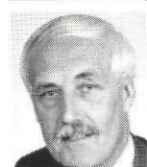


## Behandeling van oppervlaktewater

### Inleiding

Waterleidingbedrijven en industrieën worden in toenemende mate genoodzaakt de effecten van de winning van grondwater op de omgeving te beperken. Hierdoor staat de toegestane hoeveelheid te onttrekken grondwater op veel plaatsen onder druk. Bovendien moet er een heffing op grondwater worden betaald. Voor een aanzienlijk aantal grondwaterbedrijven is dit aanleiding studies te verrichten naar de inzet van oppervlaktewater voor de bereiding van drink- en



PROF. DR. IR. J. C. SCHIPPERS  
Kiwa NV Onderzoek en  
Advies/IHE



DR. J. C. KRUIJTHOF  
Kiwa NV Onderzoek en Advies

industriewater. Levering van industriewater bereid uit oppervlaktewater is interessant omdat hierdoor grondwater beschikbaar komt en/of blijft voor de bereiding van drinkwater. Dit is ook aantrekkelijk voor industriële afnemers wanneer dit product goedkoper is dan drinkwater [1, 2]. Ook de inzet van afvalwater wordt interessant daar een steeds verdergaande zuivering wordt verlangd, alvorens het mag worden geloosd.

### Processchema's voor de behandeling van oppervlaktewater tot drinkwater

De grondwaterbedrijven die oppervlaktewater als bron in beschouwing nemen, beperken zich niet tot de grote rivieren. Zij betrekken ook kleinere waterlopen zoals de Drentse Aa (in gebruik), de Hunze, het Apeldoorns- en Beatrixkanaal, bij hun studies. Deze waterlopen zijn interessant daar deze dichtbij de plaats stromen, waar het water nodig is. De investeringen voor transportleidingen kunnen hierdoor beperkt blijven. Bij deze studies blijkt dat er behoefte is aan zuiveringscapaciteit die:

- beperkt is per locatie, 5 Mm<sup>3</sup>/jaar en minder;
- een korte voorbereidingstijd heeft, bijvoorbeeld minder dan vijf jaar;
- snel en flexibel is uit te breiden;
- beperkte investeringen en geen voorinvesteringen vergen voor toekomstige uitbreiding;
- een korte afschrijvingstermijn toelaat, bijvoorbeeld 10 tot 15 jaar;

### Samenvatting

Grondwaterbedrijven verrichten studies naar de inzet van oppervlaktewater, voor zowel de bereiding van drinkwater als industriewater. Hierbij is er behoefte aan relatief kleine zuiveringseenheden, die flexibel zijn uit te breiden. Gemakkelijk inpasbaar zijn in het landschap en een korte realisatietermijn hebben. Nieuwe projecten gebaseerd op conventionele zuiveringsscenario's voldoen niet aan deze voorwaarden. De belangrijkste reden is dat in deze concepten bekkens of oeverinfiltratie gevolgd door infiltratie, een essentiële rol spelen. Membraanfiltratie maakt een serieuze kans deze rol in de komende 10 tot 25 jaar te gaan overnemen in nieuw te realiseren projecten.

– met weinig moeite en kosten inpasbaar is in de omgeving.

In de conventionele processchema's, spelen bodempassage in de vorm van oeverfiltratie of een verblijf in een bekken gevolgd door infiltratie, een hoofdrol. Bij oeverfiltratie is ook snelfiltratie nodig, terwijl coagulatie/sedimentatie/snelfiltratie bij infiltratie als voorbehandeling worden ingezet. Om het geheel te complementeren zijn ontharding, actieve-koolfiltratie en UV-desinfectie nodig. Voor beide concepten is geavanceerde oxidatie een aanvullende optie.

### Alternatieve processchema's voor de bereiding van drinkwater

Het is een uitdaging na te gaan of er alternatieven zijn die voldoen aan bovengenoemde criteria, terwijl oeverfiltratie, bekkens en infiltratie hiervan geen deel uit maken.

