



Is geavanceerde oxidatie een duurzaam wapen tegen organische microverontreinigingen?

Organische microverontreinigingen (omv's) in rioolwater bedreigen onze natuur en volksgezondheid. Is geavanceerde oxidatie een effectieve en duurzame techniek voor de bestrijding van omv's? Witteveen+Bos en Van Remmen UV Technology onderzochten het met een milieu-impactanalyse.

door Jaïr Dan, Stef Koomen, Arjen van Nieuwenhuijzen (Witteveen+Bos), Kaspar Groot Kormelinck en Ton van Remmen (Van Remmen UV Technology)

De verwijdering van organische microverontreinigingen uit onze (riool)waterstromen is een urgente uitdaging van de watersector in Nederland. De omv's hebben namelijk toxicologische effecten op het ecosysteem en kunnen impact hebben op het gedrag en voortplanting van aquatische organismen. Via de waterketen kunnen omv's zelfs impact hebben op de volksgezondheid.

De verwijdering van omv in de communale (riool)waterzuiveringssector focust op een pakket van 11 gidsstoffen^[1] en 8 kandidaat-gidsstoffen. De gidsstoffen zijn geselecteerd op relevantie (gebruik en impact), toxicologische aspecten en maatschappelijke focus. Het idee hierbij is dat wanneer deze gidsstoffen tot een vastgesteld niveau worden verwijderd, ook andere organische microverontreinigingen (waaronder antibiotica, pesticiden, industriële reststoffen en hormoon- en medicijn-resten) verregaand zijn verwijderd.

Voor de verwijdering van omv's uit rioolwater(effluent) zijn meerdere waterbehandelingstechnologieën beschikbaar. Tot op heden zetten waterschappen veelal in op technologieën die gebruik maken van adsorptie met actief kool (zoals PACAS en GAK) of oxidatie met ozon. Verschillende alternatieve technologieën en concepten worden of zijn getest door STOWA en het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat in het Innovatieprogramma Microverontreinigingen (IPMV^[2]).

Effectiviteit van zuiveringstechnologieën

De effectiviteit van deze zuiveringstechnologieën worden getoetst aan een

gemiddeld verwijderingsrendement van 70%^[3] van een selectie van 7 gidsstoffen van de 11/19 gidsstoffen. Naast het verwijderingsrendement is de CO₂-voetafdruk van de techniek ook een belangrijke selectie- en beslis criterium voor waterschappen.

Waterschappen willen in 2035 namelijk klimaatneutraal zijn. De revisie van de EU-richtlijn Stedelijk Afvalwater stelt ook al eisen aan de verwijdering van omv's: elke rwzi groter dan 100.000 i.e. moet worden voorzien van een aanvullende zuivering voor omv's met een overall rwzi-rendement van 80% voor een groep gidsstoffen per 31 december 2035.

Een van de onderzochte technieken in het IPMV-onderzoeksprogramma van STOWA naar omv-verwijderingstechnieken is de UV-peroxide oxidatietechnologie Advanox van Van Remmen UV Technology (getest op rwzi Aarle-Rixtel van Waterschap Aa en Maas)^[1].

Advanox haalde tijdens de vergelijkende test op rwzi Aarle-Rixtel het doel voor 70% verwijdering van gidsstoffen. De UV-transmissie van het effluent de rwzi was daar relatief laag, waardoor veel UV-lampen nodig waren om een voldoende rendement te halen. Dit resulteerde in een relatief hoog energieverbruik in vergelijking met conventionele technieken zoals GAC of ozonatie.

ADVANOX TECHNOLOGIE

Een bekende oxidatietechnologie in de watersector is het UV/H₂O₂-proces waarbij met UV-C licht oxiderende radicalen gevormd worden uit waterstofperoxide. De radicalen breken de organische microverontreinigingen (omv's) af tot onschadelijke verbindingen in het milieu. Van Remmen UV Technology heeft deze technologie doorontwikkeld en het reactorontwerp gepatenteerd onder de merknaam Advanox.

De efficiëntie van Advanox is sterk afhankelijk van de transmissie van het rwzi-effluent. Transmissie is een maat voor hoe diep UV-C licht in het water doordringt. Transmissie heeft een sterke correlatie met opgeloste organische belasting in het water. In het geval van UV/H₂O₂ heeft het UV-C licht twee doelen: enerzijds breekt het stoffen door directe fotolyse af, anderzijds is het UV-licht een activator die uit de toegevoegde waterstofperoxide -hydroxyl-radicalen vormt. Een lage transmissie betekent een lage radicaalproductie, een lage omzetting door fotolyse en daar bovenop een lage volumetrische efficiëntie van het systeem. Transmissie is hiermee een belangrijke factor voor de efficiëntie van de technologie.

