



Proefopstelling: het helofytenfilter, met daarnaast het tuinhuisje met de nageschakelde technieken

AUTEURS



Arnoud de Wilt
(Royal HaskoningDHV)



Els Schuman
(LeAF)



Tiemen Nanninga
(LeAF)



Bernadette Lohmann
(Waterschap
Zuiderzeeland)



Rien de Ridder
(Waterschap
Zuiderzeeland)

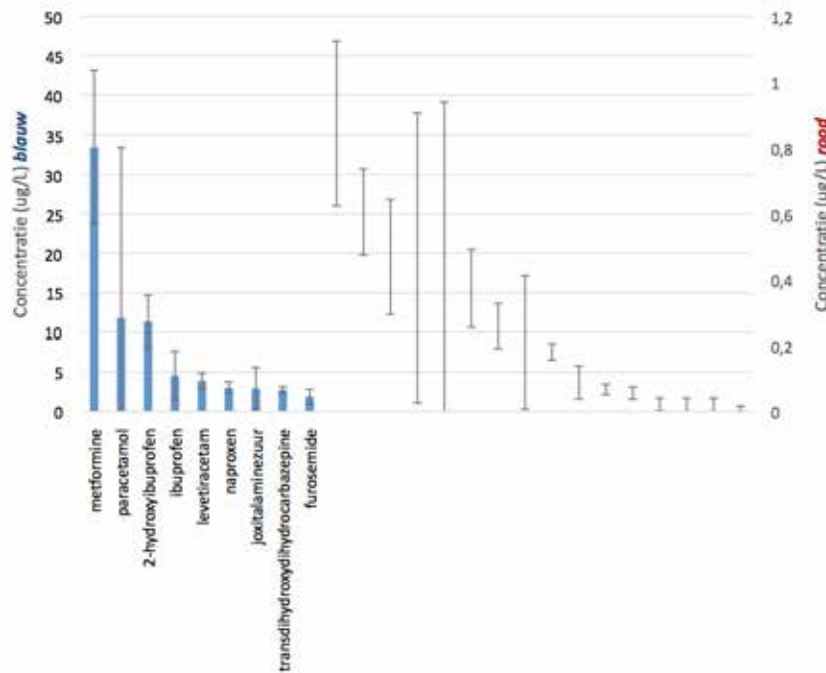
PRAKTIJKPROEF VERWIJDERING MICROVERONTREINIGINGEN UIT IBA-EFFLUENT

In het buitengebied worden systemen voor individuele behandeling van afvalwater (IBA-systemen) gebruikt voor de behandeling van huishoudelijk afvalwater. De effluënten worden veelal geloosd op kleine sloten en wettingen, de haarvaten van het watersysteem. IBA-systemen, waaronder helofytenfilters, zijn niet ontworpen op de verwijdering van microverontreinigingen zoals medicijnresten. De geloosde microverontreinigingen kunnen lokaal een negatieve impact hebben op de waterkwaliteit van deze kleine watersystemen. Extra behandelingstechnieken kunnen emissies van microverontreinigingen verminderen.

Huidige lozingen

In 2016 heeft waterschap Zuiderzeeland onderzoek gedaan naar de lozing van microverontreinigingen vanuit IBA-systemen. Het merendeel van de onderzochte microverontreinigingen werd in het IBA-effluent aangetroffen, en in hogere concentraties dan in rwzi-effluënten. In het beheergebied van waterschap Zuiderzeeland lozen IBA-systemen op wateren gelegen in kwetsbare gebieden met bijzondere ecologische potenties. Voor enkele microverontreinigingen vallen ecotoxicologische effecten bij de gemeten concentraties in de IBA-effluënten niet uit te sluiten. Het daadwerkelijk optreden van effecten hangt sterk af van lokale omstandigheden en seizoensvariaties, zoals doorstroming en droogte. Verder weg van de lozingspunten nemen de potentiële risico's sterk af door verdunning in het watersysteem. Diffuus verspreide IBA-lozingen hebben nauwelijks effect op de waterkwaliteit van het totale watersysteem, maar lokaal kan dit dus anders zijn.