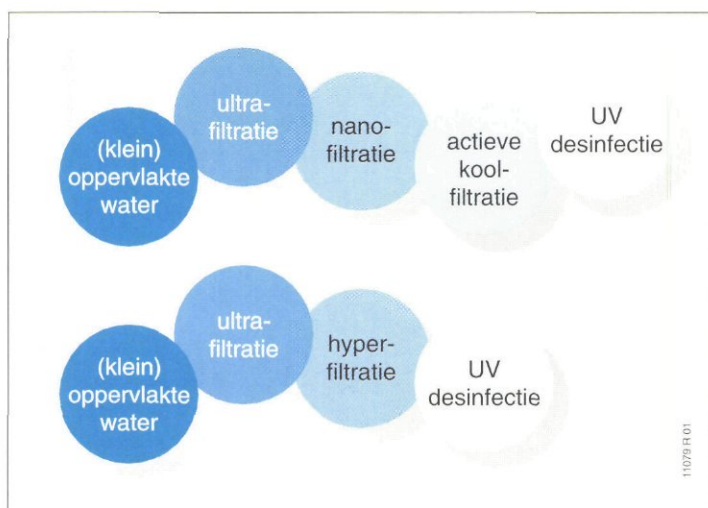
Wordt drinkwater uit oppervlaktewater bereid dan geldt in grote lijnen dat het:

- uit hygiënisch oogpunt betrouwbaar moet zijn;
- biologisch stabiel is, zodat geen desinfectiemiddel in het gedistribueerde water nodig is;
- van organische microverontreinigingen, vooral bestrijdingsmiddelen en reuk en smaakstoffen afdoende ontdaan is;
- een hardheid van 1,5 mmol/l heeft (in de toekomst 1 mmol/l).

Ook moet het proces als geheel een degelijke barrière zijn bij piekbelasting en calamiteuze lozingen. Verder is het van belang dat het concept voor vergunningverlenende instanties op zijn minst acceptabel is en bij voorkeur milieuvriendelijk. Een ongestoorde elegante procesvoering is een eis die voor elk zuiveringsconcept geldt en dus ook voor de alternatieven. Twee processchema's die serieuze alternatieven kunnen worden zijn in afbeelding 1 weergegeven.

Schema 2 dat ultrafiltratie en hyperfiltratie omvat, vertoont gelijkenis met het concept dat NV PWN Waterleidingbedrijf Noord-Holland gaat realiseren in het productiebedrijf 'Heemskerk'. Het verschil met het gepresenteerde schema is dat in het PWN-concept water aan het IJsselmeer wordt onttrokken en een bestaand bekken en een bestaande conventionele voorzuivering deel uitmaken van het processchema [3].

Het nieuwe, door Gemeentewaterleidingen Amsterdam, beproefde zuiveringsconcept voorziet in de directe onttrekking van oppervlaktewater en voorbehandeling met de bestaande coagulatie, sedimentatie en snelfiltratie door de Watertransportmaatschappij Rijn-Kennemerland in Nieuwegein. Na transport naar Leidschendam ondergaat het water achtereenvolgens ozonisatie, biologische actieve-koolfiltratie, langzame zandfiltratie en hyperfiltratie [4].



Afb. 1 - Alternatieve processchema's voor de bereiding van drinkwater.



Beide processchema's worden hier niet verder besproken daar deze elders in de literatuur zijn beschreven [3, 4]. In de bovengenoemde schema's vervult membraanfiltratie een centrale rol. Bij membraanfiltratie onderscheiden wij vier categorieën te weten: micro-, ultra-, nano- en hyperfiltratie. De werking is verschillend zoals uit tabel I blijkt. Ook de benodigde druk verschilt. Zo vergen micro- en ultrafiltratie 1 à 3 bar en nano- en hyperfiltratie 8 à 12 bar. De installaties worden gebouwd in units waarvan de grootte kan worden gekozen.

