



Peter van der Maas, Waterlaboratorium Noord

Dirk van der Woerd, Waterbedrijf Groningen

Jantinus Bruins, Waterlaboratorium Noord

Dick van der Kooij, KWR Watercycle Research Institute

Lagedruk UV verhoogt nagroeipotentie oppervlaktewaterzuivering De Punt

Op pompstation De Punt zuivert Waterbedrijf Groningen zowel oppervlakte- als grondwater tot drinkwater. In de komende drie jaar (2009-2012) wordt de oppervlaktewaterzuivering gerenoveerd. In H₂O nr. 8 uit 2008 is de systeemkeuze voor de nieuwe zuivering beschreven. In het ontwerp van de nieuwe zuivering was in eerste instantie UV-desinfectie met lagedruklampen opgenomen als laatste stap. Onderzoek toonde echter aan dat LD-UV de nagroeipotentie van drinkwater substantieel verhoogt. Dit maakt eindstandige toepassing ongewenst.

In 2003 bleek de noodzaak voor aanvullende desinfectie voor de oppervlaktewaterzuivering De Punt. In extreem koude winters, waarin open waters dichtvriezen, vormt het voorliggende mengbekken een ideale verblijfplaats voor onder andere eenden en meeuwen. Het mengbekken, bedoeld om de waterkwaliteit van de Drentsche Aa af te vlakken, is vanwege zijn diepte het laatste open water in de omgeving dat dicht zal vriezen. Daarom kan met name in koude periodes, door aanwezigheid van grote aantallen watervogels, de concentratie aan *Campylobacter* in het ruwe water aanzienlijk stijgen. Om een infectierisico kleiner dan 10^{-4} te kunnen garanderen, is een eliminatiecapaciteit nodig van ongeveer 10 log-eenheden. Dit werd in de toenmalige zuivering niet bereikt, waardoor aanvullende desinfectie destijds nodig was. Sinds het voorjaar van 2005 is een eindstandige LD-UV-stap operationeel in de zuivering, waarmee het infectierisico afdoende is verlaagd.

Voor het al dan niet eindstandig toepassen van UV-desinfectie is de mogelijke vorming en verwijdering van desinfectie-bijproducten een belangrijke overweging. Desinfectiebijproducten die gevormd kunnen worden bij toepassing van een UV-stap, zijn nitriet en assimileerbaar organisch koolstof (AOC). In

de literatuur wordt gesteld dat bij toepassing van LD-UV geen significante verhoging van de AOC-concentratie plaatsheeft bij een dosis van 90 mJ.cm^{-2} ¹⁾. Recent is in dit tijdschrift onderzoek van Evides gepresenteerd, waaruit blijkt dat LD-UV bij een dosis van 50 mJ.cm^{-2} niet leidt tot een significante toename van AOC²⁾. De AOC-concentratie is een maat voor de nagroeipotentie van het drinkwater³⁾. Daarom kan worden beredeneerd dat LD-UV geen significante verslechtering geeft van de biologische stabiliteit van het behandelde water. Derhalve mag worden verwacht dat LD-UV kan worden toegepast als laatste stap in de zuivering⁴⁾. In de situatie van De Punt heeft eindstandige toepassing van LD-UV als theoretisch voordeel dat een eventuele herbesmetting van de langzame zandfilters wordt ondervangen. Mede daarom werd de keuze gemaakt LD-UV (dosis 40 mJ.cm^{-2}) eindstandig, dat wil zeggen tussen de langzame zandfilters en het reinwaterreservoir, toe te passen in de huidige zuivering en later ook in het ontwerp van de nieuwbouw.

