Kiwa/SVW-workshop 'Membraantechnologie'

Inleiding
Membraantechnologie biedt belangrijke perspectieven voor de drinkwaterbereiding van de toekomst. Dit bleek tijdens een workshop over membraantechnologie op 30 maart 1994 georganiseerd door Kiwa NV en het Belgische Studiecentrum voor Water (SVW). Bij de waterleidingbedrijven in Nederland en België bestaat veel belangstelling voor dit onderwerp, wat onder andere bleek uit het grote aantal deelnemers aan de workshop.

Plaats van handeling was het drinkwaterproduktiebedrijf Leiduin van Gemeentewaterleidingen Amsterdam (GW), waar in 1853 de openbare drinkwatervoorziening in Nederland van start ging. De heer



ir. M. K. H. Gast, directeur van Gemeentewaterleidingen Amsterdam, opende de workshop door de aanwezigen van harte welkom te heten en hen uit te nodigen om tijdens de lunch de proefinstallatie met onder andere hyperfiltratie te bekijken.

Historie
Dr. ir. A. Graveland (GW), voorzitter van de Kiwa-werkgroep Verwijdering Bestrijdingsmiddelen en Membraantechnologie,



plaatste als voorzitter van de ochtendzitting de belangstelling voor membraantechnologie in een historisch perspectief. In de jaren zestig en zeventig ging de belangstelling uit naar ontzouting van brak en zout water voor de produktie van drinkwater. Daarna is ook de behandeling van oppervlaktewater in beeld geweest.
De laatste jaren is er sprake van een hernieuwde belangstelling voor membraantechnologie, vooral ingegeven door aanscherping van de kwaliteitseisen voor drinkwater.

De belangstelling is verder toegenomen door nieuwe inzichten ten aanzien van het grondstof- en energieverbruik en de produktie van afvalstoffen door waterleidingbedrijven, leveringszekerheid en nooddrinkwatervoorziening. Bij deze nieuwe eisen kan membraanfiltratie een (deel van de) oplossing bieden aldus de heer Graveland.

Ervaringen met hyperfiltratie en elektrodialyse in België
In België begon het 'Studiesyndicaat voor Waterontzilting' in 1974 met het onderzoek naar winning en zuivering van zout en brak water. In 1985 is hier het Studiecentrum voor Water (SVW) uit voortgekomen, aldus dr. W. van Craenenbroeck.



Het onderzoek in België is gericht op ontzouting van brak grond- en oppervlaktewater en op sulfaatverwijdering uit grondwater.

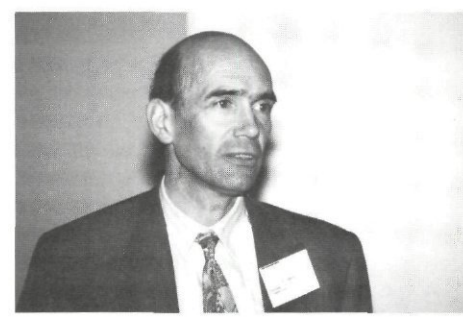
Hyperfiltratie voor ontzilting van brak water uit de haven van Antwerpen
Op de lokatie Lillobrug in het Havengebied van Antwerpen heeft SVW voor de Antwerpse Waterwerken (AWW) de mogelijkheden van toepassen van hyperfiltratie en elektrodialyse voor ontzouting van brak oppervlaktewater onderzocht. Het ruwwater op deze lokatie is afkomstig uit het Albertkanaal. Een van de ontwerpuitgangspunten voor de proefinstallatie was een geleidbaarheid van ongeveer 500 mS/m, gebaseerd op metingen gedaan in de jaren voorafgaande aan 1989. In de proefperiode nam de geleidbaarheid echter toe tot 1500 mS/m door het in gebruik nemen van een nieuwe sluis. Hierdoor voldeed het filtraat van de hyperfiltratie-installatie niet aan de eisen voor drinkwater en was de elektrodialyse-installatie (Ionics Aquamite III) op deze lokatie niet toepasbaar. Desalniettemin kunnen er uit het onderzoek voorlopige conclusies worden getrokken.
De voorzuivering voor de membraanfiltratie-installatie bestond uit vlokvorming met polyaluminiumzout, vlokverwijdering met flotatie en dubbellaags snelfiltratie. Deze voorzuivering leverde filtraat met een troebelheid lager dan 0,1 NTU en een SDI lager dan 3.

