

Ervaring met UV-desinfectie op het pompstation Buren (Ameland): optreden ongewenste foto-chemische reacties bij UV-desinfectie is beheersbaar

Inleiding

Waterleiding Friesland heeft de intentie uitgesproken om spoelwaterhergebruik toe te passen. Sedert 1991 is daarom onderzoek uitgevoerd naar de haalbaarheid en uitvoerbaarheid van spoelwaterhergebruik op de diverse pompstations van de Waterleiding Friesland.



IR. P. G. J. M. OOSTELBOS
Milfac BV



ING. P. J. VAN STAVEREN
Hatenboer-Demi bv
** voorheen Berson Milieu
Techniek bv

Om de bacteriologische problemen, die bij spoelwaterhergebruik kunnen optreden, het hoofd te bieden, is gekozen voor UV-desinfectie. Het voordeel van UV-desinfectie boven het doseren van chemicaliën is, dat de chemische en fysische samenstelling van het water ongewijzigd blijft. UV-desinfectie is een fotochemisch proces, waarbij straling geabsorbeerd wordt door deeltjes. Deze straling moet voldoende energie bezitten om een onomkeerbare wijziging in het energieniveau van de absorberende moleculen te bewerkstelligen. Bij bacteriën wordt door verandering in de DNA-structuur de grootste inactivatie bereikt bij UV-licht met een golflengte van 265 nm en een voldoende UV-dosis [1].

Voordat UV-desinfectie daadwerkelijk ingezet kan worden, is besloten UV-desinfectie eerst te beproeven. Aangezien bij de Waterleiding Friesland spoelwaterhergebruik nog niet toegepast wordt, moest een geschikte testlocatie bepaald worden. Deze locatie is het pompstation te Buren (Ameland) geworden. Begin 1991 was namelijk geconstateerd, dat het aantal *Aeromonas* bacteriën bij 30°C (ADA 30°C) van het reine water af pompstation hoog was. In 1990 lag het *Aeromonas* aantal bij 30°C (mediaanwaarde) in het water af pompstation boven de 100 kve/100 ml. Ontwikkeling van *Aeromonas* aantallen bij 30°C (ADA 30°C) en kiemgetallen bij 22°C (PCA 22°C) is gegeven in tabel I.

Naar verwachting zullen in de toekomst de volgende normen opgenomen worden in de VEWIN-aanbeveling: af pompstation:

Samenvatting

Het aantal *Aeromonas* bacteriën in het reine water van pompstation te Buren (Ameland) is de laatste jaren gestaag opgelopen tot ruim 100 per 100 ml. Om het aantal *Aeromonas* bacteriën bij 30°C (ADA 30°C) en de koloniegetallen bij 22°C (PCA 22°C) te reduceren is als proef een UV-desinfectie-installatie van Berson Milieutechniek geplaatst op de uitgaande leiding van het pompstation. Bij een UV-dosis van 43 mJ/cm² worden de *Aeromonas* bacteriën (ADA 30°C) en de bacteriën aangetoond met koloniegetallen bij 22°C (PCA 22°C) volledig geïnactiveerd. Bacteriën aangetoond met koloniegetallen bij 22°C (PCA 22°C) blijken na 5 m leiding al weer aanwezig te zijn. Waarschijnlijk treedt herinfectie op. Verhogen van de UV-dosis leidt niet tot verlaging van de koloniegetallen bij 22°C (PCA 22°C). Bij te hoge UV-dosis en breed UV-spectrum ontstaat nitriet uit nitraat. Nitrietvorming kan met behulp van technische aanpassingen onder controle worden gebracht. Bij normale UV-doses en lage concentraties aan oxydeerbare organische verbindingen, zoals humuszuren, is de hoeveelheid gevormd nitriet te laag om bepaald te kunnen worden. De concentratie ligt beneden de detectiegrens.

Aeromonas-aantal (mediaan) < 20 kve/100 ml,
distributienet:

Aeromonas-aantal (90-percentiel)
< 200 kve/100 ml.

De *Aeromonas*-aantallen worden bepaald door kweken bij 30°C. De gehanteerde mediaanwaarden respectievelijk 90-percentielwaarden hebben betrekking op een periode van een geheel jaar [2].

In de toekomst zou het water af pompstation in Buren niet voldoen aan de VEWIN-aanbeveling. Om de invloed van UV-desinfectie op de *Aeromonas* aantallen bij 30°C (ADA 30°C) en 37°C (ADA 37°C) en de kiemgetallen bij 22°C (PCA 22°C) en 37°C (PCA 37°C) te bepalen, is besloten als proef een UV-desinfectie-

installatie te plaatsen op het pompstation te Buren (Ameland).

Bestaande situatie in Buren

Het water wordt in Buren gewonnen uit een putterrein, dat ten oosten van het pompstation gelegen is. De belangrijkste parameters voor de chemische samenstelling van het ruwe en het reine water zijn weergegeven in tabel I. Aangekend moet worden, dat bij maximale productie (bij calamiteiten) putten met slechtere waterkwaliteit bijgeschakeld worden: hogere kleur, waardoor de UV-transmissie verlaagd wordt.

De zuivering bestaat uit een beluchting door versproeiing, gevolgd door een snelfiltratie, een langzame zandfiltratie en een snelfiltratie. De laatste snelfiltratiestap is indertijd geplaatst als ozonfilter. Bij hoge kleur zouden de humuszuren met behulp van ozon worden afgebroken, waarna de ontstane eindproducten met het in het water aanwezige ijzer zouden uitvlokken. De vlokken zouden in het ozonfilter worden afgefilterd.

