

De drinkwaterbereiding uit oppervlaktewater in de jaren negentig*

1. Historie

In Europa is het gebruik van oppervlaktewater als bron voor drinkwater zonder zuivering al meer dan een eeuw ondenkbaar. Omdat rivierwater van nature doorgaans troebel is, geldt de helderheid vanouds als de belangrijkste kwaliteitseis (afb. 1). Een aangename geur en smaak is uiteraard de tweede eis waar overigens bij oppervlaktewater van nature dikwijls aan wordt voldaan.



DR. J. C. KRUIJTHOF
(KIWA)



DR. IR. J. C. SCHIPPERS
(KIWA)



PROF. IR. J. C. VAN DIJK
(TUD)

Dit geldt natuurlijk niet meer bij sterke verontreiniging van het oppervlaktewater met afvalwater van bevolking en industrie.

Al in 1849 constateerde John Snow in Londen bovendien dat cholera overgedragen kan worden via besmet drinkwater. Met deze ontdekking ontstond de derde eis, de hygiënische betrouwbaarheid. In de afgelopen eeuw is tenslotte gebleken dat oppervlaktewater in geïndustrialiseerde landen periodiek onbruikbaar is, door calamiteiten als scheepsbotsingen, industriële lozingen en dergelijke. Opslag van water in open bekkens of in de ondergrond is dan ook noodzakelijk om perioden van onvoldoende kwaliteit of kwantiteit te kunnen overbruggen en een selectieve inname mogelijk te maken. In Nederland wordt deze opslag, zoals bekend, gerealiseerd in spaarbekkens als de Brabantse Biesbosch, of door kunst-

Samenvatting

Dit artikel presenteert een overzicht van de historie over de drinkwaterbereiding uit oppervlaktewater, de recente ervaringen op dit gebied en een beschouwing over de verwachte ontwikkelingen in de toekomst. Vooral in Nederland is het traditionele zuiveringsproces (vlokvorming-vlokverwijdering-desinfectie met behulp van Cl_2) niet meer acceptabel, door de waterkwaliteitsproblemen met nevenprodukten van de chloring en het voorkomen van bestrijdingsmiddelen. In de toekomst zullen de kwaliteitseisen van drinkwater en de milieu-eisen verder worden aangescherpt. Het is daarom nodig een zuiveringsschema te ontwikkelen dat in staat is het complexe mengsel aan verontreinigingen, zoals we dat tegenwoordig aantreffen in oppervlaktewater in de geïndustrialiseerde landen (anorganische zouten, colloïdaal materiaal, micro-organismen en organische microverontreinigingen, zowel apolair als polair) te verwijderen. Een chemisch proces (gebaseerd op het gebruik van geavanceerde oxydatieprocessen en chemische ontharding) en een fysisch proces (gebaseerd op het gebruik van nanofiltratie) worden gepresenteerd en geëvalueerd als alternatief voor de zuivering van oppervlaktewater in de jaren negentig.

matige infiltratie in de duinen. In beide gevallen wordt ook een belangrijke kwaliteitsverbetering bereikt door menging (afvlakking van extreme concentraties) en zelfreiniging (aërobe en anaërobe afbraak, afsterving bacteriën, bezinking/filtratie/adsorptie). Om aan de geschetste kwaliteitseisen te voldoen, werd traditioneel gebruik gemaakt van het processchema van afb. 2. De helderheidseis wordt gerealiseerd door vlokvorming met behulp van Fe(III) -zouten, gevolgd door vlokverwijdering (door bezinking of flotatie) en snelfiltratie. Eventuele geur- en smaakproblemen konden met behulp van een poederkool-dosering worden bestreden.

De hygiënische betrouwbaarheid werd verzekerd door een hoofdesinfectie met behulp van Cl_2 , terwijl door een veiligheidschloring aan het einde van het zuiveringsproces de vereiste bacteriologische kwaliteit werd gerealiseerd. Selectieve inname en kwaliteitsverbetering van de grondstof worden tenslotte bereikt door opslag in een bekken aan het begin van de zuivering. De duinwaterbedrijven realiseren deze opslag in de ondergrond en – om redenen van verstopping van de infiltratiepanden en milieu – aan het einde van de zuivering. De duininfiltratie zelf noopt hierbij overigens weer tot een nazuivering, teneinde Fe^{2+} , Mn^{2+} en NH_4^+ dat uit de bodem oplost, weer te verwijderen.

Uiteraard zijn, afhankelijk van historische en lokale omstandigheden, vele variaties op het thema van afb. 2 ontstaan, die al in de 37e Vakantiecursus uitgebreid aan de orde zijn geweest. Volstaan wordt hier met het vermelden van het proces van de langzame zandfiltratie, dat als nazuivering van de snelfiltratie de bacteriologische kwaliteit aanzienlijk kan verbeteren, waar-

door het Cl_2 -verbruik kan worden beperkt of zelfs geheel geëlimineerd.

2. Recente ontwikkelingen

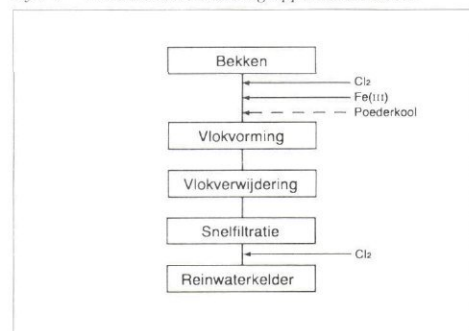
2.1. Nevenprodukten desinfectie

Het belang hiervan werd manifest door de ontdekking van Rook van DWL Rotterdam in 1974, dat bij de chloring schadelijke nevenprodukten werden gevormd als gevolg van de reactie van Cl_2 met humusstoffen [1]. Na Rook hebben vele onderzoekers zich met dit probleem beziggehouden, wat inmiddels heeft geresulteerd in een even indrukwekkende als angstaanjagende lijst van gechloreerde en gebromeerde verbindingen, die in de

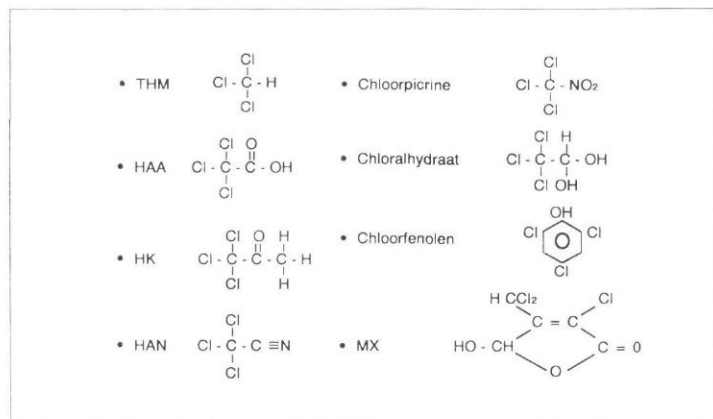
Afb. 1 - Accenten zuivering oppervlaktewater.

Vanouds	• Helderheid • Geur / smaak • Hygiënische betrouwbaarheid • Selectieve inname
Sinds Rook (1974)	• Nevenprodukten desinfectie
Sinds Bentazon (1987)	• Bestrijdingsmiddelen
Toekomst	• DOC, micro's • Biologische stabiliteit (AOC) • Conditionering • Kwaliteit infiltratiewater • Minimalisatie chemicaliënverbruik

Afb. 2 - Traditionele zuivering oppervlaktewater.



* Dit artikel is gebaseerd op de voordrachten:
– 'De drinkwaterbereiding in de jaren negentig', door dr. ir. J. C. Schippers/dr. J. C. Kruijthof tijdens het KIWA/VWN-colloquium 'Verwijdering van Bestrijdingsmiddelen', Nieuwegein, 5 oktober 1990.
– 'Ontwikkelingen in de oppervlaktewater-zuivering' door prof. ir. J. C. van Dijk tijdens de 43e Vakantiecursus in Drinkwatervoorziening 'Technische maatregelen voor kwaliteitszorg voor grondstof en eindprodukt', Delft, 10 en 11 januari 1991.

Afb. 3 -
Nevenprodukten Cl₂.

praktijk bij de desinfectie van drinkwater worden gevormd (afb. 3).

Naast de bekende trihalomethanen (THM, waaronder chloroform) betreft dit onder meer haloazijnzuren (HAA, waaronder trichloorazijnzuur, een bestrijdingsmiddel (haloacetonitrillen (HAN), haloketonen (HK), chloorpicine, chloralhydraat, chloorfenolen en MX. Vele van deze stoffen hebben toxische of carcinogene eigenschappen, terwijl daarnaast MX een zeer sterke mutagene respons in de Ames-test geeft.

