

Microfiltratie als nieuwe techniek voor de behandeling van spoelwater

Inleiding

De Nederlandse waterleidingbedrijven hebben in het VEWIN-milieuplan vastgelegd te streven naar beperking van de interne waterverliezen bij de productie van drinkwater. Belangrijke redenen hiervoor zijn:

- het stijgend waterverbruik;
- de verdrogingsproblematiek bij de onttrekking van grondwater;
- de milieubelasting op grondwater ($f 0,34$ per m^3 exclusief BTW) en beperkingen die worden gesteld aan grondwateronttrekking;



ING. G. VOS
NV Nutsbedrijf Regio Eindhoven



IR. N. C. WORTEL
Kiwa NV Onderzoek en Advies



IR. H. A. OOSTEROM
Kiwa NV Onderzoek en Advies

- stringenter eisen ten aanzien van spoelwater(slib)behandeling.

Bij het beperken van de interne waterverliezen wordt veruit het hoogste rendement verwacht van optimalisatie van de bestaande zuivering. Het betreft voornamelijk optimalisatie van het spoelproces in combinatie met terugwinning van spoel- en/of inwerkwater van snelfilters en actieve koolfilters.

Voor de terugwinning van spoelwater wordt bij waterleidingbedrijven bij proef- en full-scale installaties gebruik gemaakt van bewezen technieken als coagulatie (dosering van vlokmiddelen, vlokvorming), sedimentatie (bezinking), zandfiltratie en UV-desinfectie of desinfectie met chloor. Landelijk gezien staat de bovengrondse terugwinning van spoelwater bij grondwaterbedrijven echter nog in de kinderschoenen. Eind 1994 werd slechts circa 3% van het bij (oever)grondwater en duininfiltraat vrijkomende spoelwater van snelfilters teruggewonnen. In het VEWIN-milieuplan hebben de waterleidingbedrijven spoelwaterterugwinning als doelstelling opgenomen. Naar verwachting zal het terugwinpercentage eind 1995 zijn opgelopen tot 15% en eind

Samenvatting

De Nederlandse waterleidingbedrijven hebben in het VEWIN-milieuplan vastgelegd te streven naar beperking van de interne waterverliezen bij de productie van drinkwater. Goede mogelijkheden zijn gelegen in het terugwinnen van spoelwater van snelfilters, omdat dit nog slechts bij een zeer klein aantal zuiveringsstations wordt toegepast. Op pompstation Aalsterweg van het NV Nutsbedrijf Regio Eindhoven (NRE) wordt het spoelwater van de snelfilters echter al sinds 1976 teruggewonnen. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van bekende technieken als coagulatie (dosering van vlokmiddelen, vlokvorming), sedimentatie (bezinking), zandfiltratie en desinfectie. Omdat de huidige installatie onvoldoende capaciteit heeft en de toegepaste desinfectie met chloor niet meer gewenst is, gaat NRE de spoelwaterzuivering op pompstation Aalsterweg op korte termijn vervangen. Behalve aan conventionele technieken wordt ook aandacht besteed aan toepassing van alternatieve technieken. Eind 1994 is NRE in samenwerking met Kiwa en Haskoning gestart met oriënterend onderzoek naar de spoelwaterzuivering met behulp van microfiltratie. De resultaten hiervan geven aan dat microfiltratie een geschikt alternatief kan zijn voor de tot nu toe toegepaste technieken. Met microfiltratie kan een nagenoeg constante opbrengst en een goede permeaatkwaliteit worden bereikt. Vervolgonderzoek is noodzakelijk om effecten op langere termijn zoals membraanvervuiling en de beheersing hiervan alsmede permeaatkwaliteit vast te stellen. Hierbij worden ook de ontwerpgrondslagen voor een uiteindelijke membraanfiltratie-installatie vastgelegd.

1996 tot 20% [Van Nieuwenhuyze en Koppers, 1995].

Spoelwaterbehandeling op zuiveringsstation Aalsterweg

Op zuiveringsstation Aalsterweg van het NV Nutsbedrijf Regio Eindhoven (NRE) wordt het spoelwater van de zandfilters al sinds 1976 teruggewonnen. De huidige installatie voor de zuivering van het spoelwater bestaat uit de volgende onderdelen:

- een buffer van $2500 m^3$ voor het verzamelen van het totale dagvolume aan spoelwater van de zandfilters (voor- en nafilts); de filters worden na elkaar gespoeld. In de buffer is een radiale slibruimer aanwezig, die het reeds bezonken slib uit de buffer verwijderd.
- een put waarin het reeds bezonken slib uit de buffer van zand wordt ontdaan, voordat het naar de riolering wordt pompst.
- een ijzerchloridesulfaat- en natronloogdoseerinstallatie in de spoelwateraanvoerleiding van de buffer naar de vlokvormer. De chemicaliën worden intensief met het spoelwater gemengd in een statische menger.
- een twaalfcompartiments vlokvormer van circa $18 m^3$.
- twee straten met lamellenpakketten met een geprojecteerd oppervlak van elk $70 m^2$.
- een chloordosering gevolgd door twee chloorcontacttanks met een verblijftijd van in totaal 1 uur.
- twee gesloten enkellaags zandfilters ($v=7 m/h$).