TABEL I – Werking membranen.

| Membraan       | Zwevende stof | Colloden | Hardheid | Zouten |
|----------------|---------------|----------|----------|--------|
| Microfiltratie | +             | -        | -        | -      |
| Ultrafiltratie | +             | +        | -        | -      |
| Nanofiltratie  | +             | +        | +        | +/-    |
| Hyperfiltratie | +             | +        | +        | +      |

Hygiënisch betrouwbaar

Nieuwe inzichten met betrekking tot de hygiënische betrouwbaarheid van drinkwater geformuleerd door Regli *et al.* en in de Surface Water Treatment Rule van de US EPA verwerkt, werpen een nieuw licht op de behandeling van oppervlaktewater [5, 6]. Deze inzichten komen er op neer dat er naast de bestaande eisen voor indicator-organismen ook maximum toelaatbare concentraties voor virussen, *Giardia* en *Cryptosporidium* sporen nodig zijn. In de VS geldt momenteel:

- virussen <1 per 1000 m<sup>3</sup>
- *Giardia* sporen <1 per 100 m<sup>3</sup>
- *Cryptosporidium* sporen <1 per 30 m<sup>3</sup>

Gaan we er van uit dat er in het oppervlaktewater van elk van deze organismen 1 resp. 100 per liter aanwezig zijn, dan moet de zuivering in staat zijn de volgende reductiefactoren te realiseren om te kunnen voldoen aan de genoemde richtlijnen.

|                               | reductiefactor      |                     |
|-------------------------------|---------------------|---------------------|
| virussen                      | 1 10 <sup>6</sup>   | 1 10 <sup>8</sup>   |
| <i>Giardia</i> sporen         | 1 10 <sup>5</sup>   | 1 10 <sup>7</sup>   |
| <i>Cryptosporidium</i> sporen | 0,3 10 <sup>5</sup> | 0,3 10 <sup>7</sup> |

In Nederland is door VROM een zelfde systematiek voorgesteld [7]. De poriën van microfiltratiemembranen zijn zo klein dat bacteriën en sporen niet kunnen passeren. Virussen worden echter slechts ten dele tegengehouden. Ultra-, nano- en hyperfiltratiemembranen hebben aanzienlijk kleinere poriën waardoor ook virussen volledig worden tegengehouden. Onvolkomenheden in de membranen zoals grote poriën, scheurtjes, en lekkende lijmnaden en afdichtingen kunnen er voor zorgen dat de verwijdering niet volledig is.

De benodigde reductiefactoren zijn dusdanig hoog dat de hierbij behorende maximaal toelaatbare lekkages uiterst gering zijn. Aan de ontwikkeling van methoden waarmee deze lekkages kunnen worden opgespoord, wordt voortvarend gewerkt. Deeltjestelling met geavanceerde apparatuur is hierbij veelbelovend [8]. De UV-desinfectie stap is bedoeld als extra barrière voor virussen en bacteriën.

Biologisch stabiel

Het gesuspendeerde en colloïdale biologisch afbreekbare materiaal wordt door ultrafiltratie verwijderd. Nanofiltratie houdt naar verwachting een aanzienlijk deel van het opgeloste biologisch afbreekbare materiaal tegen. Het resterende deel wordt tijdens de hier opvolgende actieve-koolfiltratie verwijderd. Hyperfiltratie zal beter presteren dan nanofiltratie, zodat hierna naar verwachting geen actieve-koolfiltratie nodig is.

Organische microverontreinigingen met name bestrijdingsmiddelen en reuk- en smaakstoffen Hyperfiltratie, met name met polyamide membranen, bereikt een goede retentie voor veel bestrijdingsmiddelen en reuk- en smaakstoffen. Nanofiltratie doet het minder goed, maar verwijdert natuurlijk organisch materiaal en andere hoogmoleculaire verbindingen [9]. Dit laatste betekent dat capaciteit van het nageschakelde actieve-koolfilter niet wordt geconsumeerd door deze verbindingen. Hierdoor kan naar verwachting de contacttijd worden bekort en/of de regeneratiefrequentie aanzienlijk worden verlaagd [10].

