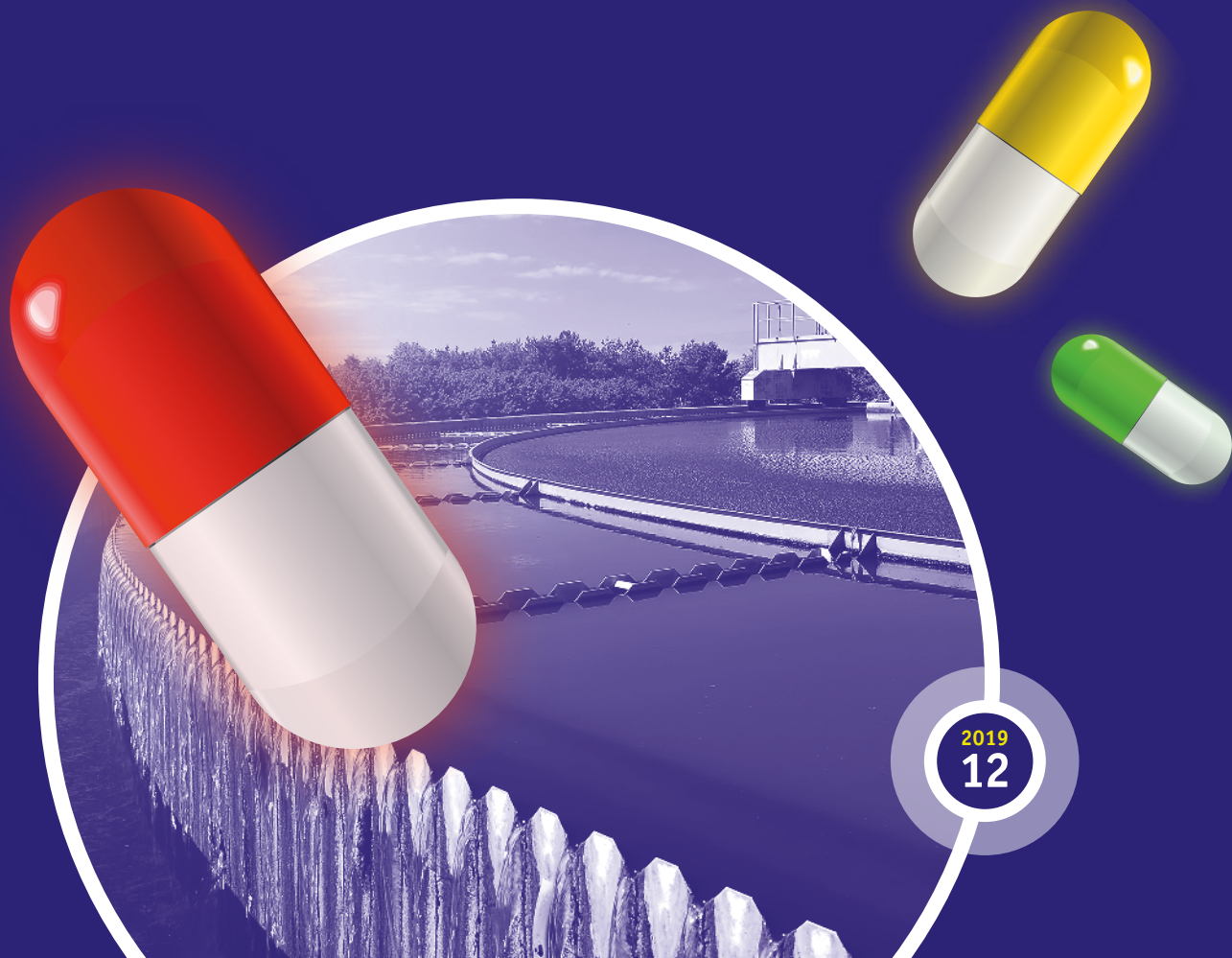




Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

stowa

INNOVATIEPROGRAMMA MICROVERONTREINIGINGEN UIT RWZI-AFVALWATER



2019
12



Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

stowa

INNOVATIEPROGRAMMA MICROVERONTREINIGINGEN *UIT* RWZI-AFVALWATER



2019
12



TEN GELEIDE

Samenwerking versnelt de toepassing van innovaties in de Nederlandse zuiveringspraktijk van stedelijk afvalwater.

Dit gezamenlijke innovatieprogramma van waterschappen, het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat en STOWA heeft als doel om technologieën en technieken door te ontwikkelen voor verwijdering van microverontreinigingen, waaronder medicijnresten, uit rwzi-afvalwater. Het gaat om technologieën en technieken welke op het punt van doorbreken staan, maar onvoldoende bewezen zijn om nu direct op grote schaal toe te passen op rwzi's in Nederland. Dit leidt tot meer inzicht in werkingsmechanismen en dimensioneringsgrondslagen, waardoor de risico's om de technologie in de praktijk in te zetten worden verkleind. Het programma versnelt hiermee de toepassing van innovaties in de Nederlandse zuiveringspraktijk van stedelijk afvalwater.

Dit innovatieprogramma sluit goed aan bij de bijdrageregeling 'demo's zuivering medicijnresten' van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat en de ontwikkelingen van de waterschappen op gebied van de introductie van aanvullende zuiveringsstappen op rwzi's in demonstratie-installaties met bestaande beschikbare technieken naar verwijdering van medicijnresten.

Een belangrijk aspect van dit programma is kennisdeling. Onder het motto 'lerend implementeren' worden de kennis en ervaringen uit dit programma en die uit het parallelle programma met de demo's gedeeld zodra

deze beschikbaar komen, zodat deze zo snel mogelijk toegepast kunnen worden in de zuiveringspraktijk van de waterschappen.

In dit innovatieprogramma werken rijksoverheid, waterschappen, kennisinstellingen, drinkwaterbedrijven en het bedrijfsleven samen om medicijnresten en een breed scala aan andere microverontreinigingen uit rwzi-afvalwater te verwijderen en daarmee de waterkwaliteit in Nederland verder te verbeteren.