Het aldus behandelde spoelwater wordt na snelfiltratie naar de reinwaterkelders

getransporteerd. Met uitzondering van het incidenteel voorkomen van trihalomethanen en andere desinfectie-bijproducten heeft dit water een uitstekende kwaliteit. De aanwezigheid van deze desinfectie-bijproducten wordt veroorzaakt door de dosering van chloor. De installatie werkt bij de nominale belasting van $70 m^3/h$ naar tevredenheid, hoewel de onderhoudsgevoeligheid hoog is. Bij belasting van de installatie met een verhoogd debiet slaan de lamellenpakketten door. Gevolg is dat onvoldoende bezonken spoelwater met een verhoogd gehalte aan zwevende stof de zandfilters belast en er risico van doorslag is. De chloordosering moet worden verhoogd om desinfectie te waarborgen. De zwaarder belaste filters moeten ook vaker worden teruggespoeld.

In 1998 zal de productiecapaciteit van zuiveringsstation Aalsterweg worden uitgebreid tot 25 miljoen m^3 /jaar. De productie van spoelwater neemt dan toe tot maximaal $120 m^3/h$. De huidige spoelwaterbehandelingsinstallatie is hier echter niet op berekend en wordt daarom in 1996 vervangen. Om de vorming van ongewenste desinfectie-bijproducten (o.a. trihalomethanen) te voorkomen, wordt de nu toegepaste chloordosering vervangen door UV-desinfectie [Vos, 1995]. Om ontwerpgrondslagen voor een nieuwe spoelwaterzuivering gebaseerd op bewezen technieken vast te stellen, zijn de tekortkomingen van de huidige installatie door Kiwa in kaart gebracht. Hiertoe is het vlokformings- en bezinkproces doorgelicht met een door Kamp [Kamp, 1993] in Nederland ge-

introduceerde in situ meetmethode [Hernebring, 1981]. Het coagulatieproces blijkt uitstekend te werken; de gemiddelde verblijftijd voor de vlokvorming is goed gekozen en de verblijftijdspreiding in de vlokvormer is gering [Wortel en Koreman, 1995]. Het bezinkgedrag van de uit-gevlokte spoelwaterslibdeeltjes is naar behoren. Bij verhoogde capaciteit blijkt echter doorslag van de lamellenseparatoren op te treden. Het in situ onderzoek toonde aan dat vlokafbraak in de toevoerconstructie naar de lamellenafscheider en een te geringe lamelafstand de oorzaken zijn.

Omdat de huidige spoelwaterfilters worden doorstroomd met water dat nog met chloor is gedesinfecteerd, kunnen de prestaties van deze filters niet worden gebruikt voor het uitleggen van de toekomstige spoelwaterzuivering. Daarom zijn filtratieproeven uitgevoerd met dubbellaags- en enkellaagszandfilters om de filtratiesnelheid te bepalen. Hiermee worden de ontwerpgrondslagen voor nieuwe zandfilters vastgesteld. Parallel hiermee is microfiltratie als alternatieve techniek voor de zuivering van spoelwater onderzocht. Eind 1994 is NRE in samenwerking met Kiwa en Haskoning dit onderzoek gestart. Doelstelling is te bepalen in hoeverre microfiltratie een alternatief is voor de bovenstaande traditionele aanpak.

Microfiltratie; een alternatief?

Boonthanon *et al.* [1994] en Cushing *et al.* [1995] onderzochten de terugwinning van spoelwater met behulp van cross-flow microfiltratie. Hieruit blijkt dat dosering van chemicaliën, coagulatie, sedimentatie, (zand)filtratie en mogelijk desinfectie geheel of grotendeels door cross-flow microfiltratie kunnen worden vervangen.



Afb. 1 - Gebruikte membraanmodules voor behandeling van spoelwater van zuiveringsstation Aalsterweg (NRE).

