnen we ook beter de effecten van genomen maatregelen inzichtelijk maken. Het tweede thema betreft nieuwe zuiveringstechnieken. In het programma wordt gezocht naar veelbelovende alternatieven voor de bestaande technieken, technieken met een laag energien en chemicaliënverbruik tegen acceptabele kosten. Het derde en laatste thema betreft het ontwikkelen van een effectieve maatregelenstrategie om de doelen op dit gebied te bereiken. Hiervoor wordt een aantal instrumenten ontwikkeld waaronder beslissing ondersteunende modellen. De resultaten ervan worden in 2022 verwacht.

 **Meer informatie op www.stowa.nl/cec**

DE DIEPTE IN

⇒ HET INNOVATIEPROGRAMMA
MICROVERONTREINIGINGEN UIT
RWZI-AFVALWATER

De landelijke overheid heeft geld beschikbaar gesteld voor nader praktijkonderzoek naar nieuwe veelbelovende verwijderingstechnieken. Deze onderzoeken zijn samengebracht in het Innovatieprogramma Microverontreinigingen uit rwzi-afvalwater, kortweg IPMV. De Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA) coördineert de uitvoering van dit programma. De stichting is ook medefinancier.

Het doel van dit programma is om snel de weg vrij te maken voor veelbelovende nieuwe technieken, verbeteringen van bestaande technieken of innovatieve combinaties van bestaande technieken. Op die manier krijgen waterschappen binnen vijf tot zeven jaar meer verwijderingstechnieken tot hun beschikking waaruit ze de beste keuze kunnen maken voor hun eigen rioolwaterzuiveringen.

Het draait in het programma vooral om het geven van antwoorden die er over deze (combinaties van) technieken nog bestaan, met name wat betreft:

- * het verwijderingsrendement voor geselecteerde gidsstoffen (eis >70 procent voor zeven van de elf geselecteerde gidsstoffen);
- * de mate waarin ecotoxicologische risico's door lozing van afvalwater op oppervlaktewater worden beperkt ten opzichte van de referentietechnieken;
- * de kosten ten opzichte van de referentietechnieken;
- * de duurzaamheid (CO₂-footprint) ten opzichte van de referentietechnieken.

TABEL 1 Kwantitatieve criteria Innovatieprogramma Microverontreinigingen uit rwzi-afvalwater

	Eenheid	PACAS	Ozon+zandfilter	GAK ^{***}
CO ₂ footprint	g CO ₂ /m ³ *	116	119	325
Kosten	€/m ³ *	0,05	0,17	0,26
Verwijderingsrendement gidsstoffen Min I&W	% **	70-75%	80-85%	80-85%

* Per m³ behandeld rioolwater

** Verwijderingsrendement voor minimaal 7 van de 11 gidsstoffen benzotriazool, carbamazepine, diclofenac, irbesartan, gabapentine, metropolol, hydrochloorthiazide, mengsel van 4- en 5-methylbenzotriazool, sotalol, trimethoprim en venlafaxine in elk 24h of 48h debiets- of tijdsproportioneel monster, waarbij rekening is gehouden met verblijftijd van het water in de rioolwaterzuivering. Deze 11 gidsstoffen zijn gekozen om de effectiviteit van een zuiveringstechniek voor aanvullende verwijdering van microverontreinigingen uit rwzi-afvalwater te monitoren en hebben geen relatie met eventuele milieubezwaarlijkheid.

*** Exclusief verwijdering nutriënten.

Als referentietechnieken zijn drie (combinaties van) technieken gekozen die reeds op praktisch schaal worden toegepast:

- * PACAS, ofwel: Powder Activated Carbon in Active Sludge. Hierbij wordt actief-poederkool gedoseerd in de bestaande actief-slibtanks van een rwzi;
- * Ozonisatie in combinatie met zandfiltratie. Hierbij worden microverontreinigingen eerst afgebroken door het doseren van ozon (O_3), waarna de afbraakproducten uit het nagezuiverde afvalwater worden gefilterd met een zandfilter;
- * GAK, ofwel: Granulair Actief Koolfiltratie. Hierbij worden microverontreinigingen gebonden aan granulair actief kool in een filter, terwijl op de koolkorrels ook bacteriën kunnen groeien die nutriënten kunnen verwijderen.



Foto: Mirabella Mulder

In het programma wil men ook meer duidelijkheid krijgen of de technieken goed kunnen worden ingepast op Nederlandse rwzi's en welke effecten er mogelijk optreden in de bedrijfsvoering en het zuiveringsproces van de rwzi.

Het programma heeft een budget van ongeveer 11,5 miljoen euro. Dat geld wordt opgebracht door het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (5 miljoen), STOWA (2,5 miljoen) en de gezamenlijke Nederlandse waterschappen (4 miljoen). Het programma is gestart in 2019 en loopt door tot eind 2023.

Het IPMV richt zich op vijf onderzoeksthema's. In twee openbare rondes in 2018 en 2020 konden geïnteresseerde waterschappen en overige partijen voorstellen indienen. De thema's betreffen:

1

OXIDATIEVE TECHNIEKEN

Er bestaat een scala aan zogenoemde oxidatieve nazuiveringstechnieken waarmee microverontreinigingen in rwzi-afvalwater worden afgebroken en omgezet in andere, minder schadelijke stoffen. Daarvan wordt ozonisatie (i.c. het doseren van O_3) in combinatie met zandfiltratie (waarbij de afgebroken stoffen uit het afvalwater worden verwijderd) het meest toegepast, vooral in het buitenland. Op rwzi Houten is in 2021 de eerste praktijkinstallatie in gebruik genomen. Naast ozon kunnen andere technologieën worden toegepast voor de omzetting, bijvoorbeeld UV-licht of waterstofperoxide, al dan niet in combinatie met ozon.

De oxidatietechnieken zijn effectief, maar bij het toepas-

sen kunnen schadelijke afbraakproducten worden gevormd, die vanuit ecotoxicologisch oogpunt schadelijker kunnen zijn dan de oorspronkelijke stof. Een voorbeeld hiervan is de omzetting van bromide naar het persistente bromaat bij ozondosering. De mechanismen waaronder dit plaatsvindt en in welke mate dit het ontwerp van een oxidatieve techniek bepaalt, zijn nog onvoldoende duidelijk. Momenteel (najaar 2021) wordt er een onderzoek uitgevoerd naar de bijproducten.

Belangrijke vragen binnen dit thema zijn of er combinaties van kosteneffectieve oxidatieve technieken zijn waarbij het risico op de vorming van schadelijke bijproducten veel kleiner is dan van de huidige technieken, en hoe we de vorming van schadelijke bijproducten kunnen beperken.

2

POEDER-ACTIEFKOOL

Het doseren van actiefkool in poedervorm is een beproefde, kosteneffectieve methode om microverontreinigingen te verwijderen. De verwijdering vindt plaats via adsorptie (binding) van verontreinigingen aan het poeder-actiefkool, totdat het verzadigd is. Dan moet actiefkool worden vervangen. Het verzadigde kool wordt verbrand samen met het zuiveringslib. In Duitsland en Zwitserland wordt poeder-actiefkool al op meer dan 20 rwzi's *full scale* ingezet om microverontreinigingen vergaand uit afvalwater van rwzi's te verwijderen. Dat kan in speciale tanks achter de bestaande zuivering, maar ook door het direct te doseren in de actiefslibtanks (PACAS).