Deze ontdekkingen hebben de grondvesten van de oppervlaktewaterzuivering door elkaar geschud en geleid tot een herbezinning over de rol van Cl₂. Hierbij heeft zich een schisma voorgedaan dat enige gelijkenis vertoont met de meningen over de bard van Asterix en Obelix: in Nederland vinden we namelijk het gebruik van Cl₂ uit den boze en de rest van de wereld vindt dat niet! Hoewel enigszins gechargeerd geeft deze uitspraak toch de ontwikkeling vrij goed weer. Waar in Nederland (overigens ook in Duitsland) alle aandacht gericht is op het zoeken naar alternatieven voor Cl₂, vindt men in het buitenland (vooral in de USA) het desinfecterend vermogen van Cl₂ – dat zich de afgelopen eeuw overtuigend bewezen heeft – doorslaggevend [2].

Dit heeft geleid tot een ongekennde hausse aan studies en onderzoeken in de USA naar de nevenprodukten van de chloring, gericht op:

- het beperken van de vorming;
- het verwijderen in de nazuivering;
- het stellen van normen aan de maximale concentratie.

Wij zijn van mening, dat wij het in dit geval bij het juiste eind hebben, aangezien de Amerikaanse aanpak toch veel weg heeft van het spannen van het paard achter de wagen! Wij worden gesterkt in deze opvatting door de toepassing van

monochlooramine voor de nadesinfectie door een aantal grote bedrijven in de USA. Door de minder gunstige resultaten van deze aanpak begint men zich ook daar af te vragen of de Europese aanpak toch geen nadere overweging verdient.

Alternatieven voor de desinfectie met behulp van Cl₂ zijn weergegeven in afb. 4. Voortreffelijke resultaten kunnen worden verkregen door langzame zandfiltratie of kunstmatige infiltratie, waarbij zonder chemische middelen door biologische zelfreiniging en afsterving een hygiënisch betrouwbaar produkt kan worden bereikt. De duinwaterbedrijven in Nederland hebben in het afgelopen decennium bovendien aangetoond dat met deze biologische processen een laag assimileerbaar organisch koolstofgehalte (AOC circa 10 µg/l) bereikt kan worden. Met een dergelijk laag AOC-gehalte hoeft voor nagroei in het leidingnet niet te worden gevreesd, zodat de veiligheids-desinfectie overbodig is.

Desinfectie met behulp van ultraviolette straling is de afgelopen jaren uitgebreid onderzocht voor de nadesinfectie van actieve koolfilteraat ter verlaging van kolonieggetallen gemeten bij 22°C en 37°C [3]. De conclusies van deze studies zijn dat de werking voor dit doel uitstekend is, terwijl geen nevenprodukten worden gevormd bij de voor desinfectie gebruikelijke stralingsdosis (15 mJ/cm²). Hoewel nog weinig praktijktoepassingen gerealiseerd zijn bij de zuivering van oppervlaktewater, biedt het proces goede perspectieven, ook gezien de lage kosten en modulaire opzet. Grootschalige toepassingen met hoge en lage druk stralers beginnen nu van de grond te komen, ook door nieuwe reactorontwerpen.

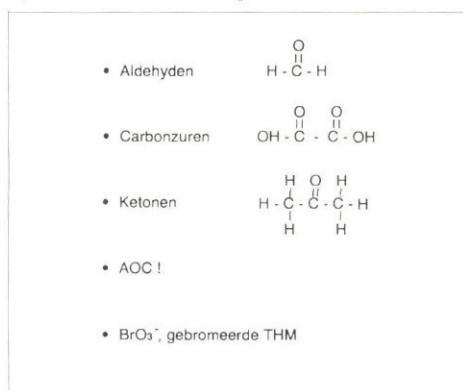
Ozon heeft – ook internationaal – de meeste aandacht gekregen als alternatief voor de desinfectie. Ook bij O₃ worden echter nevenprodukten gevormd (afb. 5). Het gaat hierbij onder meer om carbon-

zuren (zoals oxaalzuur, een stabiel eindprodukt), aldehyden (zoals formaldehyde, een bestrijdingsmiddel), ketonen en andere geoxydeerde organische verbindingen, waaronder epoxyden en peroxyden. Hoewel minder schadelijk dan de gechloreerde verbindingen, is een aantal van deze stoffen verdacht uit toxicologisch oogpunt. Daarnaast zijn ze dikwijls biologisch afbreekbaar, wat zeer ingrijpende consequenties heeft voor het ontwerp en de bedrijfsvoering van de nazuivering. Deze moet de gevormde AOC immers weer verwijderen. Tenslotte kan Br⁻ geoxydeerd worden tot broom, wat op zijn beurt kan worden geoxydeerd tot BrO₃⁻ en kan reageren met organische stof onder de vorming van gebromeerde trihalomethanen.

Door deze nevenreacties is O₃ weliswaar een interessant alternatief voor Cl₂, maar introduceert ook nieuwe problemen. Deze leiden ertoe dat een aantal maatregelen bij toepassing noodzakelijk zijn, te weten minimalisatie van de vorming van nevenprodukten (door beperking van de dosis tot de strikt noodzakelijke voor de desinfectie), het verwijderen van gevormde nevenprodukten in de nazuivering (onder meer AOC) en het stellen van normen aan de maximale concentratie van individuele nevenprodukten (waaronder formaldehyde). Chloordioxyde is ook als alternatief onderzocht, met name voor de nadesinfectie (afb. 6). Problemen hierbij zijn echter de toxiciteit van chloordioxyde zelf en zijn reactieprodukten, te weten chloriet

Afb. 4 - Alternatieven desinfectie.

- Langzame zandfiltratie
- Kunstmatige infiltratie
- UV
- O₃
- ClO₂

Afb. 5 - Nevenprodukten O₃.

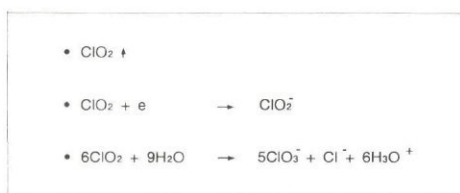
en chloraat (tevens bestrijdingsmiddel). Volgens de recente 'Health Advisories' van de EPA [november 1990, 4] bedraagt de richtlijnwaarde voor chloordioxyde, chloriet en chloraat in drinkwater bij levenslange blootstelling respectievelijk 100 µg/l, 40 µg/l en 10 µg/l.

ClO₂ is hierdoor zeker voor de langere termijn bij meer dan geringe doses, geen acceptabel alternatief, hoewel de neven-effecten bij de reactie met organische stof substantieel geringer zijn dan bij Cl₂.

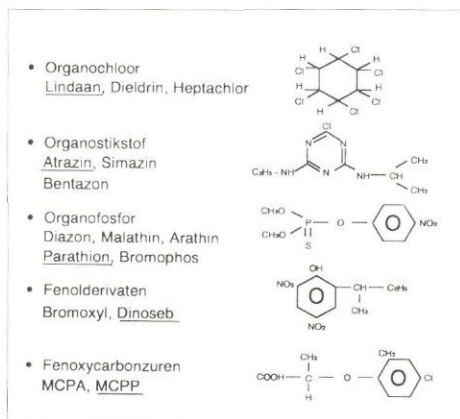
2.2. Bestrijdingsmiddelen (BM)

De tweede revolutie in het denken over de zuivering van oppervlaktewater heeft zich voltrokken naar aanleiding van de Bentazon-affaire. De ontdekking door Gemeentewaterleidingen Amsterdam van dit bestrijdingsmiddel in het drinkwater door een lozing van BASF in de Rijn, leidde tot een brede verspreiding van het besef dat de zuivering van oppervlaktewater ontworpen behoort te zijn op de verwijdering van dit soort stoffen. Het gaat hier om in het algemeen cyclische organische verbindingen met een relatief hoog molecuulgewicht, waarbij onderscheid gemaakt wordt naar de functionele verbinding of groep (afb. 7). Voor de verwijdering van deze stoffen uit water zijn door de waterleidingbedrijven actieve-koolfilters geïnstalleerd.

