

Gezondheidsaspecten van drinkwaterbereiding

Voordracht uit de 29e vakantiecursus in drinkwatervoorziening 'Nieuwe zuiveringstechnieken', die op 6 en 7 januari 1977 aan de TH Delft werd gehouden.

1. Inleiding

De meest betrouwbare en universele methode van bereiding van drinkwater heeft sinds mensenheugenis bestaan uit destillatie gevolgd door langdurig verblijf van het regenwater in de bodem. Tijdens dit proces wordt het water eerst ontdaan van verontreinigende bestanddelen, belucht, gefiltreerd en vervolgens gedurende lange tijd geconditioneerd door contact met minerale bodembestanddelen in een tegen verontreinigende invloeden beschermde omgeving. Tenslotte wordt het water bij het uitreden



IR. B. C. J. ZOETEMAN
RID

uit de bodem opnieuw belucht. Met name bronwater heeft in de loop van de tijd een grote reputatie gekregen als een voor de menselijke gezondheid onmisbaar element waaraan in enkele gevallen zelfs heilzame kracht wordt toegeschreven. In een boek getiteld: 'L'eau' van Gaston Tissandier [1], verschenen in 1873, staat onder het hoofd 'Les incertitudes de la science' over mineraal wateren het volgende geschreven:

'Après avoir admis trop facilement les faits les plus merveilleux, on est arrivé à nier complètement l'action bienfaisante des eaux minérales. De nos jours cependant, on est revenu à des opinions plus raisonnables, et personne ne met en doute l'efficacité des sources dans un grand nombre de maladies'.

Vervolgens vraagt Tissandier zich af: 'Comment les eaux minérales agissent-elles? Sans doute par les sels qu'elles renferment, mais il y a encore beaucoup d'incertitude sur cette question délicate'.

Wat dit betreft is er de laatste eeuw dus weinig veranderd. Wel was men in de tussenliggende periode decennia lang van mening dat het inactiveren van ziekteverwekkende organismen een doorslaggevende waarborg vormde voor de deugdelijkheid van drinkwater.

Echter sinds de ontdekking van statistische verbanden tussen de aanwezigheid van bepaalde bestanddelen in drinkwater en sterfte aan ziekten, zoals kanker en harten vaataandoeningen [2], die het gevolg kunnen zijn van langdurige blootstelling aan bepaalde invloeden, begint zich de laatste jaren een fundamentele wijziging in het denken over de bereiding van drinkwater af te tekenen. Naast de aandacht voor het voortdurend afwezig zijn van

ziekteverwekkende organismen wordt in toenemende mate zorg besteed aan het beperken van de aanwezigheid van chemische verontreinigingen enerzijds en het in stand houden van een evenwichtige minerale samenstelling van het water anderzijds. Bij het vervaardigen van een dergelijke kwaliteit van drinkwater dienen dezelfde elementen voorop te staan als die welke aan de bekendheid van bepaalde bronwateren hebben bijgedragen:

- afwezigheid van verontreinigingen;
- evenwicht met de atmosfeer;
- evenwicht met minerale bodembestanddelen;
- gerijpte leeftijd;
- aangetoonde onschadelijkheid bij gebruik door opeenvolgende generaties van organismen.

Nu is het in een situatie van schaarste aan waterbronnen van goede kwaliteit, zoals Nederland die kent, niet mogelijk geheel aan deze kenmerken van goed drinkwater te voldoen. De noodzaak om vanuit een oogpunt van volksgezondheid groot belang te hechten aan het zo goed mogelijk inbouwen van deze 'oeroude elementen' van de bereiding van drinkwater zal evenwel in deze voordracht nader worden toegelicht. Daarbij zal eerst aandacht worden besteed aan de vraag wat onder deugdelijk drinkwater moet worden verstaan, vervolgens aan de huidige onzekerheden die er op dit gebied nog bestaan om tenslotte in te gaan op de mogelijkheden om de gezondheid te beschermen door verbeterde technieken voor de bewaking van de waterkwaliteit en op de mogelijkheden tot het beperken van gezondheidsrisico's door aangepaste wijzen van bereiding van water dat is bestemd voor menselijke consumptie.