Hyperfiltratie en elektrodialyse voor sulfaatverwijdering uit grondwater te Schoten
Het grondwater op een aantal winningen van de Provinciale en Intercommunale Drinkwatermaatschappij der Provincie Antwerpen (PIDPA) bevat hoge gehaltes sulfaat (tot 560 mg/l), aldus ir. P. Peeters. Voor het verwijderen van sulfaat uit het grondwater op de winning te Schoten is zowel elektrodialyse als hyperfiltratie beproefd. Er is gebruik gemaakt van dezelfde proefinstallatie als voor de lokatie Lillobrug. De voorzuivering is echter aangepast voor de winning te Schoten. Om afzettingen van calciumsulfaat en calciumcarbonaat op de membranen te voorkomen, is het ruwwater na beluchting onthard in een korrelreactor. Na de ontharding stroomde het reactoreffluent door een bezinktank om zwevende stof te laten bezinken, waarna ijzer, mangaan en zwevende stof werd verwijderd door filtratie over een enkellaags zandfilter.

Hyperfiltratie en elektrodialyse op de lokaties Haven en Schoten
Mevr. ing. B. Baée presenteerde de resultaten van het onderzoek met membraanfiltratie.
Op de lokatie Lillobrug is met behulp



van de hyperfiltratie-installatie een drietraps ontzouting gesimuleerd door recirculatie van de brijnstromen. Het totale zoutgehalte (TDS) is met deze installatie in drie verlaagd van circa 10.000 mg/l tot 1.725 mg/l bij een conversie van 41%. De verwijdering van tweewaardige ionen zoals calcium, magnesium en sulfaat bedroeg meer dan 90%, de verwijdering van eenwaardige ionen (natrium en chloride) bedroeg ongeveer 80%.
Een eerste kostenraming voor hyperfiltratie, gebaseerd op de resultaten van het onderzoek, geeft aan dat de totale produktiekosten circa f 1,50 per m^3 bedragen bij een produktie van 20.000 m^3/dag.



Ir. P. Peeters, voorzitter van de middagzitting.

Op de lokatie Schoten is door recirculatie van brijn- en produktstromen een vijftraps hyperfiltratie-installatie gesimuleerd. Uitgaande van een zoutgehalte van het ruwwater van 838 mg/l wordt bij een berekende conversie van 74% een gemiddeld zoutgehalte van het produkt van 27 mg/l verkregen. De sulfaatverwijdering is op deze lokatie groter dan 99%.
Een eerste kostenraming, gebaseerd op de resultaten van dit onderzoek, geeft aan dat de totale produktiekosten circa f 0,75 per m^3 bedragen bij een produktie van 10.000 m^3/dag. Hierbij is uitgegaan van een deelstroom van 50%.

Met de elektrodialyse-installatie wordt uitgaande van ruwwater met een zoutgehalte van 1.200 mg/l een zoutgehalte in het produkt bereikt van 390 mg/l bij een totale conversie van 90%. De sulfaatverwijdering met elektrodialyse op de lokatie Schoten bedraagt circa 76%. De investering voor een complete elektrodialyse-installatie bedraagt circa 5 miljoen gulden. Dit betekent een prijs van circa f 0,90 per m^3.

Membraantechnologie in Nederland

In Nederland wordt veel aandacht besteed aan het bepalen van de plaats van membraanfiltratieprocessen in de zuivering en aan het oplossen van technische problemen rond membranen. Een drietal bedrijven, te weten N.V. Duinwaterbedrijf Zuid-Holland (DZH), Gemeentewaterleidingen Amsterdam (GW) en N.V. PWN Waterleidingbedrijf Noord-Holland, onderzoekt de mogelijkheden om de produktiecapaciteit uit te breiden met directe zuivering.