Actieve-koolfilters zijn zeer geschikt om deze cyclische organische verbindingen te adsorberen, vooral de apolaire (zoals de organochloorverbindingen). De meer polaire bestrijdingsmiddelen, zoals fenoxycarbonzuren, worden weliswaar verwijderd maar de adsorptiecapaciteit van actieve kool hiervoor is beperkt. De bestrijdingsmiddelenproblematiek is vrijwel zeker veel omvangrijker dan tot nu toe op grond van analyseresultaten kan worden vastgesteld. De oorzaak hiervan is dat van de 320 verschillende bestrijdingsmiddelen, die in Nederland worden toegepast, er 228 relevant zijn voor de drinkwatervoorziening. Slechts voor 69 zijn er analysemethoden beschikbaar. Van de 228 relevante middelen zijn er twintig erg belangrijk, gezien de omvang van het gebruik, de goede oplosbaarheid in water en de beperkte biologische afbreekbaarheid. Voor acht van deze middelen beschikken we over een voldoende gevoelige analysemethode [5]. Vooral meting van polaire middelen en metabolieten is zeer problematisch. Dit betekent dat vrijwel zeker een groot aantal bestrijdingsmiddelen in het oppervlakte- en oevergrondwater voorkomt, dat naar verwachting niet door conventionele technieken, inclusief actieve kool, kan



Afb. 6 - ClO₂ en anorganische reactieproducten.



Afb. 7 - Bestrijdingsmiddelen.

worden verwijderd. Er is zeer grote twijfel of ozonisatie hiertoe wel in staat is. Hetzelfde geldt voor andere organische microverontreinigingen. Een groot aantal is aangetoond in oppervlaktewater [6]. Een nog groter aantal is vrijwel zeker aanwezig, maar nog niet meetbaar vanwege hun hydrofiele (polaire) karakter.

Aangezien er geen reden is om aan te nemen dat een aanzienlijk deel hiervan, namelijk de gehalogeneerde microverontreinigingen, uit oogpunt van volksgezondheid minder bezwaarlijk is dan bestrijdingsmiddelen verdient deze categorie ten minste evenveel aandacht.

De directe zuivering van oppervlaktewater (zonder kunstmatige infiltratie) ziet er daarmee anno 1990 uit als geschetst in afb. 8. De hoofddesinfectie wordt uitgevoerd met een beperkte dosering van O₃ (na voorafgaande verwijdering van zwevende stof en een deel van de organische stof door vlokvorming en vlokverwijdering). De gevormde AOC wordt grotendeels afgebroken in biologisch functionerende snelfilters en actieve-koolfilters, waarbij de actieve-koolfilters ook voor de adsorptie van BM dienen. De veiligheidsdesinfectie tenslotte wordt uitgevoerd met een geringe dosering van Cl₂ of ClO₂, terwijl deze volledig achterwege kan blijven bij gebruik van langzame zandfiltratie als nazuivering.

3. Toekomst

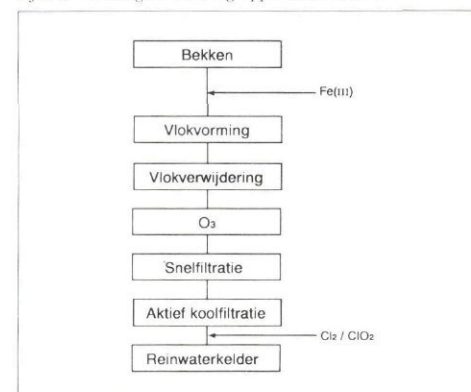
Toekomstige ontwikkelingen komen vooral voort uit:

- de vrijwel zekere aanwezigheid van polaire bestrijdingsmiddelen en andere organische microverontreinigingen in oppervlakte-, oevergrondwater en het hieruit bereide drinkwater;
- de mogelijke aanwezigheid van sporen van Giardia en Cryptosporidium in het oppervlaktewater, waarmee onze desinfectiefilosofie op de proef wordt gesteld;
- het aanscherpen van de kwaliteitseisen van drinkwater (VEWIN-aanbevelingen, herziening Waterleidingbesluit);
- het aanscherpen van de milieu-eisen (VEWIN-Milieuplan, AMvB Kunstmatige Infiltratie Drinkwatervoorziening).

De ontwikkelingen door de aanscherping van de eisen hebben vooral consequenties voor de parameters betreffende organische stof en conditionering, terwijl daarnaast eisen gesteld zullen worden aan de kwaliteit van het infiltratiewater en aan het chemicaliënverbruik en de slibproductie.

Afb. 9 geeft een overzicht van mogelijke toekomstige ontwikkelingen. Opvallend is dat de wensen voor conditionering op gespannen voet staan met de gewenste ontwikkeling voor het Na-gehalte. Immers, een diepe ontharding van oppervlaktewater (onder handhaving van een HCO₃⁻-gehalte van 2 mmol/l) is chemisch

Afb. 8 - Huidige zuivering oppervlaktewater.



Afb. 9 - Voorstel voor toekomstige kwaliteitseisen.

Na	120	→	100 mg / l
TH	1,5	→	1 mmol / l
pH	8,3	→	8,6
Pb	50	→	15 µg / l
Cu	3	→	1,5 mg / l
DOC	5	→	3 mg / l
Kleur	20	→	10 mg / l
AOX		→	20 µg / l
BM / micro's		→	0,1 µg / l
AOC		→	10 µg / l
Chloorpesticiden	0,1	→	0,01 µg / l
THM	70	→	30 µg / l
MFI		→	3 s/l ²
Cryptosporidium		→	?
Giardia		→	?
Aeromonas		→	50/ml af pompstation
Kunstmatige infiltratie		→	Beter dan drinkwater (zware metalen, micro's)

• Preozonisatie	
• AOP	- O ₃ /H ₂ O ₂ - O ₃ /UV - UV/H ₂ O ₂
• Aktief kool	
• Membraanfiltratie	

Afb. 10 - Technologische ontwikkelingen.

Functie	: Verbeteren vlokvorming door gedeeltelijke oxidatie TOC
Dosis	: 0,1 * TOC
Contacttijd	: 2 - 5 minuten
Effect	: Lagere vlokmiddeldosering Lagere troebeling
Toepassingen	: Zürich Parijs

Afb. 11 - Pre-ozonisatie.

alleen mogelijk door toevoeging van NaOH of Na₂CO₃.

Daarnaast is het te verwachten dat de eisen aan de verwijdering van organische verbindingen strenger zullen worden (DOC, AOX, BM, andere micro's). Het afgelopen decennium is gebleken dat duizenden synthetische organische microverontreinigingen in oppervlaktewater vóórkomen. Naarmate de kennis over deze stoffen toeneemt en ze met de vooruitgang van de analysetechniek in meetbare concentraties aangetoond worden in drinkwater, zullen de eisen aan het zuiveringsproces steeds verder aangescherpt worden. Dit geldt niet alleen voor bestrijdingsmiddelen en hun metabolieten, maar ook voor andere micro's, zowel apolair als polair. De eisen die in het kader van het ontwerp-besluit KID aan infiltratiewater gesteld zullen worden, liggen nog niet vast. Vanwege de toetsing aan de Wet Bodembescherming (geen gevaar voor verontreiniging van bodem en grondwater) zullen naar verwachting vooral eisen gesteld worden aan stoffen die kunnen accumuleren in de bodem (organische micro's, zware metalen). De referentiewaarden (A-waarden) voor deze stoffen in de Wet Bodembescherming zijn overigens in het algemeen aanzienlijk strenger dan de drinkwaternormen! (bijvoorbeeld PAH's 0,005 µg/l).

Samenvattend staan de waterleiding-bedrijven voor de paradoxale opgave dat de kwaliteitseisen voor drinkwater steeds verder aangescherpt worden, terwijl bijna

dagelijks het aantal in oppervlakte- en oevergrondwater aangetoonde bestrijdingsmiddelen en andere organische microverontreinigingen stijgt, door het beschikbaar komen van verbeterde analysemethoden.

4. Technologische ontwikkelingen

Welke mogelijkheden en zuiveringsprocessen staan ons nu ter beschikking om aan de huidige en toekomstige kwaliteitseisen te voldoen, in de wetenschap dat vrijwel zeker polaire bestrijdingsmiddelen en organische microverontreinigingen in ontoelaatbare concentraties in oppervlakte- en oevergrondwater aanwezig zijn? Afb. 10 geeft een overzicht van recente technologische ontwikkelingen.

4.1. Pre-ozonisatie

Al sinds geruime tijd is bekend dat een pre-ozonisatie soms aantrekkelijke voordelen biedt (afb. 11). Een gedeeltelijke oxydatie met een lage dosering O₃ blijkt de stabiliteit van humusverbindingen zodanig te reduceren dat met een lagere vlokmiddeldosering (20-40%) kan worden volstaan. Dit microfloculatie-effect blijkt vooral gerelateerd aan de oppervlaktelading (Colloid Charge Density) van de humuscolloïden [7]. Overigens is dit effect zeer specifiek en zijn er gevallen bekend waarin geen positief effect optrad. In de Nederlandse situatie zou een interessante toepassing gevonden kunnen worden bij de zuivering van oppervlaktewater na opslag in bekkens, zoals de Biesbosch. Een lager vlokmiddelverbruik opent hier wellicht de mogelijkheid de bezinking of flotatie te elimineren en vlokingsfiltratie toe te passen.