2. Deugdelijk drinkwater

In de Waterleidingwet van 6 april 1957 bepaalt Artikel 4, lid 1 dat:

'De eigenaar van een waterleidingbedrijf is gehouden zorg te dragen, dat de levering van deugdelijk drinkwater aan de verbruikers in zijn distributiegebied gewaarborgd is.'

Een nadere precisering van het begrip 'deugdelijk drinkwater' geeft Artikel 4 van het Waterleidingbesluit van 7 juni 1960, waarvan lid 1 bepaalt: 'Drinkwater, dat de eigenaar aan anderen ter beschikking stelt, mag geen stoffen bevatten in zodanige hoeveelheden per eenheid water, dat deze voor de gezondheid nadelig kunnen zijn', terwijl lid 2 maximaal toelaatbare concentraties omschrijft voor een zevental toxische bestanddelen:

nitriet, nitraat, cyanide, lood, arsenicum, selenium en chromium.

In de ontwerp drinkwaterrichtlijn van de Europese Gemeenschappen worden, afgezien van nitriet en nitraat, die als ongewenste parameters zijn gekwalificeerd, voor 13 toxische stoffen maximaal toelaatbare concentraties aangegeven.

Het zal echter duidelijk zijn dat de deugdelijkheid van drinkwater niet uitsluitend wordt bepaald door het beneden bepaalde concentraties voorkomen van enige ziekteverwekkende bestanddelen. Natuurlijk vormt een eerste vereiste voor de deugdelijkheid van drinkwater dat consumptie ervan niet acute ziekte tot gevolg mag hebben, evenmin als een ziekte welke zich pas na vele jaren openbaart. Voor de gebruiker, die doorgaans voetstoots uitgaat van de afwezigheid van ziekteverwekkende eigenschappen van drinkwater, is van minstens zo groot belang de eis dat het water aangenaam moet zijn bij het gebruik. Onder gebruik moet in eerste instantie worden verstaan het gebruik voor consumptie, waarbij de zintuiglijk waarneembare eigenschappen een doorslaggevende rol spelen (Drost, Zoeteman [3]). Daarnaast is het gebruik voor allerlei andere doeleinden zoals spoelen, wassen, irrigeren e.d. van belang, waaruit additionele eisen aan het water kunnen voortvloeien. Van deugdelijk drinkwater moet ook worden geëist dat het de gunstige eigenschappen die het bij het verlaten van het productiebedrijf bezit nog in voldoende mate heeft behouden nadat het een uitgestrekt buizen-net tot aan de tapkraan van de gebruiker heeft doorlopen.

De discussie rond de vraag in hoeverre met het drinkwater essentiële mineralen, zoals bijvoorbeeld jodium en magnesium, aan de mens zouden moeten worden toegevoerd is nog steeds niet afgerond, hoewel ten aanzien van cariëspreventie door fluoride duidelijk de drinkwater route in Nederland is uitgesloten. Het is niet ondenkbaar dat voor andere minerale bestanddelen uit ons voedingspakket wel degelijk de drinkwater route als aanvaardbare bron kan gelden, mits het concentratieniveau van een dergelijke stof waarbij schadelijke effecten zijn te verwachten, voldoende ver ligt van het niveau waarbij optimaal aan de lichaamsbehoefte wordt voldaan.

In de ontwerp EG drinkwaterrichtlijn is deze gedachte reeds neergelegd in het begrip 'minimum vereiste concentratie', welk begrip geldt voor enige minerale waterbestanddelen in het geval het water een onthardingsbehandeling mocht hebben ondergaan.