De lunch werd gebruikt in het Technisch Laboratorium van GW.

Membraantechnologie wordt hierbij ingezet voor onder andere ontzouting, verwijdering van organische microverontreinigingen en desinfectie.
In Nederland staat verder de brijnproblematiek sterk in de belangstelling. Wanneer mogelijk wordt brijn naar zee afgevoerd.

Verwijdering bestrijdingsmiddelen met nano- en hyperfiltratie

In het kader van het VEWIN-onderzoekprogramma onderzoekt Kiwa de inzet van membraanfiltratieprocessen voor de verwijdering van organische microverontreinigingen, waaronder bestrijdingsmiddelen. Dr. ir. J. A. M. H. Hofman

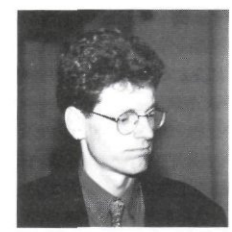


presenteerde resultaten van onderzoek, dat is uitgevoerd in samenwerking met PWN.
Een van de doelstellingen van het onderzoek was de ontwikkeling van een model, waarmee de retentie van membranen voor verschillende stoffen kan worden voorspeld en waarmee opschaling van een proefinstallatie naar een praktijkinstallatie mogelijk is.

Dit model is ontwikkeld in samenwerking met prof. dr. J. Taylor van de universiteit van Central Florida. Met het model wordt het verband berekend tussen de retentie van membranen en de hele installatie enerzijds en de druk en conversie anderzijds. Bij het onderzoek met een testbankinstallatie zijn verschillende membranen van verschillende leveranciers getest op het verwijderen van bestrijdingsmiddelen. Hierbij is vastgesteld dat de verwijdering van bestrijdingsmiddelen afhangt van het membraanmateriaal, van het molecuulgewicht en van de structuur van het bestrijdingsmiddel. De retentie van bijvoorbeeld DNOC varieert bij een recovery van 10% voor vier verschillende nanofiltratiemembranen van 40% tot meer dan 95%. Hyperfiltratiemembranen verwijderen bestrijdingsmiddelen beter dan nanofiltratiemembranen, dit geldt althans voor de beproefde 'thin film' membranen.

Onderzoek met nanofiltratie van oppervlaktewater

NV Duinwaterbedrijf Zuid-Holland (DZH) wordt geconfronteerd met een stijgende behoefte aan drinkwater terwijl de mogelijkheden om meer water in de duinen te infiltreren onder druk staan. Het is voor DZH dan ook noodzakelijk alternatieven voor duininfiltratie te beproeven waarmee extra zuiveringscapaciteit kan worden gerealiseerd.



Ing. M. Rutte presenteerde de resultaten van het onderzoek, dat DZH doet naar fysische zuivering met nanofiltratiemembranen. Dit onderzoek is gericht op een keuze voor een bepaald membraantype en vooral op oplossingen voor de vervuiling van membranen. Het water, dat door een testbank-installatie wordt geleid, is voorgezuiverd Maaswater. De voorzuivering bestaat achtereenvolgens uit een selectieve inname uit de Maas, dosering van $FeSO_4$, verblijf in het Andelse Maasbekken, transportchloring, snelfiltratie, coagulatie met polyaluminiumzout, flotatie en snelfiltratie. De door DZH vastgestelde retentie voor calcium varieert voor de geteste membranen van circa 70 tot meer dan 95% bij een recovery van 2 tot 18%. TOC wordt volledig verwijderd, de verwijdering van atrazine en simazine varieert van 86 tot 100% en de verwijdering van diuron varieert van 60 tot 100% voor de verschillende membranen. Verder is vastgesteld dat bij een hoger produktdebiet en bij een lager voedingsdebiet (dus bij een hogere recovery) de vervuiling van de membranen toeneemt. Deze vervuiling blijkt zich op het membraan te bevinden en niet op de voedingsspacer tussen het membraanmateriaal en bestaat onder andere uit aluminiumverbindingen, calciumcarbonaat en biomassa.