Belangrijke vragen binnen dit thema zijn of het doseren van poeder-actiefkool in combinatie met bijvoorbeeld doekfiltratie, danwel het erbij doseren van ijzerverbindingen, leidt tot een betere score op duurzaamheid. Dat wil zeggen: een lagere CO₂-footprint door minder verbruik van (fossiele) actiefkool. Ook wordt gekeken wat de invloed is van poederkool op de hoeveelheid af te voeren slib en de samenstelling ervan, en in hoeverre dat consequenties heeft voor de slibgisting en verdere slibverwerking. Ten slotte wordt onderzoek gedaan naar de mate waarin poederkooldeeltjes in het rwzi-effluent terechtkomen en de effecten hiervan.

3

GRANULAIR ACTIEFKOOL

Granulair actief kool bestaat in tegenstelling tot poeder-actiefkool uit korrels. Deze korrels zorgen in een koolfilter dat achter een bestaande zuivering wordt geplaatst, voor adsorptie van microverontreinigingen, net zoals bij poeder-actiefkool. Het belangrijkste verschil is dat de korrels in een filterbed werkzaam zijn. Er is geen aanvullende stap nodig om het kool te scheiden van het behandelde water, zoals bij poeder-actiefkool. Dat gebeurt via bezinking of (doek)filtratie. Een ander verschil is dat op het granulaire kool tegelijkertijd bacteriën groeien, die macroverontreinigingen zoals fosfaat en stikstof kunnen verwijderen. In Nederland is op rwzi Horstermeer voor het eerst een *full scale* granulair actiefkool filter gebouwd, een filter dat in één stap zowel fosfaat, stikstof als microverontreinigingen verwijdert. Vandaar de naam '1-STEP filter'.

In de praktijk blijkt dat het 1-STEP filter effectief is voor micro- en macroverontreinigingen. Maar de standtijd

voor verwijdering van microverontreinigingen is kort; al na drie maanden neemt het verwijderingsrendement voor microverontreinigingen sterk af, hoewel er nog steeds vergaande nutriënten worden verwijderd. Dit maakt de exploitatie van de technologie relatief duur, omdat de kool relatief snel moet worden geregenereerd. Maar de voordelen zijn duidelijk: geen kans op vorming van schadelijke transformatieproducten zoals bij oxidatieve technieken. Bovendien nemen GAK-filters ook andere macroverontreinigingen mee. Een variant op het 1-STEP filter is het O3-STEP filter waarin het 1-STEP filter gecombineerd wordt met ozondosering. Hierdoor kan de standtijd van het actief kool langer zijn.

De uitdaging binnen dit thema is vooral om de werking van de filters voor microverontreinigingen te verbeteren, dan wel te verlengen. Hierdoor dalen de kosten en wordt de effectiviteit van deze techniek verhoogd.

4

FILTRATIE

Nanofiltratie is een proces dat al langer wordt gebruikt bij de bereiding van drinkwater. Hierbij wordt water onder druk door een membraan geperst met zeer kleine filterporiën (tussen 1 en 10 nm). Nanofiltratie van effluent lijkt veelbelovend voor vergaande verwijdering van microverontreinigingen, tot meer dan negentig procent.

Een uitdaging is de wijze waarop de afgescheiden fractie, waarin zich de microverontreinigingen bevinden, wordt behandeld. Bovendien is drinkwater van een geheel andere samenstelling dan gezuiverd afvalwater. Dit vraagt

nader labonderzoek en pilotonderzoek. Gezien het hoge verwijderingsrendement van filtratietechnieken is het interessant om te bekijken hoe nanofiltratie kosteneffectief kan worden toegepast en kan worden ingepast op bestaande zuiveringsinstallaties. Het gezuiverde water met een zeer goede kwaliteit is aantrekkelijk om in te zetten voor andere toepassingen.

5

ALTERNATIEVE ADSORPTIEMIDDELEN

Binding of adsorptie van microverontreinigingen aan actief kool wordt, zoals hierboven reeds aangegeven, nu al op praktischschaal toegepast, vooral in het buitenland. De rendementen zijn hoog, de kosten relatief laag. Maar het gebruikte actiefkool is doorgaans van fossiele oorsprong (steenkool of bruinkool). De uitdaging is om het poederkool duurzamer te gaan produceren (met een lagere CO₂-voetafdruk), dan wel te vervangen door alternatieve adsorptiemiddelen, zoals Zeoliet of cyclodextrines.

RESULTATEN EN LOPENDE ONDERZOEKEN

In de eerste ronde van het innovatieprogramma, gestart in 2018, zijn binnen de vijf thema's zestien projecten gestart. Het ging in de meeste gevallen om het uitvoeren van haalbaarheidsstudies waarin indienende partijen mochten aantonen dat de door hen voorgestelde (combinatie van) technieken meerwaarde oplevert - in termen van effectiviteit, kosten, duurzaamheid - ten opzichte van de eerder genoemde referentietechnieken.

Bij een succesvolle uitkomst kregen de indieners de mogelijkheid om de haalbaarheid verder te onderzoeken in een pilot. Op dit ogenblik (najaar 2021) hebben negen projecten de pilotfase bereikt, of afgerond. Het betreft: 1. PAC-O3 op awzi Leiden-Noord; 2. Poeder-actiefkool plus doekfiltratie op rwzi Vinkel; 3. Poederkooldosering in Nereda op rwzi Simpelveld; 4. O3-stepfilter op rwzi Horstermeer; 5. BODAC op rwzi Emmen; 6. Waterfabriek Wilp op rwzi Terwolde; 7. Ozon i.c.m. ultrasound op rwzi Winterswijk; 8. Nanofiltratie op rwzi Asten. 9. Upflow GAK-filtratie op rwzi Hapert.

Halverwege 2020 ging de tweede ronde van het innovatieprogramma van start, waarvoor partijen opnieuw projectvoorstellen konden indienen. Voor deze fase werden in totaal 28 projectvoorstellen ingediend. De voorstellen werden opnieuw beoordeeld op kosten, rendement en

toepasbaarheid ten opzichte van de referentietechnieken. Maar er kwam meer nadruk te liggen op de duurzaamheid van de technieken. Een afvalwaterzuivering met nazuivering levert namelijk gemiddeld veertig procent meer CO₂-emissie op dan zonder. En dat terwijl de Nederlandse waterschappen de ambitie hebben om in 2030 energieneutraal te zijn. Nazuiveringstechnieken kunnen deze opgave dus flink verzwaren.

Op basis van de beoordelingen hebben een aantal voorstellen groen licht gekregen voor het doen van een haalbaarheidsstudie. Deze zijn begin 2021 van start gegaan.

Hieronder leest u meer over de uitgevoerde haalbaarheidsstudies, lopende onderzoeken en de hierboven genoemde pilots.



RWZI Groote Lucht



NAAR WELKE GIDSSTOFFEN WORDT GEKEKEN EN WAAROM?

