

# Combinatie chemische desinfectie en UV bestrijdt bacteriën en biofilm in recuperatiewater

In diverse industriële en niet-industriële processen wordt water gerecirculeerd. Koeltorens, beregeningsystemen, fontein en warmtewisselaars zijn hier maar enkele voorbeelden van. Het voortdurend hergebruik en de lange verblijftijd van water in gesloten circuits zorgt voor een continue daling van de waterkwaliteit. Dit kwaliteitsverlies wordt onder meer veroorzaakt door kalksteenvorming, corrosie en besmetting met micro-organismen. Overmatige algengroei kan bijvoorbeeld leiden tot verstopping van leidingen en pompen, of tot een drastische daling van de efficiëntie van warmtewisselaars. Bepaalde algensoorten, zoals blauwalgen of cyanobacteriën, produceren bovendien toxines die een gezondheidsrisico met zich mee kunnen brengen.

De aanwezigheid van bacteriën in water kan leiden tot de vorming van biofilms die tal van operationele problemen kunnen veroorzaken, zoals een gereduceerde efficiëntie van warmtewisselaars en biocorrosie. Daarnaast kan de vorming van biofilms ook een gezondheidsrisico inhouden doordat humane pathogenen, zoals *Legionella pneumophila*, in de biofilm beschermd worden tegen allerlei desinfectiemiddelen. Om die gezondheidsrisico's en operationele problemen te kunnen beheersen, is een efficiënte behandeling van water van cruciaal belang.

## HOGE RESISTENTIE

Momenteel worden diverse desinfectietechnieken courant toegepast. Zowel chemische desinfectie (chloor, waterstofperoxide, ozon, ...) als fysische desinfectie (UV, ultrasoon, warmtebehandeling, ...) worden vaak toegepast. Hoewel de meeste desinfectietechnologieën in staat zijn om vrijlevende bacteriën af te doden, zijn deze meestal onvoldoende in staat om biofilms te verwijderen. Het is namelijk al uitvoerig aangetoond dat biofilmgeassocieerde micro-organismen tot een factor 1000 meer resistent zijn in vergelijking met hun vrijlevende vorm.

Al zeer lang is hypochloriet (javel) het meest geprefereerde biocide omdat het goedkoop, effectief en gemakkelijk in gebruik is. Toch staat het gebruik van hypochloriet meer en meer ter discussie omdat na desinfectie toxische, mutagene en/of carcinogene bijproducten zoals trihalomethanen en haloazijnzuren, kunnen worden gevormd. Zeker wanneer het water geloosd dient te worden, kunnen dergelijke bijproducten een zeer nadelige invloed op het milieu hebben. Totnogtoe werd nooit echt rekening gehouden met de ecologische impact van desinfectietechnieken, wat voor chemische desinfectantia vaak niet te onderschatten is.

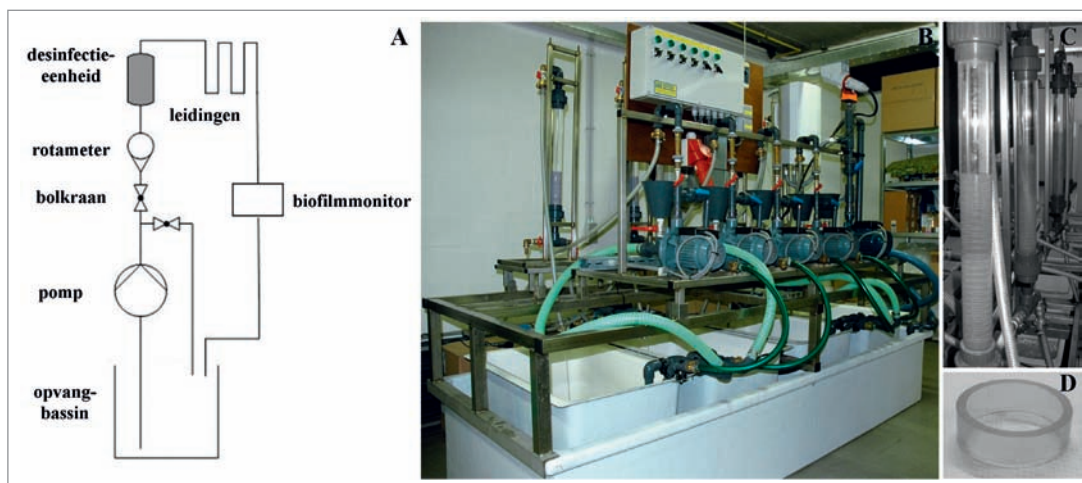
## ECOLOGISCH VERANTWOORDE BESTRIJDING

Om die ecologische voetafdruk te verlagen, kan gebruik gemaakt worden van een alternatief desinfectiemiddel of kunnen verschillende technieken worden gecombineerd. Additieve of synergetische effecten van combinaties van desinfectietechnieken kunnen mogelijk leiden tot de reductie van de hoeveelheid chemicaliën en zo tot een efficiënte en ecologisch verantwoorde bestrijding van vrijlevende bacteriën, algen en biofilms in gesloten watercircuits.