Door de behoefte om de deugdelijkheid van drinkwater niet alleen te omschrijven ten aanzien van de maximaal toelaatbare concentratie van enige toxische stoffen

maar om tevens de grenzen aan te geven waarbinnen drinkwater aangenaam is in het gebruik is het aantal normen voor de kwaliteit van drinkwater toegenomen. Telde het Waterleidingbesluit van 1960 slechts normen voor 7 chemische bestanddelen, de ontwerp EG drinkwaterrichtlijn heeft maximaal toelaatbare waarden omschreven voor in totaal 44 fysische en chemische parameters.

Wegens het niet aanwezig zijn van een direct gevaar voor de volksgezondheid bij overschrijding van de maximaal toelaatbare waarden voor niet-toxische bestanddelen zijn hiervoor onder bepaalde voorwaarden overschrijdingen toegestaan.

Een overzicht van grenswaarden voor parameters vallend onder de categorieën 'ongewenst' en 'toxisch' van de EG drinkwaterrichtlijn, in vergelijking met de grenswaarden uit het huidige Waterleidingbesluit, geeft tabel I.

Met het toenemen van het aantal normen voor drinkwater wordt de gedachte verleidelijker om te veronderstellen dat drinkwater dat aan deze normen voldoet ook deugdelijk is. Dit hoeft echter geenszins het geval te zijn. Voor het garanderen van de deugdelijkheid is naast een goede controle van de waterkwaliteit op het voorkomen van allerlei stoffen en organismen een doelmatige opzet van het zuiverings- en distributiesysteem noodzakelijk en de

aanwezigheid van ervaren en geschoold personeel voor de bedrijfsvoering. Een toenemend aantal kwaliteitsnormen heeft zelfs het gevaar in zich dat kostbare middelen worden besteed aan onderzoek dat in een bepaald geval relatief onbelangrijke kwaliteitsaspecten kan betreffen. De uitgebreide lijsten met normen zijn vooral van waarde bij incidentele doorlichting van de kwaliteit van het door een bepaald bedrijf gedistribueerde water, waarbij men er op bedacht moet zijn dat het gevaar juist kan worden veroorzaakt door een verontreiniging waarvoor nog geen normen zijn geformuleerd. Daarnaast is een beperkt aantal normen noodzakelijk voor een snel uit te voeren dagelijkse controle van de bedrijfsvoering, om het totale effect van de hoedanigheid van het water op de mens zo goed mogelijk te registreren.

In dit kader kan worden gedacht aan de aloude reuk en smaak test, waarmee snel het in voldoende mate afwezig zijn van een grote variëteit aan stoffen kan worden geconstateerd en waarmee de meest gevoelige toets voor het aangenaam zijn van het water voor de consument wordt verkregen. Daarnaast is er grote behoefte aan snelle testmethoden waarmee de mogelijk toxische effecten van het water kunnen worden geregistreerd. Op de recent beschikbaar gekomen mogelijkheden op dit gebied zal in het vervolg nader worden teruggekomen.

Tenslotte moet in het kader van het deugdelijk zijn van drinkwater nog worden stilgestaan bij de factor tijd. Bij het meer vervuild raken van de bronnen voor de bereiding van drinkwater moet meer waarde worden toegekend aan het tijdselement bij de bereiding. In de eerste plaats dient voldoende tijd beschikbaar te zijn tussen het onttrekken van water aan een verontreinigde bron en het bestemmen van dat water voor de bereiding van drinkwater, zodat vooraf het voldoen aan bepaalde kwaliteitseisen nauwkeurig kan worden onderzocht. Een zelfde eis geldt ten aanzien van het bereide product. Een internationale werkgroep [4] heeft in verband met indirect hergebruik van afvalwater voor menselijk consumptie aanbevolen dat:

'because of the time required for a full examination a retention time of about 48 hours prior to distribution of the treated water should be strived after'.

