

Membraanfiltratie, geavanceerde oxydatie en UV-desinfectie in de USA en Canada

Aanleiding

Het integrale proces van winning, zuivering en distributie staat bij een groot aantal drinkwaterleidingbedrijven om verschillende redenen ter discussie. Belangrijke aandachtspunten op het gebied van de zuivering zijn:



DR. J. C. KRUTHOF
KIWA NV



IR. M. W. M. VAN EEKEREN
KIWA NV



DR. IR. J. C. SCHIPPERS
KIWA NV

- verwijdering van bestrijdingsmiddelen en andere schadelijke microverontreinigingen;
- desinfectie van drinkwater, ook in het licht van recent aangetoonde organismen zoals sporen van Giardia en Cryptosporidium;
- bereiding van biologisch stabiel water;
- ontzouting en conditionering van drinkwater;
- beheersing en minimalisatie van de slibproductie en hergebruik van spoelwater;
- het integrale zuiveringsproces van de drinkwaterbereiding in de jaren negentig en daarna.

Verwijdering van bestrijdingsmiddelen en andere schadelijke microverontreinigingen

Het aantonen van bentazon in oppervlakte- en oevergrondwater van de Rijn heeft na 1987 geleid tot een grote aandacht voor de bestrijdingsmiddelenproblematiek. De drinkwaterkwaliteit wordt al langere tijd potentieel bedreigd door de aanwezigheid van bestrijdingsmiddelen en andere schadelijke microverontreinigingen in het milieu.

In Nederland wordt jaarlijks ongeveer 50.000.000 kg van 320 verschillende bestrijdingsmiddelen gebruikt. Hiervan zijn er, op grond van gebruik, oplosbaarheid en afbreekbaarheid, 228 relevant voor de drinkwaterbereiding. Van deze stoffen kunnen er 69 worden geanalyseerd tot een concentratie

Samenvatting

Het integrale proces van winning, zuivering en distributie van water staat bij een groot aantal waterleidingbedrijven ter discussie. Belangrijke aandachtspunten zijn hierbij de verwijdering van bestrijdingsmiddelen en andere schadelijke microverontreinigingen, desinfectie ook in het licht van de vorming van nevenprodukten en de afdoding van Giardia en Cryptosporidium, de bereiding van biologisch stabiel water, ontzouting, conditionering en minimalisatie van de slibproductie.

Hierbij concentreerde de aandacht zich voornamelijk op de toepassing van geavanceerde oxydatie, UV-desinfectie en membraanprocessen (nano- en hyperfiltratie).

In de herfst van 1990 heeft een twintigtal medewerkers uit de bedrijfstak een bezoek gebracht aan een aantal installaties voor hyperfiltratie, geavanceerde oxydatie en UV-desinfectie in de USA en Canada. Hierbij hebben ze de volgende ervaringen opgedaan:

- alhoewel het proces van de geavanceerde oxydatie nog in de kinderschoenen staat, zal het een zeer belangrijke rol kunnen spelen bij de omzetting van laagmoleculaire polaire micro's;
- UV-desinfectie is een zeer aantrekkelijk proces voor de nadesinfectie van biologisch stabiel water. Desinfectie met lage drukstralers in open kanalen is een goed alternatief voor desinfectie met hoge drukstralers in gesloten reactoren;
- hyperfiltratie is een bewezen techniek voor ontzouting, waarbij de membraanvervuiling het belangrijkste procestechnologische probleem is. Over de verwijdering van laagmoleculaire micro's zijn nog nauwelijks gegevens voorhanden. Ondanks het feit dat ten tijde van de studiereis nog geen installaties in gebruik waren lijkt nanofiltratie een geëigend proces voor de drinkwaterbereiding, vooral voor de verwijdering van zout, hardheid en DOC. Ook bij nanofiltratie moet rekening worden gehouden met membraanvervuiling. In bepaalde situaties kan deze vervuiling dusdanige vormen aannemen, dat toepassing van deze techniek onmogelijk is.

De ervaringen zijn geëvalueerd in een vijftal tijdens de studiereis georganiseerde workshops. Hierbij is een aantal nieuwe zuiveringsconcepten ontwikkeld met speciale aandacht voor geavanceerde oxydatie en membraanfiltratie.

Na de studiereis heeft een groot aantal waterleidingbedrijven raamplannen over hun toekomstige zuivering opgesteld en onderzoek op proef- en demonstratieinstallatieschaal voorbereid. Dit moet leiden tot het in gebruik nemen van een aantal nieuwe of gerenoveerde installaties in de tweede helft van de jaren negentig.

corresponderend met de maximaal toelaatbare concentratie van 0,1 µg/l. Van deze stoffen zijn er 20 van het grootste belang (zie tabel I).

Uit inventariserende studies is gebleken, dat in oppervlakte-, oevergrond- en grondwater vaak bestrijdingsmiddelen boven de genoemde norm aanwezig zijn. Dat betreft voornamelijk de hydrofobe, matig in water oplosbare middelen. Zodra voor de hydrofiele, goed in water oplosbare bestrijdingsmiddelen analysetechnieken beschikbaar zullen komen, moet worden verwacht dat ook de aan-

wezigheid van deze stoffen in bronnen voor drinkwater zal worden vastgesteld. Van de operationele zuiveringstechnieken is alleen een significante verwijdering te verwachten door actieve-koolfiltratie en ozonisatie en (voor vluchtige stoffen) intensieve beluchting. Vooral de meer mobiele (polaire) bestrijdingsmiddelen zullen de volledige zuivering passeren. Voor dit probleem moeten nieuwe processen operationeel worden gemaakt.