De UV-desinfectie-installatie

Voor de Waterleiding Friesland is een belangrijke randvoorwaarde, dat de UV-desinfectie-installatie te allen tijde voldoende desinfecterende werking heeft: niet alleen in normale bedrijfssituatie, waarbij de te behandelen volumestroom varieert tussen 1 en 40 m³ per uur, maar ook in calamiteitsituaties, waarbij de te behandelen volumestroom kan oplopen tot 120 m³ per uur.

Bij het dimensioneren van de UV-desinfectie-installatie is daarom uitgegaan van de volgende randvoorwaarden:

TABEL I – *Aeromonas* aantallen en kiemgetallen bij 22°C (mediaan waarden) af pompstation over de periode 1987-1990.

Jaar	<i>Aeromonas</i> 30°C [1/100 ml]	Koloniegetal 22°C [1/ml]
1987	13	187
1988	37	20
1989	80	15
1990	113	14

TABEL II – Chemische samenstelling van het ruwe en het reine water van het pompstation te Buren (Ameland).
n.b.: niet bepaald.

Parameter	Eenheid	Ruw water	Rein water
temperatuur	°C	9,9	9,9
pH	-	8,0	8,2
chloride	mg/l	75	75
ijzer	mg/l	0,4	0,02
mangaan	mg/l	0,1	< 0,01
ammonium	mg/l	0,3	0,02
KMnO ₄ -verbruik	mg/l	15	13
kleurintensiteit	mg/l	29	20
UV-transmissie	% over 10 mm	n.b.	82

- * maximale volumestroom: 120 m³/uur
- * UV-transmissie: 87%
- * gemiddelde UV-dosis bij volledige menging: 25 mJ/cm²;
- * desinfecterende werking vaststellen aan de hand van de volgende parameters:

- koloniegetallen bij 22°C volgens NEN 6650 (PCA 22°C);
- koloniegetallen bij 37°C volgens NEN 6550 (PCA 37°C);
- *Aeromonas*-bacteriën bij 30°C volgens NEN 6263 (ADA 30°);
- *Aeromonas*-bacteriën bij 37°C volgens NPR 6264 (ADA 37°);
- Coli-achtigen volgens NEN 6571.

Overleg tussen de Waterleiding Friesland en de leverancier Berson MilieuTechniek b.v. heeft in eerste instantie geleid tot de plaatsing van een 2-lamps-installatie met onderstaande specificaties:

- * type HGS 2 met voedingsmodule 2000 H2 en controlemodule DH1 (2);
- * B2000-lampen;
- * gedoteerde kwartsbuizen;
- * UV-stabilisatie;
- * handbediend reinigingssysteem.

Gedoteerde kwartsbuizen zijn toegepast om het optreden van nevenreacties te voorkomen. Door de kwartsbuizen te doteren (= toevoegen van bepaalde metalen) kan een deel van het UV-spectrum met kleine golflengte afgevangen worden. (Zie ook foto-chemische reacties).

Na de eerste fase van onderzoek is besloten de UV-desinfectie-installatie uit te breiden tot een 4-lamps-installatie. De specificaties van de aangepaste installatie zijn als volgt:

- * type HGS 4 met 2 voedingsmodules 2000 H2 en controle module DH1 (4);
- * B2000-lampen;
- * normale kwartsbuizen;
- * UV-stabilisatie;
- * handbediend reinigingssysteem.

Tijdens de derde en laatste fase van het onderzoek zijn de B2000-lampen vervangen door gedoteerde B2001-lampen en de normale kwartsbuizen door gedoteerde kwartsbuizen.

De UV-desinfectie-installatie is geplaatst op de uitgaande leiding van het pompstation te Buren. De installatie is op zo geïnstalleerd, dat het water ook rechtstreeks gedistribueerd kan worden (zie afb. 1).

Oriënterend onderzoek

De proefopzet

Experimenten zijn uitgevoerd met de

TABEL. III – Resultaten drukvalmetingen over de UV-desinfectie-installatie.
n.b.: niet bepaald.

Volumestroom m ³ /uur	Drukval mm waterkolom	Absolute druk kPa
20	5	380
30	12	370
40	22	360
60	70	360
70	110	n.b

opstelling, zoals weergegeven in afb. 1. Naast het vaststellen van de drukval over de UV-desinfectie-installatie als functie van de volumestroom, is de effectiviteit van de UV-desinfectie bepaald.

Voor het vaststellen van de drukval over de UV-desinfectie-installatie, die uitgevoerd is met behulp van een U-buis, is gebruik gemaakt van monsterpunten 1 en 2 (afb. 1). De volumestroommeting is verricht met een elektromagnetische flowmeter. Voor het vaststellen van de effectiviteit van de desinfectie zijn monsters genomen van het monsterpunt 3 (afb. 1) en vervolgens geanalyseerd.

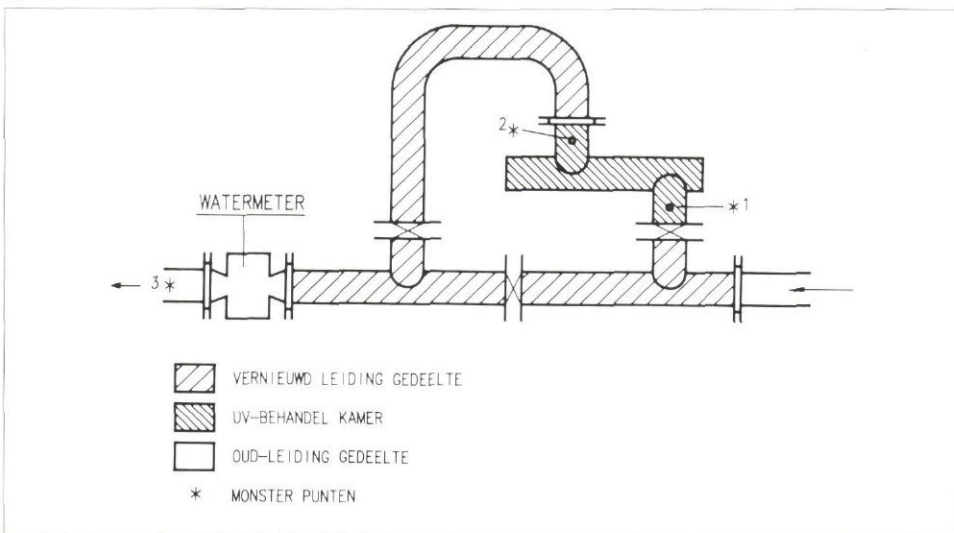
Resultaten

De resultaten van de drukvalmetingen over de UV-desinfectie-installatie zijn in tabel III weergegeven.