Dit rapport geeft een overzicht van de verschillende onderzoekstrajecten. Belangrijke aandachtspunten bij het onderzoek zijn het verwijderingsrendement, de kosten en duurzaamheidsaspecten. De eerste resultaten van de diverse haalbaarheidsstudies worden begin 2020 verwacht.

IR. JOOST BUNTSMA

Directeur STOWA

AANLEIDING

Sinds 2016 werkt het ministerie van IenW samen met een groot aantal partijen aan de Ketenaanpak 'Medicijnresten uit Water' om de emissies van medicijnresten naar oppervlaktewater en de negatieve effecten daarvan op het watermilieu en de bereiding van goed drinkwater terug te dringen. De ketenaanpak heeft de keten in beeld gebracht, de partijen in de zorg- en waterketen bij elkaar gebracht, geanalyseerd welke emissiereducerende maatregelen waar mogelijk zijn en hoe effectief deze maatregelen zijn. Dit heeft geresulteerd in een Uitvoeringsprogramma 2018-2022, waarin de doelstellingen en meerjarige acties op alle plaatsen in de keten zijn beschreven; van bronaanpak aan de voorkant van de keten, zoals bij medicijngebruik in de zorgsector en door patiënten, en aan het eind van de keten door medicijnresten en andere microverontreinigingen vergaand te zuiveren in een rioolwaterzuivering (rwzi). Inzet daarbij is om met alle betrokken partijen gezamenlijk op te trekken en door 'lerend te implementeren' steeds die stappen te zetten die tegen maatschappelijk aanvaardbare kosten het grootste positieve effect voor de waterkwaliteit en drinkwaterbereiding tot gevolg heeft. Dit heeft geleid dat de aanpak 'Medicijnresten uit Water' één van de vier speerpunten is van de Green Deal Duurzame Zorg, dat het ministerie van VWS heeft ondertekend met circa 130 partijen in de zorgsector. Deze maatregelen voorin de keten blijven sowieso nodig, maar zullen het probleem niet kunnen oplossen aangezien het overgrote deel van de emissies vanuit de huishoudens, via de rwzi's in het oppervlaktewater terecht komt.

Om een substantiële emissiereductie te kunnen realiseren is extra verwijdering van medicijnresten door vergaande zuivering op een rwzi essentieel. Andere microverontreinigingen kunnen hiermee meeliften en zullen afhankelijk van de stoffeigenschappen en de gekozen zuiveringstechniek worden verwijderd. In een landelijke hotspotanalyse 'Medicijnresten in oppervlaktewater' (STOWA 2017-42) hebben de waterschappen de rwzi's geïdentificeerd, die relatief een grote invloed en bijdrage aan de concentraties medicijnresten (als somparameter) in oppervlaktewater hebben, zowel voor ontvangende en benedenstroomse wateren als voor inlaatpunten voor drinkwaterbereiding. Aansluitend hierop heeft er in de regio door de waterschappen een verdere verfijning plaatsgevonden door op de uitkomsten van deze landelijke 'hotspotanalyse' een nadere regionale analyse uit te voeren. Zo is voor het Maasstroomgebied binnen het samenwerkingsverband 'Schone Maaswaterketen' een nadere analyse uitgevoerd, waarbij de waterschappen onder andere waarde aan de regionale wateren hebben toegekend.

In Duitsland en Zwitserland krijgt het onderwerp medicijnresten/microverontreinigingen in oppervlaktewater ook aandacht van beleid en waterbeheerders. Veel onderzoek naar onder andere vergaande zuiveringstechnieken wordt uitgevoerd en kennis/ervaring gedeeld met derden in zogenaamde 'Kompetenzzentra'. Dit onderzoek en praktijktoepassingen op rwzi's hebben aangetoond dat oxidatie door inzet van ozon en/of adsorptieve technieken door inzet van actiefkool efficiënt en tegen maatschap-

pelijk aanvaardbare kosten medicijnresten en een breed spectrum aan andere microverontreinigingen uit rwzi-afvalwater kunnen verwijderen. Hiervoor bestaan verschillende uitvoeringsvormen, die verder doorontwikkeld worden voor (specifieke) toepassingen in de zuiveringspraktijk voor rwzi's. In Nederland is vooralsnog beperkt ervaring opgedaan met deze vergaande zuiveringstechnieken op rwzi-afvalwater¹. In een aantal labstudies en pilots zijn verschillende technieken uitgetest, zoals [i\]](#) poederkool-dosering aan actiefslibsystemen (PACAS), [ii\]](#) ozon-oxidatie met zandfiltratie, [iii\]](#) ionenwisseling en UV/H₂O₂-oxidatie, [iv\]](#) ozon-oxidatie met keramische membraanfiltratie, [v\]](#) ozon-oxidatie met granulair actiefkoolfiltratie en [vi\]](#) vergelijking ozon- en UV/H₂O₂ oxidatie.

Daarnaast heeft de STOWA in een verkenning de verschillende vergaande zuiveringstechnieken op een rij gezet (STOWA 2017-36). Hierbij is onder andere onderscheid gemaakt in zuiveringstechnieken of combinaties van technieken, die direct toepasbaar zijn binnen de bestaande zuiveringspraktijk op rwzi's en enkele veelbelovende op korte termijn (periode 5-7 jaren) toepasbare verwijderingstechnieken voor medicijnresten uit rwzi-afvalwater. In deze verkenning is niet alleen gekeken naar effectiviteit van verwijdering van medicijnresten en de daarmee gepaard gaande kosten, maar ook naar aspecten als duurzaamheid, energieverbruik, reststoffen, chemicaliëngebruik en bijvangst van bijvoorbeeld andere microverontreinigingen. Kennisleemten, ontwikkeling van innovatieve concepten en optimalisatie van vergaande