Hardheid

Nanofiltratie is in staat de hardheid en tegelijk het sulfaatgehalte in hoge mate te verlagen. De mate waarin dit gebeurt, wordt bepaald door het type membraan en de procescondities zoals druk en conversie. In principe kan de fabrikant de mate waarin hardheid wordt verwijderd, instellen. De verwijdering van andere ionen zoals natrium en chloride is beperkt tot 10 à 50%, afhankelijk van het type membraan.

Hyperfiltratie geeft een verwijdering van de meeste zouten van omstreeks 95%.

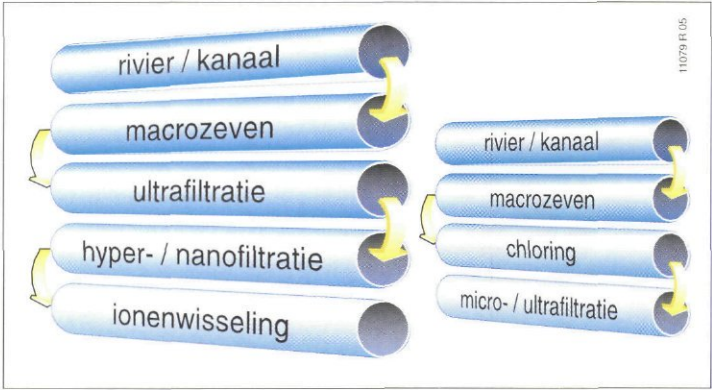
Barrière bij piekbelastingen en calamiteuze lozingen

De geschetste alternatieve processchema's vormen een uitstekende barrière bij piekbelastingen en calamiteuze lozingen voor wat organische microverontreinigingen betreft. Een discussiepunt kan zijn of er na de hyperfiltratie toch niet actieve-koolfiltratie nodig is. Dat de eliminatiecapaciteit voor micro-organismen afdoende is, zal gedemonstreerd moeten worden. Een voorwaarde hierbij is dat een of meer methoden beschikbaar moeten zijn, waarmee de hoge benodigde eliminatiecapaciteit van de membranen continue kan worden bewaakt. Of de alternatieve processchema's geheel zonder oeverfiltratie, bekkens en infiltratie, onder alle omstandigheden betrouwbaar functioneren, blijft een vraag. Dit mede omdat de omvang van calamiteuze lozingen moeilijk is te definiëren. Bovendien zijn er situaties denkbaar waarin het om psychologische redenen onmogelijk is de inname van oppervlaktewater te continueren bijvoorbeeld bij massale vissterfte. Deze situaties kan het hoofd worden geboden door bijvoorbeeld:

- tijdelijk opvoeren van de grondwaterwinning;
- de aanleg van een beperkte voorraad ruw water bijvoorbeeld een aantal dagen.

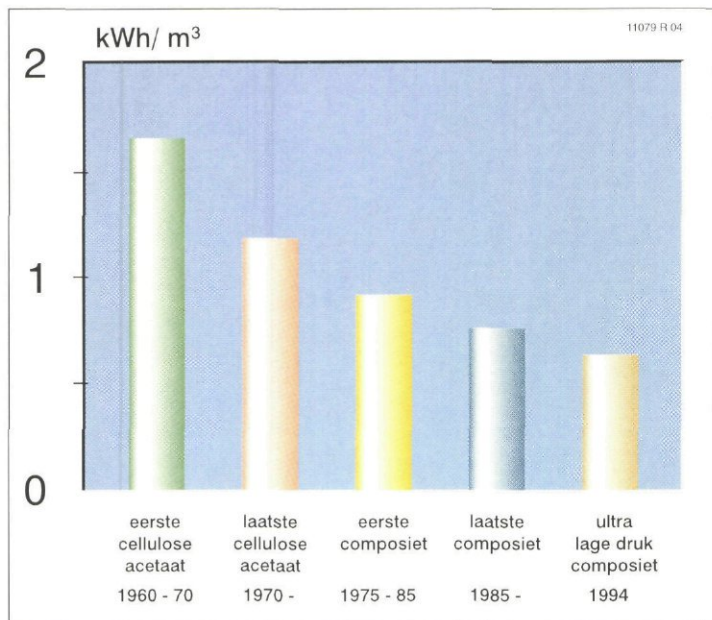
Processchema's voor de bereiding van industriewater