De effectiviteit van de te onderzoeken (na)zuiveringstechnieken wordt in Nederland, behalve aan de hand van biologische effectmetingen, ook bepaald aan de hand van het verwijderingsrendement van een aantal vooraf door de overheid geselecteerde stoffen, de zogenoemde gidsstoffen. Door het monitoren van steeds dezelfde gidsstoffen in alle pilotonderzoeken, demonstratie-installaties en full scale installaties kan de effectiviteit van de diverse technieken onderling het best worden vergeleken.

Het betreft de volgende elf stoffen: benzotriazool, carbamazepine, diclofenac, irbesartan, gabapentine, metoprolol, hydrochloorthiazide, mengsel van 4- en 5-methylbenzotriazool, sotalol, trimethoprim en venlafaxine.

De keuze van deze stoffen is bedoeld om de prestatiekenmerken van de zuiveringstechnieken zo goed mogelijk eenduidig te kunnen monitoren; de gidsstoffen geven geen indicatie van de mate waarin de stoffen het milieu belasten.

De Nederlandse waterschapslaboratoria hebben in opdracht van STOWA en het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat een eenduidige bemonsterings- en analysemethode van microverontreinigingen in afvalwater ontwikkeld. Op deze manier zijn de analysesresultaten van alle laboratoria optimaal met elkaar te vergelijken.

Hoe dat eruit ziet kunt u lezen in het STOWA rapport 2021-15 [‘Bepaling verwijderingsrendement medicijnresten rwzi-afvalwater’](#).

RESULTATEN EN LOPENDE ONDERZOEKEN POEDER-ACTIEFKOOL (PAK/PAC)

1

HAALBAARHEIDSSTUDIE & PILOTONDERZOEK PAK/PAC-O₃ VOOR VERWIJDERING VAN MICRO- VERONTREINIGINGEN OP RWZI'S (STOWA 2020-23)

PAK/PAC-O₃ is een veelbelovend concept voor vergaande verwijdering van microverontreinigingen. Het betreft een combinatie van adsorptie (via poederkool) en oxidatie (ozon/O₃), twee verschillende reactiemechanismen waarmee een grote diversiteit aan microverontreinigingen kan worden verwijderd. Daarnaast kunnen hogere verwijderingsrendementen worden behaald in vergelijking tot de afzonderlijke referentietechnieken PACAS en ozonisatie.

Uit de haalbaarheidsstudie komt naar voren dat PAC-O₃ in vergelijking tot de referentietechnieken beter scoort op de breedte van het palet aan te verwijderen microverontreinigingen en hogere rendementen kan halen. Het risico op bromaatvorming is kleiner in vergelijking tot ozonisatie door de lagere ozondosering; de slibproductie is lager dan bij PACAS door de lagere dosering van actief kool. De CO₂-footprint van PAC-O₃ is gelijk aan de referentietechnieken.

Op de schaal van een zuiveringsinstallatie met een capaciteit van 100 duizend i.e. (inwonerequivalenten) liggen de kosten met € 0,10 per behandelde kuub water iets hoger dan die van PACAS, maar lager dan ozonisatie i.c.m. zandfiltratie voor een verwijderingsrendement van zeventig procent op gidsstoffen. Een hoger rende-

ment dan de referentietechnieken is tevens haalbaar tegen aanvaardbare kosten (gelijk met ozonisatie i.c.m. zandfiltratie).

Pilot

Een volgende stap in de ontwikkeling van het PAC-O₃ concept is het uitvoeren van pilottesten. Dit onderzoek vindt plaats op awzi Leiden-Noord. Het richt zich onder meer op het goed kwantificeren van het onderscheid tussen het PAC-O₃ concept en de referentietechnieken PACAS en ozonisatie. Specifiek zal de verwijdering van een brede selectie aan microverontreinigingen onderzocht worden. Daarnaast worden aspecten als bromaatvorming en slibproductie bestudeerd. Het onderzoek is gestart in 2021, resultaten worden verwacht in 2022.

2

HAALBAARHEIDSSTUDIE & PILOT PAK PLUS DOEFILTRATIE VOOR VERWIJDERING VAN MICROVERONTREINIGINGEN OP RWZI'S (2020-21)

In deze haalbaarheidsstudie is de combinatie van poeder-actiefkool en doekfiltratie vergeleken met de referentietechnologieën PACAS, GAK-filtratie en ozonisatie i.c.m. zandfiltratie. In Duitsland wordt de technologie waarbij poederkooldosering wordt gecombineerd met doekfiltratie al op enkele rwzi's op praktijkschaal toegepast.

Door het lagere verbruik van poeder-actiefkool scoort PAK plus doekfiltratie beter in vergelijking tot de andere bewezen technieken op CO₂-footprint. De technologie draagt door vergaande verwijdering van fosfaat ook bij aan het behalen van zeer lage concentraties fosfaat in

het effluent. Dit heeft een positief effect op het behalen van de KRW-doelen. Door het lagere verbruik van poeder-actiefkool is ook de slibproductie lager én kan het poeder-actiefkool gescheiden gehouden worden van het af te voeren slib (spuislib) uit het actiefslibproces. Dit biedt de mogelijkheid voor separate afvoer en verwerking. Op verwijderingsrendement scoort poeder-actiefkool plus doekfiltratie goed; een vereist minimaal verwijderingsrendement van zeventig procent voor zeven van de elf geselecteerde gidsstoffen kan eenvoudig bereikt worden.

Daarnaast biedt de technologie ruimte om hogere verwijderingspercentages te behalen, omdat deze ook bij hogere dosering van poeder-actiefkool bedreven kan worden zonder dat dit impact heeft op de civiele, werktuigbouwkundige en elektrotechnische werken van een rwzi.

Pilot

Op basis van de uitkomsten van de haalbaarheidsstudie is besloten tot pilotonderzoek op rwzi Vinkel. Hiermee kan inzicht worden verkregen in de vraag hoe de technologie functioneert op een Nederlandse rwzi. Daarnaast ligt de focus van de pilot op de verdere ontwikkeling van de technologie.

Aspecten die in de pilottesten onderzocht gaan worden, zijn het verkleinen van het ruimtebeslag en daarmee het verlagen van de kosten, het verkrijgen van inzicht in de relatie tussen poeder-actiefkooldosering en verwijderingsrendementen van de gidsstoffen, en de verwijdering van de verschillende fosforfracties. De pilot is uitgevoerd in 2021, resultaten worden verwacht begin 2022.

HAALBAARHEIDSSTUDIE DUURZAME ALTERNATIEVEN POEDER-ACTIEFKOOL VOOR PACAS (STOWA 2020-19) & LABORATORIUMTESTEN DUURZAME ALTERNATIEVEN ACTIEFKOOL (STOWA 2021-24)

Er is een haalbaarheidsstudie uitgevoerd naar duurzame alternatieven voor poeder-actiefkool (PAK) uit steenkool en bruinkool. Het gebruik van reguliere poeder-actiefkool heeft een negatief effect op de duurzaamheid van PACAS, omdat het kool van fossiele herkomst is en niet geregenereerd kan worden.