Hierbij concentreert de aandacht zich op de toepassing van geavanceerde oxydatie (gecombineerd gebruik van ozon en

TABEL I - Bestrijdingsmiddelen van het grootste belang voor de drinkwaterbereiding.

Aldicarb	Dikegulac	Mecoprop
Amitrol	Diuron	Metamitron
Atrazin	Ethephon	Metribuzin
Bentazon	Fenpropimorph	Oxadixyl
Carbendazim	Glyphosine	TCA
Chloortoluron	Maneb	Triadimefon
Chloridazon	MCPA	

waterstofperoxyde) en membraan-processen.

Desinfectie

Een tweede belangrijk aandachtsgebied is de desinfectie van drinkwater in het licht van recent gesignaleerde besmettingen van sporen van *Giardia* en *Cryptosporidium* en de vorming van nevenproducten bij het gebruik van persistente desinfectiemiddelen voor de nadesinfectie. De 'Surface Water Treatment Rule' in de USA richt zich wat desinfectie betreft sterk op de afdoding van virussen en *Giardia*-sporen. Voor virussen wordt een afdoding met een factor 10.000 geëist, voor *Giardia*-sporen een factor 1.000. Hierbij is de afdoding van *Giardia*-sporen bepalend. Voor de afdoding van *Cryptosporidium*-sporen zijn nog veel strengere desinfectie-regimes noodzakelijk. In de USA wordt ozonisatie gezien als de enige geschikte desinfectietechniek hiertoe.

In Nederland wordt op een aantal locaties nog chloor of chloordioxyde gebruikt voor de nadesinfectie van drinkwater.

De neveneffecten van chloor zijn uitgebreid beschreven, met de meeste aandacht voor de vorming van trihalomethanen (THM).

Momenteel wordt in Nederland als grenswaarde de VEWIN-aanbeveling van $0,55 \mu\text{mol/l}$ ($70 \mu\text{g/l}$ voor chloroform) gehanteerd. In voorbereiding zijn nieuwe aanbevelingen waarin een grenswaarde van $10 \mu\text{g/l}$ per individuele THM en van $30 \mu\text{g/l}$ voor de vier THM's worden voorgesteld. Daarnaast is in de concept-aanbevelingen een grenswaarde voor het adsorbeerbaar organohalogeene (AOX)-gehalte van $20 \mu\text{g/l}$ opgenomen.

In de USA zijn de neveneffecten van de chlooring veel gedetailleerder bestudeerd dan in Nederland met speciale aandacht voor haloazijnzuren en haloacetonitrillen. Voor deze verbindingen zijn normen in voorbereiding.

Vele jaren is chloordioxyde als een uitstekend alternatief voor chloor gepresenteerd, met name door de USEPA. Vooral gezien de toxiciteit van het middel zelf en de anorganische reactieproducten neemt het enthousiasme de laatste tijd sterk af. De meest recente Health Advisories van de USEPA vermelden richtwaarden voor chloordioxyde, chloriet en chlooraat van respectievelijk 100, 40 en $10 \mu\text{g/l}$. Hierdoor is chloordioxyde, zeker op lange termijn, geen alternatief voor de hoofd- en nadesinfectie.

In Nederland richt de aandacht zich meer en meer op een hoofdesinfectie door ozon, gevolgd door de productie van biologisch stabiel water, met eventueel

een nadesinfectie met behulp van ultraviole (UV) straling.

Bereiding van biologisch stabiel water

Een derde belangrijk aandachtsveld is de bereiding van biologisch stabiel water. Het gaat hier zowel om de verwijdering van biologisch afbreekbare stoffen uit de bron voor de drinkwaterbereiding als om de verwijdering van deze stoffen gevormd door oxydatieve processen, zoals geavanceerde oxydatie of ozonisatie. Voor biologisch stabiel water vermelden de concept-aanbevelingen van de VEWIN een grenswaarde voor het assimileerbaar organisch koolstof (AOC)-gehalte van $10 \mu\text{g AcC/l}$. Centraal hierbij staat de vraag onder welke procescondities biologische filtratiestappen de vereiste AOC-verwijdering kunnen effectueren.

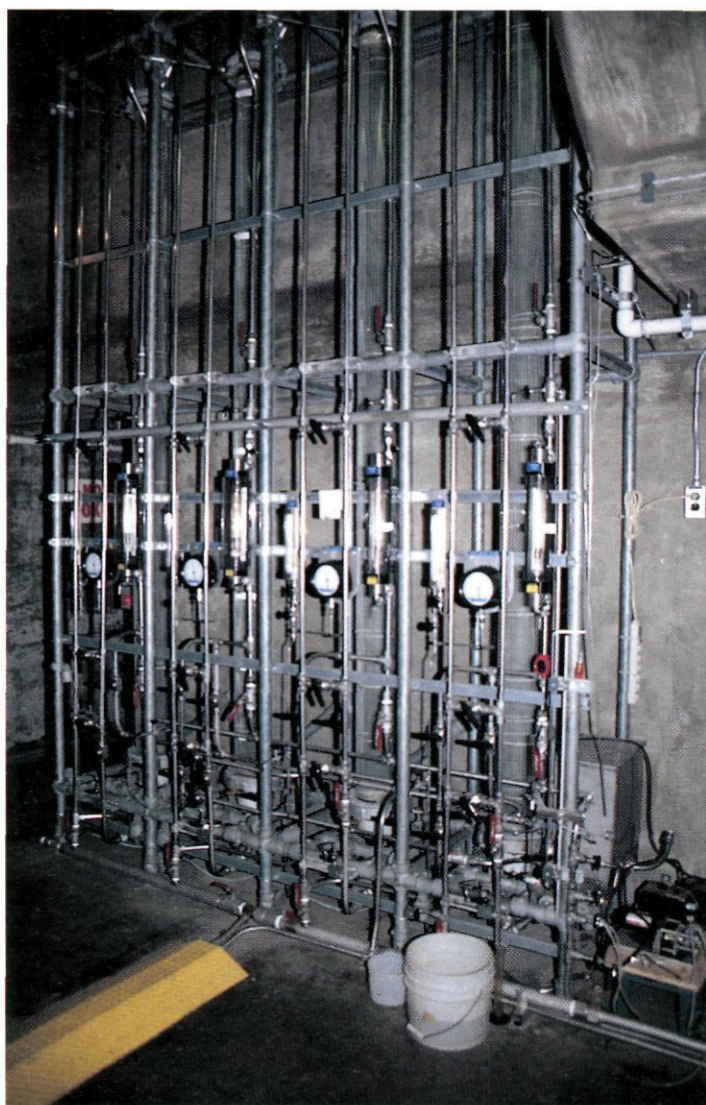
Ontzouting en conditionering van drinkwater