Voor industriewater gelden doorgaans minder stringente kwaliteitseisen dan voor drinkwater. Vaak is de afwezigheid van zwevende stoffen en het beheersen van biologische groei voldoende. Voor gebruik als voedingswater voor hoge-druk-stoomketels gelden daarentegen veel scherpere eisen, bijvoorbeeld voor het zout- en silicaatgehalte. Afbeelding 2 geeft een tweetal mogelijke processchema's voor de bereiding van industriewater uit oppervlaktewater. Voor industrieën kan de



Afb. 2 - Processchema's voor de bereiding van industriewater.





Afb. 3 - Ontwikkeling van het energieverbruik hyperfiltratiemembranen [bron: H. Huiting].

nauwelijks of geen blijvende vervuiling te zien geven, ook zonder chemische reiniging, is dan ook zeer gewenst.

### Ontwikkeling van de kosten van membraanfiltratie

De kosten van membraanfiltratie worden in hoge mate bepaald door de investeringen en membraanvervanging. Beide hebben een relatie met de omzet die de leveranciers en fabrikanten realiseren. Zo wordt bij een hoge omzet standaardisatie van het ontwerp lonend en is er ruimte voor concurrentie. Het is te verwachten dat bij een hogere omzet de prijs van membranen aanzienlijk zal dalen, te meer daar deze in de drink- en industriewaterbereiding nog zeer beperkt is. Tabel II geeft een overzicht van de geïnstalleerde capaciteit in de wereld in 1993, het hier van afgeleide membraanoppervlak en de geschatte jaaromzet van membranen voor vervanging. Hierbij is uitgegaan van een vervangingsfrequentie van eenmaal per vijf jaar, een flux van 20 l/m<sup>2</sup>h en 80 l/m<sup>2</sup>h bij resp. nano/hyperfiltratie en micro/ultrafiltratie en een prijs per m<sup>2</sup> membraan van resp. f 50 en f 200.

TABEL II - Geïnstalleerde capaciteit, membraanoppervlak en geschatte jaaromzet in 1993.

| Techniek       | Capaciteit*<br>m <sup>3</sup> /jaar | Membraan-<br>oppervlakte m <sup>2</sup> | Omzet/jaar             |
|----------------|-------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------|
| Microfiltratie | 11 10 <sup>6</sup>                  | 16.000                                  | f 0,4 10 <sup>6</sup>  |
| Ultrafiltratie | 23 10 <sup>6</sup>                  | 36.000                                  | f 0,8 10 <sup>6</sup>  |
| Nanofiltratie  | 180 10 <sup>6</sup>                 | 1.000.000                               | f 10,0 10 <sup>6</sup> |
| Hyperfiltratie | 1100 10 <sup>6</sup>                | 6.200.000                               | f 60,0 10 <sup>6</sup> |

\*) vgl. Mallevalle [1994].

Inmiddels groeit het aantal micro- en ultrafiltratie-installaties gestaag. Zo is er in 1995 in San Jose (Californië) een microfiltratie-installatie in bedrijf genomen met een capaciteit van 750 m<sup>3</sup>/h. (zie afb. 4). Hierna zijn er verschillende installaties voor de behandeling van afvalwater in bedrijf gesteld voor de bereiding van industriewater. In Frankrijk is een instal-

behandeling van afvalwater interessant worden, daar er immers steeds strengere eisen worden gesteld aan de behandeling hiervan.