Voor de behandeling van het spoelwater van zuiveringsstation Aalsterweg met microfiltratie wordt in een proefopstelling gebruik gemaakt van buisvormige membraanmodules met een diameter van 5.2 mm (afb. 1). Deze relatief brede buizen zullen naar verwachting minder snel met slib verstopten dan capillaire membranen. De voedingsstroom (het spoelwater) wordt gescheiden in een concentraatstroom (het spoelwaterslib) en een permeaatstroom (het gezuiverde spoelwater). Bij cross-flow bedrijfsvoering is sprake van een stroomsnelheid langs het membraanoppervlak. Door de langsstroomsnelheid voldoende hoog te houden (1-4 m/s) kan vervuiling van de membranen in principe worden tegengegaan. Vervuiling kan optreden door afzetting van een laag (koek) op het membraanoppervlak en/of verstopping van de poriën met het colloïdaal materiaal. Gedurende het microfiltratieproces wordt het spoelwater steeds verder ingedikt. De

concentratiefactor geeft de mate van indikking aan die hiermee wordt bereikt. Bij voldoende indikking kan een aansluitende slibindikstap overbodig zijn. Het spoelwaterconcentraat wordt dan rechtstreeks geloosd op het riool of op andere wijze verwerkt.

Belangrijke procesparameters zijn flux en retentie. De flux is de hoeveelheid gezuiverd spoelwater die wordt geproduceerd per vierkante meter membraanoppervlak. De retentie is de mate waarin het gesuspendeerde en colloïdale materiaal in het spoelwater door het microfiltratiemembraan wordt tegengehouden. Bij een hogere retentie geldt dat de permeaatkwaliteit beter is.

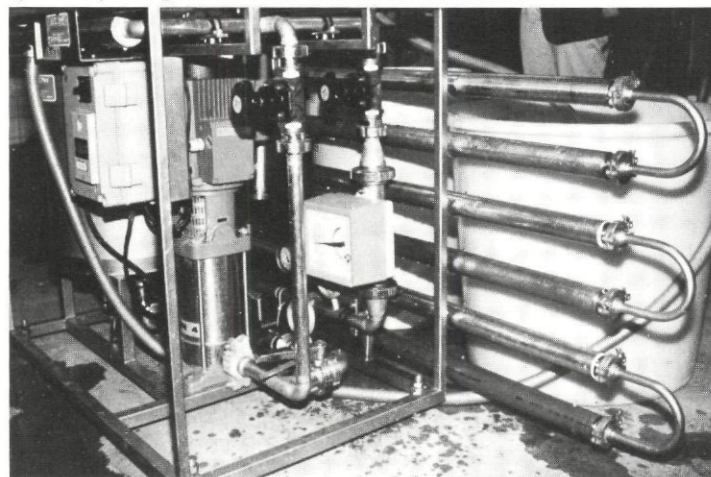
Vooronderzoek

Met het spoelwater van de snelfilters van zuiveringsstation Aalsterweg is gedurende één dag een vooronderzoek uitgevoerd om membranen te selecteren voor de uitvoering van oriënterende experimenten. In totaal zijn zes verschillende micro- en ultrafiltratiemembranen getest (afb. 2). Op basis van flux en permeaatkwaliteit zijn twee microfiltratiemembranen met een respectievelijk grotere en kleinere poriegrootte geselecteerd. De desbetreffende membranen vertoonden gedurende het vooronderzoek een constante flux en het permeaat was helder (afb. 3). Resterende ijzer- en mangaangehaltes waren respectievelijk 0,02 mg/l Fe en $\leq 0,02$ mg/l Mn. Het vooronderzoek heeft aangetoond dat een concentratiefactor van 15 bij de zuivering van dit spoelwater ruimschoots haalbaar is.