de zuiveringstechnieken, die op korte termijn toepasbaar zouden kunnen zijn, hebben een plekje gekregen in voorliggend innovatieprogramma 'Microverontreinigingen uit rwzi-afvalwater' van het ministerie van IenW en STOWA voor de periode 2019-2023. De focus van dit programma ligt op toegepast onderzoek naar zuiveringstechnieken voor de verwijdering van microverontreinigingen, waaronder medicijnresten, die binnen een termijn van 5-7 jaren toepasbaar zijn in de Nederlandse zuiveringspraktijk op rioolwaterzuiveringen. Bovendien moeten de technieken een toegevoegde waarde hebben ten opzichte van de bestaande beschikbare technieken, zoals een beter zuiveringsrendement, lagere kosten, duurzamer of een vermindering van de ecotoxicologische risico's van de rwzi-lozing in het watermilieu. Projectvoorstellen variëren van verkenningen of haalbaarheidsstudies tot praktijkpilots op rwzi's. Dit in tegenstelling tot de bijdrageregeling 'Zuivering medicijnresten' van het ministerie van IenW, waarin waterschappen financieel worden ondersteund bij het daadwerkelijk in bedrijf nemen en hebben van grootschalige demonstratie-installaties (demo's) van vergaande zuiveringstechnieken op rwzi's voor minimaal een periode van tien jaren. In deze demo's wordt de effectiviteit van de toegepaste techniek gemonitord aan de hand van enkele gidsstoffen en de resterende ecotoxicologische risico's van de rwzi-lozing. Onderzoek van meer fundamenteel wetenschappelijke aard is opgepakt in het Universitair onderzoeksprogramma 'Contaminants of Emerging Concern in the Water Cycle', waarin STW, STOWA, TKI Watertechnologie en KWR samenwerken.

¹ In de drinkwatersector is wel ruime ervaring met toepassing van processen voor vergaande verwijdering van microverontreinigingen; het doorvertalen van deze ervaring blijkt lastig zonder nader onderzoek in labstudies en (grootschalige) pilots, omdat het rwzi-effluent een andere samenstelling heeft als de bronnen voor drinkwaterproductie zoals grondwater en oppervlaktewater.

DOEL

Dit programma heeft als doel om technologieën en technieken te onderzoeken voor verwijdering van microverontreinigingen uit rwzi-afvalwater, welke op het punt van doorbreken staan, maar onvoldoende bewezen zijn om direct op grote praktijkschaal toe te passen op rwzi's in Nederland. Dit komt omdat er veel onzekerheden zijn over de prestaties van de techniek zoals verwijderingsrendementen, kosten en CO₂-footprint. Maar ook omdat onbekend is of de techniek goed kan worden ingepast op Nederlandse rwzi's en welke effecten er optreden in de bedrijfsvoering en het zuiveringsproces van de rwzi. Hierbij gaat het om invloed op de kwaliteit van het effluent (vergunde macroparameters zoals organische stof, stikstof, fosfaat en uitspoeling van zwevende stof), maar ook invloed op slibsamenvatting en -verwerking en benodigd onderhoud. Dit zorgt ervoor, dat voor de bijdrageregeling 'Zuivering Medicijnresten' van IenW voor de demo's met name projecten worden ingediend met technieken die 'veilig', op basis van full scale resultaten in het buitenland, kunnen worden geïmplementeerd met een te verwachten beperkt risico op de bedrijfsvoering van rwzi's in Nederland en een bewezen verwijderingsrendement van microverontreinigingen.

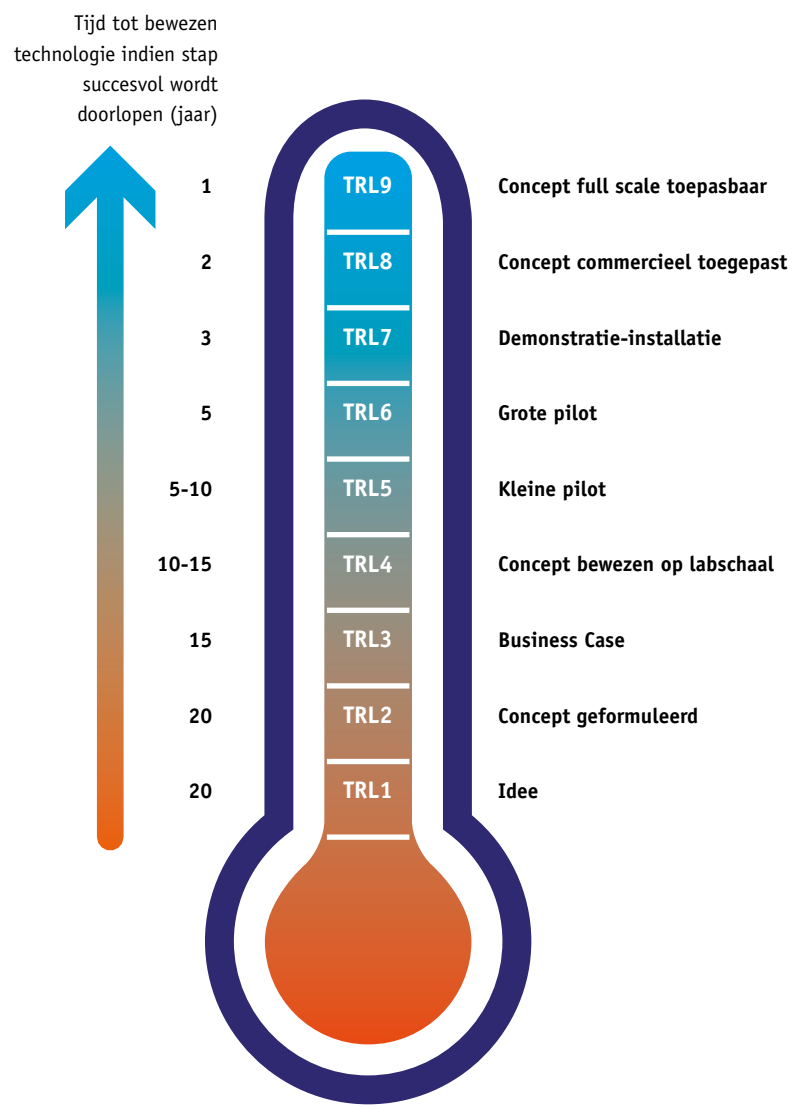
Dit programma heeft als doel om innovaties te stimuleren. Indien een innovatie kansrijk is voor toepassing in de praktijk in de komende 5-7 jaar, dan worden de waterschappen, die deze techniek willen verkennen of op pilotschaal willen testen, financieel ondersteund door dit programma. Dit leidt tot meer inzicht in werkingsme-

chanismen en dimensioneringsgrondslagen, waardoor de risico's om de technologie op demo-schaal in te zetten worden verkleind. Het programma versnelt hiermee de toepassing van innovaties in de Nederlandse zuiveringspraktijk.