De conclusie luidt daarom dat pre-ozonisatie een interessante optimalisatie van de huidige oppervlaktewaterzuivering kan bieden, met een geringer chemicaliënverbruik en wellicht eliminatie van bezinking of flotatie.

4.2. Advanced Oxidation Processes (AOP)

De laatste jaren verschijnt er een indrukwekkende hoeveelheid literatuur

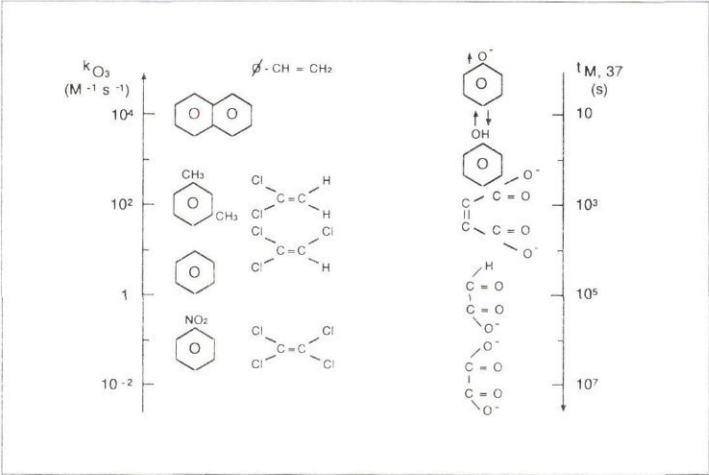
Afb. 12 - AOP (Advanced Oxidation Process).

• O ₃	3 O ₃ + H ₂ O → 2 OH• + 4 O ₂
• O ₃ / H ₂ O ₂	2 O ₃ + H ₂ O ₂ → 2 OH• + 3 O ₂
• O ₃ / UV	O ₃ + H ₂ O $\xrightarrow{h\nu}$ 2 OH• + O ₂
• UV / H ₂ O ₂	H ₂ O ₂ $\xrightarrow{h\nu}$ 2 OH•

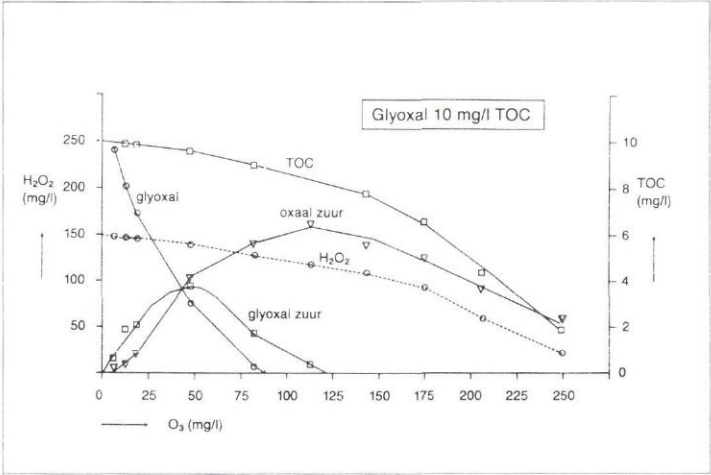
over de zogenaamde geavanceerde oxydatieprocessen (AOP, afb. 12). Wat houden deze AOP nu in? De werking van AOP is gebaseerd op de vorming van hydroxyl-radicalen, een uiterst reactieve en instabiele variant van het hydroxyde-ion, waaraan 1 elektron ontbreekt en dat daarom ongeladen is. Hydroxyl-radicalen kunnen gevormd worden uit een reactie tussen O₃ en H₂O. OH-ionen zijn nodig om deze reactie op gang te brengen, waardoor bij hogere pH de decompositie van O₃ wordt bevorderd en meer OH-radicalen worden gevormd. Een zeer effectieve en praktische manier om OH-radicalen te vormen, is door een gecombineerde toepassing van O₃ en H₂O₂ (ook wel 'peroxone' genoemd). Hierbij ontstaan 2 OH-radicalen uit 2 O₃-moleculen, in plaats van uit 3 O₃-moleculen zoals bij de enkelvoudige toepassing van O₃. Uit de reactievergelijking volgt ook dat de optimale H₂O₂/O₃- verhouding op molaire basis 0,5 bedraagt en op gewichtsbasis 0,36. In principe is het ook mogelijk om OH-radicalen te vormen door de inwerking van uv-straling op O₃ ('photozone') of H₂O₂. Aangezien de adsorptie van uv-straling door H₂O₂ erg beperkt is (ε = 19 M⁻¹ cm⁻¹ in verhouding tot 2.900 M⁻¹ cm⁻¹ voor O₃) komt het laatste proces minder in aanmerking.

Hoe reactief en effectief zijn nu de OH-radicalen?

Afb. 13 geeft ter vergelijking een overzicht van de reactiekinetiek van O₃ [8]. Zoals bekend, reageert O₃ selectief en onvolledig met organische stof. De reactiesnelheid ten opzichte van aromaten en onverzadigde ketens is zeer hoog, terwijl er onder praktijkomstandigheden geen reactie optreedt met verzadigde alifaten en gechloreerde verbindingen. In de afbeelding is dit weergegeven door de t_{M, 37%} de tijd in seconden die vereist is om de concentratie van een bepaalde verbinding tot 37% te verminderen bij een O₃-concentratie van 0,5 mg/l. Bentazon wordt dus snel geoxydeerd, Atrazin langzaam en tetrachlooretheen en trichloorazijnzuur in het geheel niet. Daarnaast ontstaan bij de oxydatie reactieproducten die stabiel zijn, niet verder reageren en in het algemeen de AOC verhogen. Afb. 14 geeft de reactiekinetiek van de OH-radicalen [8]. De reactiesnelheid is zeer hoog ten opzichte van alle organische verontreinigingen. Hierdoor kunnen in principe vrijwel alle organische stoffen omgezet worden en volledig tot CO₂ en H₂O. Helaas reageren de OH-radicalen niet alleen met organische stof, maar ook



Afb. 13 - O₃-reactiekinetiek.

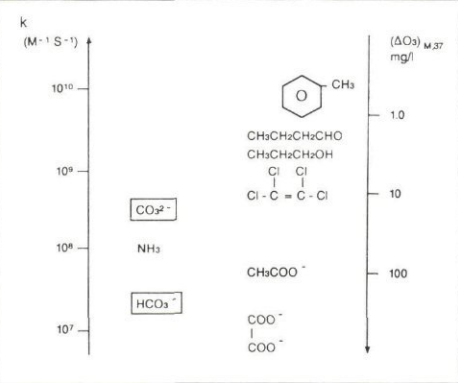


Afb. 15 - AOP-Glyoxal.

met anorganische ionen als CO₃²⁻ en HCO₃⁻. Door deze radicaalvangers of 'scavengers' stijgt het chemicaliënverbruik. Daarnaast kunnen bij reactie met Br⁻ of bromide ongewenste nevenprodukten worden gevormd, waaronder BrO₃⁻ of bromaat. Verder is het uiteraard zo dat de hoge reactiesnelheid tot gevolg heeft dat de OH-radicalen zeer snel verbruikt worden door aselektief reagerende verbindingen. Een verder verloop van de reactie kan alleen plaatsvinden bij voldoende overmaat. In de afbeelding is het effect hiervan weergegeven door de (ΔO₃)_{M, 37}, de O₃-concentratie in mg/l die nodig is om de concentratie van de betreffende verbinding in de evenwichtssituatie tot 37% te reduceren (dit verbruik is sterk afhankelijk van het radicaalverbruik door HCO₃ en DOC; deze afb. is gekalibreerd voor Lac du Bret, DOC = 4 mg/l, HCO₃ = 1,6 mM).

Afb. 14 toont dat zeer hoge doseringen vereist kunnen zijn om alle organische micro's tot CO₂ en H₂O te oxyderen. Afb. 15 illustreert dit verschijnsel aan de hand van de oxydatie van glyoxal [9]. In eerste instantie wordt dit geoxydeerd tot glyoxalzuur, vervolgens tot oxalaalzuur en pas bij zeer hoge dosering van O₃ en

Afb. 14 - AOP-reactiekinetiek.