Plaats in de zuivering voor behandeling, desinfectie en ontzouting

Ir. P. C. Kamp presenteerde de zuiveringsfilosofie, die PWN samen met Kiwa heeft opgesteld voor het produktiebedrijf Heemskerk. Volgens deze zuiveringsfilosofie wordt een gedeelte van het water direct gezuiverd met hyperfiltratiemembranen, zonder infiltratie in de duinen. Hierbij wordt uitgegaan van een deelstroom WRK-III-water, die direct



wordt gezuiverd tot drinkwater met snelfiltratie, hyperfiltratie met cellulose-acetaat membranen, ozon en geavanceerde oxydatie en eventueel actief-koolfiltratie. In het ontwikkelde alternatieve schema is snelfiltratie vervangen door ultra- of microfiltratie, de cellulose-acetaat membranen door 'thin film' membranen, terwijl ozon wordt weggelaten en actief-koolfiltratie eveneens geheel of gedeeltelijk achterwege blijft. Ultra- of microfiltratie blijkt nodig voor het verlagen van de MFI tot onder 1 s/l² (om de vervuiling van de hyperfiltratie membranen te voorkomen) en voor het verwijderen van deeltjes (voor desinfectie).
De retentie van hyperfiltratiemembranen voor bestrijdingsmiddelen varieert van 92 tot 99% bij een recovery van 80%. De hoge retentie van de membranen voor bestrijdingsmiddelen geeft echter geen garantie voor volledige desinfectie van het water. PWN gaat voor de hyperfiltratiemembranen uit van een reductie van 2 logeenheden vanwege het risico op lekkage. Voor de inactivatie van thermotolerante bacteriën van de coligroep, virussen en oöcysten van Cryptosporidium is in dat geval ozon of geavanceerde oxydatie noodzakelijk voor het realiseren van de totaal benodigde reductie van circa 5 log-eenheden.
Met een goede lekdetectie kan voor de inactivatie met de combinatie van ultra-/microfiltratie met hyperfiltratie een reductie van 4 tot 5 log-eenheden worden bereikt, waardoor ozon en/of geavanceerde oxydatie voor desinfectie achterwege kan blijven. Om de geringe lekkages van de membranen, die bij deze reducties nog juist toelaatbaar zijn, vast te kunnen stellen onderzoekt PWN met Kiwa nieuwe lekdetectiemethoden, onder andere lansmetingen en deeltjestelling. Bij lansmetingen wordt de geleidbaarheid van het water in de lengterichting van de produktbuis gemeten. Bij deeltjestelling wordt het aantal deeltjes met recent ontwikkelde apparatuur in het voeding- en produktwater gemeten. De resultaten van beide methoden zijn zeer veelbelovend.

Onderzoek met hyperfiltratie van oppervlaktewater

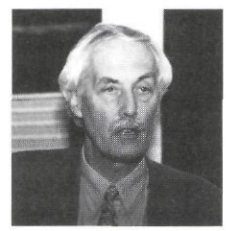
Dr. ir. J. P. van der Hoek presenteerde de resultaten van onderzoek naar hyperfiltratie van oppervlaktewater door Gemeentewaterleidingen Amsterdam (GW). GW overweegt een uitbreiding van de capaciteit van het drinkwaterproduktiebedrijf Leiduin met 13 Mm³ per jaar te realiseren door hyperfiltratie van WRK-I/II-water. Met een proefinstallatie wordt onderzocht of dit met hyperfiltratie mogelijk is en welke voorzuivering voor de hyperfiltratie noodzakelijk is.