Een belangrijk aspect van dit programma is kennisdeling. Er kan veel worden onderzocht, maar als de kennis en ervaring niet actief wordt gedeeld, zullen geen nieuwe technologieën doorbreken. Onder het motto 'lerend Implementeren' zal er in dit programma voortdurend kennis en kunde worden gedeeld, zodra dit beschikbaar komt, zodat dit zo snel mogelijk toegepast kan worden in de zuiveringspraktijk van de waterschappen. Hiervoor zal een gebruikersnetwerk worden opgezet, waarbij de kennis en ervaringen vanuit de onderzoeken, zowel uit dit innovatieprogramma als uit de demo's, samengebracht worden met de daadwerkelijke zuiveringspraktijk.

Op basis van de (tussentijdse) resultaten van dit programma (en de resultaten uit de demo's) kunnen waterschappen beleidskeuzes maken voor de realisatie van effectievere en efficiëntere technologieën dan de nu commercieel beschikbare bewezen technieken, die leiden tot een vermindering van lozing van microverontreinigingen door rwzi's en daarmee een verbetering van de waterkwaliteit.

FIGUUR 1 Technology Readiness Levels



BESCHRIJVING ACTIVITEITEN

In dit programma worden technieken onderzocht, die een significante verbetering kunnen geven ten opzichte van huidige bewezen technieken voor verwijdering van microverontreinigingen uit rwzi-afvalwater op één van de volgende aspecten:

- CO₂-footprint;
- Kosten;
- Verwijdering van microverontreinigingen, waaronder de gidsstoffen ² uit de bijdrageregeling van IenW voor demo's;
- Vermindering ecotoxicologische risico's voor lozing van rwzi-effluent in het watermilieu.

Naast bovengenoemde punten wordt inzichtelijk gemaakt wat voor invloed het toepassen van de technologie heeft op de werking van het zuiveringsproces, de bedrijfsvoering en het onderhoud van de rwzi. Robuustheid, complexiteit en aspecten op het gebied van arbo en veiligheid worden in beeld gebracht.

Dit programma focust op verwijdering van microverontreinigingen en het effect van de lozing van deze en andere opkomende stoffen door rwzi's in het watermilieu. Daarnaast is er aandacht voor mogelijke bijvangst, zoals een verbetering van de verwijdering van stikstof, fosfaat en microplastics, vermindering van antibioticaresistentie en pathogenen.

Prioritaire thema's

In navolging van de STOWA-verkenning, waaruit veelbelovende technieken naar voren zijn gekomen voor verwijdering van medicijnresten uit rioolwater is in 2018 geïnventariseerd welke kennisbehoefte er is bij waterschappen. Er is bepaald welke technieken en technologieën potentie hebben en welke vanuit beleidsstrategieën en experts vanuit waterschappen prioriteit hebben om te onderzoeken. Hierbij is gefocust op een verbetering op het gebied van CO₂ footprint, kosten, verwijderingsrendement van microverontreinigingen en/of effect op de ecotoxiciteit van het rwzi-effluent.

Naast een verbetering op de voorgaande aspecten, zijn in deze inventarisatie de volgende aspecten beoordeeld:

- De techniek/technologie is inpasbaar in de Nederlandse zuiveringspraktijk.
- De techniek/technologie kan binnen 5-7 jaar op demo-schaal worden toegepast. Dit betekent dat de TRL (Technology Readiness Level) van de techniek/technologie over 5-7 jaar, in 2025, minimaal een waarde van 7 moet hebben ([zie figuur 1](#)). Onder demo-schaal wordt in dit innovatieprogramma verstaan: een full scale toepassing voor rwzi's kleiner dan circa 25.000 i.e. Voor zuiveringen groter dan circa 25.000 i.e. dient minimaal één straat gelijk of groter dan 25.000 i.e. te worden omgebouwd.

² Benzotriazool, clarithromycine, carbamazepine, diclofenac, metropolol, hydrochloorthiazide, mengsel van 4- en 5-methylbenzotriazool, propanolol, sotalol, sulfamethoxazol, trimethoprim.

Deze inventarisatie heeft geleid tot de volgende onderwerpen die op korte termijn zullen worden opgepakt in dit programma:

1

EFFECTEN VAN INZET VAN OXIDATIEVE TECHNIEKEN EN VERBETERING VAN DE EFFECTIVITEIT/EFFICIËNTIE

Er bestaat een scala aan oxidatieve technieken om microverontreinigingen in rwzi-afvalwater om te zetten naar andere, minder schadelijke stoffen. Tot op heden is ozonisatie van rwzi-effluent in combinatie met zandfiltratie het meest toegepast in het buitenland en daarmee een 'bewezen techniek'. Naast ozon kunnen echter ook andere technologieën worden toegepast zoals bijvoorbeeld UV en waterstofperoxide, al dan niet in combinatie met ozon. Toepassing van oxidatieve technieken kan leiden tot zogenaamde transformatieproducten, welke vanuit ecotoxologisch oogpunt schadelijker kunnen zijn dan de zogenaamde moederstof, die zich in rioolwater bevindt. Een voorbeeld hiervan is de omzetting van bromide naar het persistente bromaat door ozon. De mechanismen waaronder dit plaatsvindt en in welke mate dit de keuze van een oxidatieve techniek bepaalt, zijn nog onvoldoende duidelijk. Uit recente studies blijkt dat nageschakelde zandfiltratie in het buitenland deze gevormde transformatieproducten slecht verwijderd. Buitenlandse studies geven geen uitsluitsel over toepassing van deze technieken op Nederlands rioolwater. In het pilotonderzoek de 'Zoetwaterfabriek' op rwzi Groote Lucht naar ozonisatie van rwzi-effluent zijn evenmin bevredigende antwoorden gevonden, vanwege het beperkt aantal effectmetingen. Ook is er geen sluitende verklaring gevonden voor het al dan niet vormen van bromaat. In dit thema wordt

onderzocht wat de effecten zijn van inzet van oxidatieve technieken zoals ozon, UV en andere oxidatieve technieken op de ecotoxiciteit van het behandelde rwzi-effluent en of de effectiviteit en efficiëntie kan worden verbeterd.