Een aantal bedrijven, die de Rijn als grondstof voor de drinkwaterbereiding hebben, ziet zich genoodzaakt op korte

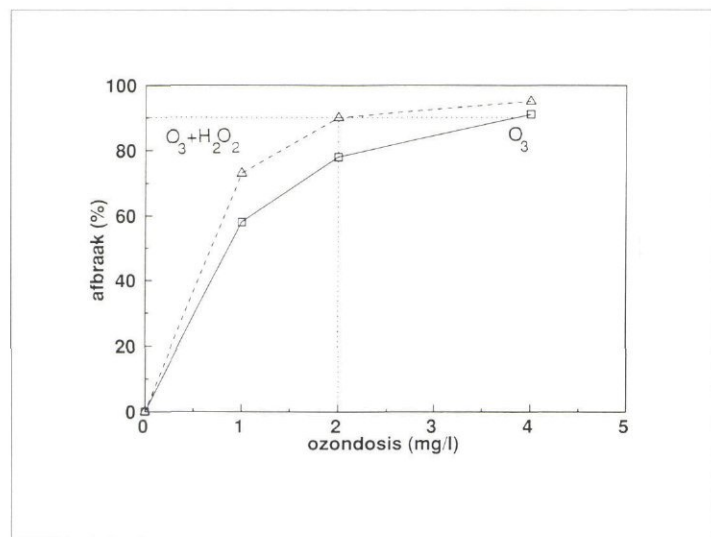
termijn een (deel-)ontzouting toe te gaan passen. Hiertoe is al vele jaren onderzoek verricht naar de toepassingsmogelijkheden van hyperfiltratie. Een recentere ontwikkeling op het gebied van de membraanfiltratie is de nanofiltratie. De hierbij toegepaste membranen houden éénwaardige ionen voor circa 50% tegen. Alle andere anorganische stoffen worden voor meer dan 90% tegengehouden. Hierdoor is nanofiltratie een zeer aantrekkelijk proces voor een gecombineerde deelontzouting en ontharding.

Organisatie studiereis

In alle discussies is de aandacht sterk gericht op de toepassing van oxydatie/desinfectieprocessen (geavanceerde oxydatie, ozonisatie, UV-desinfectie), membraanprocessen (hyper- en nanofiltratie), biologische filtratieprocessen en de plaats van deze processen in de integrale zuivering voor de drinkwaterproductie in de jaren negentig en daarna. Op alle aandachtsvelden zijn belang-



Afb. 1. - Proefinstallatie voor geavanceerde oxydatie te La Verne.



Afb. 2. - Effect van ozonisatie en geavanceerde oxydatie op reuk en smaak.

wekkende ontwikkelingen bezig in de USA en Canada.

Mede op initiatief van de voorzitter van de werkgroep 'Verwijdering van Bestrijdingsmiddelen', ir. E. G. H. Vreedenburgh, is door KIWA een studiereis naar deze landen georganiseerd om kennis te nemen van de meest recente ontwikkelingen op het gebied van bovenstaande processen. Aan deze studiereis hebben twintig medewerkers uit de bedrijfstak deelgenomen. In het onderstaande wordt op de ervaringen tijdens de studiereis ingegaan.

Oxydatie en desinfectie

Geavanceerde oxydatie

Op dit gebied is door Glaze en Peyton (USA) en Hoigné (Zwitserland) veel fundamenteel werk verricht, in eerste instantie zonder toepassing in de praktijk. Dit veranderde geleidelijk aan het eind van de jaren tachtig met als belangrijkste redenen:

- reuk- en smaakproblemen;
- beperking van de vorming van nevenproducten bij de desinfectie;
- verwijdering van bestrijdingsmiddelen.

Oppervlaktewater

De eerste twee onderwerpen worden onderzocht door het Metropolitan Water District (MWD) of Southern California in een groots opgezet demonstratieproject met een totaal budget van 20.000.000 dollar. In de eerste fase van dit project is op proefinstallatieschaal (zie afb. 1) onderzoek uitgevoerd naar de verwijdering van de reuk- en smaakstoffen geosmin en methylisoborneol, de beperking van de neveneffecten van de chloring en het desinfecterende vermogen. Geavanceerde oxydatie (door MWD PEROXONE gedoopt) verwijdert geosmin en methylisoborneol beter dan

ozon alleen. Een halvering van de ozon-dosis is mogelijk (zie afb. 2).

Ook op de vorming van chloringsproducten heeft PEROXONE een positief effect. Voor desinfectie is een rest ozon-gehalte noodzakelijk. Om deze reden is een H₂O₂/O₃-verhouding lager dan 0,3 vastgesteld. Het proefinstallatie-onderzoek is medio 1990 afgerond en wordt door MWD als zeer succesvol beschouwd.

