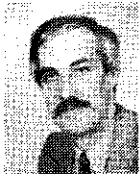


Verwijdering van colloïden met in line coagulation

Inleiding

Een belangrijk technologisch probleem bij kunstmatige infiltratie is het optreden van verstopping van de infiltratiemiddelen. Wordt hierbij gebruik gemaakt van kanalen of pannen dan levert dit verschijnsel geen onoplosbare problemen. Bij gebruik van persputten is dit wel te verwachten. Hier-teenover staat dat toepassing van persputten een aantal aantrekkelijke kanten van technische en landschappelijke aard heeft. Een analoog probleem doet zich voor bij hyperfiltratie, in de vorm van membraan-ervuiling.



J. C. SCHIPPERS
KIWA NV

Buisvormige membraansystemen leveren wat dit betreft weinig problemen meer op. Holle vezel en spiraalgewonden membraan-systemen zijn daarentegen aanzienlijk gevoeliger voor vervuiling. De twee laatst-gevoemde systemen zijn echter belangrijk goedkoper dan het buisvormige systeem. Kunstmatige infiltratie en hyperfiltratie hebben gemeen dat de genoemde problemen in belangrijke mate worden veroorzaakt door de aanwezigheid van colloïden en zwevende stoffen in het voedingwater. Uit onderzoek verricht door een aantal waterleidingbedrijven en het KIWA in het kader van het speurwerkprogramma van de VEWIN is gebleken, dat oppervlaktewater gezuiverd door middel van coagulatie, in het algemeen niet zonder meer een ge-schikte kwaliteit heeft om als voedingwater voor kunstmatige infiltratie en hyperfil-tratie te dienen.

Het ligt dan ook voor de hand, dat onder andere gezocht is naar aanvullende behan-delingsprocessen. Een techniek die wat dit betreft in principe interessante mogelijk-heden heeft is 'in line coagulation'. Met dit recent in de VS ontwikkelde proces, zijn opmerkelijke successen geboekt als aan-vullende voorzuivering bij hyperfiltratie. In line coagulation' behoort tot die pro-cessen welke ook wel worden aangeduid met de term vlokkingfiltratie. Bij dit specifieke proces wordt in plaats van een aluminium of een ijzertzout, een organisch cation actief polymeer toegepast. In de filters wordt bovendien een materiaal be-staande uit aluminiumsilikaat gebruikt in plaats van zand.

Op grond van de geschetste situatie is be-sloten het 'in line coagulation' proces voor de Nederlandse omstandigheden te eva-

lueren. Indien hierbij zou blijken dat met dit proces inderdaad een laag zwevend stof en colloïdgehalte kan worden verkregen, dan zal nagegaan worden of het proces in bestaande zuiveringsprocessen kan worden geïntegreerd. Op deze wijze kan dan een extra filtratiefase worden vermeden.

Het eerste probleem dat zich bij de eva-luatie van het 'in line coagulation' proces voordeed was het ontbreken van een goede kwaliteitsparameter. Hiermee wordt be-doeld een kwaliteitsparameter waarmee in principe de mate waarin verstopping van persputten en vervuiling van membranen optreedt, kan worden voorspeld. Gebleken is, althans tot nu toe, dat de klassieke parameters zoals troebelingsgraad, affil-treerbare hoeveelheid materiaal en aantal deeltjes een onvoldoende maatstaf zijn om het optreden van de waargenomen ver-schijnselen te kunnen verklaren.

Deze situatie is aanleiding geweest om na te gaan in hoeverre methoden geschikt zijn, die gebruik maken van het verloop van de filtratiesnelheid door een membraanfiltertje met poriën van $0.45 \mu\text{m}$. Methoden ge-baseerd op dit principe zoals Filtrability Index, Membrane Filter Test, Silting Index, Plugging Index, Fouling Index and Silt Density Index blijken in het algemeen een goede theoretische basis te ontberen. Dit gegeven heeft ertoe geleid dat bij het KIWA de Membraanfiltratie Index (MFI) is ontwikkeld welke zowel theoretisch onderbouwd als praktisch uitvoerbaar is. Hierbij is uitgegaan van de Silt Density Index, welke algemeen door de fabrikanten van holle vezel membranen wordt aan-bevolen.