Afbeelding 1: Concentraties van microverontreinigingen in het effluent van het helofytenfilter (n=11)



Verwijdering microverontreiniging uit IBA-effluent

12

Selectie technologieën

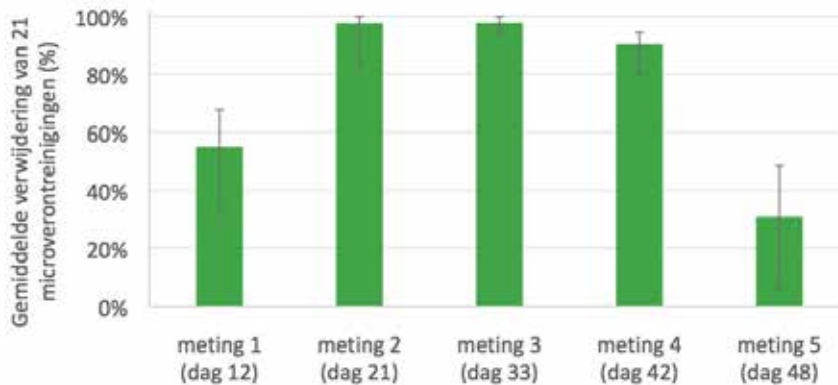
Er zijn nog geen commercieel verkrijgbare technologieën specifiek voor de verwijdering van microverontreinigingen in IBA-systemen. In andere branches zijn ze wel te vinden. Voor dit onderzoek hebben we er drie geselecteerd: actiefkoolfiltratie, ozonisatie en adsorptie met elektrochemische oxidatie. De aquarium- en vijverbranche gebruikt verschillende technologieën voor het verwijderen van toxische stoffen uit water op met IBA's vergelijkbare schaalgrootte. Van deze kleinschalige systemen zijn actiefkoolfiltratie en ozonisatie (behandeling met ozon) geselecteerd omdat deze op rwzi's reeds bewezen hebben effectief microverontreinigingen te verwijderen. De derde technologie, adsorptie met elektrochemische oxidatie (Ad-EChOx), wordt in de industriële afvalwaterzuivering ingezet voor verwijdering van rest-CZV (chemisch zuurstofverbruik, een gangbare maat voor de hoeveelheid organisch materiaal in het water) en kleur en kan ook microverontreinigingen verwijderen. Alle drie de technologieën zijn als nageschakelde zuiveringstrap op IBA-effluent onderzocht.

Praktijkproef

De praktijkproeven vonden plaats tussen november 2018 en februari 2019, bij een helofytenfilter (een rietveld met lagen zand en grint waarin via biologische en fysische processen het water gezuiverd wordt) op de onderzoeksfaciliteit van de vakgroep Milieutechnologie van Wageningen Universiteit. Dit helofytenfilter (12 m²) is al meerdere jaren in gebruik en wordt ge-

voed met ruw influent van rwzi Bennekom, voornamelijk van huishoudelijke origine. Dagelijks pompten we 360 liter influent, verdeeld over 4 charges, naar het helofytenfilter. Hierdoor zijn de CZV (chemisch zuurstofverbruik, een gangbare maat voor de hoeveelheid organisch materiaal in het water)- en de hydraulische belastingen vergelijkbaar met de IBA-systemen in de praktijk (circa 20 mg CZV/m²/d en circa 30 l/m²/d). Het influent en effluent van het helofytenfilter zijn bemonsterd voor analyse van microverontreinigingen. Het effluent is opgevangen in een buffertank van waaruit de naast elkaar opgestelde nageschakelde technologieën (in het tuinhuisje, zie foto) gevoed zijn.

Voor de actiefkoolfiltratie is een 7 liter Aquaforest AF150 filtratiereactor gebruikt, gevuld met Norit ROW 0.8 SUPRA actiefkool (Cabot Norit Activated Carbon) en bedreven bij een hydraulische contacttijd van 70 minuten. Het actiefkoolfilter is gedurende 48 dagen (1.000 bedvolumes) bedreven in continu-modus zonder terugspoeling. Ozonisatie is uitgevoerd met een UV-ozon-reactor (type Redox UVC low-pressure, AquaForte). Deze reactor produceert ozon middels UV-straling; er vindt dus gelijktijdige ozonisatie en UV-behandeling plaats. De ozonisatietesten zijn in batch-modus uitgevoerd. Per batch is 500 liter IBA-effluent gerecirculeerd over de UV-ozon-reactor voor een periode van 5 6 uur. De reactor produceert volgens de specificaties 0,6 g O₃/uur, dit is niet gecontroleerd. De concentratie opgelost organische koolstof (dissolved organic carbon,



Afbeelding 2: Gemiddelde verwijdering van 21 gemeten microverontreinigingen over actiefkoolfiltratie, foutbalken geven de spreiding aan

DOC) in het IBA-effluent lag tussen de 9 en 13 mg/L. De berekende ozondosering is daarmee 0,45-0,75 mg O_3 /mg DOC.

