



Gerhard Wübbels, Waterlaboratorium Noord
 Mark Schaap, Waterbedrijf Groningen
 Gertjan Medema, Kiwa Water Research

Inactivatie van *Campylobacter* door UV-licht

De verwijderingscapaciteit van pathogene micro-organismen is de belangrijkste factor bij de systeemkeuze van het zuiveringsproces bij de nieuwe oppervlaktewaterzuivering De Punt van Waterbedrijf Groningen. Daarbij wordt zwaar ingezet op het gebruik van UV voor de inactivatie van *Campylobacter* (zie artikel hiervoor).

Als gevolg van hoge concentraties *Campylobacter* in het voedingswater - door samenscholing van watervogels in met name strenge winters - moet in het gekozen zuiveringsscenario tot 5.8 log-eenheden door UV worden verwijderd. Bekend is dat *Campylobacter* gevoelig is voor UV-licht. Dit betekent dat bij lage dosis al een relatief hoge inactivatie plaatsvindt. In de literatuur^{1,3)} is echter tot nog toe een maximale inactivatie aangetoond van 5.3 log-eenheden, strikt genomen dus te weinig om afdoende desinfectie te garanderen bij een 'worstcase'-waterkwaliteit.

Om aan te tonen dat UV in dit geval afdoende desinfectie biedt voor hoge concentraties *Campylobacter* zijn 'collimated beam'-experimenten uitgevoerd op representatief voorgezuiverd oppervlaktewater van De Punt. De experimenten zijn voorbereid, uitgevoerd en geëvalueerd in een samenwerkingsverband van Waterbedrijf Groningen, PWN, Het Waterlaboratorium,

Kiwa Water Research en Waterlaboratorium Noord.

'Collimated beam'-experimenten

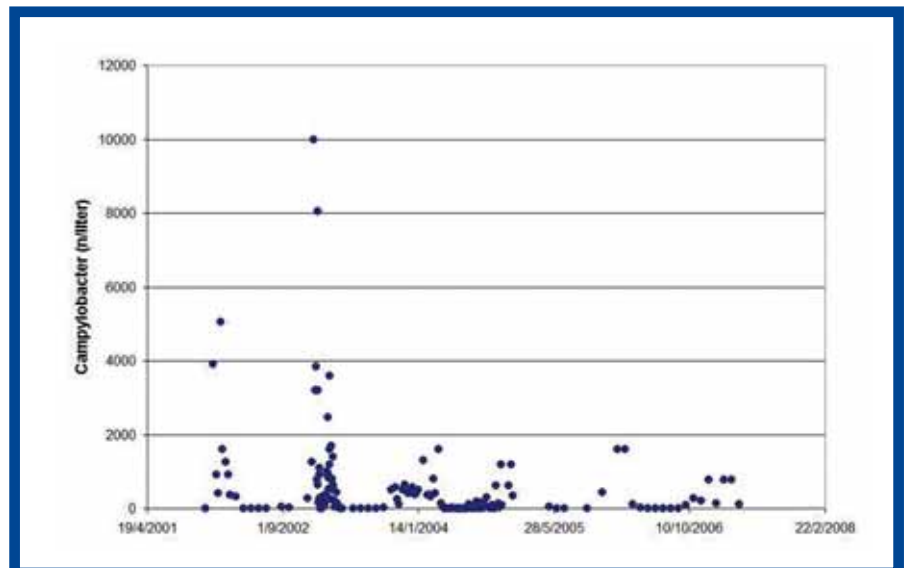
Het principe van 'collimated beam'-experiment is dat een kleine hoeveelheid water met een bepaalde concentratie micro-organismen wordt blootgesteld aan UV-licht, waarbij de dosis wordt bepaald door de intensiteit van de lamp en de blootstellingsduur. Als gevolg van de UV-dosis wordt een bepaald aantal micro-organismen geïnactiveerd. Daardoor ontstaat een dosis-responsecurve (meestal een lineaire relatie) welke een maat is voor de gevoeligheid van een bepaald micro-organisme voor UV-licht.