Membraanfiltratie-index

De Membraanfiltratie-Index (MFI) is ge-baseerd op het verschijnsel dat bij filtratie van water met daarin colloïden, door een membraanfiltertje met poriën van $0.45 \mu\text{m}$ een koek of gel ontstaat. Dit verschijnsel kan worden beschreven met de volgende betrekking:

$$\frac{t}{V} = \frac{\eta R_f}{\Delta P \cdot A} + \frac{\eta V J}{2 \Delta P A^2}$$

t = tijd

V = filtraat volume

η = viscositeit

R_f = specifieke weerstand van het membraanfilter ($0.45 \mu\text{m}$)

ΔP = drukverschil over het filter

A = oppervlak membraanfilter

J = maat voor de potentie van het water om een membraanfilter te vervuilen (even-redig met de concentratie en afhankelijk van de aard van de colloïden).

De term $\frac{\eta J}{2 \Delta P \cdot A^2}$ kan als maat dienen

voor de neiging van water met colloïden om het membraanfilter te verstopen indien ΔP , η en A naar referentiewaarden worden omgerekend.

In afb. 1 is de filtratiecurve van door de Watertransportmaatschappij Rijn-Kenne-merland gezuiverd Rijnwater weergegeven. Deze curve vertoont drie gebieden waarin achtereenvolgens wordt verondersteld ver-stoppingfiltratie, koekfiltratie en koek-filtratie met samendrukking op te treden. Het rechte middenstuk in de curve geeft het gebied aan waarin koekfiltratie zonder samendrukking optreedt. De helling van de curve ter plaatse $\text{tg} \alpha$ is gelijk aan de term:

$\frac{\eta J}{2 \Delta P A^2}$ welke is gedefinieerd als de Mem-

braanfiltratie-Index (MFI). Zie voor een uitgebreide beschrijving van de MFI [1].

Oriënterende experimenten

Om een indruk te krijgen van het effect van het 'in line coagulation' proces op de MFI zijn oriënterende experimenten uit-gevoerd te Jutphaas, Leiduin, Dordrecht, Den Haag en Andijk.

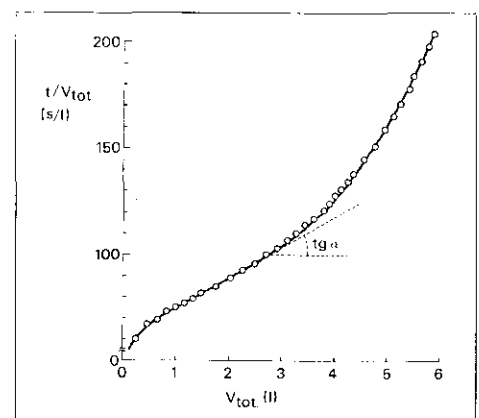
Jutphaas

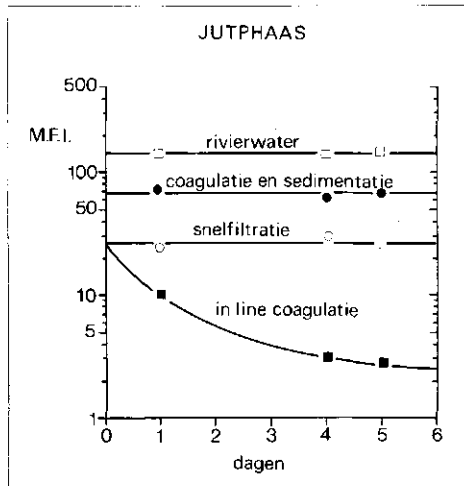
Het zuiveringsbedrijf van de Watertrans-portmaatschappij Rijn-Kennemerland te Jutphaas behandelt Rijnwater met het volgende proces:

- coagulatie met ferrichloride ($\sim 3 \text{ mg Fe}^{3+} / \text{l}$)
- neutralisatie met nationloog (pH = 8)
- sedimentatie
- snelfiltratie.

Het op bovenstaande wijze behandelde water is gebruikt voor de experimenten met 'in line coagulation'.

Afb. 1 - Filtratiecurve van voorgezuiverd Rijnwater.





Afb. 2 - Effect coagulatie en sedimentatie en snelfiltratie alsmede in line coagulatie op Rijnwater.