De afgelopen jaren heeft de Advanox technologie zich ontwikkeld als een effectieve omv-verwijderingstechniek op rwzi-effluent, en andere waterstromen zoals proces- en drinkwater, met een lage organische stofbelasting. Indien nodig, kunnen

nabehandelingstechnieken als zandfiltratie met flocculatie of directe nanofiltratie de transmissie van effluent verhogen. Advanox behaalt een hogere omv- gidsstoffenverwijdering dan PACAS op rwzi-effluent met een hoge transmissie (>65%), tegen kosten vergelijkbaar met die van ozonisatie. Op het gebied van duurzaamheid was de techniek echter nog niet vergeleken met andere omv verwijderingstechnieken.

Verwijderingsrendement en energieverbruik

In het vervolgonderzoek is gebleken dat het verwijderingsrendement en energieverbruik van Advanox verlaagd kan worden met een voorbehandeling van het effluent met een zandfilter + coagulatie. Dat verhoogt de UV-transmissie van het effluent zodanig, dat met een lagere energiedosis eenzelfde verwijderingsrendement van omv's kan worden bereikt.

Uit analyses en vergelijkingen blijkt dat dit Advanox competitief maakt met andere omv-verwijderingstechnieken. Ook biedt de synergie met zandfiltratie mogelijkheden voor extra verwijdering, zoals fosfaat en nitraat met gerichte flocculatie, in een proces dat robuuster is met een hogere eindkwaliteit en helderheid van het behandelde water.

Een bijkomend voordeel van Advanox is dat geen risico bestaat op bromaatvorming; bij ozonisatie bestaat dit risico wel. De concentraties bromaat na ozonatie in Aarle-Rixtel waren hoger dan de huidige lozingsgrens.

De CO₂-voetafdruk van Advanox was nog niet vergeleken met andere omv-verwijderingstechnieken. In dat kader hebben Van Remmen UV Technology en Witteveen+Bos recentelijk de milieu-impact van Advanced Oxidation met Advanox bepaald. Deze zijn vervolgens vergeleken met andere technologieën zoals PACAS, GAK en ozonisatie. In dit artikel worden hiervan de resultaten en implicaties uiteengezet.

Aanpak: Hoe bereken je duurzaamheid betrouwbaar?

Twee veelgebruikte indicatoren om lange termijn milieueffecten van technologieën betrouwbaar inzichtelijk te maken zijn:

- Global Warming Potential (GWP); uitgedrukt in kg CO₂-equivalenten. Hiermee wordt de impact van alle processen van een technologie op het broeikaseffect uitgedrukt.
- Environmental Cost Indicator (ECI): uitgedrukt in Milieukostenindicator (MKI) Euro's. Hiermee worden de totale kosten aan milieu-impact van een technologie of proces uitgedrukt. Naast CO₂-equivalenten worden hier ook andere aspecten meegewogen, zoals verzuring en eutrofiëring.

Beide indices nemen de hele keten mee in de beoordeling en beschrijven middels gestandaardiseerde databases (zoals de Nationale Milieudatabase en Ecolnvent) met getallen voor (constructie)materialen, energiebronnen en chemicaliën de totale impact van een technologie over de gehele levensduur. Berekeningen als deze gaan uit van de totale gebruiksperiode of levensduur van een installatie; productie van (bouw)materialen, bouw van de installatie, verbruik van energie en chemicaliën en vervangingen tijdens levensduur, en ten slotte de verwerking van materialen aan het einde van de levensduur van de installatie.

Milieu-impactberekening van omv-verwijdering op rwzi-effluent

Als uitgangspunt van de impactanalyse is een waterkwaliteit met hoge transmissie genomen. Hierbij is gekozen voor water met een transmissie van 70% T10, wat betekent dat minimaal 70% van UV C-licht overblijft nadat het zich door 10 mm water heeft verplaatst. Hoe hoger het percentage, hoe hoger de transmissie.