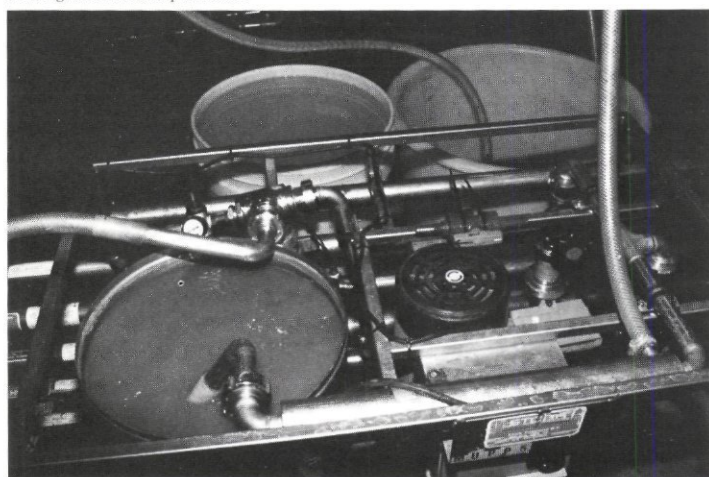
Proefinstallatie

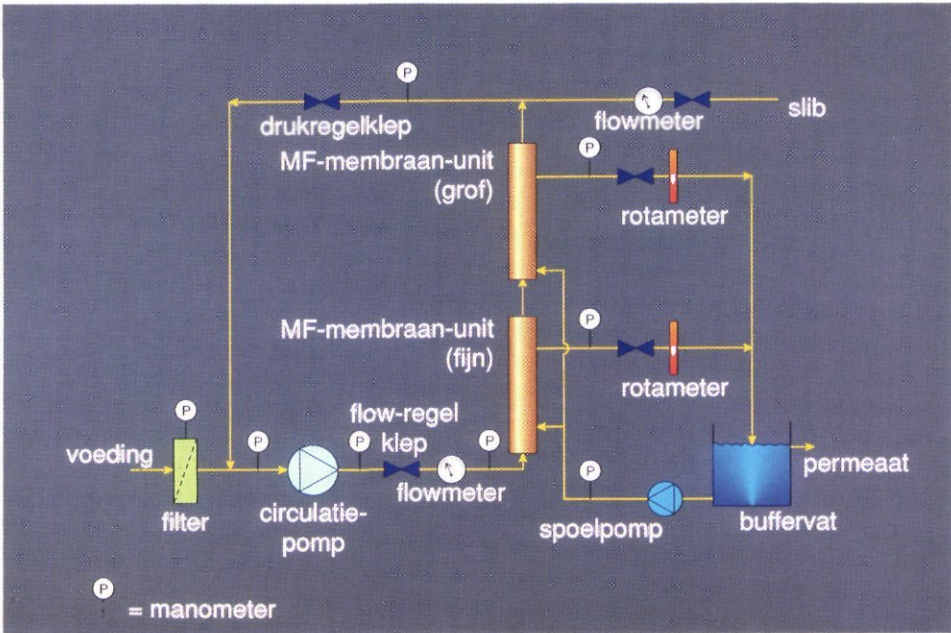
Op locatie van zuiveringsstation Aalsterweg zijn gedurende een periode van 10 weken oriënterende experimenten met de cross-flow bedreven microfiltratie-

Afb. 2 - Beproeversinstallatie voor de selectie van membranen.



Afb. 3 - Bovenaanzicht beproevingsinstallatie. Vat voorgrond: ruw spoelwater; vat achtergrond: helder permeaat.





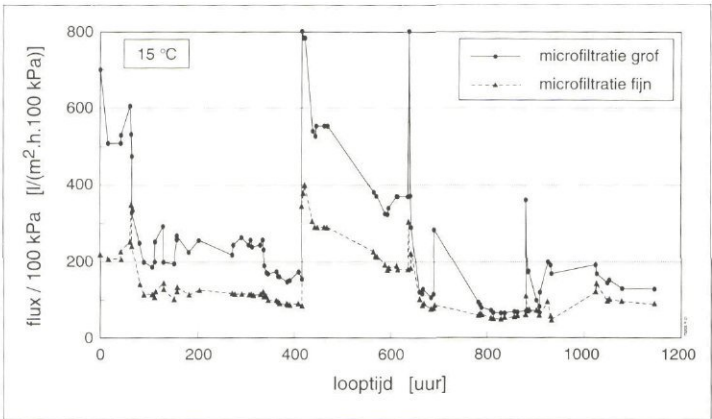
Afb. 4 - Processchema proefinstallatie voor cross-flow microfiltratie van spoelwater.

Afb. 5 - Cross-flow microfiltratie-installatie voor zuivering van spoelwater tot drinkwater op zuiveringsstation Aalsterweg (NRE).



membranen uitgevoerd. Afbeelding 4 toont een processtroomschema van de hierbij gebruikte proefinstallatie. De membranen zijn in de proefinstallatie (afb. 5) in serie geplaatst en vervolgens gelijktijdig met dezelfde langsstroomsnelheid beproefd. De proefinstallatie is uitgevoerd met een terugspoelpomp, waarmee de membranen vanaf de permeaatzijde regelmatig zijn teruggespoeld. Door dit zogenaamde 'backflushen' wordt een snelle vervuiling van de membranen voorkomen. De circulatiepomp zorgt voor de benodigde langsstroomsnelheid langs het membraan.

Afb. 6 - Membraneflux van respectievelijk grof en fijn microfiltratiemembraan (genormaliseerd naar 100 kPa transmembraandruk en 15 °C) in afhankelijkheid van de looptijd.



Dit voorkomt ophoping van de colloïdale spoelwaterdeeltjes aan het membraanoppervlak of in de poriën.