Ten tijde van de studiereis was begonnen met de bouw van een 5,5 MGD (800 m³/h) demonstratie-installatie. Het in de periode juni 1991-mei 1992 geplande onderzoek moet leiden tot een bevestiging van de proefinstallatie-resultaten en additionele gegevens over ontwerpgrondslagen voor toepassing in de praktijk en over de biologische afbraak

van AOC in de praktijk in (snel)filters. In 1995 zal MWD volgens de huidige planning in de volledige productie (3 miljard m³ per jaar!!) PEROXONE hebben geïmplementeerd.

Voor de verwijdering van bestrijdingsmiddelen wordt in de USA geavanceerde oxydatie nog niet toegepast, al zien de medewerkers van de bezochte bedrijven hier wel goede mogelijkheden toe. In Frankrijk is wel al een aantal praktijktoepassingen aanwezig, met name van de verwijdering van atrazin uit voorbehandeld oppervlaktewater.

Grondwater

In de grondwaterzuivering is de toepassing van geavanceerde oxydatie onderzocht voor de omzetting van de gehalogeneerde koolwaterstoffen tri- en tetrachlooretheen. Dit proces is diepgaand bestudeerd door de City of Pasadena. Het proces bleek in kosten concurrerend te zijn met intensieve beluchting en actieve-koolfiltratie voor de afgasbehandeling. Ook het verwijderingsrendement voldeed aan alle verwachtingen, zowel TCE als PCE konden voor meer dan 99% verwijderd worden.

In een later stadium bleek het grondwater te Pasadena echter ook tetrachloor-koolstof, één van de weinige stoffen die niet door geavanceerde oxydatie is af te breken, te bevatten. Hierdoor is het concept van de geavanceerde oxydatie verlaten en gekozen voor intensieve beluchting met actieve-koolfiltratie (zie afb. 3).

Afb. 3 - Installatie voor de verwijdering van TCE en PCE te Pasadena.



Het productiebedrijf North Hollywood van de City of Los Angeles is ook geconfronteerd met een TCE/PCE-probleem, hier zonder een additionele tetrachloorkoolstofverontreiniging. Hier is wel gekozen voor het concept van de geavanceerde oxydatie. Het proces wordt momenteel op demonstratie-installatieschaal onderzocht.

Ozonisatie

Op de Aqueduct plant van the City of Los Angeles is de grootste ozonisatie-installatie van het westelijk halfrond in gebruik. Voor de behandeling van 90.000 m³/uur is de volgende installatie geplaatst:

- een unit voor de cryogene zuurstofproductie van 50 ton/dag;
- vijf ozongeneratoren voor een ozonproductie van 150 kg/uur;
- 264 keramische elementen als oplossectie voor 1,5 mg/l ozon;
- een thermisch katalytische ozonvernietiger.

De ozonisatie is geïntroduceerd om in de daaropvolgende direct filtratie de lineaire snelheid te kunnen opvoeren tot een recordhoogte van 32,8 m/h(!). Hierdoor is op een totale investering van \$ 146,000,000.– een besparing van \$ 19,000,000.– geëffectueerd.

De ozonisatie maakt een technologisch zeer verantwoorde indruk. Dit geldt echter niet voor het gehele zuiveringsconcept. Na een vlok Vorming met 1 mg/l kationisch polymeer, een dosering van Fe(III)-chloride als filtratiehulpmiddel en de genoemde direct filtratie levert het bedrijf water met een zeer hoog AOC-gehalte af. Voor stabilisatie wordt chloor gedoseerd tot een dosis van enige mg/l.

Daarna wordt het water opgeslagen in een open reinwaterberging. Hierin wordt ter bestrijding van algen kopersulfaat gedoseerd. In het distributiesysteem vindt herinjectie van chloor plaats tot een totale dosis van 8 mg/l(!).

UV-desinfectie

In Nederland groeit de belangstelling voor de nadesinfectie met UV-straling, ook voor toepassing op grotere productiebedrijven, sterk. Naast de toepassing van midden-drukstralers in gesloten reactoren biedt de toepassing in open kanalen met een relatief groot aantal lage-drukstralers een alternatief.

Dit laatste concept wordt al uitgebreid toegepast voor de desinfectie van afvalwater, onder andere in de afvalwaterzuiveringsinstallatie te Windsor (zie afb. 4). Hier wordt 126.000 m³/dag afvalwater met UV-straling gedesinfecteerd in twee betonnen goten. In totaal zijn

Afb. 4 - Rek met acht UV-stralers van de desinfectie-apparatuur te Windsor.



1.280 UV-stralers geïnstalleerd in rekken voorzien van 8 stralers en een monitor. Bij nieuwe stralers is de dosis 45 mJ/cm², na 12.000 branduren is de dosis teruggevallen tot 30 mJ/cm² en worden de stralers vervangen. Onder deze condities wordt het aantal faecale coliformen teruggebracht van 1,5 miljoen/100 ml tot onder de vereiste grenswaarde van 200/100 ml. Een à twee keer per week worden algen van de stralers verwijderd door een hogedrukspuit. Eens per drie maanden wordt aanslag verwijderd door een behandeling met fosforzuur in een daartoe speciaal ontwikkeld apparaat. Aansluitend is de fabriek te London, Ontario bezocht waar uitgebreid is gediscussieerd over de toepassing van dit concept voor de nadesinfectie van grote volumestromen drinkwater.

Membraanfiltratie

Een groot deel van de studiereis was gewijd aan een negental bezoeken aan hyperfiltratie-installaties (zie tabel II).