2

EFFECTEN VAN INZET VAN POEDERKOOI EN VERBETERING VAN DE EFFECTIVITEIT/EFFICIËNTIE

In Duitsland en Zwitserland is poederkool al op meer dan 20 rwzi's full scale ingezet om microverontreinigingen vergaand uit afvalwater van rwzi's te verwijderen. Deze techniek wordt hierbij met name ingezet als zogenaamde 'nageschakelde techniek': het poederkool wordt gedoseerd in nieuw te bouwen of omgebouwde tanks, waar het poederkool wordt opgemengd met het rwzi-effluent. De microverontreinigingen adsorberen aan de poederkool en worden met het afgescheiden kool afgevoerd. Tegenwoordig zijn er meer initiatieven om poederkool te integreren in de huidige processen van de rwzi. Eén van de toepassingen is in Nederland full scale getest op rwzi Papendrecht in het zogenaamde PACAS-onderzoek, waarbij poederkool direct in het actiefslibstelsysteem van de rwzi is gedoseerd. Hiermee zijn goede resultaten behaald: er wordt een verdubbeling van de verwijdering van microverontreinigingen bereikt en de ecotoxiciteit van het rwzi-effluent neemt met de helft af. De effluentkwaliteit voor macroparameters zoals stikstof, fosfaat en organische stof werd niet verslechterd. Door dit succes openen zich mogelijkheden om poederkool op andere wijzen en locaties te doseren in de zuivering. Dit thema richt zich op een verbetering van de effectiviteit en efficiëntie voor toepassing van poederkool op rwzi's. Uiteraard is hierbij ook aandacht voor de effecten op de effluentkwaliteit en

bedrijfsvoering van rwzi's (onder andere effecten poederkool in effluent en slib(eind)verwerking). Poederkool is een fossiel product en de inzet hiervan op rwzi's zorgt voor extra CO₂-emissie ten opzichte van de huidige behandeling van rioolwater. In thema 4 wordt onderzocht hoe deze CO₂-footprint verlaagd kan worden door inzet van 'groenere' kolen of andere adsorptiemiddelen.

3

EFFECTEN VAN INZET VAN GRANULAIR ACTIEFKOOL EN VERBETERING VAN DE EFFECTIVITEIT/EFFICIËNTIE

Granulair kool bestaat in tegenstelling tot poederkool uit korrels. Deze korrels zorgen in een nageschakeld filter voor adsorptie van microverontreinigingen net zoals bij poederkool, maar ook voor groei van bacteriën waardoor ook macroverontreinigingen zoals fosfaat en stikstof verwijderd kunnen worden. In Nederland is op rwzi Horstermeer voor het eerst een full scale granulair actiefkool filter gebouwd, wat tegelijkertijd nutriënten zoals fosfaat en stikstof kan verwijderen als microverontreinigingen (het 1-STEP filter). Uit de full scale resultaten blijkt echter dat de standtijd voor verwijdering van microverontreinigingen van het filter erg kort is, waardoor weliswaar nog steeds vergaand nutriënten worden verwijderd, maar al na 3 maanden de verwijdering van microverontreinigingen sterk afneemt. Hierdoor is de technologie relatief duur. Er zijn echter nieuwe technologieën op de markt, die ervoor zorgen dat het granulair actief kool effectiever kan worden ingezet. Deze techniek wordt in Duitsland en Zwitserland tot nu toe weinig toegepast vanwege de hogere kosten, maar kent niet de risico's rondom mogelijke vorming van onbekende transformatieproducten (oxidatieve technieken, zie [thema 1](#)) of lozing van poeder-

kooldeeltjes (poederkool dosering, zie [thema 2](#)). Onderzoek naar een verhoging van efficiëntie en effectiviteit van deze techniek wordt daarom in dit thema nader onderzocht.

4

EFFECTEN VAN INZET VAN DUURZAMERE ADSORPTIE-MIDDELEN EN VERBETERING VAN DE EFFECTIVITEIT/EFFICIËNTIE

Adsorptie van microverontreinigingen door actiefkool wordt nu full scale en op grote schaal ingezet in het buitenland. Het gebruikte actiefkool is echter grotendeels van fossiele oorsprong (steenkool). Er zijn tot op heden wel wat initiatieven om zogenaamde 'groene kolen' te ontwikkelen door de leverende industrie, maar dit is nog erg beperkt. Om hier doorbraken in te bewerkstelligen worden in dit thema adsorptiemiddelen met een lagere CO₂-footprint onderzocht dan het huidige fossiele poederkool.

