



Wolter Siegers, KWR Watercycle Research Institute

Stephan van de Wetering, Brabant Water

Peter van Dinther, Brabant Water

Dick van der Kooij, KWR Watercycle Research Institute

# Verwijdering deeltjes met ultrafiltratie verlaagt snelheid van biofilmvorming

Om problemen met nagroei en vervuiling van het distributiesysteem te voorkomen streven de waterleidingbedrijven naar de productie van biologisch stabiel drinkwater. Waterproductiebedrijf Nuland (Brabant Water) maakt uit grondwater drinkwater dat voldoet aan alle wettelijke kwaliteitseisen, maar een hogere biofilmvormingssnelheid (BVS) heeft dan de streefwaarde van  $10 \text{ pg ATP} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ , ook na aanpassingen in de zuivering. Uit bedrijfstakonderzoek bleek dat toepassing van ultrafiltratie op het reine water van Nuland tot een aanzienlijke verlaging van de BVS-waarde leidt. De NOM-concentratie wordt daarbij niet verlaagd. Dit betekent dat de in dit water aanwezige bacteriën en deeltjes en/of daaraan gebonden componenten die door ultrafiltratie worden tegengehouden, een belangrijke rol spelen bij de biofilmvorming. Het exacte mechanisme en de relatie met de biologische stabiliteit van het water zijn nog niet duidelijk. Deze aspecten worden binnen het bedrijfstakonderzoek nader onderzocht.

Uit onderzoek dat Vitens uitvoerde, bleek dat de biofilmvormingssnelheid van het water bij waterproductiebedrijf Oldeholtspade na toepassing van ionenwisseling daalde van 4 naar  $0,6 \text{ pg ATP} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ . Deze verlaging werd vooral toegeschreven aan de gedeeltelijke verwijdering van NOM. Ionenwisseling lijkt dan ook een geschikte technologie om de biologische stabiliteit te verbeteren. Uit het bedrijfstakonderzoek van de drinkwaterbedrijven dat bij Vitens is uitgevoerd op waterproductiebedrijf Spannenburg, kwam naar voren dat toepassing van ultrafiltratie een afname van de biofilmvormingssnelheid met 60 procent veroorzaakte<sup>2)</sup>.

Ook optimalisatie van de nitrificatie in de bestaande zuivering bij Spannenburg leidt tot een verbetering van de biologische stabiliteit<sup>3)</sup>. Op basis van de hypothese van de expertgroep Klassieke Zuivering, dat deeltjes en natuurlijk organisch materiaal in water van invloed kunnen zijn op de biologische stabiliteit, is een onderzoek opgezet waarbij deeltjes en NOM geheel of gedeeltelijk uit het water worden verwijderd. Bij dit onderzoek zijn de effecten van ultrafiltratie en ionenwisseling onderzocht.

## Verwijdering van NOM door ionenwisseling

NOM bestaat uit veel verschillende typen

organische verbindingen waarvan circa 60 procent negatief geladen is, met name humus- en fulvinezuren<sup>4)</sup>. Dit maakt ionenwisseling geschikt voor een gedeeltelijke verwijdering van NOM. Humuszuren zijn

verantwoordelijk voor de kleur van het water. Daarom wordt op waterproductiebedrijf Oldeholtspade ionenwisseling toegepast voor kleurverwijdering. Aangenomen wordt dat humuszuren moeilijk afbreekbaar zijn.

Afb. 1: Huidige zuivering van waterproductiebedrijf Nuland.



Een sterke afname van de biofilmvormings-snelheid door toepassing van ionenwisseling werd daarom niet verwacht.

### Vorming en verwijdering van deeltjes

Deeltjes ontstaan bij de zuivering van grondwater door beluchting en hebben meestal een basis van ijzer- en/of mangaan(hydr)oxiden. Deze deeltjes worden door snelfiltratie niet volledig verwijderd. Daarnaast komen deeltjes in het drinkwater door filterspoelingen. Ze worden vervolgens geïntroduceerd in het distributiesysteem. Ook bij vastbed-ionenwisseling wordt een deel van de deeltjes verwijderd door filtratie. Met ultrafiltratie worden alle 'deeltjes' verwijderd die groter zijn dan circa 20 nanometer, afhankelijk van het gekozen membraan. Dit betekent dat ook polymeren met een molecuulgewicht groter dan circa 150 kDa worden verwijderd.