Hierbij is de volgende onderverdeling aan te brengen:

- vier praktijkinstallaties voor de ontzouting van grondwater en een demonstratie-installatie voor de nitraatverwijdering;
- een praktijk- en een demonstratie-installatie voor de hyperfiltratie van afvalwater;
- een praktijk- en een proefinstallatie voor de hyperfiltratie van oppervlaktewater.

Daarnaast bestond er een zeer sterke belangstelling voor de toepassing van nanofiltratie. In de tijd van de studiereis waren er echter nog geen praktijkinstallaties operationeel. Wel was een zestal installaties in een vergevorderd stadium van aanbouw. Hierop zal in een volgende publikatie nader worden ingegaan.

Hyperfiltratie van grondwater

In Florida zijn vier membraanfiltratie-installaties bezocht. In Cape Coral,

TABEL II – Bezochte membraanfiltratie-installaties.

Bedrijf	Capaciteit	Doel	Schoonmaken	Brijnafvoer
Melbourne	0,8 m ³ /h	verlaging DOC	1 x 4 à 5 weken loog	–
Cape Coral	2.250 m ³ /h	Cl < 250 mg/l	– zuur	Salt Water Tidal Lake
Englewood	450 m ³ /h	Cl < 80 mg/l	– loog	Injectie 1.800 ft diepte
Sarasota	675 m ³ /h	TDS < 150 mg/l	1 x maand loog	Golf van Mexico
Venice	600 m ³ /h	Cl < 30 mg/l TDS < 250 mg/l	1 x jaar amm/citroenz	Golf van Mexico
Yuma	11.500 m ³ /h	TDS < 250 mg/l	1 x 6 mnd (verwachting)	Golf van California
Orange County	750 m ³ /h	TDS < 100 mg/l	1 x 22 dagen	Stille Oceaan
Tustin	75 m ³ /h	NO ₃ < 15 mg/l TDS < 50 mg/l	1 x 3 à 4 weken	Riool
Aquaculture	8 m ³ /h	verlaging TDS	1 x 3 weken	Stille Oceaan

Englewood, Sarasota en Venice wordt hyperfiltratie toegepast voor verlaging van het gehalte aan 'total dissolved solids' (TDS) c.q. chloride. Alle bedrijven (capaciteit 450-2.250 m³/h) hebben in grote lijnen dezelfde zuiveringsopzet;

- dosering van zwavelzuur en antiscalant aan ongezuiverd grondwater;
- filtratie over kaarsfilters met een maaswijdte van 1 à 5 µm. De kaarsfilters worden niet schoongemaakt maar na 1 à 4 maanden vervangen;
- membraanfiltratie over holle vezel of spiraalgewonden membranen. De levensduur van de membranen is circa vijf jaar. Bij vervanging worden steeds minder holle vezelmembranen gebruikt. Membraanvervuiling is op alle lokaties een zeer belangrijk aspect. Schoonmaken vindt plaats met zuur en loog en op een lokatie met een mengsel van ammoniak en citroenzuur;
- beluchting voor de verwijdering van kooldioxyde en zwavelwaterstof.

Soms wordt hierbij ter bestrijding van de stankoverlast ammoniak gedoseerd;

- pH-correctie met loog;
- chloring.

De brijn wordt na beluchting en chloring(!) afgevoerd door lozing op de Golf van Mexico of door injectie op een diepte van circa 200 m. Centraal staan de problemen van de membraanvervuiling. In Sarasota is een set membranen verloren gegaan door een afzetting van metaalsulfiden en silicaten. Biologische vervuiling wordt meestal niet als probleem onderkend. Alleen te Englewood zijn grote problemen gesignaleerd door de groei van een fotosensitieve bacterie. Het proces wordt als arbeidsintensief ervaren. Op iedere lokatie zijn twee à drie

man continu bezig met ijking, onderhoud van instrumentarium en reiniging van de membranen. De kosten variëren per lokatie; het verbruikerstarief ligt tussen \$ 1.20-\$ 2.40/1.000 gallon (circa f 0,60-f 1,20/m³). In grote lijnen wordt hetzelfde proces toegepast te Tustin voor de nitraatverwijdering uit grondwater. In een demonstratie-installatie voor behandeling van 75 m³/h wordt door een drie-traps-membraanfiltratie de nitraatconcentratie verlaagd van 75 naar < 15 mg/l. De produktiekosten zijn 10% hoger dan voor ionenwisseling en bedragen circa f 0,30/m³.

Hyperfiltratie van afvalwater

In het Orange County Water District of

Southern California wordt op Water Factory 21 membraanfiltratie toegepast voor de ontzouting van afvalwater. De totale produktie bedraagt 2.250 m³/h, waarvan eenderde deel wordt ontzout. In tegenstelling tot de grondwaterbedrijven vindt hier wel een uitgebreide voorzuivering plaats.

- kalkdosering voor de verlaging van hardheid en de verwijdering van zwevende stof, zware metalen en organische stoffen (THM-precursors);
- intensieve beluchting bij hoge pH voor de verwijdering van ammoniak. In de tijd van het bezoek was deze zuiveringsstap niet meer in gebruik;
- pH-correctie door recarbonisatie met CO₂ teruggewonnen door recalcinatie;
- chloring, primair gericht op de algenbestrijding;
- dubbellaagsfiltratie voor de verwijdering van zwevende stof.

Daaropvolgend wordt 1.500 m³/h water gekoolfiltreerd. Een volumestroom van 750 m³/h ondergaat, na passage van een kaarsfilter met een maaswijdte van 25 µm, hyperfiltratie (afb. 6). In een drietrapsproces wordt het TDS-gehalte verlaagd van 1.000 tot < 100 mg/l. Het water wordt gehoord en gediepinfiltreerd als barrière tegen zoutindringing.