### Milieuvriendelijk

Zijn de alternatieve schema's voor de bereiding van drink- en industriewater nu meer, minder of even milieuvriendelijk dan de conventionele schema's? Helaas is hierop geen eenduidig antwoord te geven, omdat er nog geen geaccepteerde methode bestaat waarmee dit kan worden vastgesteld. Aan een dergelijke methode wordt vanaf begin 1996 in het onderzoeksprogramma van de VEWIN gewerkt. Bij membraantechnologie spelen twee in het oog springende aspecten een rol, te weten het energieverbruik en het ontstaan van membraanconcentraat. Membraantechnologie is niet langer een energieverslindende techniek. Dit vanwege de spectaculaire verbetering van de prestaties van de hyperfiltratiemembranen (zie afb. 3) en het op de markt komen van nanofiltratiemembranen die bij lage druk werken. De innovatieve verandering van de procesvoering bij micro- en ultrafiltratie te weten van 'cross flow' filtratie naar 'dead end' filtratie heeft ook hier het energieverbruik drastisch verlaagd.

De verwerking van het membraanconcentraat van micro- en ultrafiltratie kan op dezelfde wijze gebeuren als bij het spoelwater van oppervlaktewaterbedrijven. Voor hyper- en nanofiltratie is de situatie minder eenvoudig, daar hierbij ook opgeloste stoffen worden geconcentreerd. Gezien het feit dat er geen andere realistische oplossingen voorhanden zijn, is lozing van dit concentraat op oppervlakte-

water de meest voor de hand liggende oplossing. Hiervoor is een vergunning dan wel toestemming nodig van de beheerder van het ontvangende oppervlaktewater. De voorwaarden die hierbij worden gesteld zullen naar verwachting afhangen van de lokale situatie [11].

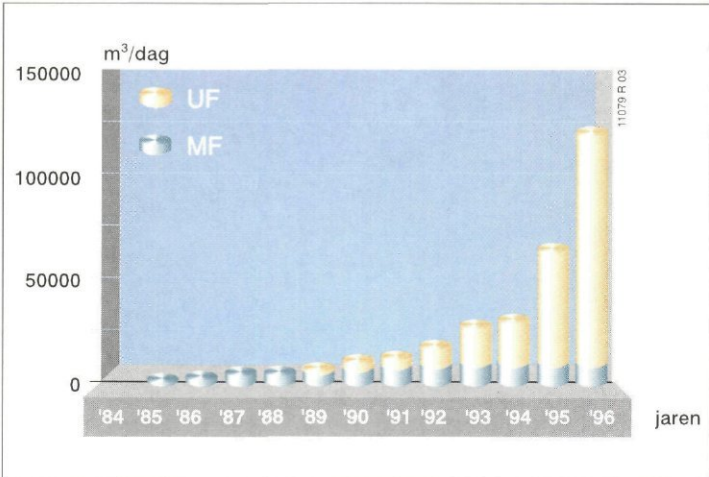
### Ongestoorte en elegante procesvoering

De grootste zorg bij het waarborgen van een ongestoorte en elegante procesvoering met de alternatieve processchema's is de beheersing van de vervuiling van de micro-, ultra-, nano- en hyperfiltratiemembranen. Dit geldt vooral voor de vervuiling van de ultrafiltratiemembranen. De uit flexibele capillaire buisjes bestaande membranen kunnen weliswaar frequent worden teruggespoeld en met chemicaliën worden gereinigd. Geheel afdoende is dit waarschijnlijk niet zodat een lage filtratiesnelheid (flux) moet worden ingesteld, wat sterk kostenverhogend werkt [12]. De ontwikkeling van membranen die