Het verlopen van voldoende tijd tussen bereiding en het bereiken van de tapkraan van de verbruiker is ook van belang in verband met het verdwijnen van de bij bereiding gevormde reactieve, mogelijk schadelijke, verbindingen uit het water. Resumerend mag van deugdelijk drinkwater worden verwacht dat het bij een gebruik van generatie op generatie door alle groepen van de bevolking geen ziekteverschijnselen tot gevolg heeft, dat het aangenaam is in het gebruik, dat het eventueel bijdraagt tot een goede gezondheid, dat het stabiel is, ofwel dat het de gunstige eigenschappen tijdens de distributie behoudt, dat op het moment dat het de verbruiker bereikt de effectiviteit van de bereiding adequaat is gecontroleerd, en tenslotte dat het wordt omringd met de zorg van deskundige en toegewijde mensen.

3. Onzekerheden omtrent de deugdelijkheid

3.1. Algemene aspecten

Bij de bereiding van drinkwater dient rekening te worden gehouden met een reeks van onzekerheden die de deugdelijkheid van het te consumeren water bedreigen. Teneinde deze onzekerheden op verantwoorde wijze in te kunnen passen bij de inrichting en bedrijfsvoering van waterleidingbedrijven is het van groot belang hun aard en omvang gedetailleerd te kennen. Uiteraard zal het beeld dat zo ontstaat een tijdsgebonden karakter hebben, immers hoe verder de wetenschap voortschrijdt hoe onzekerder de mens zich lijkt te voelen. In het volgende zal een poging worden gewaagd de onzekerheden omtrent de deugdelijkheid van drinkwater, voorzover deze in relatie staan tot de bereiding, in kaart te brengen. Hierbij wordt de procesgang van het water globaal gevolgd.

TABEL I - Drinkwaternormen voor chemische verontreinigingen.

Parameter	Eenheid	Maximaal toelaatbare concentratie	
		Waterleidingbesluit (1960)	E.G. drinkwaterrichtlijn (1976)*
Ongewenst in excessieve hoeveelheden			
Nitraat	mg/l NO ₃	100	50
Nitriet	mg/l NO ₂	0,1	0,1
Ammoniak	mg/l NH ₄		0,5
Koolwaterstoffen	ug/l		10
Phenolen	ug/l C ₆ H ₅ OH		0,5
Detergenten	ug/l laurylsulfaat		200
IJzer	ug/l		200
Mangaan	ug/l		50
Koper	ug/l		3.000
Zink	ug/l		5.000
Phosphor	ug/l P		2.000
Fluor	ug/l (8/12 °C)		1.500
Toxisch			
Zilver	ug/l		10
Arsen	ug/l	200	50
Cadmium	ug/l		5
Cyanide	ug/l	10	50
Chroom Totaal	ug/l	50	50
Kwik	ug/l		1
Nikkel	ug/l		50
Lood	ug/l	100	50
Antimoon	ug/l		10
Seleen	ug/l	50	10
Pesticiden Totaal	ug/l		0,5
Pesticiden Individueel	ug/l		0,1
Polycyclische Aromaten	ug/l		0,2

* Ontwerp d.d. december 1976.

3.2. De bron

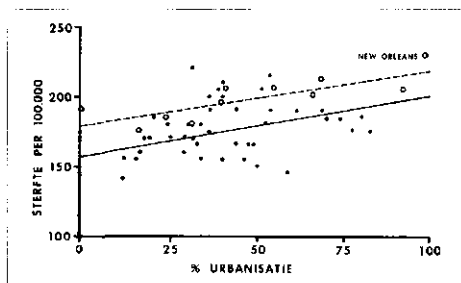
De meest belangrijke onzekerheid bij de bereiding van drinkwater is gelegen in de onbekende verontreinigingstoestand van de bron. Tegenwoordig moet het drinkwater worden bereid uit bronnen die niet alleen verontreinigd zijn met ziekteverwekkende organismen, maar die tevens talloze reactieve chemicaliën bevatten die kanker- verwekkende, mutagene en teratogene eigenschappen bezitten. In dit verband doen zich twee problemen voor.