5

EFFECTEN VAN INZET VAN FILTRATIE EN VERBETERING VAN DE EFFECTIVITEIT/EFFICIËNTIE

Nanofiltratie van effluent lijkt veelbelovend voor vergaande verwijdering van microverontreinigingen uit rwzi-effluenten (> 90%). De behandeling van de afgescheiden fractie, waarin zich de microverontreinigingen bevinden, is echter nog onduidelijk. Hiervoor worden momenteel nieuwe concepten ontwikkeld, welke wellicht eenvoudig kunnen worden ingepast op huidige rwzi's als nabehandelingstap. Daarnaast worden concepten voor waterfabrieken ontwikkeld gericht op een zo hoog mogelijk



RWZI Groote Lucht

hergebruik van grondstoffen die zich in rwzi-afvalwater bevinden en/of hergebruik van het geproduceerde effluent. In deze zogenaamde ‘waterfabrieken’ wordt filtratie ingezet in combinatie met adsorptie en oxidatie. Deze combinatie van technieken is bekend uit drinkwaterbereiding. Het behandelen van rioolwater en effluënten van rwzi’s blijkt lastig zonder nader onderzoek in labstudies en (grootschalige) pilots, omdat het rwzi-effluent een hele andere samenstelling heeft als de bronnen voor drinkwaterproductie zoals grondwater en oppervlaktewater. Uit labstudies is echter gebleken dat het haalbaar is om microverontreinigingen vergaand tot meer dan 95-99% te verwijderen uit effluënten van rwzi’s. Hiervoor zijn combinaties van technieken nodig zoals oxidatie, coagulatie, filtratie en adsorptie. Gezien het hoge verwijderingsrendement van filtratietechnieken is het interessant om te bekijken hoe deze technieken kunnen worden ingepast op de huidige rwzi’s.

Bovenstaande thema’s zullen worden opgepakt in verschillende projecten in het programma vanaf 2019. Deze projecten zijn weergegeven in bijlage 1. In 2020 zal er weer een nieuwe inventarisatie vanuit de kennisbehoefte van de waterschappen plaatsvinden om de thema’s te herijken.

Aanpak

De projecten die vallen onder de verschillende thema’s worden uitgewerkt in projectplannen. Bij deze uitwerking zijn doorgaans de procestechnologen van de rwzi’s bij de waterschappen betrokken. Hiermee is de link tussen praktijk en onderzoek geborgd. In de projectplannen zal onderscheid worden gemaakt tussen de haalbaarheidsfase en de vervolgfases. De indienende partijen (waterschappen vaak ondersteund door marktpartijen, drinkwaterbedrijven en kennisinstituten) dienen door middel van een haalbaarheidsstudie aan te tonen dat de

te testen technologie meerwaarde oplevert ten opzichte van huidige bewezen vergaande zuiveringstechnieken PACAS, ozonisatie met zandfilter en Granulair Actief Kool filtratie, die als referentie worden aangehouden. De beoordeling of dit daadwerkelijk het geval is, vindt plaats op basis van tevoren transparante en duidelijk geformuleerde criteria op het gebied van CO₂-footprint, kosten en verwijderingsrendement van microverontreinigingen (zie tabel 1). Daarnaast moet worden aangetoond dat de techniek kan worden ingepast in de Nederlandse zuiveringspraktijk, een verlaging van 50% van de ecotoxiciteit van rwzi-effluent bewerkstelligt en in 2025 een TRL kan behalen groter of gelijk dan 7.

Voor een aantal projecten geldt, dat er al door leveranciers al dan niet in samenwerking met waterschappen verkenningen, labanalyses en/of kleine pilots zijn uitgevoerd. Voor deze projecten geldt dat er geen volledige haalbaarheidsstudie vereist is, maar dat er wel onderbouwd wordt dat er aan de criteria wordt voldaan.

De projecten worden ingedeeld in de volgende categorieën, waarvoor verschillende maximale bijdragen gelden vanuit het Rijk:

- Verkenning/haalbaarheidsstudie: € 25.000 - € 50.000;
- Verkenning/haalbaarheidsstudie inclusief labstudie: max € 75.000;
- Eenvoudige pilot (testen één techniek/technologie): max € 250.000;
- Complexe pilot, waaronder de waterfabrieken (testen meerdere technieken/technologieën): max € 300.000.

De maximale bedragen gelden voor het gehele project, dus inclusief de fase haalbaarheidsstudie. Projecten worden gefinancierd door bedrijfsleven, waterschappen en STOWA.

TABEL 1 Kwantitatieve criteria Innovatieprogramma Microverontreinigingen uit rwzi-afvalwater

	Eenheid	PACAS	Ozon+zandfilter	GAK
CO ₂ footprint	g CO ₂ /m ³ ⁽¹⁾	116	119	325
Kosten	€/m ³ ⁽¹⁾	0,05	0,17	0,26
Verwijderingsrendement gidsstoffen Min I&W	% ⁽²⁾	70-75%	80-85%	80-85%

⁽¹⁾ Per m³ behandeld rioolwater

⁽²⁾ Verwijderingsrendement voor minimaal 7 van de 11 gidsstoffen benzotriazool, clarithromycine, carbamazepine, diclofenac, metropolol, hydrochloorthiazide, mengsel van 4- en 5-methylbenzotriazool, propranolol, sotalol, sulfamethoxazol, trimethoprim 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.

ORGANISATIE

De projectplannen worden begin 2019 gedetailleerd en concreet opgezet en leveren eind 2019 tastbare tussenproducten op (haalbaarheidsstudies en onderbouwing dat voldaan wordt aan de voorafgestelde criteria). Begin 2020 worden projectplannen verder uitgewerkt voor de vervolgfases op basis van de verkregen inzichten in de haalbaarheidsfase en feedback vanuit de beoordeling.

Bij de uitvoering van de projecten worden adviesbureaus en andere kennispartners betrokken om de huidige kennis zo goed mogelijk te bundelen en toe te passen in de praktijk. Voor diverse projecten zijn al consortia met adviesbureaus, kennisinstituten en drinkwaterbedrijven geformeerd.