Bij normale belasting van de UV-desinfectie-installatie heeft het bacteriologisch onderzoek de volgende resultaten opgeleverd:

- * koloniegetallen bij 22°C (PCA 22°C) worden niet verlaagd, wat betekent dat bacteriën aangetoond bij 22°C niet gedood worden;
- * koloniegetallen bij 37°C (PCA 37°C) en het Coli-getal zijn zo laag, dat het effect van UV-desinfectie niet of nauwelijks te bepalen is;

Afb. 1.



* *Aeromonas*-bacteriën, aangetoond bij 30 en 37°C, worden volledig gedood. De globale determinatie van de aanwezig *Aeromonas*-bacteriën heeft uitgewezen, dat alleen *Aeromonas Hydrophila* aanwezig is.

Uit microscopisch onderzoek is bovendien gebleken, dat geen clusters van bacteriën aanwezig zijn.

Discussie

Door het feit, dat de koloniegetallen bij 22°C (PCA 22°C) niet gereduceerd worden, kunnen drie oorzaken aangegeven worden:

1. De afgegeven UV-dosis is niet voldoende. Bekend is, dat voor de doding van een aantal bacteriën, de effectieve UV-dosis boven de 100 mJ/cm² ligt. Van *Aeromonas*-bacteriën is bekend, dat de lethale UV-dosis lager is, dan voor 22°C-kiemen [3];
2. de effectieve werking van de UV-straling wordt belemmerd door de aanwezigheid van:
 - a. luchtbelletjes, die als spiegel-tjes fungeren en het UV-licht reflecteren;
 - b. ijzer-, mangaan- en calcium-verbindingen, die zich kunnen afzetten op de kwartsbuizen;
 - c. hogere organische stoffen zoals humuszuren, zwevende stoffen en/of hogere organismen, die UV-licht kunnen absorberen, waardoor de UV-transmissie zal verminderen;
3. vervuiling van de leiding na de UV-desinfectie-installatie, waardoor herinfectie kan optreden.

Onderzoek naar de situatie in het pompstation te Buren bracht aan het licht, dat het reine water incidenteel een lagere UV-transmissie (circa 75%) heeft. Consequentie hiervan is, dat weliswaar

een gemiddelde UV-dosis van 25 mJ/cm² gerealiseerd wordt, maar dat de minimale UV-dosis in de installatie (in dit geval aan de wand) lager is dan 10 mJ/cm²: de UV-desinfectie-installatie voldoet dan niet aan de gestelde randvoorwaarden. Verder bleken geen luchtbelletjes aanwezig te zijn, noch werd aanslag op de kwarts-buizen gevormd.

Besloten is daarom de UV-desinfectie-installatie uit te breiden naar een 4-lamps-installatie om zodoende de reductie van koloniegetallen bij 22 °C (PCA 22 °C) te verbeteren. Tijdens de experimenten uitgevoerd met deze opstelling werd een onverwacht en onplezierig neveneffect van de UV-desinfectie waargenomen: na inbedrijfstelling van de 4-lamps-installatie liep het nitrietgehalte van het reine water op tot meer dan 0,3 mg/l, een ontoelaatbare overschrijding van de wettelijke norm van 0,1 mg/l.

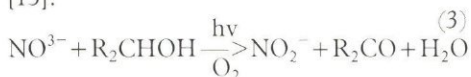
Met de vorming van nitriet bij UV-desinfectie van water is in Nederland, waar de methode al op 42 pompstations wordt toegepast, nog geen ervaring [4]. Ook over het optreden van andere bijverschijnselen is tot op heden geen melding gemaakt [5].