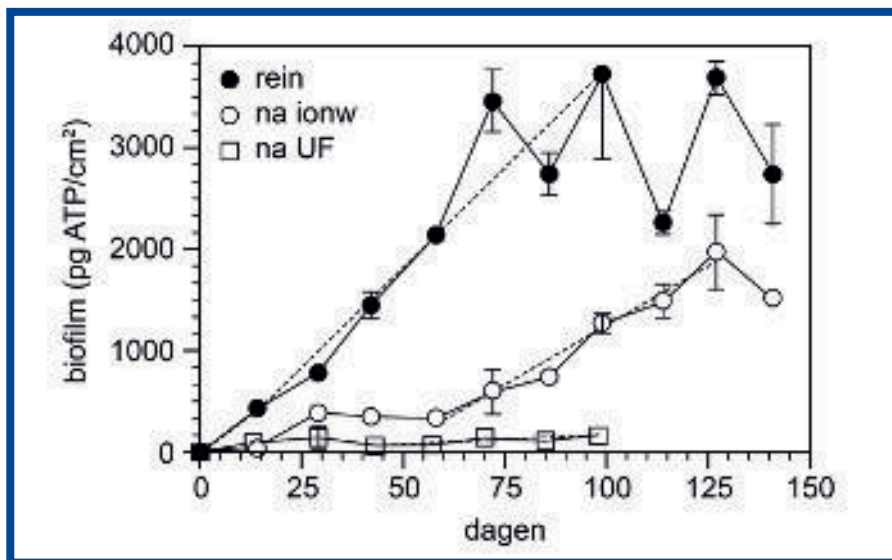
### Onderzoek Nuland

Bij waterproductiebedrijf Nuland wordt diep en middeldiep grondwater (gewonnen op 108,9 tot 135,9 meter, respectievelijk 34,5 tot 76 meter beneden maaiveld) gezuiverd tot drinkwater (zie afbeelding 1).

Beide grondwatertypen worden apart gezuiverd, waarna het water wordt gemengd en gedistribueerd. Het drinkwater van Nuland voldoet aan alle wettelijke kwaliteitseisen en aan de bedrijfsnormen van Brabant Water (zie tabel 1). Het AOC-gehalte (8 µg/l) is iets lager dan de streefwaarde van 10 µg/l acetaat-C voor biologisch stabiel drinkwater<sup>5)</sup> en voldoet daarmee aan de bedrijfsnorm. In 2005 is de zuivering van Nuland gemoderiseerd, omdat het drinkwater niet aan alle bedrijfsnormen voldeed en de zuivering op leeftijd was. Hierbij is onder meer een centrale ontharding toegevoegd. Ondanks deze aanpassingen bleef de BVS-waarde (18 pg ATP.cm<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>) van het geproduceerde drinkwater (van beide straten na menging) hoger dan de streefwaarde van 10 pg ATP.cm<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>). Deze relatief hoge waarde leidt mogelijk tot nagroei in het distributiesysteem (*Aeromonas* en/of dierlijke organismen) en in binneninstallaties (*Legionella*). Daarom is in BTO-verband bij waterproductiebedrijf

Tabel 1: Samenstelling van ruw en rein water bij waterproductiebedrijf Nuland (gegevens 2006).

parameter	ruw middeldiep	ruw diep	rein	bedrijfsnorm
CH <sub>4</sub> (mg/l)	1,5	2,5	<0,01	<0,1 na ontgassing
NH <sub>4</sub> (mg/l)	1,0	1,1	0,02	<0,05
NO <sub>3</sub> (mg/l)	<0,5	<0,5	3,4	<25
NO <sub>2</sub> (mg/l)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,05
Fe (mg/l)	8,0	2,0	0,01	<0,05
Mn (mg/l)	0,4	0,08	<0,01	<0,02
HCO <sub>3</sub> (mg/l)	236	262	190	>120
EGV (mS/m)	45	91	52	<80
TOC (mg C/l)	9,8	2,7	3,2	<5
pH	7,1	7,4	7,8	7,8<pH<8,3
AOC (µg/l ac-C)	onbekend	onbekend	8	<10



Afb. 2: Biofilmvorming in de biofilmmonitors die werden gevoed met het reine water, het reine water na ionenwisseling en het reine water na ultrafiltratie.