KENNISDELING

Kennisdeling is in dit programma essentieel. Met name tijdige kennisdeling, zodat waterschappers tijdig een strategie ten aanzien van verwijdering van microverontreinigingen kunnen opstellen en aanpassen op basis van de laatste resultaten. Dit laatste ‘wringt’ soms met voorlopige en niet voor publicatie geschikte resultaten, waardoor resultaten soms pas jaren na het onderzoek beschikbaar komen. Om dit soepel te laten verlopen zal STOWA een netwerkorganisatie oprichten ([figuur 2](#)). In dit netwerk zal, naast openbare kennisdeling, in besloten bijeenkomsten en in vertrouwen informatie en kennis worden gedeeld. Kennis en ervaring vanuit dit programma en de resultaten die voortkomen uit het bedrijven van full scale installaties, die onder de bijdrageregeling

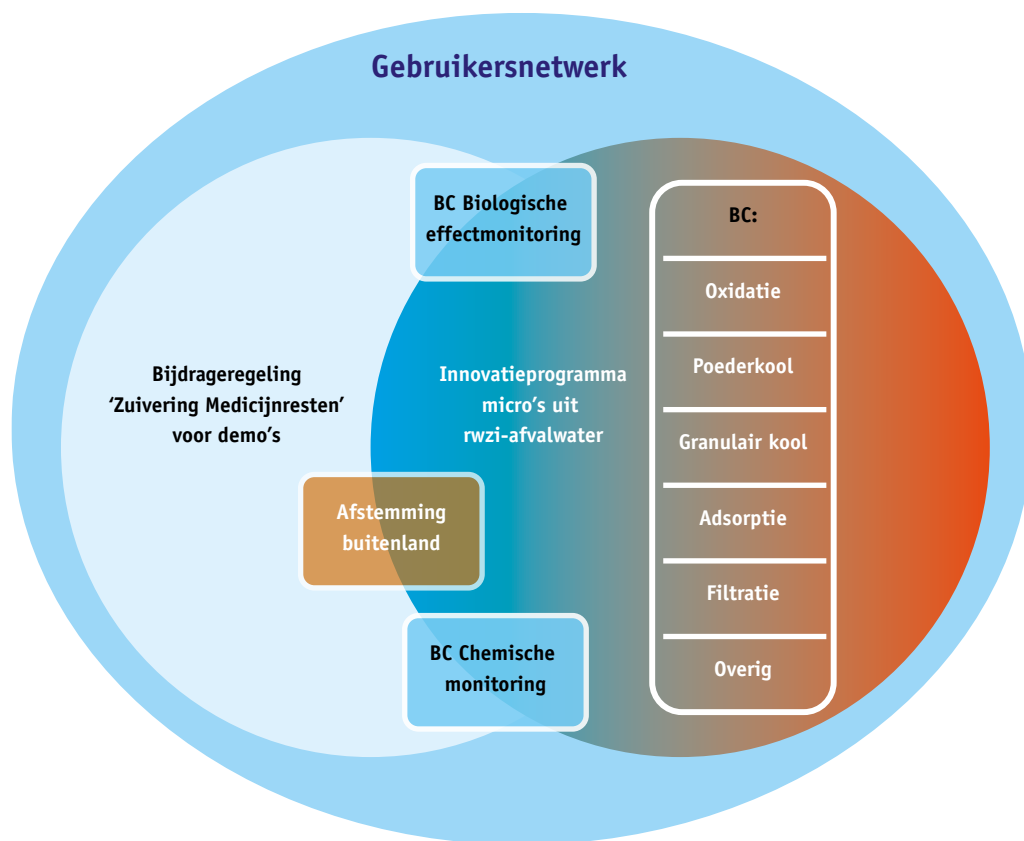
‘Zuivering medicijnresten’ voor de demo’s vallen, worden in dit netwerk gecombineerd.

Ook de voortgang van de ontwikkeling van een robuuste bemonsterings- en analysemethodemethode voor het bepalen van het zuiveringsrendement op basis van de gidsstoffen en de ontwikkeling van een effectgerichte beoordeling van het rwzi-effluent aan de hand van bioassays wordt via de desbetreffende BC’s in dit netwerk gedeeld.

Een ander aandachtspunt binnen dit programma is het delen van kennis en afstemmen van resultaten en ervaringen met het ons omringende buitenland. Per project zal hier expliciet aandacht voor zijn door in de haalbaarheidsfasen resultaten vanuit het buitenland mee te nemen en daarna, indien besloten wordt tot een vervolg, in de pilotfasen resultaten af te stemmen. Deze afstemming zal bevorderd en vergemakkelijkt worden door contacten te leggen met de diverse ‘Kompetenz’-centra in Duitsland en Zwitserland en onze waterpartners in België, Verenigd Koninkrijk en Frankrijk.

Voor de organisatie wordt verwezen naar [figuur 3](#).

FIGUUR 2 Gebruikersnetwerk kennisdeling met gebruikers actief in het Innovatieprogramma microverontreinigingen uit rwzi-afvalwater, Bijdrageregeling 'Zuivering Medicijnresten' voor demo's, BC chemische monitoring, BC biologische effectmonitoring en afstemming met het buitenland



TOELICHTING FIGUUR 3

Begeleidingscommissies thema's

Per thema wordt een begeleidingscommissie (BC) ingesteld, met deelname van waterschappen, drinkwaterbedrijven en het bedrijfsleven, om zo te zorgen voor goede aansluiting bij de praktijk. In deze BC's worden de resultaten besproken. De BC is verantwoordelijk voor een degelijk eind product per fase. De BC geeft een advies voor een *go* of *no go* voor een vervolgfase aan de begeleidingscommissie van dit innovatieprogramma.

BegeleidingsCommissie Innovatieprogramma

Deze commissie bestaat uit vertegenwoordigers vanuit waterschappen en het Rijk en ziet toe op de algehele kwaliteitsborging van het innovatieprogramma. *Go/ no go* momenten worden aan deze commissie ter besluit voorgelegd. Deze commissie adviseert aan de stuurgroep voor besteding van gelden vanuit het innovatieprogramma.