In de eerste plaats is het met absolute zekerheid garanderen van de afwezigheid van dit soort chemicaliën in het eindproduct dermate kostbaar dat de bereidheid om deze kosten te maken pas lijkt te ontstaan wanneer aan de hand van harde toxicologische en epidemiologische gegevens de noodzaak hiertoe kan worden aangetoond. Het is evenwel de vraag of de schadelijke effecten, van de doorgaans kleine hoeveelheden van deze kankerverwekkende en anderzins schadelijke verbindingen in water, eenduidig kunnen worden aangetoond temidden van de vele andere risico's waaraan de mens via milieu en voeding wordt blootgesteld. De onzekerheid of voldoende zuivering plaatsvindt lijkt daarom een permanent bestaan beschoren. Dat gezondheidsrisico's kleven aan de bereiding van drinkwater uit vervuilde bronnen is enigszins aannemelijk gemaakt door epidemiologische onderzoeken in de staat Louisiana in de VS.

Een mogelijke associatie tussen de consumptie van drinkwater bereid uit het vervuilde water van de Mississippi rivier en het voorkomen van diverse soorten kanker bij de bevolking werd voor het eerst in 1974 naar voren gebracht door Harris [5]. In een publicatie in 1976 van Page, Harris en Epstein [6] wordt de totale kankersterfte als functie van de urbanisatiegraad van gemeenten vergeleken voor 11 gemeenten die drinkwater uit de Mississippi betrekken en 53 lokale overige gemeenten. De regressielijnen voor blanke mannen zijn in afb. 1 weergegeven. De drinkwaterbron bleek in de regressies significant gecorreleerd te zijn met sterfte aan kankers in het spijsverteringskanaal voor alle bevolkingsgroepen en met sterfte aan kankers aan de urinewegen voor blanke mannen en niet-blanke vrouwen. De auteurs trekken op grond van de resultaten de volgende conclusie:

'While statistical studies cannot by themselves establish causality, this regression study supports the hypothesis that there is a link between carcinogens in drinking water and cancer mortality'.

Als aangenomen wordt dat het veronderstelde verband juist is dan kan volgens de



Afb. 1 - Regressies van totale kankersterfte voor blanke mannen naar urbanisatiegraad.

auteurs verwacht worden dat omschakeling van de Mississippi rivier naar grondwater als bron voor de drinkwatervoorziening voor een gemeente op de lange duur zou resulteren in een verlaging van de totale kankersterfte van 17 % voor blanke mannen, 28 % voor niet-blanke mannen en 22 % voor niet-blanke vrouwen. Voor blanke vrouwen werd geen significant verband gevonden tussen totale kankersterfte en de drinkwaterbron.

De tweede onzekerheid ten aanzien van de bron is gelegen in het gedrag ervan in de loop van de tijd. Zal de kwaliteit gelijk blijven of verslechteren en als deze verslechtert in welke mate en hoe snel? Hier ligt een cruciaal punt ten aanzien van de deugdelijkheid van drinkwater daar de bereiding van drinkwater eigenlijk steeds uit gaat van het binnen zekere grenzen constant blijven van de kwaliteit van de bron, hoe paradoxaal dit ook moge lijken. Oppervlaktewater verwerkende bedrijven dimensioneren hun zuivering op een bron van relatief constante slechte kwaliteit. Waar op grond van de hydrologische karakteristiek fluctuaties in de kwaliteit zijn te verwachten wordt de bereiding meestal zo ingericht dat eerst door afvlakking d.m.v. voorraadvorming een constante kwaliteit zo goed mogelijk wordt benaderd voordat de eigenlijke zuivering plaats heeft. Zijn de oppervlaktewater verwerkende bedrijven zich duidelijk bewust van het grillige karakter van hun grondstof, de grondwater bedrijven hebben de inrichting en bedrijfsvoering van hun installaties doorgaans geheel gebaseerd op de constantheid van hun bron. Hier geldt dat waar een bedrijf zich veilig waant het gevaar juist groot kan blijken te zijn.