Op basis van interviews met marktpartijen en experts én literatuuronderzoek zijn duurzame PAK's geïnventariseerd. Op basis daarvan hebben de onderzoekers een lijst met de negen meest kansrijke duurzame PAK's opgesteld. Deze duurzame alternatieven zijn in een laboratorium nader onderzocht. Hierbij werd het verwijderingsrendement op microverontreinigingen van verschillende duurzame PAK's vergeleken met de poederkool die in eerder onderzoek naar PACAS is toegepast. Ook werden de duurzaamheid en kosten van duurzame PAK's inzichtelijk gemaakt en brachten de onderzoekers de beschikbare organische reststromen voor de productie van duurzame PAK's in beeld.

Op basis van het onderzoek concluderen de onderzoekers dat de onderzochte alternatieven gelijkwaardig, en in sommige gevallen zelfs beter presteren dan poeder-actiefkool uit steenkool en bruinkool. De onderzochte duurzame PAK's zijn reeds commercieel beschikbaar. Naar verwachting zijn de kosten voor het gebruik hiervan gelijk aan het gebruik van fossiele PAK's. Daar-

mee kan de verwijdering van organische micro's met traditionele poederkool uit steenkool en bruinkool in actief-slibtanks (PACAS) op korte termijn worden verduurzaamd.

4

HAALBAARHEIDSTUDIE & PILOT POEDERKOOLDOSERING IN NEREDA VOOR VERWIJDERING VAN MICRO-VERONTREINIGINGEN OP RWZI SIMPELVELD (2020-20)

Nereda[®] is een nieuwe zuiveringstechniek die inmiddels op een tiental rwzi's in Nederland wordt toegepast, maar ook in het buitenland bezig is aan een opmars. De technologie kenmerkt zich door het feit dat het actief slib geen vlokken, maar snel bezinkende korrels vormt, waardoor het ruimtebeslag van een zuivering beperkt blijft; er zijn geen nabezinktanks nodig. Bovendien kenmerkt de technologie zich door goede zuiveringsrendementen en een relatief laag energieverbruik. De vraag is of het doseren van actief-poederkool mogelijk is in Nereda-installaties.

Uit een pilotonderzoek kwam naar voren dat poederkooldosering naar verwachting zonder beperking kan worden toegepast. De toepassing scoort waarschijnlijk beter op het criteria CO₂-footprint en kosten, en gelijk op de criterium verwijderingsrendement ten opzichte van poederkooldosering in reguliere actiefslibsystemen (PACAS). De combinatie poederkool en Nereda[®] is nog niet op praktijkschaal toegepast.

Pilot

Op basis van de uitkomsten van de haalbaarheidsstudie is besloten pilotonderzoek te doen op rwzi

Simpelveld. De pilot vindt plaats op demo-schaal. De resultaten uit deze pilot kunnen direct worden doorvertaald naar andere Nederlandse rwzi's. Het onderzoek is gestart in 2021, resultaten worden verwacht eind 2022.

5

ONDERZOEK POEDERKOOLOOSING IN SLIB. EFFECT OP DE HUIDIGE EN TOEKOMSTIGE SLIBEINDVERWERKING (STOWA 2020-34)

In het PACAS-proces wordt poederkool gedoseerd aan actief slib om microverontreinigingen te verwijderen. Hierdoor verandert de kwaliteit en kwantiteit van het af te voeren slib. In dit IPMV-onderzoek is onderzocht wat deze effecten precies zijn.

Uit het onderzoek komt naar voren dat poederkooldosering leidt tot een beperkte toename van de hoeveelheid actiefslib. Autonome ontwikkelingen zoals een hoger afvalwateraanbod en/of meer of een betere vergisting, hebben vaak een grotere impact op de verwerkingscapaciteit dan de aanwezigheid van poederkool in slib. Op nationaal niveau lijkt de invloed van de aanwezigheid van poederkool op de verwerkingscapaciteit dan ook beperkt.

De aanwezigheid van poederkool in slib kan invloed hebben op de afzetmogelijkheden van restproducten, de behandeling en lozing van het geproduceerde afvalwater van de slibeindverwerking en het voldoen aan de emissie-eisen voor de geproduceerde rookgassen. Dit wordt veroorzaakt doordat naast medicijnresten ook zeer zorgwekkende stoffen als PFAS en arseen mogelijk aan poederkool hechten. Op dit punt is nog meer onderzoek nodig.

Belangrijkste advies uit dit rapport is om bij besluitvorming over het al dan niet verwijderen van microverontreinigingen via poederkooldosering op een rioolwaterzuivering, de impact ervan op de slibeindverwerking mee te nemen.

6

STUDIE POEDERKOOLMETING IN RWZI-EFFLUENT INCLUSIEF HET OPSTELLEN VAN EEN MEETMETHODE VOOR POEDER-ACTIEFKOOL

Een nadeel van poederkooldosering is de uitspoeling van poederkool via het gezuiverde afvalwater, het rwzi-effluent. Dit kan zowel gebeuren bij PACAS als bij nageschakelde poederkoolvarianten. Er wordt verondersteld dat de hoeveelheden klein zijn, maar dit is niet zeker. Buitenlandse resultaten geven hier onvoldoende inzicht in, met name omdat kwantificering lastig en kostbaar is, de toegepaste technologieën in Duitsland en Zwitserland verschillen (PACAS wordt weinig toegepast) en de poederkooldosering over het algemeen lager is.

Om hier zicht op te krijgen voor de Nederlandse situatie worden in dit project methodes vergeleken om poederkool in effluent te kwantificeren. Voor dit project worden de ervaringen en kennis uit het buitenland opgehaald en labtesten uitgevoerd. Op basis hiervan wordt een meetprotocol opgesteld voor de technologieën die worden onderzocht en gebruikt in het Innovatie- en het Versnelingsprogramma. Hiermee wordt kennis vergaard over de hoeveelheid poederkool die kan uitspoelen, afhankelijk van de gekozen technologie en dosering. Het project is begin 2021 gestart. De oplevering van het meetprotocol staat gepland begin 2022.

RESULTATEN EN LOPENDE ONDERZOEKEN GRANULAIR ACTIEF KOOL (GAK)

1

HAALBAARHEIDSSTUDIE & PILOT BODAC: BIOLOGISCH ACTIEFKOOLFILTRATIE MET ZUURSTOFDOSERING (STOWA 2020-46)

Er is een haalbaarheidsstudie gedaan naar de potentie van 'Biological Oxygen Dosed Activated Carbon' (BODAC, ook: BAKF), voor de verwijdering van medicijnresten uit afvalwater. Op rwzi Emmen in Nederland staat al sinds 2010 een BODAC-installatie, waarbij sprake is van filtratie van voorbehandeld rwzi-effluent met granulair actief kool onder zuurstofrijke condities. Deze installatie, bedreven door NieuWater, een joint venture van Waterschap Vechtstromen en Waterbedrijf Drenthe (WMD), wordt gebruikt voor de productie van ultra puur water (UPW) uit rwzi-effluent. Dit water wordt gebruikt voor de productie van stoom die nodig is bij de oliewinning in een nabijgelegen olieveld.

Hoewel de BODAC-installatie in Emmen oorspronkelijk is ontworpen en gebouwd voor het voorkomen van biofouling (ongewenste aangroei van micro-organismen) op de toegepaste omgekeerde osmose-membranen, blijkt de techniek ook medicijnresten en andere organische microverontreinigingen vergaand uit effluent te verwijderen. Dit terwijl het granulair actief kool sinds de opstart in 2010 nog nooit is vervangen. Hoewel het werkingsmechanisme nog niet helemaal duidelijk is, is het waarschijnlijk dat de verwijdering van geneesmiddelen plaatsvindt door een samenspel van adsorptie, desorptie en biologische omzetting.