Bij deze experimenten is het polyelectrolyt Superfloc C573 gedoseerd, juist voor een snelfilter. Dit filter was gevuld met Filter AG (aluminiumsilikaat $d_{eff} = 0,6$ mm) en bedreven met een snelheid van $10 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$. De dosering is hierbij op een zodanig niveau ingesteld dat de colloïden juist geen lading meer hadden. Dit kwam neer op een dosering van 3 tot 5 mg/l. Het effect van deze behandeling alsmede de voorafgaande zuiveringsstappen is in afb. 2 weergegeven. Uit deze afbeelding blijkt, dat het hierbij enige dagen duurt voor het effluent van het 'in line coagulation' filter een lage MFI waarde bereikt.

Dit effect, dat optrad na het spoelen van het filter, manifesteerde zich in versterkte mate na enige filter runs. Na enige maanden in bedrijf te zijn geweest, bleek dat er 'mud balls' in het filter aanwezig waren, en dat het bovendien in ernstige mate vervuild was door een slijmerige substantie. Dit materiaal had het aanzien van bacteriële oorsprong te zijn, zodat het filtermateriaal met verdund bleekwater is behandeld, hetgeen ook succes had.

De experimenten zijn hierna herhaald, terwijl tevens ca. $0,5 \text{ mg Cl}_2/\text{l}$ is gedoseerd. Na enige weken in bedrijf te zijn geweest bleek het filter opnieuw geheel vervuild, terwijl het effect als geheel van de 'in line coagulation' niet was verbeterd. Hieruit is opgemaakt dat de problemen niet terug te voeren zijn op bacteriële activiteiten in het filter.

Om na te gaan of een uitgebreidere voorzuivering, een meer succesvolle toepassing van deze techniek toestond zijn de experimenten te Leiduin voortgezet.

Leiduin

Water dat in Jutphaas is behandeld, wordt onder andere naar Leiduin getransporteerd. Ter plaatse is water van deze herkomst in

een proefinstallatie op de volgende wijze behandeld ten behoeve van experimenten in het kader van kunstmatige infiltratie:

- opwaartse filtratie (5 mg Fe^{3+}/l)
- opwaartse filtratie
- neerwaartse filtratie
- ozonisatie
- actieve koolfiltratie.

Het produkt van het neerwaartse filter is onder andere als voedingwater voor de 'in line coagulation' gebruikt. Afb. 3 toont het resultaat van dit experiment. Hieruit blijkt dat in dit geval vrijwel onmiddellijk na het begin van de proef een lage MFI-waarde wordt bereikt. Dit gunstige resultaat is ook gedurende de enkele weken dat de experimenten duurden gehandhaafd.

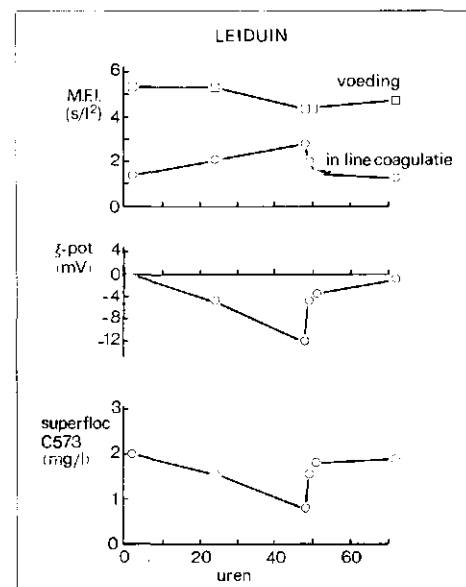
Dordrecht en Den Haag

Om een indruk te krijgen van de werking van het 'in line coagulation'-proces met water van verschillende aard en oorsprong is het onderzoek voortgezet, te Dordrecht en Den Haag. In Dordrecht is uitgegaan van water uit het distributienet op een zodanig punt dat dit voornamelijk bestond uit gezuiverd Rijnwater van het pompstation Baanhok.

Het zuiveringsproces aldaar omvatte

- dosering ferrosulfaat (5-10 mg Fe^{3+}/l)
- opslag in een spaarbekken (3-6 maanden)
- breekpuntchloring
- coagulatie met ferrosulfaat (10 mg Fe^{2+}/l in combinatie met ontharding met kalk en loog

Afb. 3 - Effect in line coagulatie na additionele voorzuivering van Rijnwater te Leiduin.