Een zeer belangrijk aspect voor de bedrijfsvoering is de membraanvervuiling, die hier vooral van biologische aard is. Ondanks een extra chloordosering van 1 mg/l chloor moeten de membranen eens per 20 à 22 dagen schoongemaakt worden. De bepaling van de vervuilingsskarakteristieken met behulp van een

Afb. 5 – Hyperfiltratie-installatie voor de ontzouting van grondwater te Cape Coral.



biofilm assay test krijgt veel aandacht. Ook in de diepinfiltratiepanden treedt door nagroei en scaling verstopping op. In de afgelopen 15 jaar zijn de putten echter nooit gerenoveerd.

In San Diego wordt in het kader van het Aquaculture project 8 m³/h afvalwater via verblijf in een vijver met waterhyacinten, vlokvorming, bezinking, snelfiltratie, UV-desinfectie, kaarsfiltratie, UV-desinfectie, hyperfiltratie en actieve-koolfiltratie gezuiverd tot irrigatiewater. In een volgende fase van het project zal 150 m³/h worden behandeld.

Hyperfiltratie van oppervlaktewater

Zoals al in het februari-nummer van H₂O is beschreven, is ook de membraan-filtratie-installatie te Yuma bezocht. Hier zal 11.500 m³/h water van de Colorado river worden ontzout van 3.000 tot < 250 mg/l TDS. Er vindt een zeer conventionele voorzuivering plaats die bestaat uit:

- zeving;
- chloring;
- bezinking;
- vlokvorming;
- zuurdosering;
- dubbellaagsfiltratie;
- chloring;
- verblijf in een detentiekelder;
- zwaveldioxyde- en zuurdosering.

De installatie voor hyperfiltratie zal worden uitgerust met 1.800 drukvaten en 9.400 membraanelementen (zie afb. 7). De drukvaten zijn geplaatst, een deel van de membranen is aangebracht.

Afb. 7 - Hyperfiltratie-installatie voor de ontzouting van oppervlaktewater te Yuma.



Afb. 6 - Hyperfiltratie-installatie voor de ontzouting van afvalwater op Water Factory 21.

Het besturingsgedeelte zal naar verwachting in 1991 worden geplaatst, zodat in 1992 productie mogelijk is. Het is echter de vraag of dit ook zal gebeuren. De installatie zal namelijk alleen in bedrijf worden genomen na vier opeenvolgende droge jaren en na het eerstvolgende natte jaar weer worden stopgezet.

De installatie is niet uitgerust met kaars-filters. Naar verwachting zullen de membranen eens per zes maanden schoongemaakt moeten worden.

De brijn zal 10.000 mg/l TDS bevatten en

wordt via een pijpleiding van 50 mijl naar de Golf van California geleid waar het een verdunning van het zeewater (30.000 mg/l TDS) zal geven.

Het produkt zal ten opzichte van het huidige drinkwater een superieure kwaliteit hebben. Tot op heden hebben zich echter geen gegadigden aangeboden, zodat het naar verwachting zonder verdere toepassing direct op de Colorado geloosd zal worden.

Bij alle hyperfiltratietoepassingen blijkt de membraanvervuiling een zeer belangrijke rol te spelen. Dit blijkt eens te meer uit het proefinstallatie-onderzoek dat prof. J. S. Taylor en medewerkers van de University of Central Florida te Melbourne uitvoeren. Dit onderzoek is momenteel geheel gewijd aan de voorzuivering voorafgaand aan de membraanfiltratie. Ten tijde van het bezoek werden de vlokvorming met aluminiumsulfaat, actieve-koolfiltratie en directe en crossflow microfiltratie onderzocht.

Workshops

De studiereis naar de USA en Canada was niet alleen gewijd aan het bezoeken van technische installaties. In het kader van een vijftal workshops (zie afb. 8) is vaak tot diep in de nacht van gedachten gewisseld over de verworven informatie, toepassingsmogelijkheden in het eigen zuiveringsbedrijf, het zuiveringsproces in de jaren negentig en daarna en zwaartepunten voor het VEWIN-speurwerkprogramma 1993-1997. Een aantal van de kernpunten is in het hiernavolgende vermeld.

Geavanceerde oxydatie

Het proces biedt zeer goede mogelijkheden voor de omzetting van polaire organische microverontreinigingen waaronder bestrijdingsmiddelen als andere (verwijderings)technieken te kort schieten. Het proces staat echter nog in de kinderschoenen en vraagt nog veel onderzoek voor het vaststellen van procescondities, doseringen enzovoort. Ook de vorming van nevenprodukten zoals bromaat moet nader worden bestudeerd.

UV-desinfectie

UV-desinfectie biedt zeer goede perspectieven voor de nadesinfectie wanneer het water biologisch stabiel is en bescherming tegen nagroei achterwege kan blijven. Het systeem met lage-drukstralers en (open) kanalen is een goed en eenvoudig alternatief voor de gesloten reactoren met hoge-drukstralers.

Membraanfiltratie

Hyperfiltratie is een bewezen techniek voor ontzouting. Voor andere toepassingen bijvoorbeeld organische stofverwijdering is het proces nog in ontwikkeling, waarbij vooral de verwijdering van organische microverontreinigingen met een molecuulgewicht lager dan 300 nog nauwelijks onderzocht is. Voor deze stoffen is zeker geen volledige, wellicht zelfs geen significante verwijdering te verwachten. Nieuwe membranen kunnen mogelijk ook voor deze klasse van verbindingen een



Afb. 8 - Deelnemers aan de workshop te Sarasota.