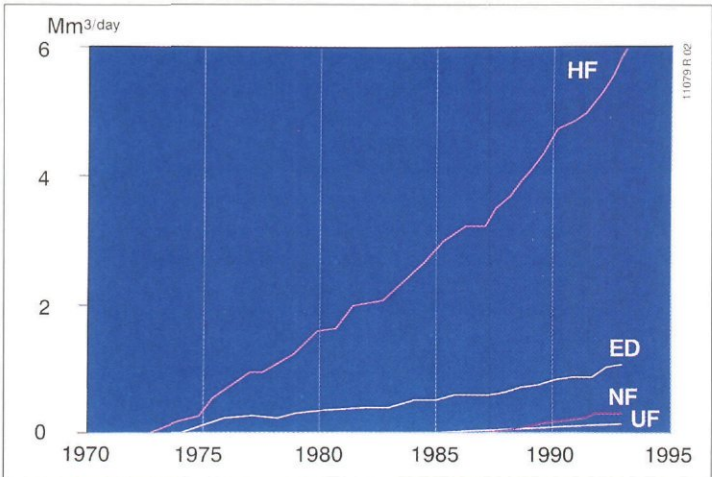


Afb. 4 - Microfiltratie-unit zoals in bedrijf in San Jose (Californië).





Afb. 5 - Geïnstalleerde en geplande capaciteit van micro- en ultrafiltratie-installaties in Frankrijk [bron: T. Chambolle].



Afb. 6 - Ontwikkeling van de geïnstalleerde capaciteit van ultra-, nano-, hyperfiltratie (UF, NF, HF) en electrodialyse (ED) in de wereld.

latie met een capaciteit van 2000 m³/h gereed gekomen en zijn er verschillende gepland. Afbeelding 5 geeft de geïnstalleerde en geplande capaciteit van micro- en ultrafiltratie in Frankrijk weer. Ook in Engeland is een microfiltratie-installatie gebouwd voor de behandeling van oppervlaktewater met een capaciteit van 6000 m³/h. Momenteel bereidt NV PWN Waterleidingbedrijf Noord-Holland de bouw voor van een ultrafiltratie-installatie in combinatie met een hyperfiltratie-installatie met een capaciteit van 2300 m³/h [3]. De geïnstalleerde capaciteit van nanofiltratie-installaties groeit maar blijft nog ver achter bij die van hyperfiltratie, zoals uit afbeelding 6 blijkt. Membraanvervanging en energie zijn na de investering de grootste kostenpost [13]. Tabel III geeft van de eerstgenoemde kosten een indruk.

TABEL III - Membraanvervangings- en energiekosten.

|                   |          | micro/<br>ultra | nano/<br>hyperfiltratie |
|-------------------|----------|-----------------|-------------------------|
| prijs             | f/m³     | 200             | 50                      |
| flux              | l/m²h    | 100             | 20                      |
| vervangingskosten | (ct/m³)  | 7               | 9                       |
| druk              | (bar)    | 1-2             | 8-12                    |
| energie           | (kWh/m³) | 0,1-0,2         | 0,4-0,6                 |
| energiekosten     | (ct/m³)  | 2-3             | 6-9                     |

membraanvervanging 20% per jaar, piekfactor en reserve stelling 1,5.

Toekomstscenario's

De huidige membranen staan nog maar in de kinderschoenen. Zo kan de druk waarbij nano- en hyperfiltratiemembranen werken nog aanzienlijk omlaag. Terwijl de prestaties voor de verwijdering van zouten en bestrijdingsmiddelen verder opgevoerd kunnen worden. Ook membranen die selectief hardheid, kleur en bestrijdingsmiddelen verwijderen behoren tot de mogelijkheden.

Voor terugspoelbare hyper- en nanofiltratiemembranen die niet gevoelig zijn voor vervuiling door adsorberende stoffen, staat een grote markt te wachten. Deze membranen zullen er dan ook zeker komen. Hierdoor zal de inzet van micro- of ultrafiltratie als voorzuivering voor hyper- of nanofiltratie niet langer nodig zijn. De integriteit van de membranen, die van essentieel belang is voor goed functioneren als desinfectiebarrière, is van doorslaggevend belang om een wezenlijke doorbraak op dit gebied te kunnen realiseren. De huidige membranen zijn hier niet voor ontworpen, zodat er ruimte is voor zeer aanzienlijke verbeteringen. Wanneer de genoemde veronderstellingen werkelijkheid worden dan kan het proceschema voor de directe behandeling van oppervlaktewater er een stuk eenvoudiger uit zien. Het kan dan bijvoorbeeld alleen bestaan uit nanofiltratie en conditionering. Overgangsvormen tussen conventionele en toekomstconcepten zijn interessant. Of in deze overgangsvormen de komende 10 tot 25 jaar worden gerealiseerd of worden overgeslagen, zal de toekomst leren.