In een recent afgelopen onderzoeksproject ('Evaluatie van desinfectietechnieken voor de duurzame beheersing van bacteriën en algen in industrieel proceswater'; IWT/TETRA-080155) werden ultrasoon (US) en UV-behandeling en enkele chemische desinfectantia, meer bepaald natriumhypochloriet ( $\text{NaClO}$ ), chloordioxide ( $\text{ClO}_2$ ), perazijnzuur (PAA) en waterstofperoxide ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) geëvalueerd inzake hun effectiviteit om algen, vrijlevende en biofilmgeassocieerde bacteriën af te doden. Omdat er naar het combineren van technieken nog relatief weinig onderzoek verricht is, werd in dit onderzoeksproject nagegaan of er additieve of synergetische effecten optreden bij combinatie van chemische en fysische desinfectietechnieken, voor wat betreft de desinfectie-effectiviteit.

## PILOOTOPSTELLING

Experimenten op labschaal zijn niet altijd een goede simulatie van condities in een reële (industriële) omgeving. Daarom werd in dit onderzoeksproject een pilootopstelling gebruikt om de desinfectietechnieken te evalueren (Figuur 1). Een voordeel van de pilootopstelling is dat deze door zijn grotere schaal en door het gebruik van een multispeciesbiofilm een betere simulatie geeft van reële situaties dan experimenten op labschaal. Zowel in dit onderzoek als in een voorgaande studie werd aangetoond dat de resultaten bekomen op de pilootinstallatie, zeer goed overeenkomen met de resultaten bekomen uit een industriële casestudy. Dit kan erop wijzen dat de effectiviteit van desinfectie overschat wordt in experimenten op labschaal. Deze pilootopstelling is dus geschikt voor een (onafhankelijke) evaluatie van desinfectietechnieken die toegepast worden op grotere schaal.



► Figuur 1. Een foto van de pilotopstelling (A) en een close-up van de biofilmmonitor, die 30 polycarbonatringen bevat (B). Een schematisch overzicht van een subsysteem wordt weergegeven in (C). Een voorbeeld van een polycarbonatring in detail wordt weergegeven in (D).

Verschiede concentraties van de vier chemische desinfectantia en UV werden met elkaar vergeleken inzake hun effectiviteit om vrijlevende en biofilmgeassocieerde bacteriën af te doden. Gebaseerd op de bekomen resultaten, werd hypochloriet beschouwd als het meest effectief in de afdoding van vrijlevende bacteriën, gevolgd door chloordioxide, perazijnzuur en waterstofperoxide. Voor de behandeling van biofilm kon dezelfde rangschikking waargenomen worden. Zoals verwacht waren de reducties in het aantal biofilmgeassocieerde bacteriën significant lager dan die bekomen voor de afdoding van de vrijlevende bacteriën. Dit kan verklaard worden door het feit dat biofilms een beschermende niche vormen waarin bacteriën meer resistent zijn tegen desinfectie. Er zijn dus hogere dosissen van chemicaliën nodig om effectief biofilms te verwijderen.

#### ADDITIEVE EFFECTEN

Bij gecombineerde technieken werden significante additieve effecten waargenomen voor combinaties van US/ $\text{ClO}_2$  en UV met NaOCl,  $\text{ClO}_2$  en PAA voor de afdoding van planktonische bacteriën. Voor het afdoden van biofilmgeassocieerde bacteriën werden additieve effecten vastgesteld voor de combinaties UV/ $\text{H}_2\text{O}_2$ , US/ $\text{H}_2\text{O}_2$  en NaOCl/US.