Voor de Ad-EchOx testen is een Nyex™ demo-unit (Arvia) gebruikt, gevuld met een granulair adsorbens waar een elektrische spanning op gezet wordt. Met deze unit zijn korte Ad-EChOx continuproeven van 3-4 uur in het lab gedaan vanuit een buffervat met IBA-effluent, met stroomsterktes van 1,5 tot 2,5 mA/cm² en debieten van 8 en 12 L/uur.

Monsters van voor en na behandeling met de drie technologieën zijn geanalyseerd op 37 microverontreinigingen (geneesmiddelen). Van deze 37 stoffen zijn er 18-21 in de verschillende monsters aangetroffen; voor de aangetroffen stoffen zijn de verwijderingsrendementen van de technieken berekend.

Resultaten - Helofytenfilter

Het influent van het helofytenfilter is tweemaal bemonsterd voor de analyse van microverontreinigingen. Het effluent is in de proefperiode 11 maal bemonsterd, waarbij 25 van de 37 geanalyseerde microverontreinigingen zijn aangetroffen (afbeelding 1). Voor 20 microverontreinigingen kon een verwijderingsrendement van het helofytenfilter worden berekend. Het gemiddelde verwijderingsrendement was 47%. Dit komt overeen met verwijderingsrendementen in een rwzi.

Resultaten - Actiefkoolfiltratie

De beste verwijdering van microverontreinigingen is in het actiefkoolfilter waargenomen. Op meetdagen 21, 33 en 42 is het gemiddelde verwijderingsrendement meer dan 90% (zie afbeelding 2). Op deze meetdagen zijn alle individuele microverontreinigingen goed verwijderd, zelfs voor de slechtst verwij-

derde microverontreinigingen lag het rendement boven de 80%. Tussen meetdagen 42 en 48 nam het verwijderingsrendement af. Ditzelfde is ook waargenomen voor de DOC-verwijdering. Mogelijk is verzadiging van het filterbed hier de oorzaak van, al is dit sneller (al na na 1.000 bedvolumes) dan theoretisch te verwachten is. Mogelijk waren er voorkeursstromen waardoor niet het volledige filterbed optimaal gebruikt werd. Gedurende de testperiode is het filter niet verstopt geraakt. Wel is een bruine afzetting aan de onderkant van het filter waargenomen. Eenzelfde bruine afzetting is ook waargenomen in het buffervat waarin het helofytenfiltereffluent werd opgevangen. Vermoedelijk zijn dit uitgespoelde onopgeloste bestanddelen vanuit het helofytenfilter. In tegenstelling tot actiefkoolfilters die op grotere schaal toegepast worden, heeft het geteste actiefkoolfilter geen terugspoelfunctie. De hypothese is dat de standtijd van het actiefkoolfilter aanzienlijk toeneemt met een terugspoelfunctie.

Resultaten - UV-Ozon

Met de UV-ozon-technologie is van de microverontreinigingen gemiddeld 33-44% verwijderd. Zoals verwacht nam de gemiddelde verwijdering toe bij een hogere UV-ozon-dosering. Verwijderingsrendementen verschilden sterk voor de individuele microverontreinigingen. Diclofenac werd voor meer dan 95% verwijderd, metformine tot maximaal 14%. Deze verschillen zijn direct te koppelen aan de ozon-reactiesnelheidsconstante, die hoog is voor diclofenac ($10^6 \text{ M}^{-1} \text{ s}^{-1}$) en laag voor metformine ($10 \text{ M}^{-1} \text{ s}^{-1}$). Een beter verwijderingsrendement is mogelijk door de reactietijd te verlengen naar meer dan 6 uur, waardoor de ozondosering toeneemt. De ervaring met ozontechnologie op rwzi's leert dat het verwijderingsrendement aanzienlijk toeneemt bij een hogere ozondosering

(STOWA 2018-46). Een hogere ozondosering vraagt echter een nagenoeg evenredig hoger energieverbruik. Het totale energieverbruik voor de 6-uurs UV-ozontesten was 1,3 kWh/m³. In de luchtvoer van de UV-ozon-installatie zijn tijdens de testen ozonconcentraties boven de maximaal aanvaarde concentratie (MAC-waarde) voor 8 uren-blootstelling gemeten. Vanuit veiligheidsoverwegingen is het de vraag of dit wenselijk is. Technisch kan restozon afgevangen worden en/of een robuustere installatie neergezet worden. Dit brengt echter meerkosten met zich mee en vraagt extra ruimte, en neemt risico's door foutieve aansluitingen of slecht onderhoud niet weg.