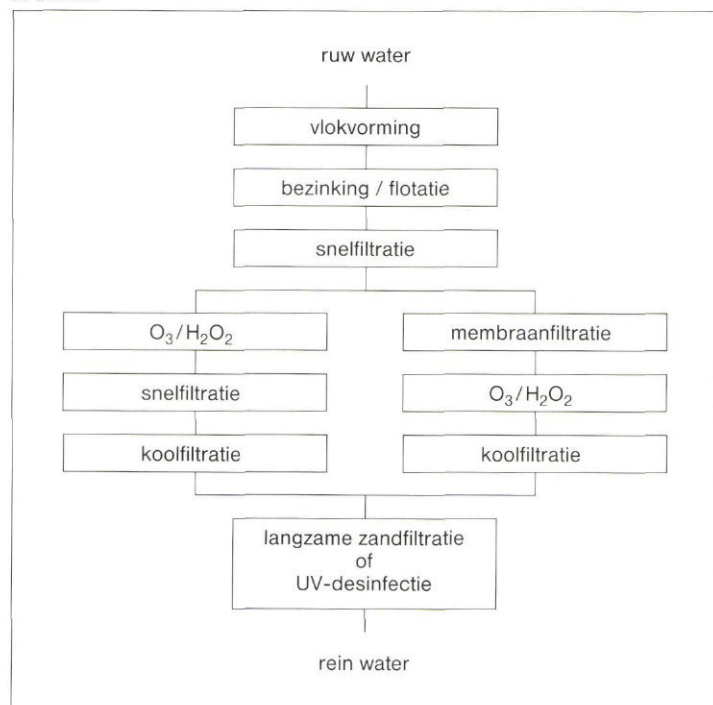
superieure verwijdering bewerkstelligen. Van groot belang is de voorzuivering in relatie tot de membraanvervuiling. Hier ligt de kernvraag voor een succesvolle toepassing van hyperfiltratie in de praktijk, vooral bij de behandeling van voorgezuiverd oppervlaktewater.

Veel belangstelling bestaat voor de nanofiltratie voor toepassing bij ontharding en (deel)ontzouting. Het proces is inzetbaar als deelstroombehandeling en in het licht

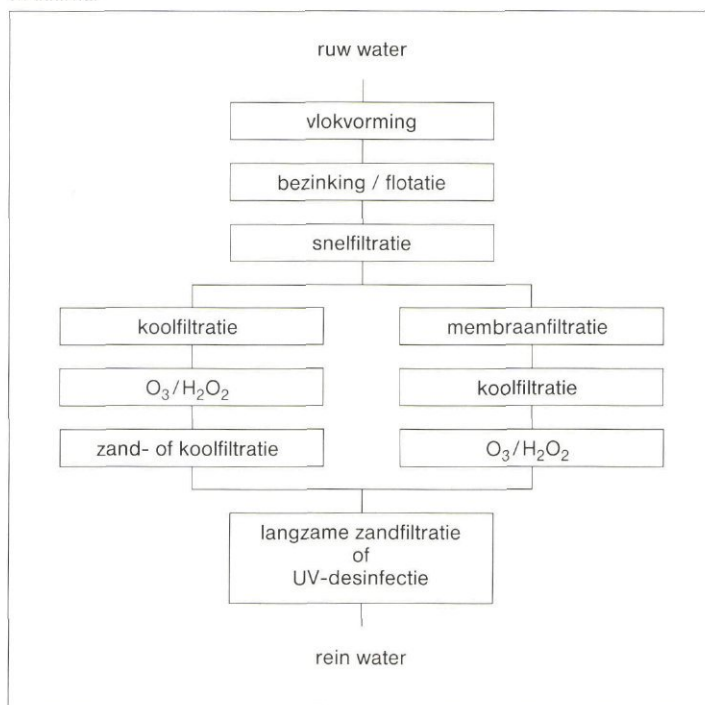
van de verwijdering van schadelijke organische microverontreinigingen zoals bestrijdingsmiddelen als hoofdstroombehandeling.

Ook hier bestaan nog grote hiaten in de kennis over de verwijdering van organische microverontreinigingen. Vervuiling speelt gezien de afwijkende oppervlaktestructuur van deze membranen naar verwachting een sterkere rol dan bij hyperfiltratie.

Afb. 9 - Zuiveringsscenario met 'zware' geavanceerde oxydatie voor de jaren negentig en daarna.



Afb. 10 - Zuiveringsscenario met 'lichte' geavanceerde oxydatie voor de jaren negentig en daarna.



Over de verwijdering van organische microverontreinigingen is nog weinig informatie voorhanden. Nader onderzoek is dringend gewenst. De weinige beschikbare gegevens duiden op een onvolledige verwijdering vooral voor de kleine moleculen. Dit leidt tot de wens nieuwe membranen te ontwikkelen die wel hiervoor toepasbaar zijn.

Plaats van membraanfiltratie en geavanceerde oxydatie in de zuivering

In de discussies is veel aandacht besteed aan de plaats van de membraanfiltratie en de geavanceerde oxydatie in de zuivering. In het geval van de membraanfiltratie heeft de discussie geleid tot een algemeen aanvaard concept. Na een voorzuivering door vlokvorming, vlokverwijdering, snel-filtratie en eventueel vlokingsfiltratie en langzame zandfiltratie volgt de membraanfiltratie. Deze wordt gevolgd door een barrière voor desinfectie en organische micro's. Die wordt geëffectueerd door een lage ozon/waterstofperoxyde-dosering en een actieve-koolfiltratie.

Zonder membraanfiltratie vormen de geavanceerde oxydatie met hoge doseringen en de biologische stabilisatie door filtratie-stappen het hart van de zuivering. Hierbij dringen zich twee concepten op.