- opwaartse filtratie
- neerwaartse filtratie
- neutralisatie met loog
- ozonisatie
- chloring.

In Den Haag is uitgegaan van water van de Maas dat door de Duinwaterleiding van 's-Gravenhage in een proefinstallatie ten behoeve van duinfiltratie als volgt is behandeld:

- coagulatie met ferrichloride (10 mg Fe^{3+}/l)
- sedimentatie
- snelfiltratie (2 maal).

De resultaten bereikt te Dordrecht en Den Haag waren zonder uitzondering gunstig en kwamen overeen met de resultaten die in Leiduin zijn geboekt.

Samenvatting en conclusies ten aanzien van de oriënterende experimenten

Uit de resultaten van de experimenten blijkt dat met 'in line coagulation' een lage MFI-waarde bereikt kan worden, indien uitgegaan wordt van Rijn- en Maaswater dat met behulp van coagulatie is behandeld. Indien een betrekkelijk lage dosering van ferrizouten wordt toegepast, zoals in Jutphaas, wordt een onbevredigend resultaat verkregen.

— Het lijkt aannemelijk dat het 'in line coagulation' proces wordt verstoord door de aanwezigheid van humusverbindingen. Immers bij een tweede behandeling van water van de WRK met ferrizout verloopt het proces zonder inloopverschijnselen. Bovendien blijken deze problemen evenmin op te treden in Dordrecht en in Den Haag, waar ten minste $10 \text{ mg Fe}^{3+}/\text{l}$ is gedoseerd in het voorafgaande proces in plaats van $3 \text{ mg Fe}^{3+}/\text{l}$ in Jutphaas.

— Een extra ondersteuning voor bovengenoemde hypothese is het resultaat van een experiment dat in Dordrecht is uitgevoerd. Hierbij is ca. 5 mg/l ligninesulphonzuur gedoseerd juist voor de toevoeging van het polyelectrolyt. Het effect van deze dosering was dat de MFI-waarde van het effluent van het 'in line coagulation filter' onmiddellijk sterk toenam.

Effect 'in line coagulation'

In het voorgaande is ervan uitgegaan dat water met een lage MFI-waarde ook een geringe verstopping van persputten en een geringe vervuiling van membranen veroorzaakt. Het is duidelijk dat deze veronderstelling aan de werkelijkheid getoetst dient te worden.

Aan deze toetsing is een begin gemaakt ten aanzien van het hyperfiltratieproces. Voor toetsing ten aanzien van infiltratie met persputten wordt nagegaan of hiertoe eveneens mogelijkheden zijn om dit op praktijkschaal uit te voeren.

Effect ten aanzien van vervuiling van hyperfiltratiemembranen

Het onderzoek waarbij het effect van de 'in line coagulation' op de Membraanfiltratie-Index en de vervuiling van hyperfiltratiemembranen wordt gezien, wordt sinds medio 1979 uitgevoerd in Andijk. Het maakt daarbij onder andere deel uit van onderzoek dat uitgevoerd wordt in het kader van de samenwerkingsovereenkomst welke tussen het PWN, Wafilin BV en KIWA NV bestaat.

Uitgegaan wordt van water uit het IJsselmeer dat door het Provinciaal Waterleidingbedrijf van Noord-Holland te Andijk als volgt wordt behandeld:

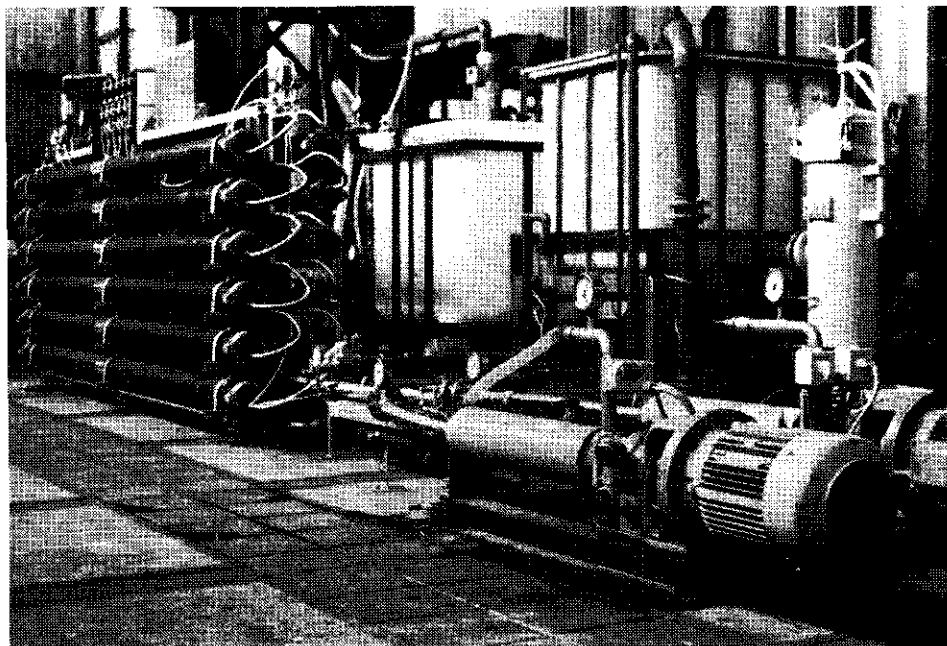
- microzeving
- breekpuntchloring
- coagulatie met ferrichloridesulfaat (circa 25 mg Fe³⁺/l)
- sedimentatie
- snelfiltratie.

Na snelfiltratie volgt:

- 'in line coagulation' (1,5 mg C 573/l)
- filtratie door patroonkaarsen (25 µm)
- hyperfiltratie.

De hyperfiltratie-installatie is uitgerust met spiraalgewonden membranen en heeft een capaciteit van 5 tot 12 m³/h.

Afb. 4 - Hyperfiltratie-installatie van het Provinciaal Waterleidingbedrijf van Noord-Holland, opgesteld te Andijk.



Afb. 4 geeft een indruk van deze installatie. Het produkt van de 'in line coagulation' heeft permanent een MFI van circa 1, hetgeen als laag beschouwd mag worden.

In afb. 5 is het verloop van de flux van de membranen (van de eerste trap, bij 2,0 MPa en 20 °C) weergegeven vanaf de in bedrijfname van de installatie.

Uit deze grafiek blijkt dat een bemoedigend begin is gemaakt. Na 3 maanden bedrijfsvoering was reiniging van de membranen nodig. Daarna is de snelheid waarmee de flux van de membranen afnam steeds toe-

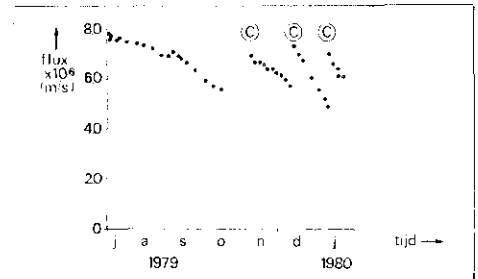
genomen. Naar aanleiding van deze resultaten dringen zich drie vragen op, te weten:

1. Hoe kan worden verklaard dat water met een lage MFI-waarde hyperfiltratiemembranen sterk kan vervuilen?
2. Welke stoffen zijn verantwoordelijk voor de opgetreden membraanvervuiling?
3. Op welke wijze kunnen deze stoffen worden geweerd of verwijderd uit het water?

ad 1.

Hoe kan worden verklaard dat water met een lage MFI-waarde, hyperfiltratiemembranen sterk kan vervuilen?

Om tot een antwoord op deze vraag te komen is een rekenmodel opgesteld waarmee aan de hand van de MFI de fluxafname van de hyperfiltratiemembranen berekend kan worden (zie voor een beschrijving van dit model [2]). Uit deze berekeningen volgt dat de fluxafname in de installatie te Andijk bij een MFI-waarde van 1 maximaal 1 % in 20 jaar kan zijn.



Afb. 5 - Verloop van de flux van de membranen van de eerste trap van de hyperfiltratie-installatie.