Prestaties van de membranen

Een belangrijke procesparameter is, zoals reeds gezegd, de flux (l/(m².h)). Voor een vergelijking van de prestaties van de microfiltratiemembranen is de flux genormaliseerd naar druk (100 kPa) en temperatuur (15 °C). De resultaten voor zowel het grove als het fijne microfiltratiemembraan zijn weergegeven in afbeelding 6. Het membraan met de grootste poriegrootte vertoont in vrijwel alle gevallen de hoogste flux. Voor beide membranen geldt dat de flux gedurende de bedrijfsvoering relatief snel afneemt tot een min of meer constante waarde. Om de flux te herstellen worden de membranen periodiek met zuur gereinigd. Zuur is toegepast vanwege het anorganische karakter van het gesuspendeerde materiaal in het spoelwater. Hierdoor herstelt de flux nagenoeg volledig. Door het toepassen van de zogenaamde 'backflush' neemt de flux inderdaad aanzienlijk minder snel af. Ook vertoont de afname van de flux een meer geleidelijk karakter. Dit is ook aan-schouwelijk gemaakt in afbeelding 6 (t = 400-600 uur). Naar het einde van de oriënterende experimenten toe is de stroomsnelheid langs het membraanoppervlak verminderd van 4 naar 2 m/s door verlaging van het circulatiedebiet. Dit resulteert slechts in een geringe afname van de flux, wat impliceert dat het energieverbruik in principe nog aanzienlijk omlaag kan zonder dat een grote afname van de flux optreedt. De betrekkelijke ongevoeligheid van de flux voor de langsstroomsnelheid wijst in de richting van de toepasbaarheid van (energiezuinige) dead-end filtratie. Ook de aard van membraanvervuiling wijst hierop. Elektronenmicroscopie toonde aan dat de zeer slecht waterdoorlatende sliblaag óp het membraanoppervlak zit

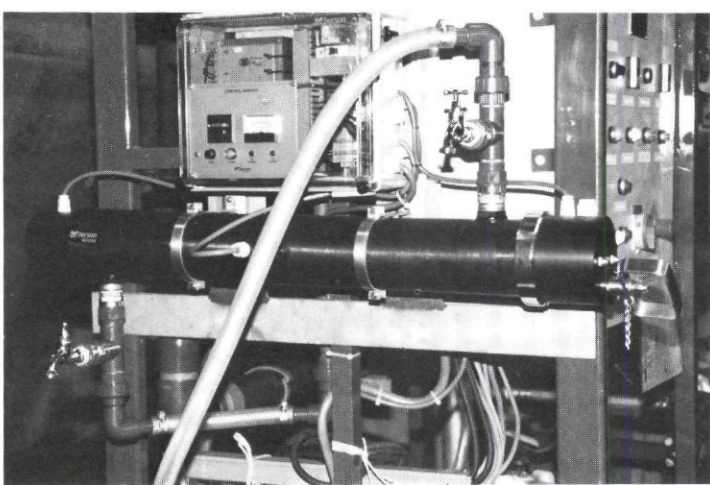
vastgekleefd terwijl de poriën schoon zijn. Een in de huidige installatie bezonken en afgezette 'Aalsterweg'-sliblaag is wél redelijk doorlatend. Er wordt hier derhalve aangenomen dat de turbulente stroming bij cross-flow filtratie oorzaak kan zijn van het ontstaan van deze slecht waterdoorlatende afzetting. Mogelijk zou in dit geval dead-end filtratie een beter doorlatende sliblaag kunnen opleveren.

Mede door de beperking van het energieverbruik tijdens de testperiode (theoretisch < 1 Kwh/m³ permeaat) kunnen de over-all kosten voor cross-flow microfiltratie voor het spoelwater van zuiveringsstation Aalsterweg (120 m³/h) worden ingeschat op f 0,60 – f 0,90 per m³ spoelwater. Dit kostenniveau is gelijk aan of lager dan de kosten van conventionele behandeling. Verdere kostenverlaging door energiebesparing (dead-end filtratie) lijkt mogelijk.

Waterkwaliteit

Wat de anorganische parameters ijzer en mangaan betreft, voldoet het permeaat in de meeste gevallen aan de VEWIN-aanbevelingen. De resultaten zijn weergegeven in tabel I (ijzergehalte) en tabel II (mangaangehalte). Het ruwe spoelwater bevat gemiddeld 80 mg/l Fe en 4 mg/l Mn. De retentie van de membranen voor de colloïdale ijzer- en mangaanhydroxydes is hoog; Fe-retentie >99,9% en Mn-retentie >99%. Het gehalte aan DOC (opgelost organisch koolstof) in het permeaat is laag (<3 mg/l C). Het gehalte aan AOC (assimileerbaar organisch koolstof) als maat voor de biologische stabiliteit van het spoelwaterpermeaat is ook relatief laag (<20 µg/l Ac-C). Het AOC-gehalte van het ruwe spoelwater varieert van 150-630 µg/l Ac-C. Omdat AOC blijkbaar grotendeels door de membranen wordt tegengehouden, impliceert dit dat het AOC in het ruwe spoelwater gebonden is aan het gesuspendeerde en/of colloïdale materiaal

Afb. 7 - Ultra-violet (UV) desinfectie-eenheid op de cross-flow microfiltratie installatie.



en achterblijft in het spoelwaterconcentraat c.q. slib. Oriënterende microbiologische metingen wijzen op een goede retentie van de gebruikte membranen voor bacteriën. Bacteriën van de coli-groep zijn niet aanwezig. De koloniegetallen voldoen na UV-desinfectie (afb. 7) in de meeste gevallen aan het Waterleidingbesluit. De extinctie van het permeaat is voldoende laag (4,7-6,1 m⁻¹; n = 14) om aanvullende desinfectie met UV-straling te realiseren. UV-desinfectie is nodig als veiligheidsbarrière.