H₂O₂ (250 respectievelijk 150 mg/l) tot CO₂ en H₂O. Uiteraard is de vereiste dosering en contacttijd sterk afhankelijk van:

- aard van de verbinding;
- mate van oxydatie die nagestreefd wordt;
- hoeveelheid en aard overige organische stof (TOC);
- hoeveelheid en aard anorganisch stof (HCO₃, CO₃²⁻, Br⁻).

Bij de literatuur over AOP moeten we daarom goed onderscheid maken tussen twee richtingen, die aangeduid worden met theorie en praktijk. De theoretische school (afb. 16) bestudeert de volledige oxydatie van TOC en verschillende micro's tot CO₂ en H₂O [9-14]. Dit blijkt inderdaad mogelijk, echter in vergelijking met de huidige procescondities bij zeer hoge doseringen. De praktijkschool (afb. 17) bestudeert de selectieve oxydatie van individuele verontreinigingen bij in de drinkwaterpraktijk gebruikelijke doseringen en contacttijden. Hierbij zijn tot nu toe alleen goede resultaten gerapporteerd over geur- en smaakstoffen, Atrazine [15] en tri en per. Deze verbindingen zijn omgezet in onbekende metabolieten en stoffen als formaldehyde, acetaldehyde en AOC. H₂O₂ kan enerzijds worden gebruikt voor de optimalisatie van de enkelvoudige toepassing van O₃, zoals in Los Angeles waar dezelfde resultaten (verwijdering van geur en smaak) bereikt kunnen worden bij een halvering van het O₃-verbruik. Anderzijds kunnen stoffen worden afgebroken die met O₃ alleen niet reageren, zoals tri. Er is echter geen sprake van volledige oxydatie, wat uiteraard ook niet mogelijk is zonder volledige afbraak van TOC. Zoals zo vaak is er dus een groot verschil tussen theorie en praktijk!

Voor AOP moet de conclusie daarom luiden dat de theoretische voordelen, te weten volledige en aselektie oxydatie van organische micro's, alleen behaald worden onder irreële en onbetaalbare procescondities. In de praktijk is AOP (met name O₃/H₂O₂) een interessante optimalisatie voor de huidige oppervlaktewaterzuivering met behulp van O₃ alleen, die als voordelen biedt een lagere kostprijs (voor de oxydatie van geur- en smaakstoffen) of een betere oxydatie (voor de oxydatie van Atrazine), en ook de afbraak mogelijk te maken van stoffen zoals tri en per, die door O₃ alleen niet worden geoxydeerd. Een belangrijk voordeel is uiteraard de eenvoudige

Afb. 16 - AOP-Theorie.

• <i>Volledige oxidatie</i>	O ₃	40 - 80 mg / l
	H ₂ O ₂	20 - 400 mg / l
	UV	0,5 - 20 kWh / m ³
	τ	60 - 300 minuten
• <i>Toepassingen</i>	TOC	} tot 100 %
	THMFP	
	vele micro's	
	• <i>Kosten</i>	50 - 500 ct / m ³
• <i>Reactieproducten</i>	uiteindelijk CO ₂ en H ₂ O	

Afb. 17 - AOP-Praktijk.

• Selectieve oxydatie	O ₃	2 - 8 mg / l
	H ₂ O ₂	1 - 3 mg / l
	τ	15 minuten
• Toepassingen	MIB / Geosmine	(Los Angeles)
	Atrazine	(Parijs)
	TCE / PCE	(North Hollywood)
• Kosten	5 - 10 ct / m ³ Goedkoper of beter dan O ₃ alleen	
• Reactieproducten	formaldehyde	(20 µg / l)
	acetaldehyde	(5 µg / l)
	AOC	(400 µg / l)
	?	

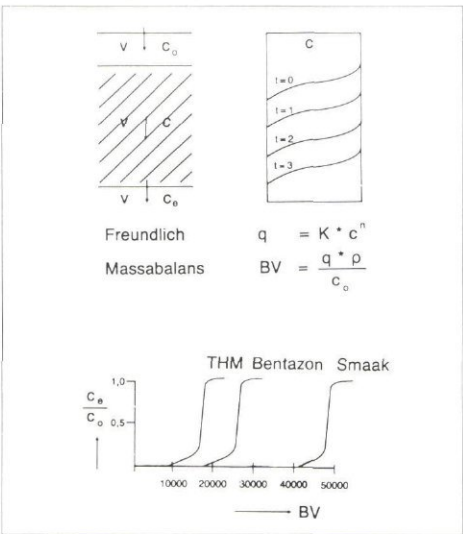
implementatie bij bestaande O₃-installaties, waardoor in de bedrijfsvoering meer flexibiliteit wordt verkregen. Te denken valt hierbij aan een tweetraps proces, waarbij in de eerste trap desinfectie met behulp van O₃ alleen wordt bewerkstelligd (rest O₃ 0,4 mg/l na tien minuten, bij gecombineerde toepassing is de desinfecterende werking minder) en in de tweede trap oxydatie met behulp van een O₃/H₂O₂ combinatie. AOP heeft echter dezelfde nadelen als O₃, te weten vorming van nevenproducten en AOC, en moet daarom even terughoudend beoordeeld worden. In de komende jaren zal veel onderzoek uitgevoerd moeten worden om de witte vlekken in de kennis over AOP in te vullen, gericht op:

1. vereiste dosering en contacttijd voor vele micro's en vele watersoorten;
2. vorming nevenproducten (waarbij noodzakelijkerwijs weer de 'Amerikaanse' aanpak moet worden gevolgd, te weten minimalisatie vorming nevenproducten, verwijdering in nazuivering en stellen van normen aan maximale concentratie nevenproducten).

4.3. Actieve kool

Wat kan de bijdrage zijn van actieve kool bij de toekomstige zuivering van oppervlaktewater? Actieve koolfilters zijn in het verleden gerealiseerd voor de adsorptie van geur- en smaakstoffen, trihalomethanen en BM (afb. 18). Een methode om een eerste indruk te krijgen over de mogelijkheden van actieve-koolfiltratie is de bepaling van een adsorptie-isotherm. Een veel gebruikte beschrijving is de empirische vergelijking van Freundlich, $Q = K \cdot C_e^n$, waar K de stofgebonden constante is. Voor goed adsorbeerbare componenten als reuk- en smaakstoffen is de K-waarde

Afb. 18 - Principe adsorptie aan actieve kool.



Alkanen	K	n
CH ₃ Cl	6,2	0,80
CH ₂ Cl ₂	12,7	0,70
CH ₂ Br ₂	44,4	0,81
CHCl ₃ (Chloroform)	95,5	0,67
CHBr ₃ (Bromoform)	929	0,66
CH ₂ Cl - CH ₂ Cl (DCEA)	129	0,53
CH ₂ Br - CH ₂ Br (EDB)	888	0,47
CH ₂ Cl - CHCl - CH ₃ (1,2 DCP)	313	0,59
CH ₂ Br - CHBr - CH ₃ Cl (DBCP)	6910	0,60

Alkanen	K	n
CCl ₂ = CHCl (TCE)	2000	0,48
CCl ₂ = CCl ₂ (PCE)	4050	0,52

Aromaten	K	n
C ₆ H ₆ (Benzeen)	1260	0,53
C ₆ H ₅ Cl	9170	0,35
C ₆ H ₅ CH ₃ (Tolueen)	5010	0,43
C ₆ H ₅ NO ₂ (Nitrobenzeen)	3488	0,43
C ₆ H ₅ COOH	2802	0,42
C ₆ H ₅ OH (Fenol)	503	0,54
C ₁₀ H ₈ (Naftaleen)	7260	0,42

Bestrijdingsmiddelen	K	n
Organochloor		
Dieldrin	17884	0,51
Lindaan (HCH)	15000	0,43
Heptachloor	16196	0,32
Alachloor	81700	0,26
Methoxychloor	9398	0,36
Organostikstof		
Atrazine	38700	0,29
Simazine	31300	0,23
Fenolderivaten		
Dinoseb	30400	0,28
PCP	42600	0,34
Fenoxycarbonzuren		
2,4 D	10442	0,27
2,4,5 TP	15392	0,38
Carbamaten		
Carbofuran	16400	0,41
Aldicarb	8270	0,40

EDTA	K	n
	225	0,30

Afb. 19 - SAR (Structure Activity Relationship).

hoog, voor bestrijdingsmiddelen, zoals Bentazon, is de K-waarde al beduidend lager, terwijl stoffen als trihalomethanen zeer lage K-waarden hebben. Een hoge K-waarde leidt in principe tot lange looptijden van actieve-koolfilters. Uit de via de K-waarde berekende beladingsgraad kan echter niet direct de looptijd worden berekend, omdat hierbij andere factoren een zeer belangrijke rol spelen. Dit betreft onder andere:

- de concurrentie van natuurlijk voorkomend organisch materiaal (humusstoffen);
- de invloed van voorbelading door humusstoffen;
- kinetische factoren.