Tot nog toe is, op grond van de veronderstelling dat grondwater betrouwbaar is, deze bron nooit systematisch onderzocht op het voorkomen van die chemicaliën waarvoor in het oppervlaktewater al langere tijd aandacht bestaat. Door de min of meer toevallige ontdekking door het RID van de aanwezigheid van concentraties van 100 $\mu\text{g/l}$ of meer van het als zwak kankerverwekkend bekend staande ontvettings-

middel trichloorethyleen, in enkele van de meest betrouwbaar geachte grondwateren in ons land te Utrecht en Zeist, is deze zekerheid echter gerelativeerd.

Deze bevindingen illustreren dat de onzekerheid omtrent de geschiktheid van de bronnen voor de drinkwatervoorziening in ons land groot moet worden geacht en dat met een adequate regelmaat objectieve gegevens moeten worden verzameld over de gevaren die aan het gebruik van deze bronnen voor de gezondheid zijn verbonden. Het laatste wat de waterbereider mag doen is blindelings vertrouwen op beschermings- en saneringsmaatregelen voor het veiligstellen van een kwaliteit van zijn grondstoffen waarop het bestaande bereidingsproces is afgestemd. Een actieve bewaking is hier bitter noodzakelijk.

3.3. De bereiding

3.3.1. Inleiding

Het hoofddoel van de bereiding is het verwijderen van verontreinigingen opdat het eindproduct hygiënisch betrouwbaar en aangenaam in het gebruik is. De afgelopen decennia zijn er diverse technieken ontwikkeld waarmee het mogelijk werd in kortere tijd een groter verwijderingseffect, met name voor biologisch moeilijk afbreekbare verbindingen, te bewerkstelligen. Op deze plaats zal niet nader op het nuttige effect van moderne zuiveringsmethoden worden ingegaan maar zal in het bijzonder aandacht worden besteed aan gezondheidsaspecten van neveneffecten van enkele zuiveringsprocessen. Hierbij wordt vooral aandacht besteed aan die processen welke door de neveneffecten de opzet van de zuivering belangrijk kunnen beïnvloeden.

3.3.2. Biologische processen

Als gevolg van biologische processen worden in het water omzettingen producten geïntroduceerd die soms van betekenis kunnen zijn voor de gezondheid. De meest bekende voorbeelden zijn wel het nitriet en nitraat welke stoffen achtereenvolgens bij de nitrifikatie van ammoniak worden gevormd. Volgens het 'statistisch overzicht der waterleidingen in Nederland' van de VEWIN waren er in 1973 3 pompstations op de 260 die water afleverden met een nitrietgehalte boven de wettelijke norm van 0.1 mg/l terwijl allen voldeden aan de norm voor nitraat. Naast de anorganische omzettingen producten kunnen metabolieten door de organismen in het water worden afgescheiden die toxische of reukbedervende effecten hebben. Het gevaar van toxische metabolieten is genoemd in verband met blauwwierbloei in spaarbekkens, vermenigvuldiging van

Clostridium botulinum in kadavers van watervogels in waterwinningsmiddelen en de groei van exotoxinen afscheidende bacteriën die in filters en met name actief kooffilters aanwezig zouden kunnen zijn. Er zijn in Europa geen meldingen bekend van ziektegevallen die in verband konden worden gebracht met bovenstaande mogelijkheden. Doorgaans zullen de diverse zuiveringsprocessen eventuele metaboliëten in belangrijke mate tegelijk met de in de bron aanwezige verontreinigingen kunnen verwijderen.

3.3.3. Chemische processen

Het gebruik van chemicaliën bij de drinkwaterbereiding houdt een aantal mogelijke risico's in voor de deugdelijkheid van het eindproduct. Zo is elk chemisch middel in zekere mate met andere chemicaliën verontreinigd die ongewild tevens aan het water worden toegevoegd en die belangrijk toxischer kunnen zijn dan de hoofdcomponent. Een voorbeeld is de aanwezigheid van kwik in natronloog. Anderzijds leidt elke toepassing van chemische oxidatiemiddelen tot de vorming van oxidatie producten van veelal onbekende aard. Dit zal nader worden toegelicht voor chloor en ozon.