Conclusies en vervolg

De resultaten van het oriënterende onderzoek naar de behandeling van spoelwater met behulp van cross-flow microfiltratie laten zien dat deze techniek een alternatief kan zijn voor de conventioneel toegepaste technieken coagulatie, sedimentatie, zandfiltratie en mogelijk desinfectie. De oriënterende experimenten hebben aangegeven dat de microfiltratie-installatie een genoeg constante capaciteit en een goede permeaatkwaliteit levert. De werking van de membranen en het proces als geheel (b.v. energieverbruik, vervuiling, reinigingsregiem, etc.) moet gedurende langere tijd worden vastgesteld om de

ontwerpgrondslagen voor een uiteindelijke membraanfiltratie-installatie vast te kunnen stellen. Daarom wordt het onderzoek op zuiveringsstation Aalsterweg met twee semi-technische installaties, die elk een productie kunnen leveren van 3-10 m³/h, tot november 1995 voortgezet. Dit onderzoek wordt door NOVEM (MINT-programma) gesubsidieerd en begeleid door NRE, Haskoning, Stork, X-Flow en Kiwa.

Verantwoording

Het oriënterend onderzoek naar de behandeling van spoelwater door microfiltratie op zuiveringsstation Aalsterweg is door NV Nutsbedrijf Regio Eindhoven (NRE) en Kiwa NV Onderzoek en Advies uitgevoerd. Kiwa heeft de proefnemingen ondersteund in het kader van het VEWIN-Onderzoekprogramma 1993-1997. Gewaardeerde medewerking en ondersteuning is verleend door Haskoning Koninklijk Ingenieurs en Architectenbureau (begeleidingscommissie), Hubert Stavoren BV (leverancier installatie, begeleidingscommissie) en Installatie, Friesland BV (uitvoering membraankeuzetest, leverancier membranen, begeleidingscommissie). Vervolgonderzoek in het kader van het VEWIN-Onderzoekprogramma zal ook plaatsvinden op zuiveringsstation Hammerfliet van de NV Waterleiding Maatschappij Overijssel NV (WMO).

Literatuur

Boonthanon, S., Prasanthi Dharmapapa, H., Vigneswaran, S., & Ben Aim, R. (1991). *Use of backflush technique in cross-flow microfiltration for treating natural water and filter backwash wastewater in water works.*
Cushing, R., Thompson, M., Vickers, J., Clancy, J., & Wiesner, M. (1995). *'Recovering filter backwash wastewater and filter-to-waste losses using microfiltration and ultrafiltration'* in WEF/AWWA Joint Residuals/Biosolids Conference, Kansas City, Missouri.

TABEL I – IJzergehalten in ruw spoelwater en permeaat bij cross-flow microfiltratie van spoelwater van zuiveringsstation Aalsterweg.

	Spoelwater [mg/l Fe]	Permeaat Micro grof [mg/l Fe]	Permeaat Micro fijn [mg/l Fe]
Bereik	51,7-148,0	< 0,01-0,15	< 0,01-0,12
Gemiddelde	80,8	0,026	0,022
Aantal bepalingen	8	16	16

TABEL II – Mangaangehalten in ruw spoelwater en permeaat bij cross-flow microfiltratie van spoelwater van zuiveringsstation Aalsterweg.

	Spoelwater [mg/l Mn]	Permeaat Micro grof [mg/l Mn]	Permeaat Micro fijn [mg/l Mn]
Bereik	0,1-13,4	< 0,02-0,06	< 0,02-0,06
Gemiddelde	4,0	0,033	0,033
Aantal bepalingen	9	16	16

Hernebrink, C. (1981). *On flocculation efficiency in water treatment*. Chalmers University of Technology, Department of Sanitary Engineering, Dissertation no 4, Göteborg.

Kamp, P. C. (1993). *Bezinkproef in situ en verwerking van de resultaten, uit: Het coagulatieproces in de negentiger jaren*. Kiwa rapport SWE 93.020.

Nieuwenhuys, R. F. van en Koppers, H. M. M. (1995). 'Spoelwater- en slibverwerking: State of the art' Bijdrage aan de syllabus van de PAO-cursus: 'Spoelwater- en slibverwerking bij de waterleiding-bedrijven'. Delft, 13-16 juni 1995, pp 30.