Hierdoor zijn op basis van de adsorptie-isotherm slechts voorlopige voorstellingen over de looptijd van actieve-koolfilters te doen [16].

Het is duidelijk dat de bedrijfsvoering van actieve-koolfilters – vooral de regeneratiefrequentie – in de praktijk bepaalt welke stoffen wel of niet tegengehouden

worden. Hierbij is het mogelijk om op basis van de structuurformule van de verbinding een voorlopige uitspraak te doen over de mate waarin adsorptie zal optreden. Dergelijke Structure Activity Relationships kunnen op theoretische basis afgeleid worden, bijvoorbeeld met de Polanyi-theorie. Praktijkmetingen bevestigen het eenduidige verband tussen de adsorptie parameter K en de structuurformule. Afb. 19 toon deze relatie [17]. De K-waarde neemt toe bij:

- toenemend molecuulgewicht;
- substitutie met halogenen (Br meer dan Cl);
- toenemend aantal dubbele bindingen.

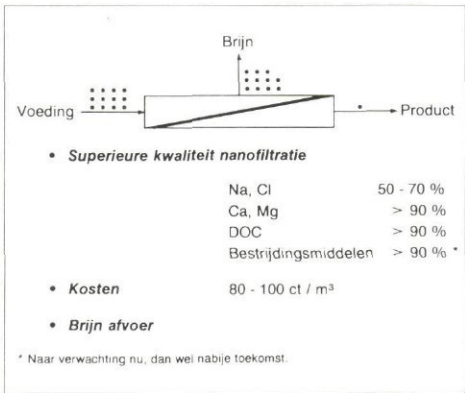
De K-waarde neemt af bij substitutie met polaire groepen als COOH of OH. Een extreem polaire verbinding als EDTA (EtheendiamineTetra-Azijnzuur) adsorbeert dan ook relatief slecht aan actieve kool, waardoor deze verbinding alléén tegengehouden kan worden bij een zeer frequente regeneratie. Afb. 20 laat zien dat de bedrijfsvoering van actieve-koolfilters – vooral de regeneratiefrequentie – in de praktijk bepaalt welke stoffen tegengehouden worden. De regeneratiefrequentie en daarmee ook de regeneratiekosten (grondslag regeneratiekosten f 700,-/m³) nemen sterk toe naarmate meer polaire micro's verwijderd moeten worden. Zowel uit een oogpunt van kosten als uit praktische overwegingen is een zeer frequente regeneratie ongewenst.

Samenvattend moet geconcludeerd worden dat optimalisatie van ontwerp (contacttijd) en bedrijfsvoering (regeneratiefrequentie) van actieve-koolfilters ruime mogelijkheden biedt om een breed scala aan microverontreinigingen te verwijderen. Voor de verwijdering van zeer polaire micro's is het proces niet geschikt. Tenslotte moet opgemerkt worden dat actieve-koolfilters een belangrijke biologische functie kunnen hebben, die onder meer belangrijk is voor de omzetting van AOC, gevormd bij O₃ of AOP.

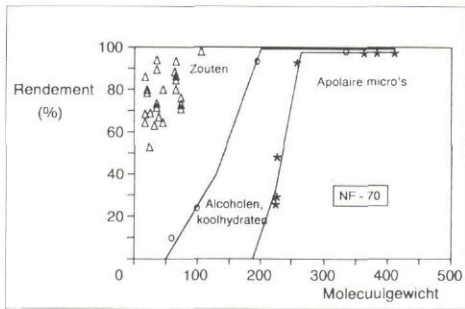
Het is de vraag of actieve-koolfilters uit oogpunt van beperking van de afgifte van

Afb. 20 - Bedrijfsvoering Actieve-koolfiltratie.

• Geur, smaak	50.000 BV	(2 ct/m ³)
• Bentazon, atrazine	25.000 BV	(4 ct/m ³)
• THM, AOX	15.000 BV	(7 ct/m ³)
• EDTA	2.500 BV	(40 ct/m ³)



Afb. 21 - Membraanfiltratie.



Afb. 22 - Nanofiltratie.

biomassa ter beperking van nagroei van *Aeromonas* wel zwaar belast moeten worden met assimileerbare verbindingen. Het voorschakelen van een snelfilter kan hierdoor wel eens een noodzaak worden.

4.4. Membraanfiltratie

Membraanfiltratie is bij de drinkwaterzuivering in Nederland nog niet toegepast. Het proces is echter onovertroffen uit oogpunt van kwaliteit waarbij vooral het proces van nanofiltratie het ei van Columbus lijkt voor de zuivering van oppervlaktewater (afb. 21). In tegenstelling tot de hyperfiltratiemembranen, die al sinds jaar en dag voor de ontzouting van brak- en zeewater worden gebruikt, houdt een nanofiltratiemembraan eenwaardige ionen als Na⁺ en Cl⁻ niet voor nagenoeg 100% maar slechts voor circa

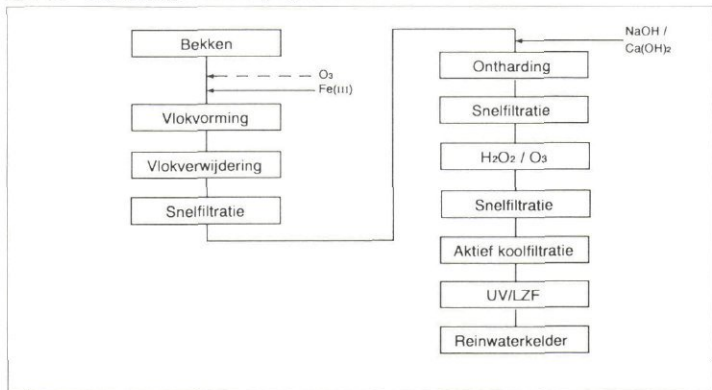
50% tegen. In feite is dit geen probleem bij de zuivering van oppervlaktewater, aangezien het distribueren van demiwater ongewenst is. Vrijwel alle andere componenten (tweewaardige ionen, micro-organismen, DOC) worden wel voor meer dan 90% tegengehouden door het membraan. Dit geldt zeker ook voor BM en organische microverontreinigingen met een molecuulgewicht hoger dan 300. Voor organische stoffen met een molecuulgewicht lager dan 300 zijn nog geen definitieve uitspraken te doen, gezien het zeer beperkte onderzoek dat is uitgevoerd. Hierbij moet worden opgemerkt dat de huidige nanofiltratiemembranen niet zijn ontwikkeld om dit soort laagmoleculaire stoffen te verwijderen. Wordt dit wel gedaan, dan zullen vrijwel zeker membranen te maken zijn die deze taak wel aankunnen. Het produktwater van de huidige maar zeker van de toekomstige nanofiltratiemembranen heeft daarmee een superieure kwaliteit ten opzichte van die welke met conventionele technieken kan worden bereikt.