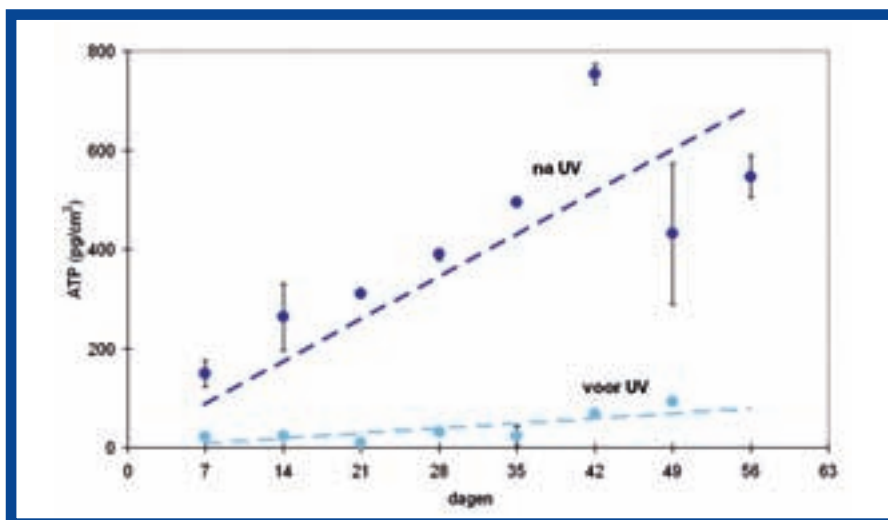
Onderzoek van Kiwa Water Research in 1997 en 1998 op het reine oppervlaktewater van De Punt toonde een biofilmvormingssnelheid (BVS, zie kader) aan van minder dan één $\text{pg ATP.cm}^{-2}.\text{d}^{-1}$ ⁵⁾. Daarmee stond dit drinkwater,

met (destijds) langzame zandfiltratie als laatste zuiveringsstap, te boek als biologisch stabiel. Tijdens een inventarisatie van de nagroeipotentie van het reinwater van alle productielocaties van Waterbedrijf Groningen en Waterleidingmaatschappij Drenthe in 2008 werd echter een biofilmvormingssnelheid van $22 \text{ pg ATP.cm}^{-2}.\text{d}^{-1}$ gemeten bij het reine oppervlaktewater van De Punt.

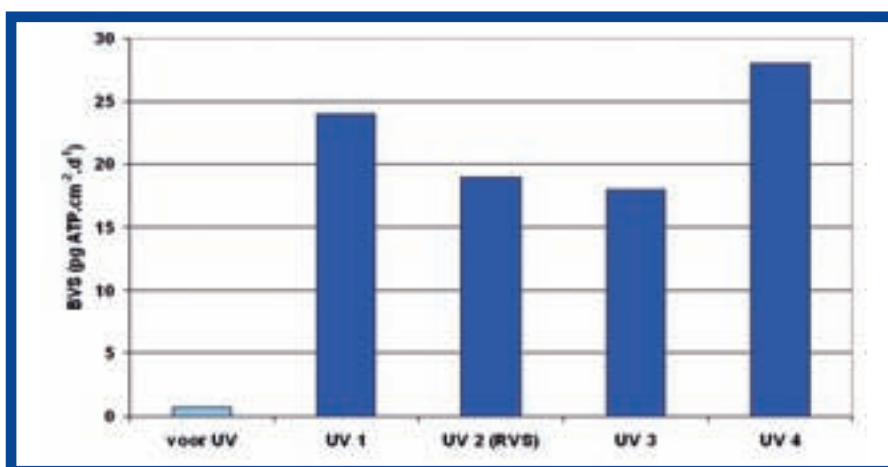
De biofilmvormingssnelheid van (drink) water wordt bepaald door het water met een snelheid van 0,2 meter per seconde door een glazen kolom met glazen ringen (biofilmmonitor) te laten stromen. Periodiek worden enkele glazen ringen uit de kolom genomen en wordt het gehalte biomassa op de ringen bepaald door het gehalte adenosinetrifosfaat (ATP) te meten. Dit is een energierijke verbinding die in alle levende (micro)organismen aanwezig is. Uit de toename van de concentratie ATP op de ringen kan de snelheid van biofilmvorming worden berekend (pg ATP/cm^2 per dag). De biofilmvormingssnelheid van het drinkwater in Nederland varieert van minder dan één tot circa 70 pg ATP/cm^2 per dag⁶⁾.