70% T10 is vergelijkbaar met die van een rwzi met een hoge natuurlijke transmissie of van een effluentstroom die is behandeld met zandfiltratie en coagulatie, beide varianten zijn weergegeven in Fig-1&2 als 'ZF + Advanox' en 'Advanox'. Verder is het ontwerpdebiet afgeleid van de STOWA-methodiek, namelijk 1.040 m³/uur, met een totale levensduur van de installatie van 15 jaar. Voor het ontwerp zijn we uitgegaan van een gemiddelde verwijdering over de Advanox van 70% van 8 van de 11 gidsstoffen.

Het energieverbruik van Advanox draagt veruit het meeste bij (~80%) aan de milieu-impact van deze technologie. Dit verbruik is het kleinst wanneer het water hoge transmissiewaarden heeft, dan werkt Advanox namelijk het meest efficiënt. De huidige studie toont aan dat voor effluent met een hogere transmissies van 70% T10, de milieu-impact lager uit kan komen dan de milieu-impact van GAC, PACAS en ozonisatie voor een transmissie van 45% T10. Dit is weergegeven in figuur 1, waar de GPW (links) en ECI (rechts) is uitgedrukt voor vier technieken op water met een transmissie van 45% T10, en voor Advanox op 70% T10.

Om bij effluent van lagere kwaliteit de transmissie te verhogen kan, zoals eerder aangegeven, het effluent voorbehandeld worden met een zandfilter en flocculatie. Hierom is ook een variant berekend waarbij het effluent wordt voorbehandeld met zandfiltratie (ZF) en vervolgens wordt behandeld met Advanox. Dit is weergegeven als ZF + Advanox in Figuur 1. De milieu-impact van deze combinatie ligt iets hoger dan de impact van ozonisatie, echter

zonder bromaatvorming en een desinfecterend effect van het UVC licht dat aantoonbaar hoger is dan die van ozonatie.

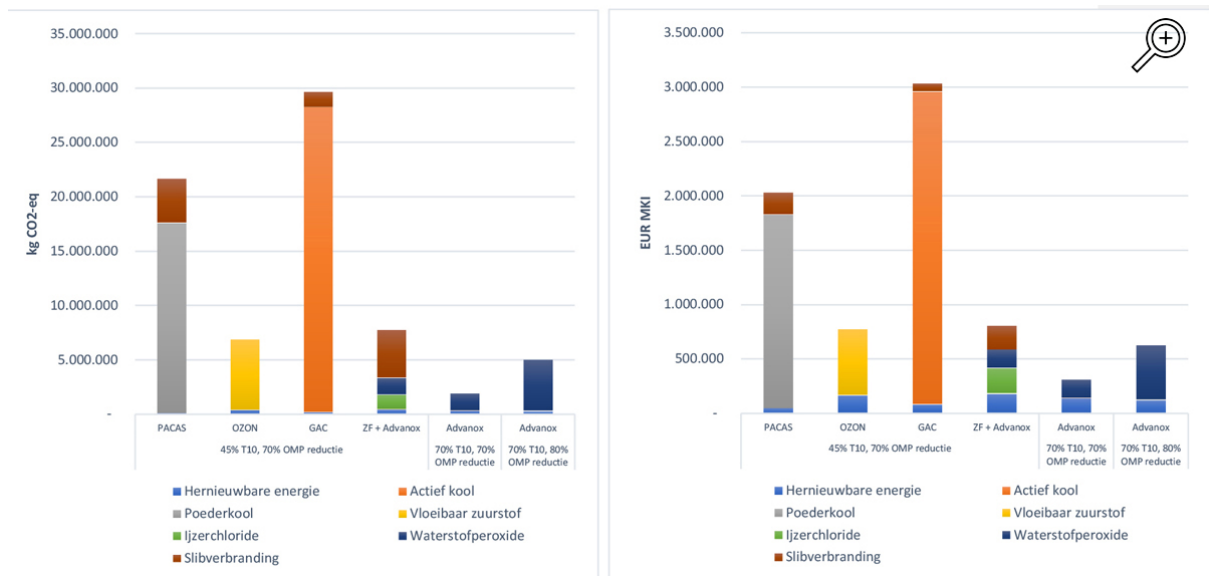


Figuur 1. Milieu-impact in kg CO₂-equivalent (links) en MKI (rechts) voor Advanox, GAC, Ozonatie en PACAS voor 70% omv reductie voor standaard STOWA toepassing voor een transmissie van 45% T10 en 70% T10 (alleen Advanox).