	rein water	na ionenwisseling	na ultrafiltratie
BVS (pg ATP cm <sup>-2</sup> .d <sup>-1</sup> )	38,7 ± 4,2	23,2 ± 2,1	1,0 ± 0,5
FeAS (mg Fe m <sup>-2</sup> .d <sup>-1</sup> )*	1,00 ± 0,19	0,095 ± 0,01	0,031 ± 0,084 ??
MnAS (mg Mn m <sup>-2</sup> .d <sup>-1</sup> **)	0,42 ± 0,08	0,04 ± 0,01	0,008 ± 0,02 ??
ATP (ng/l)	8,9	4,9	4,2
totaal aantal bacteriën (N/ml)	2,1 x 10 <sup>5</sup>	2,1 x 10 <sup>5</sup>	1,1 x 10 <sup>4</sup>
AOB (N/ml)	4,4 x 10 <sup>2</sup>	1,8 x 10 <sup>2</sup>	<1,5 x 10 <sup>1</sup>
NPOC (mg C/l)	2,9	1,1	2,8
UV-absorptie (m <sup>-1</sup> )	9 ± 2	1 ± 1	9 ± 2
PO <sub>4</sub> (mg/l)	12	10	11
deeltjes (N/ml)	157	60	20

\* = ijzerafzettingssnelheid; \*\* = mangaanafzettingssnelheid.

Tabel 2: Invloed van ionenwisseling en ultrafiltratie op de watersamenstelling.

Nuland onderzoek uitgevoerd naar mogelijkheden om deze relatief hoge BVS-waarde te verlagen.

### Effect op watersamenstelling

Met drinkwater van waterproductiebedrijf

Nuland is onderzocht welke invloed natuurlijk organisch materiaal en deeltjes hebben op de biofilmvormende eigenschappen van het water. Het water is behandeld met ultrafiltratie (geen verwijdering van NOM, wel volledige verwijdering van deeltjes) en ionenwisseling (gedeeltelijke verwijdering van NOM en deeltjes). De effecten van deze behandelingen zijn bepaald met behulp van biofilmmonitors, deeltjestelling en NOM-karakterisering. De metingen zijn uitgevoerd tussen april en september 2008. In afbeelding 2 zijn de resultaten van de biofilmmonitors weergegeven. De resultaten met betrekking tot de BVS, NOM- en deeltjesverwijdering staan in tabel 2.

### Biofilmvorming

De BVS van het reine water (38,7 pg ATP.cm<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>) was in de onderzoeksperiode veel hoger dan de streefwaarde en tweemaal hoger dan de eerdere meting in 2007. Ook de ijzerafzettingssnelheid (FeAS) is hoger dan de eerdere meting in 2007 (0,5 mg Fe.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>). De FeAS- en MnAS-waarden zijn relatief hoog in vergelijking met water van andere productiebedrijven in Nederland<sup>7)</sup>. Een hoge BVS-waarde kan leiden tot nagroei van

*Aeromonas*. In het distributiesysteem van Nuland worden verhoogde aantallen *Aeromonas* waargenomen, maar de wettelijke kwaliteitseis (< 1000 kve per 100 ml) wordt niet overschreden.

De BVS-waarde van het water na ionenwisseling was gedurende de eerste 60 dagen laag, maar nam daarna toe tot 23,3 pg ATP.cm<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup> (zie afbeelding 2). Deze toename is mogelijk het gevolg van het veranderen van de wijze van regenereren, maar dat is niet nader onderzocht. De BVS-waarde van het water na ultrafiltratie (1,0 pg ATP.cm<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>) was veel lager dan de streefwaarde voor biologisch stabiel water. Ultrafiltratie had vrijwel geen effect op het gehalte natuurlijk organisch materiaal in het water. Dit betekent dat deeltjes en/of colloïden die met ultrafiltratie uit het gemengde water werden verwijderd, een grote invloed hebben op de biofilmvormende eigenschappen van het reine water. Aan deeltjes gebonden nutriënten en sporenelementen zouden hierbij een rol kunnen spelen, maar ook biomassa (van bacteriën) kan bijdragen aan de biofilmvorming.