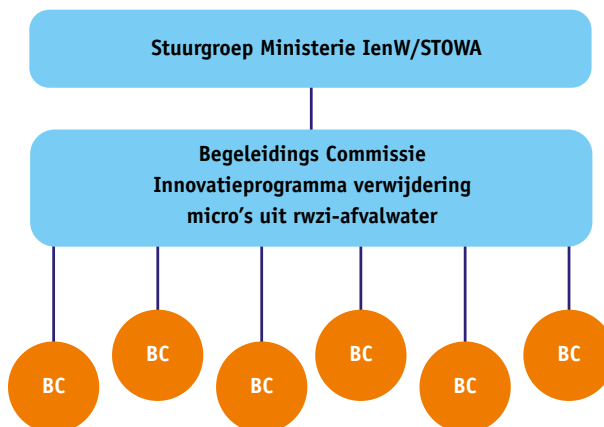
Stuurgroep

Het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat en STOWA bespreken in deze stuurgroep de resultaten, voortgang en besteding van gelden van het innovatieprogramma.

STOWA stuurt hiervoor jaarlijks ter informatie de voortgang en bevindingen van het afgelopen jaar en de projectplannen voor het komende jaar.

STOWA neemt het programmasecretariaat op zich en organiseert de kennisdeling tussen projecten en met de buitenwereld. STOWA stelt bovendien haar vergadercentrum beschikbaar voor alle projecten.

FIGUUR 3 Organisatiestructuur



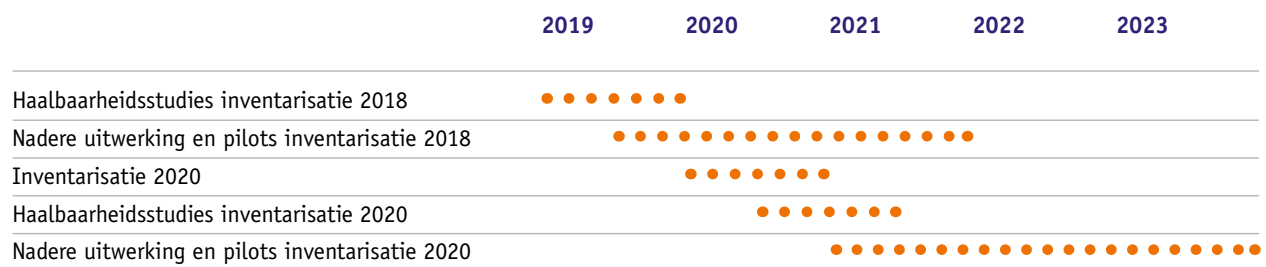
PLANNING

Het eindresultaat van dit programma wordt opgeleverd in 2023.

Zoals aangegeven in *hoofdstuk 3* heeft er, in navolging van de verkenning van veelbelovende technieken voor verwij-

dering van microverontreinigingen uit rwzi-afvalwater, een inventarisatie plaatsgevonden onder waterschappen in 2018 waarop het huidige programma is ingericht. In 2020 zal een tweede inventarisatie plaatsvinden. De planning van het programma is weergegeven in [figuur 4](#).

FIGUUR 4 *Planning*





BIJLAGE 1: PROJECTOVERZICHT 2019

THEMA OXIDATIEVE TECHNIEKEN

- Usoniq: optimalisatie van energieverbruik en kosten van ozonisatie van rwzi-effluent
- PAC4TOC: Verlaging gehalte organisch gebonden koolstof, waardoor nageschakelde technieken in kosten en energieverbruik geoptimaliseerd kunnen worden
- Vergelijking behandeling oxidatieve technieken rwzi-effluent: UV/H₂O₂ in vergelijking met ozon
- Afbraakproducten oxidatieve technieken waaronder ozonisatie in relatie tot procesinstellingen en toxiciteit

THEMA ADSORPTIE AAN POEDERKOOL

- PACAS Nereda: toepassing PACAS proces in Nereda-zuiveringen
- PACAS + Fe-dosering: optimalisatie PACAS-proces op het gebied van CO₂-footprint en kosten door toevoeging van ijzer
- Verwijdering van microverontreinigingen, zwevende stof en fosfaat door een doekenfilter met poedervormig actief kool
- Invloed inzet poedervormig actief kool op processen slibgisting, -ontwatering en -eindverwerking

THEMA ADSORPTIE AAN GRANULAIR KOOL

- ARVIA: optimalisatie kosten en CO₂-footprint granulair actiefkoolfiltratie door combinatie van adsorptie met elektrochemische en biologische verwijdering
- BAKF: optimalisatie granulair actief koolfiltratie door verhoging biologische verwijdering en/of voorbehandeling met membranen
- O3-STEP: optimalisatie kosten en CO₂-footprint granulair actief koolfiltratie door voor-geschakelde ozonisatie in combinatie met nutriëntenverwijdering

THEMA OVERIGE ADSORPTIEMIDDELEN

- Bio-kolen en Cellu2Carbon: verlagen CO₂-footprint poederkool en granulair actief kool door inzet van niet fossiele bronnen en fijnzeefgoed voor productie actief kool
- Optimalisatie kosten en CO₂-footprint voor verwijdering van microverontreinigingen door inzet van cyclodextrine polymeren
- Optimalisatie kosten en CO₂-footprint voor verwijdering van microverontreinigingen door inzet van zeolieten in wasmiddelen
- Optimalisatie verwijdering microverontreinigingen in zandfilters door ander dragermateriaal

THEMA FILTRATIE

- Vergaande verwijdering microverontreinigingen door ozonisatie rwzi-effluent icm keramische microfiltratie
- Vergaande verwijdering microverontreinigingen door nanofiltratie rwzi-effluent en behandeling van de brijn met PAK of ozon
- Vergaande verwijdering van microverontreinigingen door fysisch-chemische behandeling en nanofiltratie icm terugwinning grondstoffen
- Pharem: filtratie rwzi-effluent icm enzymatische en biologische verwijdering

COLOFON

Amersfoort, oktober 2019

Uitgave

Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer

Postbus 2180

3800 CD Amersfoort

Auteurs

Mirabella Mulder | Mirabella Mulder Waste Water Management

Gerard Rijs | Rijkswaterstaat-WVL

Cora Uijterlinde | STOWA

Vormgeving Vormgeving Studio B | Nieuwkoop

Fotografie iStock, Hollandse Hoogte

Druk DPP | Houten

STOWA 2019-12

ISBN 978.90.5773.841.8

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 tijd 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