Het eerste concept laat verwijdering altijd prevaleren boven omzetting. Dit leidt tot een direct op de voorzuivering volgende actieve-koolfiltratie. Alleen voor stoffen die kool echt niet kan verwijderen, volgt een oxydatieve behandeling met relatief lage doseringen die ook de desinfectie waarborgt. Tenslotte volgt een eenvoudige filtratie over zand of kool.

Het tweede concept gaat uit van eerst een zo volledig mogelijke omzetting van organische stoffen met hoge doseringen aan ozon en waterstofperoxyde.

Daarna volgen meerdere filtratiestappen over zand en kool met lange contacttijden voor de biologische stabilisatie.

Als laatste stap volgt een barrière waarvoor langzame zandfiltratie en UV-desinfectie in aanmerking komen.

De zuivering in de jaren negentig en daarna
Alle op de studiereis aanwezige waterleidingbedrijven hebben hun huidige zuivering, de binnen het bedrijf levende zuiveringsfilosofie en de plannen voor de (naaste) toekomst gepresenteerd. Afhankelijk van de voorkeur voor verwijderen of omzetten en de toepassing van membraanfiltratie zijn de basis-scenario's weergegeven in de afbeeldingen 9 en 10 gepresenteerd. Ter vereenvoudiging is in dit kader niet

ingegaan op de functie van voorraadvorming en (diep)infiltratie.

Voor de bedrijven die geen membraanfiltratie gaan toepassen vervalt het rechtergedeelte van afb. 9 en 10. Omdat met de scenario's nog niet of nauwelijks ervaring is opgedaan, moeten deze uiteraard op hun inzetbaarheid worden getoetst door onderzoek op proef- en demonstratie-installatie-schaal.

Follow up

Bij het opstellen van deze publikatie is ruim een half jaar sinds de studiereis verstreken. In die periode hebben van de negen aanwezige waterleidingbedrijven er vijf een raamplan over de zuiveringsfilosofie in de toekomst opgesteld. Ook hebben vijf (gedeeltelijk andere) bedrijven een onderzoekstraject voorbereid, waarvan de meeste al in 1991 beginnen. Volgens planning zal de op het onderzoekstraject volgende nieuwbouw op vier bedrijven al in 1995 (ten dele) gerealiseerd zijn.

Ook de studiereis zal een follow-up krijgen. In september/oktober 1991 zal KIWA een tweede studiereis organiseren voor circa 20 drinkwaterleiding-directeuren. Deze zullen naast een technologische oriëntatie aan de beleidsmatige en economische haalbaarheid een nadere invulling geven.

● ● ●

Gemeentewaterleidingen Amsterdam plaatst grote orders voor levering van actieve korrelkool

Dezer dagen heeft Gemeentewaterleidingen Amsterdam met Norit N.V. in Amersfoort en Chemviron Carbon in Brussel contracten afgesloten voor de levering van korrelkool voor de nu in aanbouw zijnde installaties voor actieve-koolfiltratie bij de drinkwaterproductiebedrijven Leiduin te Vogelenzang en Weesperkarspel in Amsterdam-Zuidoost. Voor de internationale drinkwaterwereld gaat het hier om zeer substantiële leveringen.

Met Norit N.V. is een overeenkomst afgesloten voor de levering van 5.800 m³ actieve korrelkool van het type Norit Row 0.8 Supra voor de actieve-koolfiltratie te Leiduin. De levering van deze hoeveelheid is voorzien voor eind 1993. De installaties zijn ontworpen voor een productiecapaciteit van 70 miljoen m³ drinkwater per jaar.

Het contract met Chemviron Carbon te Brussel, Europese vestiging van Calgon Carbon Corporation, voorziet in de levering van 2.600 m³ actieve korrelkool van het type Filtra-sor, te gebruiken in het drinkwaterproductiebedrijf Weesperkarspel. Met de levering wordt nog dit jaar begonnen. De ontwerpcapaciteit van de drinkwaterproductie-installatie van deze vestiging bedraagt 30 miljoen m³ per jaar.

Beide contracten houden in dat de actieve kool, na verzadiging, wordt gereactiveerd, zodat ze weer geschikt is voor hergebruik. Tot de bouw van de installaties voor actieve-koolfiltratie werd in 1989 door de gemeenteraad van Amsterdam besloten, nadat in het Rijnwater, dat als grondstof dient voor de drinkwaterbereiding, verontreiniging met bestrijdingsmiddelen (o.a. Bentazon en Atrazine) was ontdekt. In afwachting van het gereedkomen van de definitieve zuiveringsinstallaties zijn al direct tijdelijke maatregelen getroffen, waardoor de concentraties van deze stoffen in het drinkwater tot beneden de wettelijke norm van 0,1 microgram per liter konden worden teruggebracht. Toepassing van actieve-koolfiltratie heeft tot belangrijkste doel in het algemeen de hoeveelheid organische stoffen te verminderen.

Met name geldt dit voor gechloreerde koolwaterstoffen en bestrijdingsmiddelen. Verder wordt met deze zuiveringsmethode een verbetering gerealiseerd van reuk, kleur en smaak van het drinkwater.

Aan de beslissing van Gemeentewaterleidingen om over te gaan tot de toepassing van de actieve korrelkool van Norit en Chemviron zijn vele jaren van experimenten met verschillende drinkwaterzuiveringsprocessen en vergelijkende onderzoeken aan diverse soorten actieve korrelkool voorafgegaan.

De totale kosten voor de bouw van de installaties voor ozonisatie en actieve-koolfiltratie bedragen 145 miljoen gulden. De investering te Weesperkarspel beloopt 19 miljoen gulden en die te Leiduin 126 miljoen gulden. (Persbericht GWA)