### Deeltjes

Uit tabel 2 blijkt dat 90 procent van de deeltjes die groter zijn dan 1 µm, door ultrafiltratie is verwijderd. Gezien de poriëgrootte van ultrafiltratiemembranen was volledige verwijdering verwacht. Een mogelijke verklaring is dat de deeltjesmeting plaatsvond in de buffertank na de ultrafiltratie en niet direct in het permeaat. Opvallend is de significante verwijdering (60 procent) van deeltjes door ionenwisseling. Uit deeltjestelling (> 1 µm) blijkt dat de grootste fractie (90 procent) van deeltjes in de range van 1-3 µm valt. Dit kan betekenen dat ook een aanzienlijk aantal deeltjes aanwezig was met afmetingen kleiner dan 1 µm, die wel door

ultrafiltratie worden verwijderd maar niet met deeltjestelling worden waargenomen. Tot deze deeltjes behoren tevens de bacteriën. Uit tabel 2 blijkt dat het totale aantal bacteriën in het reine water circa 2 x 10<sup>5</sup> per ml bedraagt. De lage BVS-waarde na ultrafiltratie is mogelijk een gevolg van de vergaande verwijdering van bacteriën uit het water.

### NOM

Ultrafiltratie verwijderde vrijwel geen natuurlijk organisch materiaal; ionenwisseling verwijderde het voor 62 procent (zie tabel 2). Uit nadere analyse met LC-OCD blijkt dat vooral de humuszuren werden verwijderd door ionenwisseling (93 procent), gevolgd door de fractie laagmoleculaire neutrale verbindingen (32 procent). Gezien de significante verwijdering van deeltjes (die niet meegenomen worden in de NOM-karakterisering) is niet duidelijk wat de oorzaak is van de beperkte verlaging van de BVS-waarde door ionenwisseling. Deze verlaging is waarschijnlijk slechts in beperkte mate het gevolg van de verwijdering van NOM, vanwege de geringe bijdrage van de moeilijk afbreekbare humuszuren aan de biofilmvorming. Nadere analyse met gefluïdiseerde ionenwisseling - waarbij deeltjesverwijdering een geringere rol speelt - kan uitwijzen of NOM-verwijdering invloed heeft. Een analyse van de NOM-fracties, aangevuld met AOC-metingen, zou kunnen uitwijzen of ionenwisseling ook biologisch afbreekbare fracties verwijderd.

### Samenvatting

Ultrafiltratie van het reine water van waterproductiebedrijf Nuland leidde tot een aanzienlijke afname van de snelheid van de biofilmvorming, terwijl vrijwel geen natuurlijk organisch materiaal werd verwijderd. Dit betekent dat de in dit water

aanwezige bacteriën, deeltjes, colloïden en/of de daaraan gebonden nutriënten een grote invloed hebben op de biofilmvorming. Eerder onderzoek naar de biofilmvormende eigenschappen van het reine water, uitgevoerd in opdracht van Brabant Water, leidde tot de hypothese dat deeltjes belangrijke nutriënten voor bacteriën bevatten waaronder fosfaat<sup>6)</sup>. In BTO-verband wordt onder andere op Nuland verder onderzoek uitgevoerd naar de invloed van bacteriën, deeltjes en NOM op de biofilmvorming.

### LITERATUUR

- 1) Schippers D. en P. Sjoerdsma (2007). Kwaliteitsverbetering op meerdere fronten door ontkleuring via ionenwisseling. H<sub>2</sub>O nr. 20, pag. 38-39.
- 2) Beerendonk E., E. Cornelissen, D. Harmsen, H. Vrouwenvelder, A. Verliefe en D. van der Kooij (2006). Technische haalbaarheid van Q21-kwaliteit voor drinkwater uit anoxisch grondwater. KWR Watercycle Research Institute. BTO-rapport 2006.004.
- 3) Van Paassen J., P. Sjoerdsma en J. Duiven (2009). 'Q21'-drinkwater zonder gebruik van membranen. H<sub>2</sub>O nr. 22, pag. 38-40.
- 4) Siegers W., J. Ogier, P. van der Wielen en D. van der Kooij (2009). The use of NOM characterisation methods for the measurement of biodegradable NOM. KWR Watercycle Research Institute. BTO-rapport 2009.031.
- 5) Van der Kooij D. (1992). Assimilable organic carbon as an indicator of bacterial regrowth. J. Am. Water Works Assoc. 84, pag. 57-65.
- 6) Van der Wielen P. en D. van der Kooij (2008). Effect van de zuivering op de biologische stabiliteit van het drinkwater van ps Nuland. KWR Watercycle Research Institute. Rapport 08.092.
- 7) Vrouwenvelder J. (2001). Biologische stabiliteit van het drinkwater van pompstation Loosbroek en Veghel. KWR Watercycle Research Institute. BTO-rapport 2000.230.

Waterproductiebedrijf Nuland (foto: Brabant Water).