Deze waarde is aanzienlijk lager dan de waargenomen fluxafname, welke varieert tussen 1 % per week en 1 % per dag. Dit gegeven is aanleiding geweest om de MFI te meten met membraanfiltertjes met poriën van onder andere 0,05 µm. Hierbij zijn waarden gemeten van 5.000 tot 500.000 hetgeen zeer veel hoger is dan de gebruikelijke waarden van omstreeks 1. Het ligt dan ook voor de hand colloïden kleiner dan 0,45 µm verantwoordelijk te stellen voor de waargenomen verschijnselen.

ad 2.

Welke stoffen zijn verantwoordelijk voor de opgetreden membraanvervuiling?

Op grond van bovengenoemde overwegingen is het logisch in de richting te zien van colloïden kleiner dan 0,45 µm. Omtrent hun herkomst zijn de volgende drie veronderstellingen aannemelijk:

- a. de colloïden zijn in het onbehandelde oppervlaktewater aanwezig;
- b. de colloïden worden tijdens het zuiveringsproces van het p.s. Andijk geïntroduceerd door bijvoorbeeld het vlokhuilpmiddel of verontreinigingen in het vlokmiddel;
- c. de colloïden worden tijdens het 'in line coagulation' proces gevormd uit Superfloc C 573 en humusverbindingen.

ad 3.

Op welke wijze kunnen deze stoffen geweerd of verwijderd worden uit het water?

Voor een systematische benadering van deze vraagstelling is het nodig inzicht te hebben in het gehalte en het gedrag van kleine colloïden in het water. Dit inzicht kan worden verkregen door de meting van MFI met membraanfiltertjes met poriën van 0,05 µm en kleiner. De techniek om deze metingen zodanig uit te voeren, dat reproduceerbare en interpreteerbare resultaten verkregen worden is echter nog in ontwikkeling.

Verantwoording

De gastvrijheid van en de samenwerking met de Gemeentewaterleidingen Amster-

Conditionering van water door filtratie over marmer

dam, het Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening, de Duinwaterleiding van 's-Gravenhage en het Provinciaal Waterleidingbedrijf van Noord-Holland hebben het beschreven onderzoek mogelijk gemaakt. In het bijzonder is tevens veel dank verschuldigd aan de NV Watertransportmaatschappij Rijn-Kennemerland voor de gastvrijheid die het KIWA reeds een groot aantal jaren geniet bij dit bedrijf voor het uitvoeren van experimenten met proefinstallaties.

Literatuur

1. Schippers, J. C. en Verdouw, J. *De Membraanfiltratie-index als kenmerk voor de filtreerbaarheid van water*. H₂O (12) 1979, nr. 5, blz. 104-110.
2. Schippers, J. C., Folmer, H. C. en Kostense, A. *The effect of pretreatment of river Rhine water on fouling of spiral wound reverse osmosis membranes*. Paper presented at the Seventh International Symposium on Fresh Water from the Sea, Amsterdam, September 23rd-26th, 1980.



Amstel- en Gooiland koopt 'eigen' pand

Het algemeen bestuur van het Zuiveringschap Amstel- en Gooiland heeft besloten om een bedrag van f 5.700.000,— beschikbaar te stellen voor de aankoop van het pand Larenseweg 30 te Hilversum. Het zuiveringsschap is op het ogenblik als huurder in dit pand gevestigd. Het algemeen bestuur heeft door dit besluit gekozen voor de financieel gezien meest aantrekkelijke definitieve huisvesting voor het zuiveringsschap. Bovendien worden verhuis- en inrichtingskosten uitgespaard. De blijvende vestiging aan de Larenseweg betekent wel, dat het Laboratorium van het zuiveringsschap gescheiden gehuisvest zal blijven (in Weesp) en dat de vergaderingen van het algemeen bestuur niet in het eigen gebouw gehouden kunnen worden. Het financiële voordeel, dat uiteraard doorwerkt in de verontreinigingsheffing, en het bijkomende voordeel van de goede bereikbaarheid van het pand wegen echter ruimschoots op tegen bovengenoemde nadelen.



1. Inleiding

Problemen bij de ontzuring van water met dolomitische ontzuringsmaterialen, zoals samenkitting van het filtermateriaal en een variërende en soms te hoge pH van het reine water [4], de hoge kostprijs van dolomitische ontzuringsmaterialen en putcorrosie in koperen waterleidingbuis, door water met een te laag waterstofcarbonaat (HCO₃⁻)-gehalte, waren in 1976 aanleiding uit te zien naar andere ontzuringsmethoden. Filtratie over gebroken marmer leek aanvankelijk een weinig bruikbare methode.