Vos, G. (1995). 'Spoelwaterzuiveringsinstallaties Nutsbedrijf Regio Eindhoven', Bijdrage aan de syllabus van de PAO-cursus: 'Spoelwater- en slibverwerking bij de waterleidingbedrijven'. Delft, 13-16 juni 1995, pp 13.

Wortel, N. C., & Koreman, E. A. (1995). 'Spoelwater- en slibverwerking: onderzoek' Bijdrage aan de syllabus van de PAO-cursus: 'Spoelwater- en slibverwerking bij de waterleidingbedrijven'. Delft, 13-16 juni 1995, pp 30.

● ● ●

Kralingse Plas

- *Vervolg van pagina 698.*

van het effect van stabilisering en versteviging van de waterbodem en reductie van de algengroei. Hoewel optimisme hier past, kunnen geen garanties worden geboden.

Conclusies

De huidige toestand van de Kralingse Plas kan worden verbeterd. Voor het verbeteren van de huidige toestand in de richting van dit streefbeeld zijn drie scenario's ontwikkeld, die verschillen in ecologisch rendement, het effect op de recreatie en kosten. In elk van de scenario's is naar een optimale afstemming gestreefd tussen recreatie en ecologie in het stedelijke gebied van Rotterdam. Het Hoogheemraadschap kan – samen met de andere bij de Kralingse Plas betrokken actoren – nu een keuze maken die past bij de gewenste ontwikkeling en de beschikbare middelen. In hoeverre het streefbeeld-scenario uitgevoerd kan worden is afhankelijk van de draagwijdte van de herstelplannen bij de bevolking en andere belanghebbenden. Voordat herstelmaatregelen worden uitgevoerd, moet nader onderzoek plaatsvinden, vooral naar het toestaan van peilfluctuaties en de urgentie voor waterbodemsanering.

Literatuur

1. Smit, D. de, & Wierenga, R. D. J. (1993). *Integrale eutrofiëringbestrijding Kralingse Plas. Deelrapporten Water- en stoffenbalansen en Modelberekeningen*. Hoogheemraadschap van Schieland, Rotterdam.
2. Ministerie van Verkeer en Waterstaat (1994). *Evaluatie Nota Water*. Regeringsbeslissing.
3. Jong, G. L. J. de, & Hokken, M. P. (1994). *Integrale eutrofiëringbestrijding Kralingse Plas*.

- Inventariserend onderzoek waterfase en levensgemeenschappen*. Hoogheemraadschap van Schieland, Rotterdam.
4. Lijklema, L., Radovanovic, H., Ydema, T. S. J. & Portielje, R. (1993). *Sedimentanalyse en nalevering van nutriënten in de Kralingse Plas*. Rapport, Vakgroep Natuurbeheer, LUW.
 5. Hutchinson, G. E. (1967). *A treatise on limnology. Vol. II. Introduction to lake biology and the limnoplankton*. Wiley & Sons, New York.
 6. Hosper, S. H., Meijer, M. L. & Walker, P. A. (red.) (1992). *Handleiding Actief Biologisch Beheer*. RIZA, Lelystad.
 7. Vischer, L. W. A. (1981). *Onderzoek naar de macrofauna in wateren met bekende verschillen in de groeisnelheid van de brasem (Abramis brama L.)*. Doctoraalsverslag, Vakgroep Natuurbeheer, Landbouwniversiteit Wageningen.
 8. Witteveen+Bos (1995). *Plan van aanpak Kralingse Plas*. In opdracht van het Hoogheemraadschap van Schieland.