Dankzij de vooruitgang in de membraan-technologie is de kostprijs gedaald tot circa 100 ct/m³, terwijl verwacht mag worden dat dit in de toekomst nog enigszins verder zal dalen. De brijnafvoer wordt dikwijls als een probleem gezien. Hiervoor is echter geen enkel steekhoudend argument voorhanden, aangezien de totale belasting op het milieu door het proces niet toeneemt. Immers, het oppervlaktewater met een zoutgehalte van bijvoorbeeld 100 mg Cl⁻/l wordt gescheiden in circa 80% drinkwater met een zoutgehalte van 50 mg Cl⁻/l en 20% brijn met een zoutgehalte van 300 mg Cl⁻/l. Ook lokale effecten zullen zeer beperkt zijn bij een lozing van 3-5 x geconcentreerd drinkwater en kunnen bovendien volledig vermeden worden door de brijn bij het gezuiverde afvalwater te voegen, waarmee de oorspronkelijke situatie voor zowel zoutlast als zout-

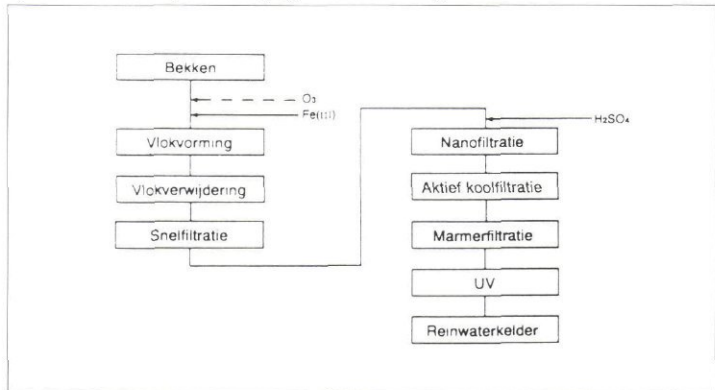
concentratie wordt bereikt. De brijnafvoer is daarom milieutechnisch verantwoord en zal in de praktijk zelfs milieutechnische voordelen kunnen bieden (door een zorgvuldige lokatiekeuze, bijvoorbeeld afvoer naar zee, waardoor de belasting van het oppervlaktewater met onder meer zouten en nutriënten aanzienlijk zal dalen). Afb. 22 toont het zuiveringsrendement van het nanofiltratiemembraan NF-70 (FilmTech). Anorganische ionen worden tussen 50 en 99% tegengehouden (afhankelijk van valentie en afmeting ion), terwijl organische moleculen beter verwijderd worden naarmate het molecuulgewicht hoger is [18]. Hoewel nog niet veel onderzoek is gedaan naar de verwijdering van polaire micro's blijken polaire stoffen als alcoholen en koolhydraten beter tegengehouden te worden dan apolaire micro's. Nader onderzoek is noodzakelijk om een goed beeld te krijgen van de potentie van nanofiltratie voor laagmoleculaire organische microverontreinigingen.

Samenvattend kan met nanofiltratie drinkwater worden bereid met een kwaliteit die superieur is aan die welke met conventionele technieken kan worden geproduceerd. Randvoorwaarden bij het proces zijn een goede voorzuivering, om verstopping van de membranen tegen te gaan, en een nazuivering gericht op het corrigeren van de hardheid (bijvoorbeeld marmerfiltratie) en het verwijderen van laagmoleculaire apolaire en eventueel in beperkte mate aanwezige polaire micro's en BM met bijvoorbeeld actieve-koolfiltratie. Deze actieve-koolfiltratie wordt dan vrijwel niet belast met micro's en BM, maar ook niet met humusverbindingen, wat de capaciteit van de kool in zeer belangrijke mate vergroot. Mocht onverhoopt blijken dat de huidige nanofiltratiemembranen toch nog één of meer micro's en/of BM doorlaten, die door actieve-koolfiltratie niet op economische wijze kunnen worden verwijderd,

Afb. 23 - Toekomstige zuivering oppervlaktewater - chemisch.



Afb. 24 - Toekomstige zuivering oppervlaktewater - fysisch.



dan is er reden de membraanfabrikanten aan te sporen aangepaste nanofiltratie-membranen te maken. Na de actieve kool, moet uv-desinfectie worden ingezet om te voldoen aan de veiligheidseisen.

5. De oppervlaktewaterzuivering van de toekomst

Wat wordt nu de conclusie voor de oppervlaktewaterzuivering van de toekomst? We staan voor de keuze tussen een chemische zuivering (afb. 23) of fysische zuivering (afb. 24). In beide gevallen zien we een voor-zuivering die bestaat uit een eventuele pre-ozonisatie, gevolgd door coagulatie met behulp van Fe(III), vlokvorming, vlokverwijdering en snelfiltratie (in feite dus de traditionele oppervlaktewater-zuivering).

De chemische zuivering bestaat daarna uit ontharding gevolgd door vlokingsfiltratie ter verwijdering van carry-over. Aansluitend oxydatie/desinfectie met behulp van O₃/H₂O₂ (in twee trappen, eerst desinfectie met behulp van O₃, vervolgens oxydatie door O₃/H₂O₂) gevolgd door afbraak AOC door snel-filtratie en actieve-koolfiltratie. De actieve-koolfiltratie heeft ook een adsorberende functie voor eventueel resterende apolaire bestrijdingsmiddelen en organische micro-verontreinigingen. Na de actieve-koolfiltratie vindt een nadesinfectie met behulp van uv-straling of langzame zand-filtratie plaats.

De fysische zuivering bestaat uit een dosering van H₂SO₄ (om neerslag van CaCO₃ op de membranen te voorkomen), de nanofiltratie zelf gevolgd door marmer-filtratie (opharding), actieve-koolfiltratie (veiligheidsfunctie ten opzichte van laag-moleculaire organische micro-verontreinigingen) en uv-desinfectie. De schema's zijn opgesteld voor de directe zuivering van oppervlaktewater, maar zijn met beperkte modificaties ook van toepassing op de indirecte zuivering. In dit geval zal de opslag in de onder-

Afb. 26 - Fysich/chemisch?



grond aan het einde van het zuiverings-proces plaatsvinden uit overwegingen van milieu en bedrijfsvoering, waarbij de functie van de ondergrondse opslag beperkt blijft tot afvlakking en als strategische voorraad. Wanneer de beide schema's naast elkaar gezet worden (afb. 25) is het onmiddellijk duidelijk, dat ze onvergelykbaar zijn met betrekking tot kwaliteit, kosten en implementatiemogelijkheden. De chemische zuivering is te zien als een ingrijpende verbetering van de huidige oppervlaktewaterzuivering. Voor de produktwaterkwaliteit en de kosten zijn er vele vragen, die vooral betrekking hebben op de vereiste dosis en contacttijd van O₃/H₂O₂, de gevormde restprodukten, het ontwerp van de nazuivering (waaronder ook de regeneratiefrequentie van de actieve-koolfiltratie) en de acceptatie van een verhoogd Na-gehalte. De kosten worden uiteraard sterk bepaald door de antwoorden op deze vragen, maar liggen minimaal op 50 ct/m³ (exclusief kosten voorzuivering).

De fysische zuivering is te zien als een revolutionaire stap voorwaarts in de oppervlaktewaterzuivering. De implementatie is daarmee minder eenvoudig, aangezien het de overgang betekent op een voor de drinkwatervoorziening nieuwe techniek. De risico's hierbij zijn overigens beperkt, vanwege de modulaire opzet en de goede ervaringen in het buitenland en in de industrie. Er zijn overigens nog geen ervaringen met oppervlaktewater als voedingswater voor nanofiltratie. Dit betekent dat voor de vervuiliings-problematiek niet blindgevaan mag worden op deze ervaringen. Gedegen onderzoek is dan ook noodzakelijk om teleurstellingen te voorkomen. De produktwaterkwaliteit is onvergelykbaar beter en de kosten zijn vrij goed

bekend en bedragen circa 100 ct/m³ (exclusief kosten voorzuivering).

Aan het einde van dit overzicht past de opmerking dat voorspellen moeilijk is, vooral als het om de toekomst gaat.

De waterleidingingenieur moet in de komende jaren de juiste weg kiezen, terwijl hij de meest belangrijke invloeds-factor bij deze keuze niet zelf in de hand heeft, namelijk de vervuiling van het oppervlaktewater (afb. 26). Wanneer de kwaliteit van de bronnen voor de drink-watervoorziening niet beter wordt, zijn we immers wel gedwongen om steeds meer en steeds meer geavanceerde zuiverings-technieken toe te passen. Wat we wel zelf in de hand hebben is de keuze tussen chemische of fysische zuivering.

Deze keuze vereist uiteraard veel en goed onderzoek maar vooral veel wijsheid en visie in de uiteindelijke afweging tussen kosten en kwaliteit bij concrete investeringsprojecten. Daarbij moet de waterleidingingenieur het motto in ere houden dat al als thema gold voor de 21e Vakantiecursus in Drinkwater-voorziening: 'Van goed naar beter water'.

Afb. 25 - Evaluatie oppervlaktewaterzuivering.

1 Chemisch (O ₃ / H ₂ O ₂)			
• Interessante optimalisatie huidige zuivering			
• Vragen dosis, contacttijd micro's reactieproducten nazuivering Na, Cl			
• Kosten	ontharding / filtratie	20 ct / m ³	
	H ₂ O ₂ / O ₃	10 - 500 ct / m ³	
	filtratie / AK / UV	20 ct / m ³	
2 Fysisch (Nanofiltratie)			
• Superieure drinkwaterkwaliteit Na, Cl, ... DOC BM, micro's			
• Vragen brijn			
• Kosten	nanofiltratie	80 ct / m ³	
	marmerfiltratie / AK / UV	20 ct / m ³	

Literatuur
1. Rook, J. J. (1974). *Formation of haloforms during chlorination of natural water*. Water Treatment Exam. (23) p. 234-245.
2. Kruithof, J. C. (1984). *Neveneffecten van de chloring*. KIWA Mededeling nr. 74.
3. Kruithof, J. C., Leer, R., Chr., van der, Hijnen, W. A. M., Nühn, P. A. N. M., Houtepen, F. A. P. en Feij, L. A. C. (1989). *Ultra Violet disinfection of carbon filtered drinking water*. In 'Ozone + UV in the treatment of water and other liquids'. III.3.1-III.3.15. Berlin.
4. *Drinking water regulations and health advisories*. (1990). Office of Drinking Water USEPA, Washington DC.