Vervolgonderzoek toonde aan dat LD-UV, als laatste stap in de huidige oppervlaktewaterzuivering, de biofilmvormingssnelheid (en daarmee de nagroeipotentie) sterk verhoogde. Het filtraat van de langzame zandfilters (dus influent van de UV-reactoren) kenmerkt zich door een lage biofilmvormingssnelheid: circa $1 \text{ pg ATP}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$. Deze waarde komt qua ordegrrootte overeen met de resultaten van het genoemde onderzoek van Kiwa Water Research in 1997 en 1998, vóór implementatie van LD-UV. Na UV ligt de snelheid van de biofilmvorming ongeveer een factor 10 hoger (zie afbeelding 1). Een volgende meetserie met vier parallelle UV-reactoren liet wederom een sterke toename van de snelheid van biofilmvorming door UV zien (zie afbeelding 2). Bij één van de reactoren was het leidingwerk, normaliter gecoat met de organische thermoplast Rilsan, vervangen door roestvrij staal, maar ook daar werd een sterke toename van de biofilmvormingssnelheid geconstateerd. Vermoedelijk is deze veroorzaakt door makkelijk afbreekbare componenten die onder invloed van UV worden gevormd uit natuurlijk organisch materiaal (NOM) dat aanwezig is in het oppervlaktewater. De energieafgifte van LD-UV ligt vrijwel volledig bij de golflengte 254 nm, dus in het gebied waar organische componenten (onder andere humuszuren) UV-licht absorberen. UV-behandeling resulteert ook in verhoging van de AOC-concentratie (zie tabel). Deze toename van AOC is te zien in de historische trend van het reine oppervlaktewater (zie afbeelding 3): sinds de implementatie van eindstandige UV (april 2005) ligt de gemiddelde AOC-concentratie circa 50 procent hoger dan in de periode ervoor. De geconstateerde toename (en daaraan gerelateerd de forse stijging van de biofilmvormingssnelheid) is tegenstrijdig met de eerder in de literatuur beschreven waarnemingen. Vooralnog wordt ervan uitgegaan dat de oorzaak van deze tegenstrijdigheid gezocht moet worden in verschillen in met name de concentratie en aard van de organische stof in het (voedings)water. De UV-absorptie (UVA) en de concentratie opgelost organisch koolstof (DOC) zijn in het water van de Drentsche Aa (zie tabel) hoog ten opzichte van het voorbehandeld Biesboschwater (UVA en DOC respectievelijk circa 6 m^{-1} en $2,5 \text{ mg/l}$), dat is onderzocht door Kruithof *et al.*²⁾. Mogelijk wijkt ook de aard van de organische stof in het voedingswater substantieel af, onder meer omdat het aandeel kwelwater in de Drentsche Aa relatief groot is.