De experimenten zijn uitgevoerd met gedeeltelijk gezuiverd oppervlaktewater van locatie De Punt, waarbij de voorzuivering bestond uit coagulatie/sedimentatie, snelfil-

tratie en actieve koolfiltratie. Hetzelfde water is ook gebruikt voor de bereiding van de *Campylobacter*-suspensie.

Het gebruikte testorganisme is een *Campylobacter jejuni*. Voor de bereiding van de suspensies zijn Karmali-agar-platen beënt met *Campylobacter jejuni*. De beënte platen zijn 24 uur geïncubeerd in een microaerofiel milieu bij 42°C. Het te gebruiken water is gepasteuriseerd door het 30 minuten bij 60°C te verhitten in een waterbad. Na afkoeling van het water zijn hiervan stockoplossingen van 25 ml gemaakt door het gekweekte materiaal van de plaat te halen en in het water te suspenderen. Gekozen is voor deze methode, omdat uit literatuur¹⁾ bekend is dat *Campylobacter* in een bouillonweek, waarbij hogere concentraties verkregen worden, gaat samenklonteren. Het centrifugereren dat hierbij nodig is, zorgt voor nog meer samen-

Afb. 1: Concentratie *Campylobacter* in het mengbekken.



Campylobacter is een bacterie die vaak voorkomt in de darmen van dieren en die goed in oppervlaktewater overleeft. *Campylobacter* is pas sinds het begin van de 20e eeuw bekend. Er zijn 15 soorten. De meest virulente is *Campylobacter jejuni*, die met name veel bij vogels voorkomt. Vooral in strenge winters kunnen in relatief grote oppervlaktewateren hoge concentraties *Campylobacter* voorkomen als gevolg van samenscholing van watervogels. Een besmetting kan leiden tot darmklachten en buikpijn. In een klein deel van de gevallen ontstaat het ernstigere Guillain-Barré-syndroom.



Een 'collimated beam'-apparaat voor UV-inactivatie.

klontering, waardoor het onmogelijk wordt om een suspensie met losse cellen te krijgen.

Om goede dosis-responsecurven te krijgen, zijn *Campylobacter*-suspensies bereid met een concentratie van circa 10^8 kve/ml. Deze zijn blootgesteld aan verschillende UV-doses, dat wil zeggen verschillende bestralingstijden. Vanwege de hoge gevoeligheid van *Campylobacter* voor UV bevat de testreeks veel meetpunten in het lage UV-dosisgebied: 0, 0,5, 1,0, 1,5, 2,0, 2,5, 3,0, 4,0, 6,0, 10, 40, 80 en $120 \text{ mJ}\cdot\text{cm}^{-2}$.

De *Campylobacter*-bepaling is uitgevoerd bij Waterlaboratorium Noord. De daar ontwikkelde methode is gebaseerd op de MPN-methode, waarbij het monster in verschillende verdunningsreeksen in een selectief vloeibaar medium verdeeld wordt over 50 bronnen.

Na nogmaals 48 uur incubatie zijn de bronnen overgeënt op een nieuw selectief medium dat na 48 uur wordt afgelezen. De resultaten verkregen in dit onderzoek bleken goed reproduceerbaar.

Relatie tussen dosis en response

Afbeelding 2 geeft de dosis-response relatie van *Campylobacter* voor UV. De maximaal vastgestelde decimale eliminatiecapaciteit (DEC) bedraagt 6,0 bij een UV-dosis van $4 \text{ mJ}\cdot\text{cm}^{-2}$. Bij de UV-dosis van $6 \text{ mJ}\cdot\text{cm}^{-2}$ is een DEC van meer dan 7,6 gevonden. Er zijn geen levende cellen na bestraling aangetroffen. Gegeven de gebruikte concentratie is hiermee de maximale DEC bereikt voor deze reeks.