De neveneffecten van chloring van water hebben de laatste jaren sterk de aandacht gevraagd doordat, zoals Rook [8] onder meer heeft aangetoond, bij aanwezigheid van stoffen met acetylhoudende groepen, zoals humusverbindingen, haloformen in relatief grote hoeveelheden worden gevormd. De Science Advisory Board van het Environmental Protection Agency in de VS concludeerde in mei 1975 dat:

'Based particularly on the widespread contamination of drinking water supplies with chloroform, some human risk does exist from exposure through drinking water, although this risk is currently unquantifiable'.

Recent onderzoek van het National Cancer Institute in de VS heeft aangetoond dat chloroform een zwakke carcinogene werking heeft.

Deze conclusie is gebaseerd op twee jarig onderzoek met muizen en ratten waar, bij hoge doses van 100-500 mg/kg lichaamsgewicht, de muizen levertumoren ontwikkelden en bij de ratten dosis gerelateerde niertumoren optraden.

Voorlopige epidemiologische studies in 1975 van de EPA [9] hebben nog geen eenduidig verband te zien gegeven tussen het voorkomen van chloroform in drinkwater en sterfte aan bepaalde vormen van kanker. Eén studie die betrekking had op 50 steden gaf een statistisch significante correlatie te zien voor kankersterfte voor de combinatie van beide geslachten in de jaren

1969-1971 met de in 1975 gemeten chloroform gehalten. Een andere studie over 43 Amerikaanse steden gaf een dergelijk verband niet te zien.

Een ander belangrijk gegeven in dit verband is de ontdekking van de Amerikanen Laseter en Dowty [10] dat bepaalde gechloroerde vluchtige stoffen zoals tetrachloormethaan en chloroform behalve in het drinkwater ook in bloed en urine van de bevolking kon worden aangetoond en dat deze stoffen gemakkelijk de placenta passeren, met als resultaat dat zij in het navelstrengbloed in hogere concentraties aanwezig zijn dan in het bloed van de moeder. Daar lagere gehalogeneerde verbindingen in tegenstelling tot stoffen zoals benzeen, niet via luchtverontreiniging in het lichaam worden geïntroduceerd, wordt in toenemende mate belang gehecht aan de mogelijke bijdrage van drinkwater. Het is dan ook van groot belang de vorming van haloformen en verwante stoffen tijdens de drinkwaterbereiding waar mogelijk te vermijden.

Ozon wordt wel gepropageerd als alternatief voor chloor. Ozon kan echter de functie van breekpuntschloring niet vervullen; evenmin heeft het een desinfecterende werking tijdens het transport als gevolg van de snelle ontleding. De interesse voor ozon is vooral ingegeven door het feit dat bij chloring onvermijdelijk allerlei gehalogeneerde verbindingen ontstaan die nota bene in het kader van de sanering van het oppervlaktewater zijn geplaatst op de zwarte lijst [11]. De stoffen van de zwarte lijst dienen op den duur uit het milieu en zeker uit het drinkwater geheel te verdwijnen. Verwacht wordt dat de stoffen die als oxidatieproducten bij ozonisatie ontstaan een minder schadelijk karakter zullen hebben, onder meer omdat ze gemakkelijker biologisch afbreekbaar zullen zijn. Over de toxicologische aspecten van ozonisatie is nog weinig bekend. Het afgelopen jaar zijn er diverse studies op dit gebied gestart en de komende jaren zal ongetwijfeld een duidelijker beeld over de gezondheidsaspecten van ozonisatie ontstaan. Op dit moment kunnen alleen voorlopige resultaten van veelal nog lopend onderzoek worden vermeld.