Bij het onderzoek wordt water van WRK-I/II verder voorgezuiverd met achtereenvolgens ozonisatie, actief-kool-filtratie en langzaam-zandfiltratie (WOKOL). Tevens wordt onderzocht of een voorzuivering met alleen langzaam-zandfiltratie voldoende is (WL).
Na voorzuivering dient de MFI van het water lager te zijn dan 1 s/l² en het AOC-gehalte lager dan 10 μg/l. Daarnaast is de voorzuivering nodig voor het realiseren van voldoende inactivatie voor bacteriën en virussen en voor de produktie van relatief schoon concentraat.
Bij WOKOL worden organische microverontreinigingen en bestrijdingsmiddelen verwijderd in de voorzuivering, hierdoor is het concentraat van de hyperfiltratie relatief schoon.
De vervuiling van de membranen door calcium- en bariumcarbonaat wordt afdoende voorkomen door dosering van een anti-scalant. De vervuiling van de membranen door fouling wordt veroorzaakt door organische stof (DOC) en door AOC, die via de anti-scalant wordt geïntroduceerd. Bij WOKOL worden de membranen minder belast met DOC waardoor het risico op fouling kleiner is. Vooralsnog prefereert GW de voorzuivering WOKOL boven WL mede vanwege de betere desinfectie.
De extra kosten voor de hyperfiltratie-installatie blijven voor GW naar verwachting beperkt tot maximaal 11 ct/m³ (zuivering hyperfiltratie 40 Mm³/jaar, totale produktie GW 114 Mm³/j). Hier tegenover staat een aanzienlijke verbetering van de watersamenstelling.

Toekomstperspectief

De directe zuivering van oppervlaktewater waarin membraantechnologie een essentiële rol speelt, kan een reëel alternatief worden voor conventionele zuiveringssystemen, aldus prof. dr. ir. J. C. Schippers.



Dergelijke systemen zijn van belang voor een groot aantal (oever)grondwaterbedrijven, die studies (gaan) verrichten of reeds plannen maken voor de behandeling van oppervlaktewater. Hierbij is vooral behoefte aan zuiveringsstations met een beperkte capaciteit, bijvoorbeeld 5 Mm³/jaar of minder. Bovendien dienen deze flexibel te kunnen worden uitgebreid.
De combinatie: ultrafiltratie, nanofiltratie, actief-koolfiltratie en UV-desinfectie, waarbij voorraadvorming in bekkens of in de bodem achterwege blijft, is op dit moment een alternatief dat waard is onderzocht te worden. Voor de langere termijn komt nanofiltratie gevolgd door actief-koolfiltratie met UV-desinfectie in beeld. Uiteindelijk (over 25 jaar) zou een zuivering met uitsluitend nanofiltratie mogelijk moeten zijn.
Het moment waarop deze genoemde zuiveringssystemen een reële optie worden, hangt af van de ontwikkeling van:
- de kostprijs van ultra- en nanofiltratiemembranen;
- terugspoelbare nanofiltratiemembranen, die een instelbare retentie voor calcium hebben en een veel hogere retentie voor organische micropolluenten hebben dan de huidige;
- lekdetectiemethoden, waarmee de desinfectie continu kan worden vastgesteld.

De kostprijs van ultra- en nanofiltratiemembranen kan bij toenemende omzet aanzienlijk dalen, en daarmee ook het energieverbruik. Spectaculaire verbeteringen van de nanofiltratiemembranen kunnen worden bereikt wanneer er voldoende financiële middelen en creativiteit worden ingezet. Dit geldt evenzeer voor de genoemde lekdetectiemethoden.

Samenvatting en afsluiting

Ir. P. Kamp benadrukte dat de rol, die membraantechnologie kan spelen als integraal onderdeel van de gehele zuivering meer aandacht verdient.
Ir. P. Peeters sloot hierbij aan met de opmerking dat ook de brijnproblematiek niet uit het oog mocht worden verloren.
De gehouden workshop voldeed volgens dr. ir. A. Graveland aan een behoefte gezien de grote belangstelling (70 deelnemers) en de gevoerde discussies, en stelde voor deze workshop voortaan eenmaal per jaar te organiseren. Tenslotte dankte dr. W. van Craenenbroeck voor de genoten gastvrijheid en constateerde dat in Nederland veel en interessant werk is en wordt gedaan op het gebied van membraantechnologie.

Dr. ir. M. M. Nederlof
Ing. C. W. A. M. Merks
Kiwa NV Onderzoek en Advies