BODAC lijkt op basis van de uitkomsten van de haalbaarheidsstudie een aantrekkelijke techniek voor de verwijdering van micro's uit afvalwater, omdat hoge verwijderingspercentages voor geneesmiddelen en andere organische microverontreinigingen worden behaald. De techniek heeft een relatief laag energieverbruik en lage CO₂-footprint vanwege het achterwege blijven van actief-koolregeneratie. Dit heeft ook een gunstig effect op de kosten. BODAC is relatief eenvoudig en breed toepasbaar in de huidige zuiveringspraktijk.

De belangrijkste uitdaging is dat voor een goede werking waarschijnlijk voorbehandeling moet worden toegepast. In Emmen gebeurt dit nu via ultrafiltratie. Om als nabehandelingstechniek concurrerend te zijn, is een eenvoudiger en goedkopere manier van voorfiltratie wenselijk. Deze eenvoudige voorzuivering wordt momenteel onderzocht in pilotonderzoek, als vervolg op deze haalbaarheidsstudie. Dit pilotonderzoek vindt plaats op rwzi Emmen, parallel aan de huidige BODAC-installaties. Hierbij wordt ook onderzocht in welke mate er sprake is van adsorptie of van biologische omzetting, of beide. Het onderzoek start eind 2021, resultaten worden verwacht begin 2023.





2

HAALBAARHEIDSSTUDIE ARVIA NYEX™ TECHNOLOGIE: EEN ZUIVERINGSTECHNIEK VOOR DE VERWIJDERING VAN MICROVERONTREINIGINGEN OP RIOOLWATERZUIVERINGEN (STOWA 2020-17)

De zogenoemde Arvia Nyex™ technologie bestaat uit een filterbed met een eigen adsorptiemedium (Nyex™) dat organische microverontreinigingen op het oppervlak bindt. Door het onder elektrische stroom zetten van het filtermedium, worden de geadsorbeerde verbindingen geoxideerd. Dit maakt een continue regeneratie van het adsorptiemedium en dus een continue procesvoering mogelijk. Dit leidt in theorie tot een hoge procesefficiëntie en volledige afbraak van de organische verontreinigingen.

Tijdens het onderzoek naar de haalbaarheid van deze technologie bleek dat de technologie nog volop in ontwikkeling is. De technologie heeft volgens de onderzoekers potentie. Maar op dit ogenblik kan niet geconcludeerd worden dat de techniek beter presteert dan de IPMV-referentietechnieken, met name door het hoge energieverbruik. Daarom heeft deze haalbaarheidsstudie op dit moment geen vervolg gekregen in een pilot.

3

HAALBAARHEIDSSTUDIE & PILOT O3-STEP®-FILTER (2020-18)

Er is een haalbaarheidsstudie uitgevoerd naar het O3-STEP® filter, een combinatie van ozonisatie en granulaire actiefkoolfiltratie voor de verwijdering van microverontreinigingen en nutriënten. De combinatie moet met

name een oplossing bieden voor de relatief korte werkingstijd van het granulair-actiefkoolfilter voor microverontreinigingen (zie ook thema 3. Granulair actief kool).

Uit de studie komt naar voren dat de combinatie een veelbelovend concept is om op grotere zuiveringen in één compacte zuiveringsstap zowel nutriënten, zwevende stof als microverontreinigingen vergaand te verwijderen. Het O3-STEP® filter scoort op alle gestelde criteria beter dan de referentietechniek GAK. Het filter verwijdert gemiddeld meer dan 95 procent van de geselecteerde gidsstoffen. De kosten liggen rond € 0,12-0,14 per m³ behandeld afvalwater en de technologie is daarmee concurrerend met ozonisatie in combinatie met zandfiltratie.

Pilot

Eind 2020 is een pilotonderzoek gestart op rwzi Horstermeer. Deze richt zich op de volledige integratie van de ozonisatiestap en het koolfilter in volcontinue bedrijfsvoering om gedurende een langere periode de combinatie van nutriënten- én microverontreinigingenverwijdering aan te tonen. De resultaten worden verwacht in 2022.

4

HAALBAARHEIDSTUDIE UPFLOW GAK-FILTRATIE

Upflow GAK-filtratie is een continu filtratieproces met granulair actief kool, in een filter dat van onderaf wordt gevoed in plaats van bovenaf, waarbij het gehele filterbed in beweging wordt gehouden (zogenoemd fluidized-bed-filtratie). Door de relatief kleine korrelgrootte die wordt gebruikt, is naar verwachting minder granulair actief kool nodig om de microverontreinigingen te binden. Daarnaast kunnen de granulaire korrels worden gerege-

nereerd, wat niet het geval is bij poeder-actiefkool. Dit komt de duurzaamheid ten goede. In vergelijking met PACAS en ozonisatie i.c.m. zandfiltratie bedraagt de CO₂-footprint circa de helft. De kosten zijn vergelijkbaar met ozonisatie i.c.m. zandfiltratie.

Op basis van de resultaten in de haalbaarheidsstudie is besloten tot een pilot op rwzi Hapert om de resultaten verder te onderbouwen. De pilot is gestart in 2021 en de resultaten worden verwacht eind 2022.

5

HAALBAARHEIDSTUDIE BIOLOGISCHE CONTINUFILTRATIE-GAK

In dit project wordt de haalbaarheid onderzocht van biologisch geactiveerde continufiltratie over granulair actief kool (kortweg: BC-GAK), een nieuwe combinatie van technieken voor het (nageschakeld) verwijderen van microverontreinigingen uit effluent.

De onderzochte technologie betreft granulair actief-koolfiltratie (GAK) in een continu filter, waarbij op het actief-koolmedium de biologische activiteit wordt bevorderd door inbreng van zuurstof of lucht in het te behandelen afvalwater. De actief-koolkorrels zijn dus zowel materiaal waarop bacteriën groeien die microverontreinigingen afbreken, als binder van microverontreinigingen. Kortom: deels afbraak, deels binding. De verwachting is dat er op deze manier meer adsorptieplaatsen beschikbaar komen voor binding van microverontreinigingen aan het actief kool. Hierdoor blijft het actief-koolfilter langer en beter zijn werk doen. De resultaten van deze studie worden verwacht eind 2021.



HOE HAAL JE MEDICIJNRESTEN UIT AFVALWATER?

Er zijn grofweg drie methoden voor het verwijderen van medicijnresten uit afvalwater, **adsorptie (binding)**, **oxidatie (afbraak)** en **filtratie (scheiding)**. Deze worden soms afzonderlijk, maar ook vaak in combinatie met elkaar toegepast.