GS Zuid-Holland: 'Convenant Delfland met glastuinbouw kan geen blokkade voor vormen WVO-vergunningen'

Het besluit van de verenigde vergadering van het Hoogheemraadschap Delfland om een convenant aan te gaan met de glastuinbouw dat de uitstoot van bestrijdingsmiddelen en meststoffen beperkt, wordt gedeeltelijk vernietigd. Gedeputeerde staten van Zuid-Holland gaan niet accoord met dat deel van het convenant dat stelt dat Delfland de Wet verontreiniging oppervlaktewater (WVO) terughoudend zal toepassen. Overigens staat zij wel positief tegenover de geest van het convenant. De Stichting Natuur en Milieu heeft bij gedeputeerde staten aangedrongen op algehele vernietiging van het besluit om een convenant aan te gaan.

De provincie deelt de opvatting van het Hoogheemraadschap dat het opstellen van lozingsvergunningen voor ruim vierduizend glastuinbouwbedrijven complex is. Toch meent de provincie dat het convenant geen blokkade kan zijn om de glastuinbouwbedrijven van WVO-vergunningen te voorzien.

In de praktijk betekent dit dat vergunningverlening gefaseerd wordt ingevoerd. De vergunningverlening kan zoveel mogelijk aansluiten bij investeringen van de individuele bedrijven zodat binnen enkele jaren de gehele bedrijfstak van WVO-vergunningen is voorzien.

Voor het opstellen van deze WVO-vergunning zijn algemeen geldende regels noodzakelijk. Het ministerie van Verkeer en Waterstaat heeft toegezegd deze regels volgend jaar in een Algemene maatregel van Bestuur vast te stellen.

De provincie heeft besloten tot een gedeeltelijke vernietiging omdat zij wel positief staat tegenover andere elementen uit het convenant. Vooral omdat het convenant niet alleen kijkt naar verontreiniging van het oppervlaktewater, maar ook naar de verspreiding van stoffen naar bodem en lucht. (Persbericht provincie Zuid-Holland)

Bacteriële verontreiniging in 's-Gravelandse polder

In een gedeelte van het waterleidingnet van NV Openbaar Nutsbedrijven Schiedam, gelegen in de industriepolder

's-Graveland, is op 1 augustus 1991 verontreiniging van colibacteriën ontstaan door een leidingbreuk. In overleg met het laboratorium van DWL en op advies van de Inspectie van de Volksgezondheid is besloten voor de reiniging van het drinkwater het ontsmettingsmiddel chloor te gebruiken. Na het chloren is in het gehele gebied gespuid en zijn er watermonsters genomen. Op 9 augustus kon NV Openbaar Nutsbedrijven Schiedam weer drinkwater leveren aan het industriegebied. Een kookadvies bleef nog enige tijd van kracht.

Het Nutsbedrijf heeft in de periode dat het leidingnet buiten gebruik was de 322 kantoren en 35 woningen in het industriegebied zo goed mogelijk voorzien van drinkwater uit tanks.

Consumentenbond: geen kwaliteitsverschil kraan- en bronwater

De kwaliteit van kraan- en bronwater ontloopt elkaar niet veel. In beide water-soorten komen soms verontreinigingen voor. Directe gezondheidsrisico's zijn er niet.

Dat blijkt uit een onderzoek van de Consumentenbond. Daarbij werd het kraanwater van alle 50 waterleidingbedrijven onder de loep genomen. In zes grote steden werden extra tests uitgevoerd. Verder zijn 35 bron- en mineraalwaters onderzocht.

Volgens de bond loopt de kwaliteit van kraanwater in de toekomst gevaar. Ook zal de prijs hoger worden. Ongeveer één van de vijf waterleidingbedrijven slaagt er niet in kraanwater te leveren dat op alle punten voldoet, zo is uit het onderzoek gebleken.

In één geval werd voor het loodgehalte de wettelijke norm overschreden. Bewoners van huizen met loden leidingen moeten volgens de bond het water dat ' ochtends het eerst uit de kraan komt niet voor consumptie gebruiken.

Vorige maand maakte de bond bekend dat in vijf bron- en mineraalwaters chemische verontreinigingen zijn aangetroffen.

Het ging daarbij om organische verontreinigingen die via de bron of tijdens het bottelen in het water terecht zijn gekomen. Deze stoffen zijn niet in kraanwater aangetroffen. Het betrof de merken Albert Heyn, Catharijne, Badoit, Mont Roucoux en Original.

Het onderzoek naar kraanwater toonde aan dat de wettelijke grens voor nitraat (50 milligram per liter) nergens werd overschreden. De EG-richtwaarde van 25 mg per liter werd viermaal overschreden.

Zeven van de 50 kraanwaters bevatten bij herhaalde controle chloor- of broomhoudende organische verontreinigingen. Het ging om hoeveelheden die de EG-richtwaarde van 1 microgram per liter overschreden. (ANP)

Drinkwaterbereiding jaren negentig • Slot van pagina 475

5. Hopman, R., Beek, C. G. E. M., van, Janssen, H. M. J. en Puijker, L. M., (1990). 'Bestrijdingsmiddelen en drinkwatervoorziening in Nederland'. KIWA Mededeling nr. 113.
6. Noij, Th. H. M., Noordsij, A. en Genderen, J., van (1989). 'Drinkwater uit oppervlaktewater'. KIWA Mededeling nr. 107.
7. Farvardin, M. R. and Collins, A. G. (1989). 'Pre-ozone as an aid in the coagulation of humic substances'. Wat. Res., (23), No. 3, p. 307-316.
8. Hoigné, J. (1985). 'Organic micropollutants and treatment processes: kinetics and final effects of ozone and ClO₂'. The Science of the Total Environment (47), p. 169-185.
9. Brunet, R. et al. (1984). 'Oxidation of organic compounds through the combination ozone-H₂O₂'. Ozone: Science and Engineering (6), p. 163-183.
10. Barker, R., Taylor, F. M. (1989). 'Kinetics of the destruction of potential micropollutants in water by the UV/Ozone technique'. Wasser Berlin, pV-6-1/13.
11. Duguet, J. P., Brodard, E., Dussert, B. and Mallevialle, J. (1985). 'Improvement in the effectiveness of ozonation of drinking water through the use of hydrogen peroxide'. Ozone: Science and Engineering (7), p. 241-258.
12. Wallace, J. L., Vahradi, B., Fernandes, J. B., and Boyden, B. H. (1988). 'The combination of ozone/hydrogen peroxide and ozone/UV radiation for reduction of THMFP in surface water'. Ozone: Science and Engineering (10), p. 103-113.
13. Glaze, W. H., Peyton, G. R., Lin, S., Huang, R. Y. and Burleson, J. L. (1982). 'Destruction of pollutants in water with ozone in combination with UV radiation'. 2. Natural THM precursors. Environ.-Sci. Technol. (16) p. 454-458.
14. James, M. Montgomery Consulting Engineers, Inc. (1988). 'Pilot plant evaluation of the effectiveness of UV/Ozone oxidation for the removal of volatile organic chemicals'. Pasadena.
15. Philips, F. (1990). 'Atrazine removal by advanced (O₃/H₂O₂) oxidation in a full scale drinking water treatment plant'. Voordracht tijdens het KIWA/VWN-colloquium 'Verwijdering van bestrijdingsmiddelen'. 5 oktober 1990, Nieuwegein.
16. Hopman, R., Meerkkerk, M. A., Kruithof, J. C. 'Mogelijkheden van adsorptieve technieken voor de verwijdering van bestrijdingsmiddelen in water. Concept H₂O-publikatie.
17. Pontius, F. W. (Ed.), (1990). 'Water quality and treatment, a handbook of community water supply. AWWA, 4th ed., Denver.
18. Taylor, J. S. et al. (1989). 'SOC-rejection by nanofiltration. EPA/600/2-89/023, USEPA, Cincinnati.

• • •