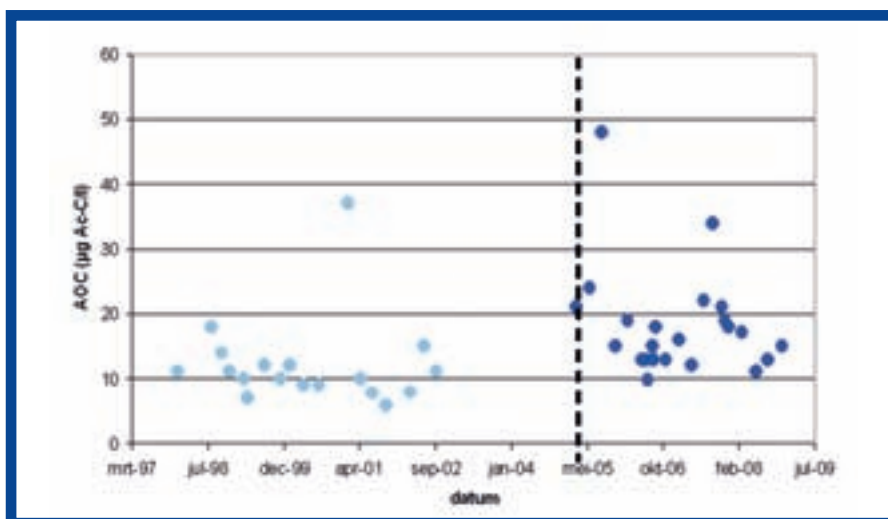
De toename van de biofilmvormingssnelheid is een directe maat voor afname van de biologische stabiliteit van het water. Dit vergroot de kans op nagroei van bijvoorbeeld *Aeromonas* (in het leidingnet) en *Legionella* (in binneninstallaties). Van der Kooij *et al.*⁶⁾ hebben afgeleid dat bij BVS-waarden van minder dan $10 \text{ pg ATP}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ geen sterke nagroei van *Aeromonas* in het leidingnet is te verwachten. Op De Punt wordt het reine oppervlaktewater gemengd met gezuiverd grondwater, alvorens het wordt gedistribueerd naar de stad Groningen. Het reine grondwater kent een lage BVS ($2,3 \text{ pg ATP}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$). De biofilmvormingssnelheid van



Afb. 1: Biofilmvorming voor en na LD-UV behandeling (dosis $40 \text{ mJ}\cdot\text{cm}^{-2}$).



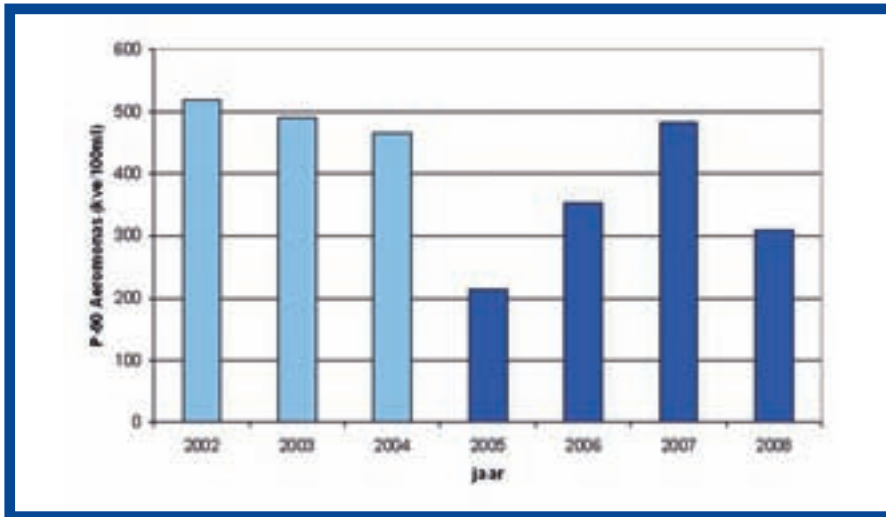
Afb. 2: Biofilmvormingssnelheid voor en na LD-UV behandeling (vier parallelle reactoren).