Nader Onderzoek

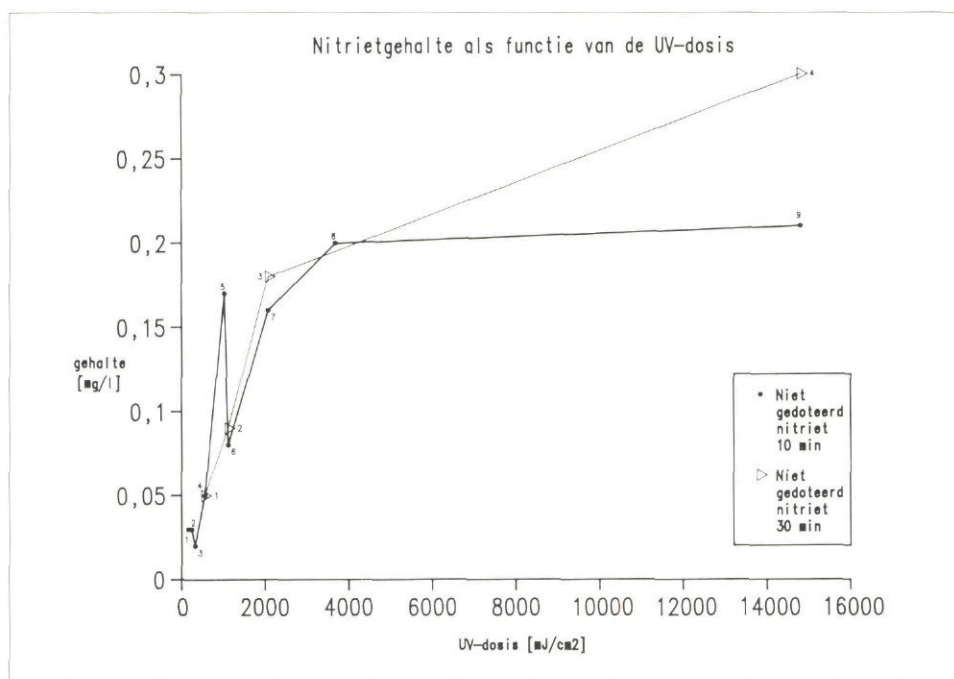
Fotochemische reacties: theorie

UV-desinfectie moet, zoals in de inleiding al is aangegeven, beschouwd worden als een fotochemisch proces in bacteriën. Naast de fotochemische reacties in bacteriën kan een aantal andere (ongewenste) reacties optreden: UV-straling wordt in een aantal gevallen bijvoorbeeld gebruikt voor de afbraak van TOC en Ozon [6, 7, 8, 9, 10] of de afbraak van atrazine-herbiciden [11].

In het buitenland is wel ervaring met de vorming van nitriet bij de toepassing van UV-desinfectie van water [12]. UV-licht van zogeheten ozonvrije lagedrukklampen met golflengten van 253,7 nm is in staat nitraat om te zetten in nitriet. Bij een UV-dosis van 25 mJ/cm² wordt met een nitraatconcentratie van het water van 50 mg/l 1,8 µg/l nitriet gevormd. Bij water met hoge concentraties oxydeerbare organische verbindingen met hydroxylfuncties wordt verondersteld, dat bij neutrale condities en de aanwezigheid van zuurstof de reactie (3) zal optreden [13]:

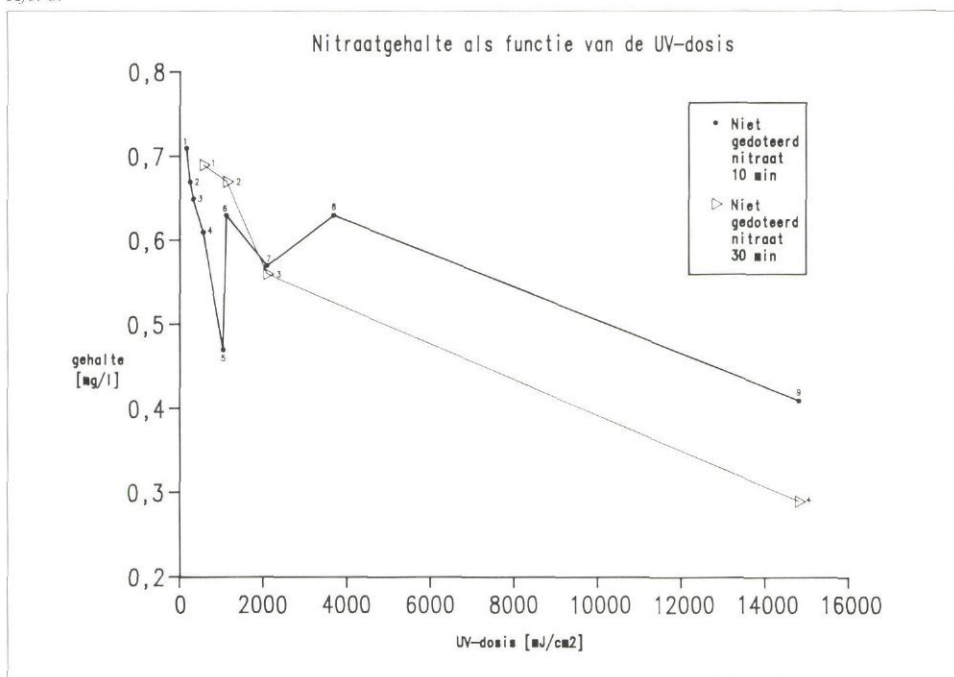


Dergelijke reacties treden eerder op, als de straling energierijker is. Dit is het geval, wanneer de golflengte van de



Afb. 2.

Afb. 3.



straling kleiner wordt. Wanneer de UV-straling voldoende energierijk is, kunnen de bindingen in moleculen, zoals in nitraat openbreken, waarna reacties kunnen optreden, waarbij nitriet ontstaat. Bij afwezigheid van hoge concentraties oxydeerbare organische verbindingen met hydroxylfuncties, zoals het geval is na de toepassing van actieve-koolfiltratie, zal vorming van nitriet volgens reactie (3) minder waarschijnlijk zijn.

Proefopzet

Voor het vaststellen van de effectiviteit

van UV-straling is een aantal factoren onderzocht, die een rol spelen bij de vorming van nitriet: de invloed van de UV-dosis en het UV-spectrum. De UV-dosis is gevarieerd door de volumestroom te variëren. Zie vergelijkingen (1) en (2) [14]:

$$D_p = I_p \cdot t \quad (1)$$

$$t = \frac{V}{Q} \quad (2)$$

Waarin:

- D_p : minimale UV-dosis in punt p

I_p : intensiteit in punt p

t : verblijftijd

V : volume van reactor

Q : debiet

$(mJ/cm^2 = mW/s/cm^2)$

(mW/cm^2)

(s)

(cm^3)

(cm^3/s)

Het UV-spectrum is verkleind door verschillende typen lampen en kwartsbuizen toe te passen.