Omdat de impact van Advanox met name uit het energieverbruik komt, kan deze sterk verlaagd worden door gebruik te maken van groene energie. Dit geldt minder sterk voor de andere technologieën die ook andere bronnen van milieu-impact hebben naast energieverbruik, zoals bijvoorbeeld chemicaliënverbruik of het verbranden van het slib met medicijnresten.

Wanneer de milieu-impact van de technologieën berekend wordt met groene energiebronnen, wordt duidelijk dat met name de impact van ozonisatie en Advanox sterk daalt. Dit is terug te zien in figuur 2. Hier is zichtbaar dat bij hoge transmissies de impact van Advanox laag is, met name omdat hier geen voorbehandeling met zandfiltratie nodig is. Verder wordt duidelijk dat GAC en PACAS uitschieten in impact bij gebruik van duurzame energie ten opzichte van ozonisatie en Advanox.

Daarnaast is ook weergegeven wat de impact zou zijn als de omv-reductie verhoogd wordt van 70% naar 80%, waardoor de waterkwaliteit van het effluent verbeterd wordt en meer ruimte ontstaat voor hergebruikmogelijkheden. Ook bij een omv-reductie van 80% op een transmissie van 70% T10 is de impact van Advanox lager dan de andere technieken.



Figuur 2. Milieu-impact in kg CO₂-equivalent (links) en MKI (rechts) voor Advanox, GAC, Ozonatie en PACAS voor standaard STOWA toepassing met hernieuwbare energie. Additioneel de impact voor Advanox voor een omv-reductie van 70% en 80% bij een transmissie van 70% T10.

Duurzaam geproduceerde waterstofperoxide

De MirOx grade-peroxide die Nouryon ontwikkelde voor de Advanox-technologie biedt daarnaast extra duurzaamheidswinst, doordat de productie hiervan volledig door hydro-energie wordt opgewekt.

Deze duurzaamheidsanalyse is een belangrijke stap in de richting van een duurzamere waterbehandeling, met name met het oog op het verwijderen van medicijnresten. De resultaten kunnen geraadpleegd worden om voor nieuw te ontwerpen nabehandelingen de duurzaamste variant te kiezen.

Hiervoor blijkt ook de transmissie van het effluent een belangrijke parameter. Met het oog op de KRW-doelstellingen in 2027, is een hoge transmissie van effluent goed haalbaar. Advanox is dan een geschikte polishingtechniek voor de verwijdering van omv, tegen competitieve kosten en een lage duurzaamheid footprint.

CONCLUSIES

Advanox heeft een lagere, of vergelijkbare milieu-impact

De resultaten van de analyse zijn interessant voor toekomstbestendige behandeling van rioolwater. Uit het onderzoek blijkt dat Advanox een lagere, of vergelijkbare milieu-impact heeft dan andere technieken.

Extra behandeling

Daarnaast beschikt het over andere, unieke eigenschappen. De meest voor de hand liggende is dat de Advanox in deze toepassing minimaal 10 keer zoveel UV-C dosis afgeeft dan de norm is voor drinkwaterdesinfectie apparatuur

[NEN-EN 14897]. Dit betekent dat Advanox niet alleen omv verwijderd, maar ook de genetische resten en mogelijk resistente microbiologie die veroorzaakt kan worden door deze stoffen.

De in dit artikel gegeven waarden zijn berekend uit de gestandaardiseerde waarden van de gebruikte databases voor de impactberekening.

Robuust én meervoudig functioneel

Uit fig-1 blijkt dat Advanox met zandfiltratie als voorbehandeling een vergelijkbare impact heeft als ozonisatie. De combinatie met zandfiltratie geeft ook een robuuster proces en de mogelijkheid om met gerichte flocculatie andere doelparameters zoals fosfaat en nitraat verder te verlagen, terwijl transmissie en helderheid worden verhoogd.

REFERENTIES

[1] benzotriazool, carbamazepine, diclofenac, irbesartan, gabapentine, metropolol, hydrochloorthiazide, mengsel van 4- en 5-methylbenzotriazool, sotalol, trimethoprim en venlafaxine.

[2] <https://www.stowa.nl/onderwerpen/waterkwaliteit/nieuwe-stoffen/innovatieprogramma-microverontreinigingen-uit-rwzi>

[3] Doel is om over de gehele rwzi een verwijdering van 70-80% te garanderen. Deze percentages staan thans nog ter discussie

[4] <https://www.stowa.nl/publicaties/pilotonderzoek-vergelijking-oxidatieve-technieken-effluent-rwzi-aarle-rixtel-ipmv>