Resultaten - Ad-EChOx

Het gemiddelde verwijderingsrendement voor microverontreinigingen met de Ad-EChOx was het laagst (7%) bij de kortste verblijftijd en laagste stroomsterkte. Bij verlenging van de verblijftijd en verhoging van de stroomsterkte nam het toe tot 43%. Verwijderingsrendementen verschilden sterk voor de individuele microverontreinigingen; furosemide werd voor meer dan 95% verwijderd, jopromide helemaal niet. Het energieverbruik van de Nyex™ demo-unit lag (oplopend bij hogere stroomsterkte en langere verblijftijd) tussen de 0,2 en 0,8 kWh/m³. Doordat de proef bestond uit kortdurende batchtesten kunnen geen conclusies over robuustheid getrokken worden. Net als bij actiefkoolfiltratie kan ook hier het filterbed verstopt raken en is mogelijk periodieke terugspoeling nodig voor langdurig gebruik. Er lijkt veel ruimte voor optimalisatie (verblijftijd en stroomsterkte) van de Ad-EChOx techniek. Op basis van resultaten uit pilottesten met rwzi-effluent is bij een energieverbruik van 1,3 kWh/m³ een hoger verwijderingsrendement voor microverontreinigingen te verwachten.

Synthese

De resultaten van de praktijkproeven laten zien dat met alle drie de geteste technieken microverontreinigingen uit het effluent van het helofytenfilter kunnen worden verwijderd. De mate van verwijdering per techniek is afhankelijk van de ingestelde procesomstandigheden. Met actiefkoolfiltratie is het gemiddelde verwijderingsrendement het hoogst. Daarbij

een eerste globale kostenanalyse meenemend, is dit de meest kosteneffectieve en robuuste techniek. Verder is de CO₂-voetafdruk van actiefkoolfiltratie met 0,26 kg CO₂/m³ het laagst, die van UV-ozon en Ad-EChOx zijn met respectievelijk 0,69 en 0,70 kg CO₂/m³ nagenoeg gelijk. Door de relatieve eenvoud van de techniek kan actiefkoolfiltratie op korte termijn geïmplementeerd worden. Voor het exact bepalen van de kosteneffectiviteit en robuustheid dient de standtijd van het actiefkoolfilter in de praktijk bepaald te worden. Mogelijk kan deze verlengd worden door toepassing van een terugspoelfunctie.

Voor alle drie de technieken geldt dat de kosteneffectiviteit wordt beïnvloed door de concentratie DOC en onopgeloste bestanddelen in het helofytenfilter-effluent, en de debietfluctuatie van het effluent. Verdere ontwikkeling van IBA-systemen voor hogere verwijdering van DOC en onopgeloste stoffen helpt bij een effectievere verwijdering van microverontreiniging. Er kan nagedacht worden over een nieuwe IBA-klasse 4 met gedefinieerde prestatie-eisen voor de verwijdering van microverontreinigingen.

Arnoud de Wilt (*Royal HaskoningDHV*), Els Schuman en Tiemen Nanninga (*LeAF*), Bernadette Lohmann en Rien de Ridder (*Waterschap Zuiderzeeland*)

Verwijdering microverontreiniging uit IBA-effluent

SAMENVATTING

Op het totaal aan emissies van microverontreinigingen naar het aquatisch milieu dragen lozingen vanuit IBA-systemen slechts gering bij. Lokaal kunnen deze emissies echter een grote impact hebben op het watersysteem. De beschreven praktijkproeven tonen aan dat er technieken voorhanden en bijna marktrijp zijn (actiefkoolfiltratie, ozonisatie en adsorptie met elektrochemische oxidatie) die deze emissies sterk kunnen verminderen en zo de kwaliteit van het lokale watersysteem verbeteren. Dit sluit aan bij het doel van de landelijke 'Ketenaanpak Medicijnresten uit Water' om de hoeveelheid medicijnresten in het water te verminderen.