Voor dit onderzoek zijn monsters genomen van water, dat wel en niet aan UV-straling is blootgesteld. De monsters, die genomen zijn op monsterpunt 3, zijn geanalyseerd op de volgende parameters:

- * ammonium: analyse is met de auto-analyser uitgevoerd, zodanig dat groten-deels NEN 6472 gevolgd is;
- * albuminoïd ammonium volgens NEN 6473;
- * nitraat: analyse is uitgevoerd met de ionchromatograaf;
- * nitriet volgens NEN 6474;
- * zuurstof: analyse is 'on-line' uitgevoerd met de orbsphere zuurstofmeter.

Voor het vaststellen van de effectiviteit van de UV-desinfectie is hetzelfde programma uitgevoerd als bij het oriënterend onderzoek met dien verstande, dat ook monsters genomen zijn van de monsterpunten 1 en 2.

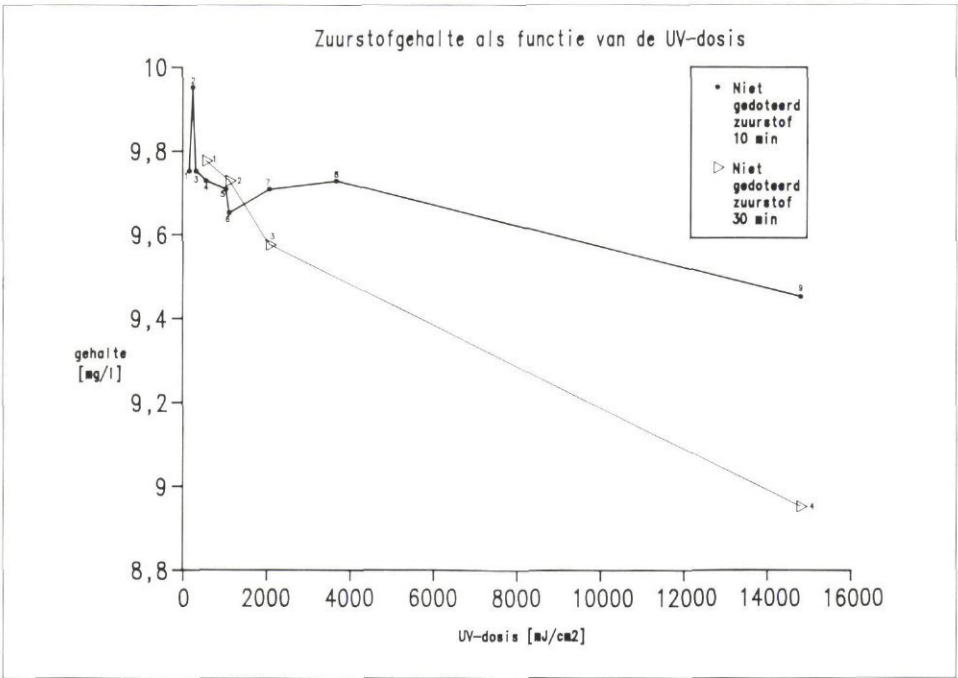
Resultaten

De uitkomsten van het onderzoek naar de nitrietvorming zijn samengevat in de afb. 2 tot en met 7.

Afb. 2, 3 en 4 hebben betrekking op experimenten met een installatie, die uitgerust is met B2000-lampen en normale kwartsbuizen. Het ammonium-en ammoniumalbuminoïdgehalte blijven constant. Het nitriet-, het nitraat- en zuurstofgehalte veranderen echter bij toenemende UV-dosis.

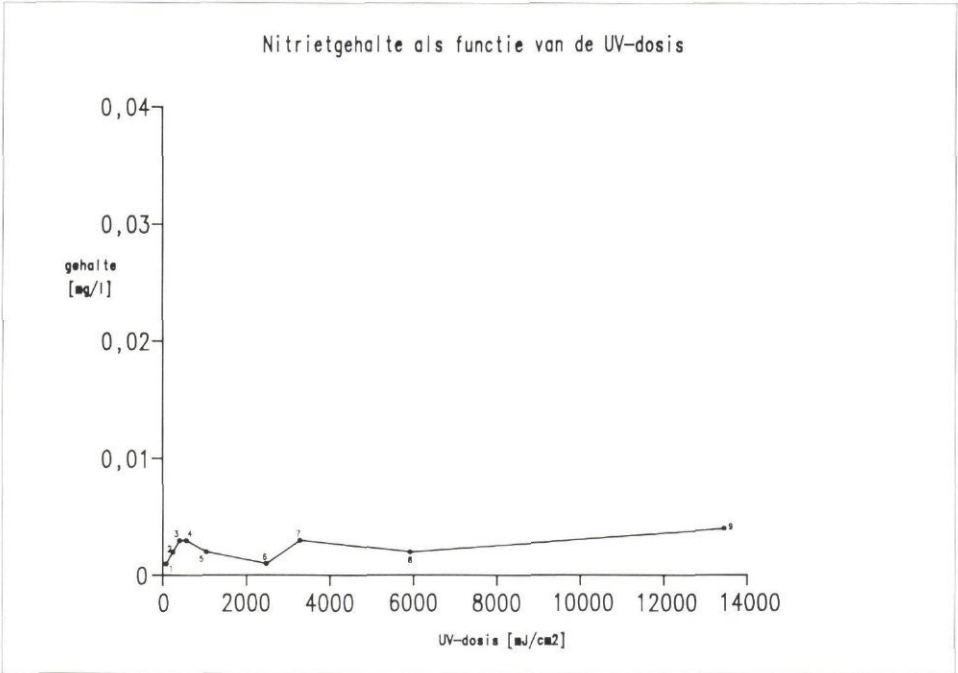
Boven een UV-dosis van 4000 mJ/cm² neemt het nitraatgehalte af van 0,7 tot en 0,3 mg/l en het zuurstofgehalte daalt van 9,8 tot 9,5 mg/l, terwijl het nitrietgehalte toeneemt tot 0,3 mg/l. De monsters zijn genomen 10 minuten respectievelijk 30 minuten na het instellen van de volumestroom.