Bij **adsorptie** bindt de schadelijke stof zich aan een andere stof, zoals poeder-actiefkool, granulair actief kool (korrels) of ander adsorptiemiddelen zoals zeolieten en cyclodextrines. Om deze bindingsreactie op gang te houden, moet er voldoende adsorptiemiddel in het systeem

aanwezig zijn met vrije bindingsplaatsen. Dat gebeurt door steeds adsorptiemiddel te blijven doseren, zoals gebeurt bij de PACAS-methode. Hierbij wordt doorlopend actief-poederkool gedoseerd in de actiefslibtanks. Bij granulaire filters moet het filtermateriaal regelmatig worden vervangen, of moet het actieve kool weer worden 'geregenereerd', waarbij er weer bindingplaatsen vrij worden gemaakt op het kool om medicijnresten te binden.

Poederkool kan niet worden geregenereerd. Als het poederkool 'vol' is, wordt het gescheiden van het afvalwater en met het zuiveringsslib verwerkt. Dat betekent in de meeste gevallen dat het wordt verbrand.

Aan granulair kool gebonden stoffen worden verbrand tijdens de regeneratie van het granulair kool. Dit geldt tevens voor de inzet van overige adsorptiemiddelen.

Bij **oxidatie** vindt een chemische reactie plaats waarbij de schadelijke stof daadwerkelijk wordt afgebroken. Dat gebeurt via het toevoegen van zuurstof, door ozon of UV-licht. De oxidatietechnieken zijn effectief, maar bij het toepassen kunnen schadelijke afbraakproducten worden gevormd, die vanuit ecotoxicologisch oogpunt schadelijker kunnen zijn dan de oorspronkelijke stof. Een voorbeeld hiervan is de omzetting van bromide naar

het persistente bromaat bij ozondosering. Het is bij het toepassen van belang de vorming van schadelijke afbraakproducten tot een minimum te beperken. In sommige gevallen wordt een zandfilter nageschakeld.

De afgebroken stoffen worden met het gezuiverde afvalwater geloosd. Daarbij doet zich de vraag voor in hoeverre de afgebroken stoffen (nog) schadelijk zijn, of in ieder geval minder schadelijk dan de oorspronkelijke stof.

Filtratie is een fysisch scheidingsproces, waarbij schadelijke stoffen worden afgescheiden via filtrering door membranen. Voor het verwijderen van medicijnresten en andere microverontreinigingen wordt gebruik gemaakt van membranen met zeer fijne poriën (1 tot 10 nanometer), waardoor het water onder hoge druk doorheen wordt geperst. Dit heet nanofiltratie.

Met nanofiltratie kunnen hoge verwijderingsrendementen worden gehaald. De uitdaging zit vooral in de wijze waarop de afgescheiden fractie (het concentraat), waarin zich de microverontreinigingen bevinden, verder moet worden behandeld. Dit vraagt om technieken die de afgescheiden fractie verder kunnen scheiden in afzonderlijke stoffen die kunnen worden hergebruikt, dan wel kunnen worden verwerkt als afval.



RESULTATEN & LOPENDE ONDERZOEKEN OXIDATIEVE TECHNIEKEN

1

PILOTONDERZOEK VERGELIJKING OXIDATIEVE TECHNIEKEN EFFLUENT RWZI AARLE-RIXTEL (STOWA 2020-41)

Op rwzi Aarle Rixtel is pilotonderzoek verricht naar de toepassing van twee oxidatieve technieken: ozon met biologische nabehandeling (O_3 +Bio) en UV met waterstofperoxide (UV+ H_2O_2). Ozon is een techniek die al op rwzi's in het buitenland wordt toegepast. De techniek UV+ H_2O_2 is een veelbelovende techniek die nog niet wordt toegepast op rwzi's, maar wel bij de verwijdering van gewasbeschermingsmiddelen uit afvalwater van de glastuinbouw en bij drinkwaterproductie.

Voor de behandeling van het afvalwater van rwzi Aarle Rixtel scoort toepassing van ozon op het gebied van verwijderingsrendement en bijbehorend energieverbruik beter dan UV+ H_2O_2 . Voor de toepassing van UV plus H_2O_2 is het dan ook wachten op LED-lampen met een (veel) lager energieverbruik voordat deze technologie in aanmerking komt voor behandeling van rwzi-effluent. Voor ozonisatie geldt dat bromaatvorming op het specifieke rwzi-effluent van Aarle Rixtel een probleem kan vormen vanwege het hoge gehalte aan bromide.

2

BUREAUSTUDIE NAAR DE EFFECTEN VAN OXIDATIEPRODUCTEN RWZI-EFFLUENT

Dit project behelst een bureaustudie naar de vorming, effecten en beheersing van oxidatieproducten bij het toe-

passen van oxidatieve technieken op rwzi-effluent voor de verwijdering van microverontreinigingen. Op basis daarvan wordt een handreiking opgesteld voor besluitvorming over het al dan niet toepassen van deze technieken, en de voorwaarden waaronder. De resultaten worden eind 2021 verwacht.

3

HAALBAARHEIDSSTUDIE & PILOT ULTRASOUND IN COMBINATIE MET OZONTECHNOLOGIE (STOWA 2020-24)

In deze studie werd onderzocht wat de mogelijkheden zijn van ultrasound in combinatie met ozontechnologie voor het verwijderen van medicijnresten en andere microverontreinigingen uit afvalwater. Bij deze technologie wordt het doseren van ozon gecombineerd met het inbrengen van ultrasoon geluid. Dit bewerkstelligt naar verwachting een betere en snellere ozonoverdracht in de vloeistof. Ultrasoon geluid is in principe niet waarneembaar voor het menselijk gehoor. Het begint vanaf ongeveer 20 kHz en loopt tot 800 MHz. Ten opzichte van de referentietechniek ozon i.c.m. zandfiltratie scoorde de gecombineerde toepassing op alle criteria gelijkwaardig (kosten) of beter (verwijderingsrendement en CO_2 -footprint).

Pilot

Op basis van deze uitkomsten is medio 2021 aanvullend pilotonderzoek gestart op rwzi Winterswijk. Na afloop van dit pilotonderzoek zullen de prestaties naast de uitkomsten van de haalbaarheidsstudie worden gelegd en vindt eventuele opschaling naar demoschaal en *full scale* toepassing plaats. Deze resultaten worden eind 2022 verwacht.



4

HAALBAARHEIDSSTUDIE BO_3 -TECHNOLOGIE

De BO_3 -technologie betreft een combinatie van biologische afbraak en ozonbehandeling. Het vernieuwende element is de specifieke biologische behandeling van het gezuiverde afvalwater voorafgaand aan de ozonbehandeling. Deze breekt zoveel mogelijk opgelost organisch materiaal af (zogenoemde DOC).

Dit alles resulteert in een verduurzaming van conventionele ozonisatie, omdat er veel minder ozon hoeft te worden gedoseerd (i.c. verlaging CO_2 -footprint). Dit beperkt ook de mogelijke schadelijke bromaatvorming. De technologie kenmerkt zich door het brede pallet aan microverontreinigingen dat wordt afgebroken. De resultaten van deze studie worden verwacht eind 2021.

5

HAALBAARHEIDSSTUDIE MICROFORCE

Microforce ++ is een combinatie van biologische afbraak (via vorming van biofilm op dragermateriaal) en ozontechnologie. Hierdoor kan de ozondosering relatief laag blijven en is sprake van een relatief laag energieverbruik. Eerst wordt het water behandeld via oxidatie met ozon, waarbij de microverontreinigingen specifiek worden aangevallen. Hierdoor worden niet-biodegradeerbare moleculen omgezet in kleinere, biodegradeerbare componenten die vervolgens op een duurzame, biologische manier worden afgebroken aan de hand van biofilm-op-drager technologie (biofilm op zandkorrels). De resultaten van deze studie worden verwacht eind 2021.