Bij de hoogst bereikte DEC's kan enige mate van 'tailing' niet worden uitgesloten. 'Tailing' is het verschijnsel dat het lineaire verband tussen UV-dosis en DEC niet meer opgaat bij hogere UV-doses, maar dat sprake is van een afvlakking: geen of slechts beperkte extra inactivatie bij hogere doses. Als in afbeelding 2 al sprake is van 'tailing', dan lijkt deze beperkt: een DEC van bijvoorbeeld 9 lijkt zeer wel haalbaar bij UV-doses van boven de $10 \text{ mJ}\cdot\text{cm}^{-2}$.

De in deze studie gevonden inactivatie van *Campylobacter* komt goed overeen met de in de literatuur gepresenteerde dosis-

response relaties^{1),3)}, welke in afbeelding 2 weergegeven zijn als een lineaire relatie²⁾. Evenals de bij De Punt uitgevoerde experimenten vindt Butler bij UV-doses tot $1,5 \text{ mJ}\cdot\text{cm}^{-2}$ geen lineair verband. Mogelijk wordt dit verschijnsel veroorzaakt door het op handmatige wijze uitvoeren van korte bestralingstijden (orde van grootte van 10 tot 30 seconden).

De maximale DEC die met dit 'collimated beam'-onderzoek kon worden aangetoond, bedraagt $> 7,6$ en $> 7,8 \text{ mJ}\cdot\text{cm}^{-2}$ bij een UV-dosis van respectievelijk 6 en $40 \text{ mJ}\cdot\text{cm}^{-2}$ (afbeelding 2). Deze maximale waarde werd behaald bij een UV-dosis van $40 \text{ mJ}\cdot\text{cm}^{-2}$. Omdat de uitgangssuspensie in dat geval een concentratie *Campylobacter* had van ruim 10^8 kve/ml en na bestraling geen levende cellen werden aangetroffen, is de maximaal aangetoonde DEC in dit onderzoek beperkt tot $> 7,8$. Deze loginactivatie voor *Campylobacter* ligt meer dan 2 log-eenheden hoger dan de maximale waarde die tot nog toe is gerapporteerd in de literatuur en is ruim voldoende voor het 'worstcase'-scenario De Punt, dat een inactivatie van minimaal 5,8 log-eenheden vereist.

Vertaling naar de praktijk

Deze studie geeft aan dat een hoge UV-inactivatie voor *Campylobacter* in beginsel mogelijk is. Daarbij moet worden gerealiseerd dat de stralingsomstandigheden in de 'collimated beam'-batchexperimenten als ideaal mogen worden beschouwd, met name vanwege de afwezigheid van kortsluitstromen. Voor het behalen van een hoge UV-inactivatie in de praktijk is het minimaliseren van kortsluitstroming in de UV-reactoren essentieel. Daarom wordt ervoor gekozen om twee UV-reactoren in serie te plaatsen. Berekeningen volgens Computational Fluid Dynamics geven aan dat de UV-installatie in de nieuwe zuivering van De Punt zodoende over een inactivatiecapaciteit voor *Campylobacter* beschikt van ruim boven de tien log-eenheden.

LITERATUUR

- 1) Butler R., V. Lund en D. Carlson (1987). Susceptibility of *Campylobacter jejuni* and *Yersinia enterocolitica* to UV radiation. Applied and Environmental Microbiology 53, nr. 2, pag. 375-378.
- 2) Hijnen W., E. Beerendonk en G-J. Medema (2005). Elimination of micro-organisms by drinking water treatment processes. A review. Kiwa. BTO-rapport 2003.013-2.
- 3) Wilson B., P. Roessler, E. van Dellen, M. Abbaszadegan en C. Gerba (1992). Coliphage MS-2 as a UV disinfection efficacy test surrogate for bacteria and viral pathogens. Proceedings of Water Quality Technology conference, American Water

Afb. 2: Dosis-effectrelatie van *Campylobacter jejuni*, bepaald met lagedruk UV-'collimated beam'.