Afb. 5 en 6 hebben betrekking op experimenten met een installatie, die uitgerust is met (gedoteerde) B2001-lampen en gedoteerde kwartsbuizen. Tot een UV-dosis van 16000 mJ/cm² blijven het ammonium-, het ammonium-albuminoïd-, het nitraat-en het zuurstof-



Afb. 4.

Afb. 5.



gehalte constant. Het nitrietgehalte blijft tot die dosis beneden de wettelijke norm van 0,1 mg/l. De reactie van nitriet met sulfanilamide en N-(-1-naftyl)ethenedihydrochloride geeft echter een lichtroze verkleuring te zien. De uitkomsten van het onderzoek naar de effectiviteit van de UV-desinfectie zijn samengevat in de tabellen IV en V. Tabel IV heeft betrekking op de situatie bij monsterpunt 2, terwijl tabel V de resultaten geeft van de analyse van monsters, die genomen zijn op monsterpunt 3.

De koloniegetallen bij 22 °C (PCA 22 °C), die gemeten zijn bij monsterpunt 2, voldoen aan de richtlijnen. Wordt naar de resultaten gekeken die zijn verkregen nadat het water 5 meter leiding gepasseerd heeft (monsterpunt 3), dan blijken de koloniegetallen bij 22 °C (PCA 22 °C) te zijn toegenomen. Gelijke ervaringen zijn al eerder gemeld [3, 15].

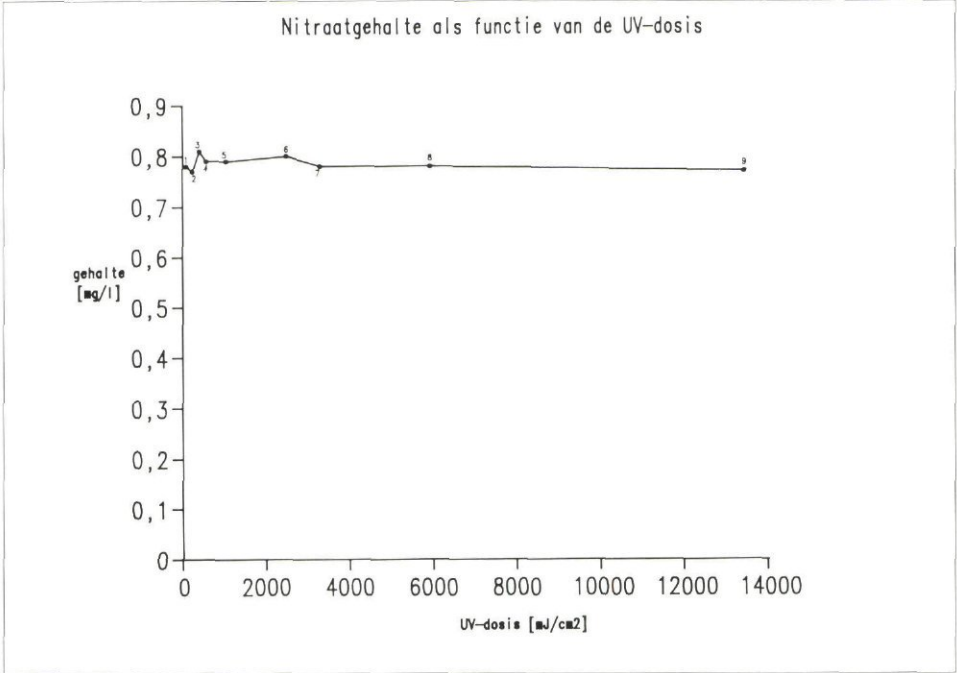
Conclusies

Uit de resultaten van de hierboven beschreven proeven kunnen voor de situatie in het pompstation te Buren de

volgende conclusies worden getrokken over de effectiviteit van de UV-desinfectie:

- *Aeromonas*-bacteriën, aangetoond bij 30 °C (ADA 30 °C) en 37 °C (ADA 37 °), en ook bacteriën, aangetoond met koloniegetallen bij 22 °C (PCA 22 °C), worden volledig gedood bij UV-dosis groter dan 43 mJ/cm². Een lagere UV-dosis kan niet beproefd worden, daar de waterafname tijdens de proefperiode onvoldoende groot is geweest. Bij eerdere onderzoeken in Nederland bleek een UV-dosis van 10-12 mJ/cm² afdoende voor een log3-doding van *Aeromonas*-bacteriën [3];
- koloniegetallen bij 37 °C (PCA 37 °C) en het Coli-getal zijn zo laag, dat het effect van UV-desinfectie niet of nauwelijks te bepalen is;
- bacteriën, aangetoond met koloniegetallen bij 22 °C (PCA 22 °C), zijn na 5 m leiding weer in het water aanwezig. De aanwezigheid wordt mogelijkwerijs veroorzaakt door:

1. herinfectie van buiten of aanwezige vervuiling in de leiding;
 2. reactivatie.
- Herinfectie door aanwezige vervuiling in leiding lijkt waarschijnlijk, alhoewel alleen een stijging van de koloniegetallen bij 22 °C (PCA 22 °C) optreedt en *Aeromonas* bacteriën afwezig blijven. Het vermoeden van optreden van herinfectie wordt versterkt door een log1-toename van het koloniegetal bij 22 °C (PCA 22 °C) en een log1,5-toename van het aantal *Aeromonas* bacteriën in de nulsituatie (= zonder UV-straling). Het ontbreken van *Aeromonas*-bacteriën in het water uit monsterpunt 3 bij lage UV-doses is vreemd. Eerder onderzoek heeft uitgewezen, dat lekke monsterkranen en biofilm in de leiding aanleiding kunnen geven tot herinfectie [3].