RESULTATEN EN LOPENDE ONDERZOEKEN FILTRATIETECHNIKEN

1

HAALBAARHEIDSSTUDIE & PILOT HOLLE VEZEL NANOFILTRATIE VOOR VERWIJDERING VAN MICRO- VERONTREINIGINGEN OP RWZI'S (STOWA 2020-22)

In deze studie is de technische haalbaarheid voor Nederland onderzocht van holle vezel nanofiltratie (NF) voor het nazuiveren van afvalwater. Daaruit is naar voren gekomen dat de CO_2 -footprint van de techniek hoger is dan bij de referentietechnieken PACAS en ozon i.c.m. zandfiltratie, maar niet hoger dan bij de referentie granulair-actiefkoolfiltratie. De technologie is tevens duurder dan de referentietechnieken.

Maar het via NF nagezuiverde afvalwater (het permeaat) is van dermate goede kwaliteit, dat het mogelijk kan worden hergebruikt in de industrie of de glastuinbouw. Dit maakt de toepassing volgens de onderzoekers interessant in het kader van de wens om van rioolwaterzuiveringsinstallaties waterfabrieken te maken.

Pilot

In een pilot op rwzi Asten bij Waterschap Aa en Maas worden de mogelijkheden van NF nader onderzocht. Daarbij is ook aandacht voor de effecten van het inbrengen van de NF-concentraatstroom terug in het biologische zuiveringsproces. De resultaten van deze pilot worden eind 2022 verwacht.

2

HAALBAARHEIDSSTUDIE & PILOT GE(O)ZOND WATER OP RWZI WERVERSHOOF (2020-25)

In dit project werken STOWA en het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier nauw samen met drinkwaterbedrijf PWN en PWN Technology. Dat heeft een reden. Rwnz Wervershoof loost het gezuiverde afvalwater namelijk indirect in het IJsselmeer. Enkele kilometers bij het lozingspunt vandaan neemt drinkwaterbedrijf op haar beurt water in ten behoeve van de productie van drink- en industriewater.

In deze haalbaarheidsstudie is onderzoek gedaan naar de mogelijkheden om via vergaande nazuivering te komen tot hergebruik van effluent. Dit gebeurt onder de titel 'Ge(o)zond'. Uit labschaalonderzoek komt naar voren dat de ozondosering een positieve invloed heeft op de prestaties van de membranen die worden gebruikt voor nazuivering. Dit betekent dat met een relatief laag ozonverbruik het doel van hergebruik van rwnz-effluent in zicht komt tegen kosten die lager liggen dan 50 eurocent per m³ behandeld afvalwater.

Pilot

Op basis van de resultaten in de haalbaarheidsstudie is besloten tot een pilot op rwnz Wervershoof om de resultaten verder te onderbouwen. Deze pilot is gestart in 2020 en de resultaten worden verwacht begin 2022. De resultaten vormen de input voor een demonstratie-installatie die in 2022 zal gaan draaien.

3

HAALBAARHEIDSSTUDIE PHAREM FILTRATION SYSTEM

Het Pharem Filtration System is een innovatieve filtertechnologie waarbij enzymen op een filterbed worden ingezet om organische microverontreinigingen af te breken. Op basis van de uitkomsten van deze haalbaarheidsstudie kan worden beslist om de technologie wel of niet in een pilotonderzoek verder te gaan testen.

De leverancier van de technologie heeft al het nodige onderzoek gedaan, zowel op lab- als pilot- en demoschaal, maar de technologie is nog niet op de schaal van een rwnz met een zuiveringscapaciteit van 100 duizend i.e. (inwonerequivalenten) toegepast. Het hoofddoel van dit onderzoek is derhalve om samen met de leverancier eerder vergaarde pilot- en/of labdata te verzamelen en deze te vertalen naar dit schaalniveau. Tevens zal worden onderzocht of alle geprioriteerde verontreinigingen, de zogenoemde gidsstoffen (zie kader elders) kunnen worden verwijderd met enzymen. De resultaten van deze haalbaarheidsstudie worden verwacht eind 2021.

RESULTATEN & LOPENDE ONDERZOEKEN ALTERNATIEVE ADSORPTIEMIDDELEN

1

HAALBAARHEIDSSTUDIES (GEMODIFICEERD) ZAND EN ZEOLIET ALS ALTERNATIEVE ADSORPTIEMIDDELEN

In deze haalbaarheidsstudies wordt onderzocht of inerte materialen zoals zand en zeolieten microverontreinigingen kunnen verwijderen. Zand wordt nu gebruikt in

zogenaamde zandfilters om nutriënten te verwijderen; verwijdering van microverontreinigingen vindt nauwelijks plaats. Door dit zand te modificeren met speciale silanen zou dit wellicht wel kunnen. Zeolieten worden nu al toegepast in wasmiddelen. De vraag is of het mogelijk is om deze zeolieten, die via de wasmachine in het riool terechtkomen, te laten functioneren als adsorptiemiddel. Daarnaast wordt onderzocht of andere synthetische zeolieten in filters kunnen worden toegepast. De resultaten worden verwacht begin 2022.

2

HAALBAARHEIDSSTUDIE TOEPASSING CDP ALS ADSORPTIEMIDDEL

CDP's (cyclodextrine polymeren) zijn een nieuwe klasse adsorptiemiddelen die worden geproduceerd uit maïs. Ze hebben een groot aantal potentiële voordelen ten opzichte van actief kool. Er is een adsorptiemiddel op de markt gebracht onder de naam DEXSORB®. De eerste testresultaten uit de VS zien er veelbelovend uit, maar uitgebreider testen en de verdere vertaling naar de Nederlandse zuiveringspraktijk zijn vereist. Dat gebeurt in deze haalbaarheidsstudie.

De haalbaarheidsstudie toont aan dat de inzet van DEXSORB® in een filter een duurzaam alternatief is vergeleken met de referentietechnieken: de CO₂-footprint is 2 tot 5 keer lager dan van de referentietechnieken. Een brede groep aan gidsstoffen wordt goed tot zeer goed geadsorbeerd: anionische, kationische, zwitterionische, neutrale en hydrofobe geneesmiddelen en PFAS. Sterk hydrofiele én kleine gidsstoffen worden minder goed verwijderd. Het resulterende verwijderingsrendement bedraagt 70

tot 75 procent, oftewel vergelijkbaar met PACAS en iets lager dan ozonisatie i.c.m. zandfiltratie. De zuiveringskosten zijn daarbij tevens in de orde grootte van ozonisatie i.c.m. zandfiltratie. Op basis van deze resultaten in de haalbaarheidsstudie, met name op het gebied van duurzaamheid, is besloten tot een pilot om de resultaten verder te onderbouwen. Deze pilot start in 2022.