I.R. G. K. REIJNEN
KIWA NV

Het werd slechts op beperkte schaal toegepast. Bekend was dat het alleen zou kunnen worden toegepast als de 'som van vrij en geboden koolzuur' kleiner dan 50-60 mg/l is en het water maximaal 0,2-0,3 mg/l ijzer en geen mangaan bevat. Toch werd besloten de toepasbaarheid van marmerontzuring te onderzoeken, omdat daarbij het waterstofcarbonaatgehalte meer wordt verhoogd dan bij andere gebruikelijke ontzuringsmethoden. Tabel I geeft aan dat marmer meer kan worden toegepast dan men aanvankelijk verwachtte. In het navolgende wordt het doel, de stand van zaken van het onderzoek en het nog te verrichten onderzoek, dat in opdracht van de VEWIN door het KIWA in samenwerking met een aantal waterleidingbedrijven wordt uitgevoerd, kort weergegeven.

2. Doel van het onderzoek

Het onderzoek beoogt feiten te verzamelen ter ondersteuning van voorstudie, opzet en uitvoering van experimenten bij de bedrijven.

Daartoe worden gegevens verzameld over:

- de haalbaarheid van de gewenste watersamenstelling met diverse ontzuringsmethoden;

TABEL I - Enige gegevens over de omvang van de toepassing van marmerontzuring bij de Nederlandse waterleidingbedrijven.

	1975	1980	Na 1980 schatting
Jaarverbruik (ton/jaar)	350	2400	3800
Aantal pompstations	3	11	15
Hoeveelheid gefiltreerd water (10 ⁶ m ³ /jaar)	9,5	36	55
Deel van totale grondwaterproductie	1,4 %	4,3 %	6,5 %

- de omstandigheden waaronder marmerontzuring mogelijk is en een goed alternatief is voor andere methoden;

- de benodigde contacttijd voor het bereiken van de gewenste watersamenstelling;

- beoordelingscriteria voor handelskwaliteiten marmer.

3. Uitvoering van het onderzoek

De uitvoering van het onderzoek heeft tot nu toe bestaan uit de volgende werkzaamheden:

- literatuurstudie;
- begeleiding van praktijkexperimenten op de pompstations Wezep en Waalwijk van respectievelijk de Gemeentelijke Nutsbedrijven Kampen en de Gemeentelijke Licht en Waterbedrijven Waalwijk [5];
- verwerking van gegevens over proef en praktijkfilters gevuld met marmer, in samenwerking met de Werkgroep Marmerontzuring van de Commissie Grondwaterzuivering van het KIWA;
- ontwikkeling van een computerprogramma voor de berekening van de ligging van het kalkkoolzuurevenwicht na ontzuring van water met een bekende samenstelling door middel van diverse ontzuringsmethoden.

4. Resultaten

4.1. De gewenste watersamenstelling na conditionering

Onder conditionering wordt in deze publicatie verstaan het zodanig wijzigen van de watersamenstelling, dat de wisselwerking tussen drinkwater en leidingmateriaal tot een aanvaardbaar niveau wordt beperkt. Bij zeer zacht kalkagressief water zal de conditionering bestaan uit het verhogen van de pH, de eigenlijke ontzuring dus, en het verhogen van het waterstofcarbonaatgehalte. Voor de keuze van een conditio-

TABEL II.

Parameter	Wisselwerking leidingmateriaal/water		Concept aanbevelingen EEC	
	Minimaal ²	Voorkeur ¹	Richtniveau	Maximaal
HCO ₃ ⁻	61 mg/l ³	122 mg/l	geen	geen
pH	8	8 - 8,3	6,5 - 8,5	9,5
SI	in geringe mate negatief			niet kal aggressief

¹ Ontleend aan KIWA mededeling 54 [2].

² In verband met beperking-putcorrosie in koper waterleidingbuis

— lood- en koperoplossend vermogen
— aantasting kalkhoudende materialen.

³ Mits het zuurstofgehalte niet te hoog is (in verband met putcorrosie in koperen leidingen).