Afb. 6.

Reactivatie is onwaarschijnlijk, daar de verblijftijd van het water in de leiding tussen de monsterpunten 2 en 3 verwaarloosbaar is ten opzichte van de verblijftijd van de monsterflessen. Reactivatie zou ook opgetreden moeten zijn in monsters, die genomen zijn bij monsterpunt 2.

- zonder aanvullende maatregelen, zoals reinigen/vernieuwen van het leidingnet, biedt toepassen van UV-desinfectie in het pompstation te Buren geen afdoende oplossing om de bacteriologische gesteldheid van het reine water te verbeteren.

Over de vorming van nitriet onder invloed van UV-licht kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- het feit dat het nitraatgehalte van het water terugloopt, evenredig met de

toename van het nitrietgehalte van het water geeft aan, dat nitraat in water via een fotochemische reactie gereduceerd kan worden tot nitriet. Voor het optreden van deze reactie moeten oxydeerbare organische moleculen met hydroxylfuncties, zoals humuszuren aanwezig zijn;

- de vorming van nitriet is afhankelijk van de UV-dosis en het UV-spectrum: bij uifilteren van straling van kleine golflengte kan pas bij extreem hoge UV-doses (duizendvoud) nitrietvorming aangetoond worden;
- via technische aanpassingen, zoals het constant houden van de UV-dosis door het inschakelen van lampen volumestroomgestuurd te regelen, kan de nitrietvorming onder controle worden gehouden.

TABEL IV – Resultaten bacteriologische parameters bij monsterpunt 2.

UV-dosis [mJ/cm ²]	Coli-groep per 300ml	Koloniegetal per ml		Aeromonas per 100 ml	
		22 °C	37 °C	30 °C	37 °C
43	0	0	0	0	0
95	0	0	0	0	0
208	0	1	0	0	0
319	0	1	0	0	0
592	0	0	0	0	0
1.384	0	1	0	0	0
1.564	0	0	0	0	0
3.320	0	0	1	0	0
7.545	0	0	0	0	0

TABEL V – Resultaten bacteriologische parameters bij monsterpunt 3.

UV-dosis [mJ/cm ²]	Coli-groep per 300 ml	Koloniegetal per ml		Aeromonas per 100 ml	
		22 °C	37 °C	30 °C	37 °C
43	0	25	0	1	0
208	0	16	1	1	0
1.384	0	40	0	1	3

Bij normale UV-doses en lage concentraties aan oxydeerbare organische verbindingen, zoals humuszuren, is de hoeveelheid gevormd nitriet te laag om bepaald te kunnen worden! De concentratie ligt beneden de detectiegrens.

Literatuur

1. Masschelein, W. J.: (1986). *Behandeling van water door middel van ultraviolet licht?*; H₂O (19) 1986, nr 15, p 350-359.
2. Trouwborst, T. (1991). *Overheidsbeleid ten aanzien van het voorkomen van Aeromonas in drinkwater; Voordracht KIWA-VWN-colloquium 'Aeromonas in drinkwater: Voorkomen, bestrijding, betekenis'* te Ede op 7 maart 1991.
3. *Onderzoek UV-desinfectie Aeromonas bij WMO te Dedemsvaart; Kiwa-rapport SWO91.319; maart 1992.*
4. *Berson Milieutechniek bedrijfsinformatie 1992.*

5. Kruithof, J. C., Leer, R. Chr. van der and Hijnen, W. A. M. (1992). *Practical experiences with UV disinfection in the Netherlands*; JWaterSRT-Aqua Vol 41, No.2, pp 88-94.
6. Pate, K. (1991). *TOC Reduction*. Ultrapure Water, December 1991.
7. Cagnon S. et al. (1991). *Achieving low TOC*. Ultrapure Water, December 1991.
8. Kosake, K. et al. (1991). *System design*. Ultrapure Water, January 1991.
9. Yabe, K. et al. (1989). *Responding to the future quality demands of ultra pure water*. Micro-contamination, February 1989.
10. Clarke, N., Knowles, G. (1982). *High purity water using H₂O₂ and UV-radiation*. Effluent and Water Treatment Journal, September 1982.
11. Nick, K. e.a. (1992). *Degradation of some triazine herbicides by UV radiation such as used in the UV disinfection of drinking water*. JWaterSRT-Aqua Vol 41, No.2, pp 82-87.
12. Sonntag, C. von; Schumann, A. P. (1992). *UV disinfection of Drinking Water and By-product Formation – some basic considerations*. JWaterSRT-Aqua Vol 41, No.2, pp 67-74.
13. Bayliss, N. S., Bucat, R. B. (1975). *The photolysis of aqueous nitrate solution*. Australian Journal of Chemistry 28.
14. Staveren, P. J. van (1992). *The performance of a water UV-disinfection system*. February 7th 1992.
15. Hiemstra, P. (1991). *Ervaringen met Aeromonas bacteriën in drinkwater bereid uit grondwater; Voordracht KIWA-VWN-colloquium 'Aeromonas in drinkwater: Voorkomen, bestrijding, betekenis'* te Ede op 7 maart 1991.