● ● ●

Cryptosporidium en Giardia

- *Vervolg van pagina 704.*

- Proceedings AWWA Water Quality Technology Conference, November 1989, Philadelphia.
40. Finch, G. R., Black, E. K., Gyürék, L. en Belosevic, M. (1993). *Ozone inactivation of Cryptosporidium parvum in demand-free phosphate buffer determined by in vitro excystation and animal infectivity*. Appl. Environ. Microbiol., 59:4203-4210.
 41. Clark, R. M. en Regli, S. (1993). *Development of Giardia C.I. values for the Surface Water Treatment Rule*. J. Environ. Sci. Health, A28(5):1081-1097.
 42. Leahy, J. G., Rubin, A. J. en Sproul, O. J. (1987). *Inactivation of Giardia muris cysts by free chlorine*. Appl. Environ. Microbiol., 53:1448-1453.
 43. Rubin, A. J. (1988). *Factors affecting the inactivation of Giardia cysts by monochloramine and comparison with other disinfectants*. Proceedings Conference on Current Research in Drinking Water Treatment, US EPA rapport EPA/600/9-88/004, Cincinnati, pp. 224-229.
 44. Wickramanayake, G. B., Rubin, A. J. en Sproul, O. J. (1984). *Inactivation of Giardia lamblia cysts with ozone*. Appl. Environ. Microbiol., 48(3):671-672.
 45. Karanis, P., Maire, W. A., Seitz, H. M. en Schoenen, D. (1992). *UV sensitivity of protozoan parasites*. J. Water SRT-Aqua, 41 (2):95-100.
 46. Bellamy, W. D., Silverman, G. P., Hendricks, D. W. en Logsdon, G. S. (1985). *Removing Giardia cysts with slow sand filtration*. J. AWWA, 77:55-60.
 47. Fogel, D., Isaac-Renton, J., Guasparini, R., Moorehead, W. en Ongerth, J. (1993). *Removing Giardia and Cryptosporidium by slow sand filtration*. J. AWWA, 85:77-84.
 48. Mosher, R. R. en Hendricks, D. W. (1986). *Rapid rate filtration of low turbidity water using field-scale pilot filters*. J. AWWA, 78:42-51.
 49. LeChevallier, M. W., Norton, W. D. en Lee, R. G. (1991b). *Evaluation of a method to detect Giardia and Cryptosporidium in water*. In: F. R. Hall & G. D. Glysson (eds.) *Meeting new challenges, ASTM STP 1102*. American Society for Testing and Materials, Philadelphia.
 50. Al-Ani, M. Y., Hendricks, D. W., Logsdon, G. G. en Hibler, C. P. (1986). *Removing Giardia cysts from low turbidity waters by rapid rate filtration*. J. AWWA, 78:66-73.
 51. Huisman, J. en Nobel, P. J. (1981). *Enkele epidemiologische gegevens over de gevolgen van de faecale drinkwaterverontreiniging in het Scheepvaarkwartier te Rotterdam in maart 1981*. H₂O, 14(26):642-646.

52. Regli, S., Rose, J. B., Haas, C. N. en Gerba, C. P. (1991). *Modeling the risk from Giardia and viruses in drinking water*. J. AWWA, 83:76-84.
53. D'Antonio, R. G., Winn, R. E., Taylor, J. R., Gustafson, T. L., Current, W. L., Rhodes, M. M., Gary, G. W., & Zajac, R. A. (1985). *A waterborne outbreak of cryptosporidiosis in normal hosts*. Ann. Intern. Med., 103:886-888.
54. Hayes, E. B., Matte, T. D., O'Brien, T. R., McKinley, T. W., Logsdon, G. S., Rose, J. B., Ungar, B. L. P., Word, D. M., Pinsky, P. F., Cummings, M. L., Wilson, M. A., Long, E. G., Hurwitz, E. S. en Juranek, D. M. (1989). *Large community outbreak of cryptosporidiosis due to contamination of a filtered public water supply*. N. Engl. J. Med., 320:1372-1376.
55. Smith, H. V., Girdwood, R. W. A., Hardie, R., Green, L. A., Benton, C., Tulloch, W., Sharp, J. C. M. en Forbes, G. I. (1988). *Waterborne outbreak of cryptosporidiosis*. Lancet, 2:1484.
56. Badenoch, J. (1990). *Cryptosporidium in water supplies*. HMSO, London.
57. Joseph, C., Hamilton, G., O'Connor, M., Nicholas, S., Marshall, R. en Maxwellsmith, R. (1991). *Cryptosporidiosis in the Isle of Thanet: an outbreak associated with local drinking water*. Epidemiol. Infect., 107:509-519.
58. Moore, A. C., Herwaldt, B. L., Craun, G. F., Calderon, R. L., Highsmith, A. K. en Juranek, D. D. (1994). *Waterborne disease in the United States, 1991 and 1992*. J. AWWA, 86:87-99.

● ● ●

EWPCA-NVA Conference on Future Water Quality Management in Europe

Future Water Quality Management in Europe is an international Conference organized by the European Water Pollution Control Association (EWPCA) in cooperation with the Netherlands Association on Water Management (NVA) and Aquatech.

The Conference will be held in September 26-27, 1996 in the RAI Conference Centre in Amsterdam, together with the 16th Aquatech Exhibition.

Future Water Quality Management is an important issue at the agenda of the European Community. The EC calls for sustainable water management, ecologically sound and rational water management, conservation and restoration of water resources and ecosystems. Several directives and other regulations have been produced by the EC in the past and others are being prepared. This conference aims to discuss the environmental and social-economic effects of past legislation, the needs for future directives and their anticipated effects on water quality, water pollution control and effluent standards.

Papers and posters are presented. A call for papers is available.

Information can be obtained from: Conference secretariat, Buerweg 51, 1861 CH Bergen, telephone 0725 - 89 90 62.