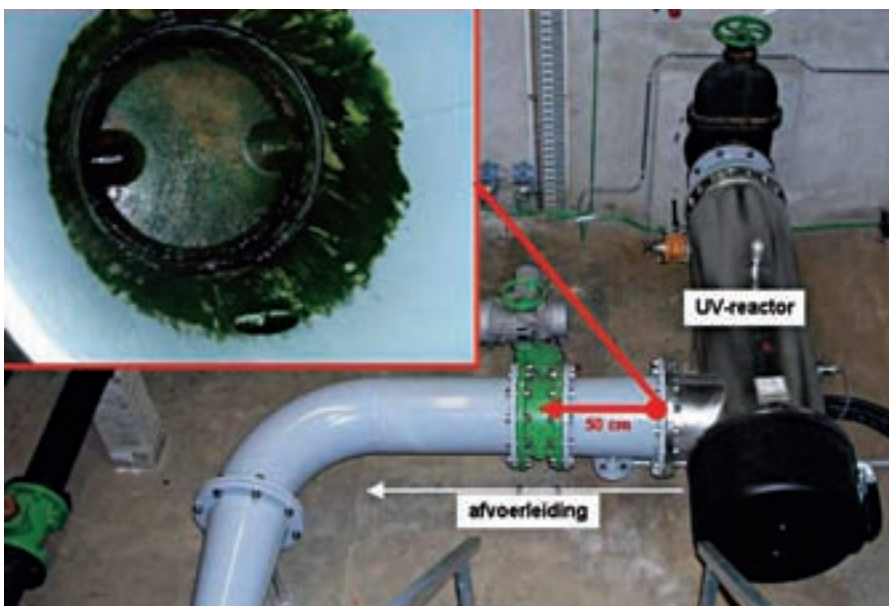
Afb. 3: AOC-concentratie van het reine oppervlaktewater (LD-UV sinds april 2005).

Waterkwaliteit filtraat langzame zandfilters voor UV en na LD-UV-behandeling, dosis $40 \text{ mJ}\cdot\text{cm}^{-2}$. Gemiddelde waarden van drie metingen (data komen overeen met reactor 3 in afbeelding 2).

		voor UV	na UV	verandering door UV
DOC	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	4,8	4,8	0%
AOC	$\mu\text{g ac-C eq}\cdot\text{l}^{-1}$	10,9	16,3	50%
UVA ₂₅₄	m^{-1}	10,3	10,1	-3%



Afb. 4: Concentratie *Aeromonas* in het voorzieningsgebied: 90-percentielwaarde van circa 220 metingen per jaar op kritische punten in het net en vooral in zomerperiode (LD-UV sinds april 2005).



LD-UV-reactor met afvoerleiding. Inzet: algen in de afvoerleiding, gezien vanuit de uitstroom UV-reactor.

het gemengd water is niet gemeten, maar op basis van mengverhouding mag worden aangenomen dat de BVS-waarde van het reine water af pompstation op dit moment ten opzichte van de situatie vóór LD-UV weliswaar is verhoogd, maar nog voldoet aan de genoemde streefwaarde van minder dan 10 pg ATP.cm⁻².d⁻¹. In elk geval heeft implementatie van LD-UV in de oppervlaktewaterzuivering tot nu toe niet geleid tot een toename van de nagroei van *Aeromonas* in het net. Afbeelding 4 toont dat de 90-percentielwaarde van de concentratie *Aeromonas* in het voorzieningsgebied geen toename vertoont na implementatie van LD-UV (2005). De daadwerkelijke nagroei wordt bepaald door meerdere factoren: behalve de BVS (af pompstation) zijn dit onder meer temperatuur, verblijftijd, leidingmateriaal en de reeds aanwezige depositie. Mogelijk dat de verbeterde bedrijfsvoering van grondwaterzuivering, waardoor een lagere belasting van het net met ijzer en mangaan, ertoe heeft bijgedragen dat de nagroei van *Aeromonas* (tot op heden) niet toeneemt, ondanks de verhoogde BVS-waarde af pompstation. Onderzoek naar de relatie tussen water-

kwaliteit, de biofilmvormingssnelheid af pompstation en nagroei in het net in Groningen en Drenthe loopt op dit moment.

Op grond van de hierboven beschreven bevindingen is besloten in de nieuwbouw van de oppervlaktewaterzuivering LD-UV niet meer eindstandig toe te passen, maar vóór de langzame zandfilters. Het is aannemelijk dat de langzame zandfilters het verhoogde aanbod aan makkelijk afbreekbaar materiaal omzetten, zodat de biofilmvormingssnelheid van het reine water laag zal zijn, naar verwachting rond 1 pg ATP.cm⁻².d⁻¹, vergelijkbaar met het filtraat van de langzame zandfilters in de huidige situatie.