● ● ●

Informatiemiddag MIKE SHE

Resource Analysis organiseert op 28 juni 1995 in Delft een informatiemiddag over de toepassing van MIKE SHE, een geïntegreerd 3-dimensionaal geohydrologisch simulatiepakket dat alle processen modelleert die zich in de landfase van de geohydrologische kringloop afspelen. Het pakket vindt zijn toepassing bij onder andere verdrogingsproblemen, watergerelateerde ecologische problemen en transport van vervuiling door de hydrologische cyclus. Tijdens de informatiemiddag zullen aan de hand van een praktijkvoorbeeld de mogelijkheden van MIKE SHE worden toegelicht. Nadere inlichtingen: Resource Analysis, mevr. M. Mollink, Zuiderstraat 110, 2611 SJ Delft, telefoon 015 - 12 26 22.

Workshop 'Natuur en drinkwaterwinning': natuurbeheer en waterwinning gaan prima samen

Onder de titel 'Natuur; partner en tegenpool' organiseerde het Informatie- en Kennis Centrum Natuurbeheer op 4 april jl. een manifestatie met als onderwerp de verweving van natuurfuncties met andere maatschappelijke functies. Het ochtendprogramma bestond uit twee plenaire inleidingen over duurzaamheid en verweving van functies. Dit vormde het kader voor de onderwerpen die 's middags tijdens acht parallelle workshops aan de orde kwamen. Een van die workshops was 'Natuur en drinkwaterwinning'. Voorzitter Van der Aart (commissaris NV Duinwaterbedrijf Zuid-Holland) opende de workshop 'Natuur en drinkwaterwinning' met de stelling dat de laatste jaren steeds meer blijkt dat knelpunten voor natuur door aanpassingen in waterwinning kunnen worden opgelost. Zowel vanuit drinkwaterwinning als vanuit natuurbeheer wordt steeds meer aangedrongen op samenwerking. Het doel van de workshop was dan ook om de mogelijkheden voor een convenant te verkennen. Volgens Van der Aart hebben 'waterwingebieden van oorsprong natuurwaarde. Omdat natuurbescherming en waterwinning dicht bij elkaar liggen is het probleem nu dus hoe we hydrologische systemen zo manipuleren dat de natuurwaarde stijgt'.

Geen natuur zonder water

Stuurman van IGG-TNO ging in op de geohydrochemie van Noord-Brabant. Hij stelde dat het type verdrogingsherstelmaatregelen moet verschillen, omdat er grote verschillen zijn in de samenstelling van het water, dat afkomstig is uit diverse pakketten. Verder ging hij er vanuit dat de totale grondwateronttrekking (industrie, waterwinning, landbouw) in Noord-Brabant vrijwel gelijk is aan de aanvulling van het grondwater vanuit de atmosfeer (circa 1/3 van Brabant is natuurlijk infiltratiegebied). Volgens Stuurman veroorzaakt onttrekking van grondwater uit de diepe watervoerende pakketten een daling van stijghoogte, terwijl als gevolg van die onttrekkingen de grondwaterstand vrijwel gelijk blijft. Hierdoor verdwijnt de kwel van diep grondwater. Bovendien laat zijn onderzoek zien dat het stromingspatroon van het diepe grondwater verandert door grondwateronttrekkingen. Voor herstelmaatregelen is het volgens hem dan ook noodzakelijk dat ingrepen in het ontwateringssysteem en de diepe watervoerende pakketten tegelijk en grootschalig worden aangepakt. Gezien de beperkte grondwatervoorraden is het

bovendien absoluut noodzakelijk dat het kwalitatief zeer goede grondwater alleen voor hoogwaardige doeleinden wordt gebruikt. Ook kunnen recreatie, grondwaterwinning en natuurwaarde gecombineerd worden; dit zijn elkaar versterkende functies.

Ontwikkelingen in drinkwaterwinning

In zijn presentatie ging Jansen, Kiwa Onderzoek en Advies, in op het overheidsbeleid, de verschillende wintechnieken, de oplossingsrichtingen en de consequenties. Het beleid van de overheid is erop gericht de verdroging terug te dringen met 25%. Ook stelt men plafonds aan de grondwaterwinning en wordt het (indirect) gebruik van oppervlaktewater gestimuleerd. Volgens Jansen is voor realisatie van natuurdoelstellingen vooral de lokatie van de onttrekking van belang, meer dan de hoeveelheid onttrokken water op zich. Onderzoek naar de reallocatie van pompstations in Midden-Nederland heeft dit aangetoond. Ook lokale maatregelen zoals het dempen van sloten zorgen voor herstel van hoge grondwaterstanden en kwel naar maai-veld. De afname van de hoeveelheid diepe kwel is te rigide als beleidsinstrument, omdat we immers onvoldoende weten hoeveel diepe kwel een vegetatie nodig heeft en welke andere factoren naast grondwateronttrekking een rol spelen. Jansen: 'Verdroging is een lokaal probleem, dat ook lokaal moet worden opgelost. Landelijke grootschalige modellen zijn alleen geschikt voor de beleidsvorming, niet voor uitvoering van anti-verdrogingsmaatregelen. Dit vraagt om maatwerk. Vernatting zonder renovatie van natuurterreinen is eveneens zinloos, omdat niet alleen de kwantiteit, maar ook de kwaliteit van het grondwater in de wortelzone van de vegetatie van belang is. De waterleidingbedrijven kunnen volgens Jansen ook bijdragen aan natuurbehoud door milieuvriendelijke landbouw te stimuleren en door ecologisch beheer van win- en beschermingsgebieden. Waterleidingbedrijven hebben in feite twee doelstellingen: waterwinning en natuurbeheer. Ook moet anders omgegaan worden met gebruik van schaars grondwater bijvoorbeeld door het leveren van water dat kwalitatief minder is dan drinkwater ('B-water') voor de industrie, het gebruik van afstromend oppervlaktewater en een peilbeheer gericht op het langer vasthouden van het oppervlaktewater en een grotere aanvulling van de grondwater-voorraad. Ook kan worden gedacht aan