OVERIGE ONDERZOEKEN

1

VERKENNING NATUURLIJKE ZUIVERINGSSYSTEMEN

In dit project wordt verkend in hoeverre natuurlijke zuiveringssystemen in staat zijn om organische microverontreinigingen vergaand te verwijderen. De systemen die worden onderzocht, betreffen geoptimaliseerde helofytenfilters die in het buitenland al vaak worden toegepast voor verwijdering van microverontreinigingen.

Het verschil ten opzichte van normale helofytenfilters is dat deze systemen extra zijn uitgerust voor verwijdering van microverontreinigingen door de toevoeging van een adsorbens, schimmels en/of andere materialen. Dit bevordert een combinatie van adsorptie en biologische afbraak. Er wordt gestreefd naar een zo laag mogelijke CO₂-footprint door het gebruik van fossielarme materialen. Daarnaast worden in dit project mogelijke optimalisaties van de zogenoemde Waterharmonica (STOWA 2013-07 en 2013-08) bekeken door een combinatie met ozonisatie. De verkenning is gestart in 2021 en de resultaten worden in 2022 verwacht.

VERKENNING VRIJKOMEN MICROVERONTREINIGINGEN IN SLIBGISTING

Het doel van dit project is om vast te stellen in hoeverre (gebonden) organische microverontreinigingen door slibgisting weer vrijkomen en in welke mate dit de verwijderingsrendementen van microverontreinigingen door een rwzi beïnvloedt. Als microverontreinigingen vrijkomen in de gisting, dan komen deze terecht in het zogenoemde rejectiewater (loskomend water uit slibontwatering). Dit rejectiewater wordt teruggevoerd naar het reguliere zuiveringsproces in de rwzi. Als de vracht aan microverontreinigingen in dit rejectiewater hoog is, kan dit het verwijderingsrendement van de rwzi negatief beïnvloeden en dus invloed hebben op de dimensionering van aanvullende zuiveringstechnieken.

In dit project worden alle verschillende toepassingen van gisting in Nederland onderzocht: mesofiel, thermofiel en Thermische Druk Hydrolyse (TDH). Ook wordt bekeken in hoeverre centrale slibverwerking een rol speelt; hoe meer slib centraal verwerkt wordt op een rwzi, hoe meer microverontreinigingen vrij zouden kunnen komen. Daarnaast is aandacht voor de rol van poederkool dat aan slib wordt toegevoegd. Zorgt dit poederkool in de gisting er juist voor dat er minder of meer microverontreinigingen vrijkomen? Het project is gestart in 2021, de resultaten worden verwacht medio 2022.





IPMV-PUBLICATIES EN ANDERE RELEVANTE DOCUMENTATIE



Over alle onderstaande publicaties kunt u meer lezen op www.stowa.nl. Daar kunt u deze rapporten ook downloaden. Gebruik de zoekoptie op de website.

STOWA 2017-36, Verkenning technologische mogelijkheden voor verwijdering van geneesmiddelen uit afvalwater

STOWA 2017-42, Landelijke hotspotanalyse geneesmiddelen rwzi's

STOWA 2018-02, PACAS poederkooldosering in actiefslib voor verwijdering van microverontreinigingen. Onderzoek naar effectiviteit en efficiëntie op rwzi Papendrecht

STOWA 2018-46, Zoetwaterfabriek awzi De Groote Lucht. Pilotonderzoek ozonisatie en zandfiltratie

STOWA 2020-06, Verwijdering van organische microverontreinigingen. Handvatten voor de keuze van behandelingstechniek in combinatie met de benodigde hydraulische capaciteit

STOWA 2020-17, Haalbaarheid van de Arvia Nyex™ technologie: een zuiveringstechniek voor de verwijdering van microverontreinigingen op rioolwaterzuiveringen

STOWA 2020-18, Haalbaarheidsstudie O3-STEP®-filter

STOWA 2020-19, Haalbaarheidsstudie duurzame alternatieven poeder actiefkool voor PACAS

STOWA 2020-20, Haalbaarheidsstudie poederkooldosering in Nereda voor verwijdering van microverontreinigingen op rwzi Simpelveld

STOWA 2020-21, Haalbaarheidsstudie PAK+doekfiltratie voor verwijdering van microverontreinigingen op rwzi's

STOWA 2020-22, Holle vezel nanofiltratie voor verwijdering van microverontreinigingen op rwzi's

STOWA 2020-23, Haalbaarheidsstudie PAC-03 voor verwijdering van microverontreinigingen op rwzi's

STOWA 2020-24, Haalbaarheidsstudie Ultrasound in combinatie met ozon technologie voor verwijdering van microverontreinigingen op rwzi's

STOWA 2020-25, Haalbaarheidsstudie Ge(o)zond water

STOWA 2020-34, Poederkool in slib. Effect op de huidige en toekomstige slibeindverwerking

STOWA 2020-41, Pilotonderzoek vergelijking oxidatieve technieken effluent rwzi Aarle-Rixtel

STOWA 2020-46, Haalbaarheidsstudie BODAC. Biologisch actiefkoolfiltratie met zuurstofdosering voor verwijdering van microverontreinigingen uit rwzi-afvalwater

STOWA 2021-15 A t/m F, Bepaling verwijderingsrendement medicijnresten rwzi-afvalwater. Koepelvoorschrift en onderbouwende eindrapportage plus deelrapportages

STOWA 2021-24, Laboratoriumtesten duurzame alternatieven actiefkool

STOWA 2021-36, Haalbaarheidsstudie upflow GAK filtratie

STOWA 2021-37, Haalbaarheidsstudie PACAS+Fe-dosering

STOWA 2021-38, Haalbaarheidsstudie DEXfilter: innovatie in adsorbentia

 Meer weten? Kijk op www.stowa.nl/ipmv

COLOFON

Amersfoort, oktober 2021 © STOWA

Uitgave

Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer STOWA
Postbus 2180
3800 CD Amersfoort

Teksten

Bert-Jan van Weeren, tekst en van weeren

Engelse vertaling

David Philo, Philo editing

Eindredactie

Mirabella Mulder, Cora Uijterlinde

Design Shapeshifter.nl | Utrecht

Illustratie Adobe stock, Freepic

Druk DPP | Houten

STOWA-nummer 2021-45

ISBN 978.90.5773.954.5

Download

Dit rapport is beschikbaar als pdf op www.stowa.nl
Check Publicaties > STOWA 2021-45

Copyright

De informatie uit dit rapport mag worden overgenomen, mits met bronvermelding. De in het rapport ontwikkelde, dan wel verzamelde kennis is om niet verkrijgbaar. De eventuele kosten die STOWA voor publicaties in rekening brengt, zijn uitsluitend kosten voor het vormgeven, vermenigvuldigen en verzenden.

Disclaimer

Dit rapport is gebaseerd op de meest recente inzichten in het vakgebied. Desalniettemin moeten bij toepassing ervan de resultaten te allen tijde kritisch worden beschouwd. De auteurs en STOWA kunnen niet aansprakelijk worden gesteld voor eventuele schade die ontstaat door toepassing van het gedachtegoed uit dit rapport.

stowa

STICHTING
TOEGEPAST ONDERZOEK WATERBEHEER

stowa@stowa.nl www.stowa.nl

TEL 033 460 32 00

Stationsplein 89 3818 LE AMERSFOORT

POSTBUS 2180 3800 CD AMERSFOORT