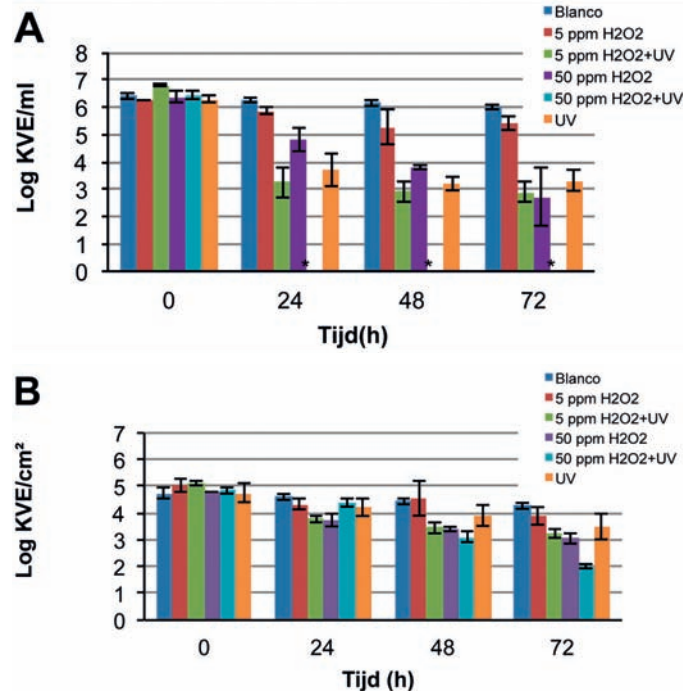
In het bijzonder voor de combinatie van  $\text{H}_2\text{O}_2$  en UV werden veelbelovende resultaten vastgesteld (Figuur 2). Het toedienen van 5 en 50 ppm  $\text{H}_2\text{O}_2$  resulteert in een reductie van het aantal vrijlevende bacteriën van respectievelijk 0,8 en 3,6 log KVE (kolonievormende eenheden)/ml na 72h behandeling. Een combinatie van 5 ppm  $\text{H}_2\text{O}_2$  en UV resulteerde in een reductie van 3,9 log KVE/ml, wat wijst op synergie. Een combinatie van 50 ppm  $\text{H}_2\text{O}_2$  en UV resulteerde in een volledige reductie van de vrijlevende bacteriën binnen 24h.

Wat de afdoding van de biofilm betreft, kon voor de combinatie van 5 en 50 ppm  $\text{H}_2\text{O}_2$  met UV een reductie waargenomen van respectievelijk 1,9 en 2,9 log KVE/cm<sup>2</sup>. In beide gevallen kon dus een duidelijk additief effect waargenomen worden voor de effectiviteit van biofilmbestrijding.

Een interessante vaststelling is dat zowel voor de verwijdering van biofilm als voor de afdoding van de vrijlevende bacteriën bleek dat 5 ppm  $\text{H}_2\text{O}_2$  en UV effectiever is dan een behandeling met 50 ppm  $\text{H}_2\text{O}_2$  alleen. Deze resultaten tonen aan dat het combineren van UV en waterstofperoxide de hoeveelheid chemicaliën met een tienvoud kan reduceren, wat uiteindelijk kan leiden tot een meer milieuvriendelijke recuperatie van afvalwater. Bovendien ligt de operationele kost van de combinatie 5 ppm  $\text{H}_2\text{O}_2$  met UV ongeveer 30 % lager dan deze van een behandeling met alleen 50 ppm  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Combinaties van desinfectietechnieken kunnen dus leiden tot een verlaagde operationele kost en kunnen de hoeveelheid chemicaliën drastisch reduceren, wat kan leiden tot een milieuvriendelijkere waterbehandeling.

Deze studie werd ondersteund door het Instituut voor de Promotie van Innovatie door Wetenschap en Technologie in Vlaanderen (IWT) (IWT-TETRA-080155). Dit artikel bevat data die gepubliceerd werden in het vaktijdschrift Riolering en in Water Science and Technology 64(6), 1247–1253 ('Exploring the potential synergistic effects of chemical disinfectants and UV on the inactivation of free-living bacteria and treatment of biofilms in a pilot-scale system').

Met dank aan Eef Vankerckhoven, Kris Willems en Hans Rediers (Lessius Mechelen, onderzoeksgroep Microbiële procesecologie en –beheersing).



► Figuur 2. Evaluatie van verschillende concentraties waterstofperoxide en de combinaties ervan met UV voor de behandeling van vrijlevende (A) en biofilmgeassocieerde bacteriën (B). De balken geven het gemiddelde weer van minstens twee onafhankelijke herhalingen. De foutbalken geven de standaardfout weer en asterisks geven aan dat het aantal bacteriën zich onder de detectielimiet bevindt.