Literatuur

1. Koelink, J. T. H. (1995). *Industriewaterproject Veendam*. H<sub>2</sub>O (28) 1995, nr. 6, p. 174-180.  
2. Ernes, J. P. P. M., Brekvoort, Y. en Schippers, J. C. (1996). *Aquarius in Eindhoven: Waterlevering in een nieuw tijdperk*. H<sub>2</sub>O (29) 1996, nr. 14, p. 420-426.  
3. Kamp, P. C. (1995) *Integral Approach of Surface Water Treatment Using Ultrafiltration and Reverse Osmosis*. Proceedings AWWA Technology Conference, Reno, 1995, p. 31-38.  
4. Hoek, J. P. van der, Bonn  , P. A. C., Soest, E. A. M. van and Graveland, A. (1995). *Application of Hyperfiltration at the Amsterdam Waterworks*. Proceedings AWWA Technology Conference, Reno, 1995, p. 277-294.  
5. Regli, S., Rose, J. B., Haas, C. H. and Gerba, C. P. (1991). *Modelling the Risk from Giardia and Viruses in Drinking Water*. Jour. AWWA, 1991, p. 76-84.  
6. USEPA 'Guidance manual for compliance with the filtration and disinfection requirements for public water

systems using surface water' USEPA Contract no 68-01-6989, October 1989.  
7. Ministerie VROM. *Infectierisico van virussen en parasitaire protozoa via drinkwater*. Notitie ter voorbereiding van beleidsstandpunt, 1995.  
8. Kamp, P. C. (1996). *Voordracht 'Desinfectie met ultra- en hyperfiltratie', tijdens de Kiwa-workshop 'Membraantechnology'*, H<sub>2</sub>O (29) 1996, nr. 21, p. 649-651.  
9. Hofman, J. A. M. H., Noy, Th. H. M., Kruithof, J. C. and Schippers, J. C. (1993). *Removal of Pesticides with Nanofiltration*. Proceedings AWWA/IWSA Membrane Technology Conference, Baltimore, 1993, p. 569-576.  
10. Hopman, R., Meijers, R. T., Hofman, J. A. M. H. and Kruithof, J. C. (1995). *Integrated Drinking Water Treatment for Pesticide Removal*. Proceedings IWSA Specialized Conference on Advanced Treatment and Integrated Water Systems Management into the 21st Century, Osaka, 1995, p. 79-84.  
11. Sombekke, H. D. M. en Kappelhof, J. W. (1996). *Membraanconcentraat; Verwijderingsmogelijkheden: een verkenning*. Kiwa SWE 96.011, 1996.  
12. Oosterom, H. A., Vos, G. en Schippers, J. C. (1996). *Micro- en ultrafiltratie voor de bereiding van B(catrix)water*. H<sub>2</sub>O (29) 1996, nr. 15, p. 443-446.  
13. Verberne, A. J. P. en Wouters, J. W. (1993). *Membraanfiltratie voor de drinkwaterbereiding: Economische optimalisatie van ontwerpparameters*. H<sub>2</sub>O (26) 1993, nr. 14, p. 384-393.

Congres Samenwerken aan efficiënt gebruik van proceswater

Techno Vision & Solution organiseert een congres 'Samenwerken aan efficiënt gebruik van proceswater'. Het congres wordt gehouden op 29 mei 1997 in Hotel Mercure in Nieuwegein. Nadere inlichtingen: Techno Vision & Solution, Postbus 1738, 3000 DR Rotterdam, telefoon 010-408 21 62, fax 010-452 23 98, e-mail: tvs@ext.eur.nl.