Algen

Een tweede reden om de LD-UV niet eindstandig toe te passen komt uit een andere hoek: algen. Hoewel beperkt in relatie tot middendruk UV, wordt ook bij LD-UV zichtbaar licht geproduceerd: het lampspectrum toont vier kleine piekjes boven 400 nm, dus in het zichtbare bereik. De inzet bij de foto toont de buiswand van de afvoerleiding van één van de UV-reactoren.

Algen zijn niet aanwezig op de eerste 20 tot 30 centimeter na de UV-reactoren, vermoedelijk omdat hier de desinfecterende werking van UV (golflengte 254 nm) nog te sterk is. Verondersteld wordt dat verderop, als gevolg van UV-absorptie door het water, de stralingsintensiteit te gering is om algengroei te voorkomen (terwijl zichtbaar licht blijkbaar nog wel doordringt). Hoewel algengroei waarschijnlijk niet van significante invloed is op de nagroeipotentie en ondanks het feit dat de concentraties microcystines laag zijn (soms <0,1 µg/l), is algenvorming in de afvoerleidingen niet wenselijk. Wanneer de UV-reactoren worden gesitueerd vóór de langzame zandfilters, worden algen afgevangen en zullen ook eventueel door algen geproduceerde toxines grotendeels worden omgezet vóór het reinwaterreservoir.

Conclusie

De eindstandige LD-UV op oppervlaktewaterzuivering De Punt geeft met een dosis van 40 mJ.cm⁻² een verhoging van de AOC-concentratie met een factor van ongeveer 1,5 en een verhoging van de biofilmvormingssnelheid met een factor van ongeveer 10. Dit betekent een vermindering van de biologische stabiliteit van het reine oppervlaktewater. In combinatie met geconstateerde algengroei in de afvoerleidingen van de UV-reactoren, is de eindstandige toepassing van LD-UV daarom niet wenselijk. In de nieuwe zuivering zal LD-UV daarom worden gepositioneerd vóór de langzame zandfilters.

Het verlaten van eindstandige UV-desinfectie heeft als theoretisch nadeel dat een eventuele besmetting in de langzame zandfilters niet meer is te ondervangen. Dit risico is in de huidige situatie echter zeer klein: naast de goede bouwkundige staat van de langzame zandfilters draagt ook de huidige bedrijfsvoering en het hanteren van een waterveiligheidsplan bij aan het minimaliseren van risico's op besmetting. Daarmee is ook dit argument voor eindstandige toepassing vervallen.

LITERATUUR

- 1) Ijpelaar G. en E. Beerendonk (2001). Vorming van nevenproducten bij UV-desinfectie, vergelijking van diverse UV-stralers op laboratoriumschaal. BTO-rapport 2001.193.
- 2) Kruithof J., B. van der Veer en B. Martijn (2009). Schadelijke desinfectiebijproducten: feit of fictie? H₂O nr. 3, pag. 31-34.
- 3) Van der Kooij D., J. Vrouwenvelder en H. Veenendaal (2003). Elucidation and control of biofilm formation processes in water treatment and distribution using the unified biofilm approach. Water Science Technology nr. 5, pag. 83-90.
- 4) Ijpelaar G., D. Harmsen en M. Heringa (2007). UV disinfection and UV/H₂O₂ oxidation: by-product formation and control. Techneau D2.4.1.1.
- 5) Vrouwenvelder J., J. Bruins en D. van der Kooij (1998). Biofilmvormende eigenschappen van het water van de pompstations De Punt en Haren. Rapport KOA 98.021.
- 6) Van der Kooij D., J. Vrouwenvelder en H. Veenendaal (1997). Bepaling en betekenis van de biofilmvormende eigenschappen van drinkwater. H₂O nr. 25, pag. 767-771.