De ervaring bij Nederlandse bedrijven [12] heeft geleerd dat de cholinesterase remmende werking zowel tijdens chloring als tijdens ozonisatie kan toenemen. Cotruvo, Simmon en Spangord [13] hebben de mutagene eigenschappen gerapporteerd van de ozonisatieproducten van 28 stoffen in waterige oplossing. Na langdurige ozonisatie bleek ethanol tot mutagene producten aanleiding te kunnen geven

en waren voor 6 andere stoffen de gevonden positieve effecten twijfelachtig. Dit onderzoek gaf geen aanleiding tot de veronderstelling dat ozonisatie in het algemeen een substantiele verhoging van de mutagene activiteit van organische stoffen veroorzaakt. Vergelijkend laboratorium onderzoek van de fransen Hartemann, Block en Mangras [14] geeft een indicatie dat de toxiciteit als gevolg van ozonisatie van organische stoffen in water geringer is dan die veroorzaakt door chloring.

Kinman c.s. [15] hebben gerapporteerd dat de cytotoxiciteit van geozoniseerd afvalwater van een ziekenhuis groter was dan vóór de ozonisatiebehandeling. Enige onderzoekers [16, 17] hebben gewezen op glyoxaal en methylglyoxaal, welke stoffen als reactieproducten van ozonisatie vrijkomen en sterk toxisch zijn.

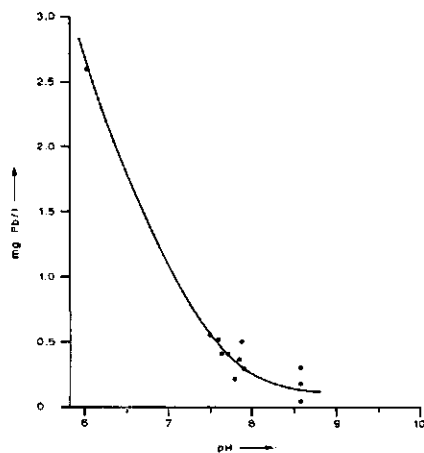
Tenslotte is door Kühn en Sontheimer [18] aangetoond dat ook bij ozonisatie in geringe mate haloformen worden gevormd, waarschijnlijk als gevolg van afbraak van grote halogeen bevattende moleculen door ozon. Resumerend lijkt het op dit ogenblik niet verantwoord op voorhand de ozonisatieproducten als geheel onschuldig te beschouwen en is nader onderzoek gewenst.

3.4. De distributie

De belangrijkste eis die met het oog op de distributie aan de bereiding van drinkwater moet worden gesteld is dat het in voldoende mate de kwaliteit behoudt die het na de bereiding heeft gekregen. Dit betekent in de eerste plaats dat biologisch afbreekbare stoffen praktisch afwezig moeten zijn daar anders nagroei van bacteriën en uitputting van het zuurstofgehalte ofwel rottingsverschijnselen kunnen optreden. Soms wordt nagroei onderdrukt door chloring of chloordioxide dosering. Eigenlijk moet worden gesteld dat het biologisch afbreekbare materiaal in deze gevallen onvoldoende is verwijderd. Hoe langer de verblijftijd van het water in het net, hoe meer gewicht aan deze eis moet worden toegekend.

Water dat praktisch vrij is van biologisch afbreekbaar materiaal en dat enige milligrammen/liter aan opgeloste zuurstof bevat dient echter aan een minstens zo belangrijke additionele eis te voldoen: het mag niet agressief zijn voor het leidingmateriaal. In 1973 [7] waren er echter nog 96 op de 260 pompstations die water leverden dat agressief koolzuur bevatte, hetgeen vooral voorkomt bij de pompstations met zacht water (Zoeteman [19]).

In het algemeen geldt dat bij distributie van agressief water door asbestcementleidingen er mogelijk meer asbestvezels vrij zullen komen terwijl bij passage door



Afb. 2 - Verband tussen het loodoplossend vermogen van drinkwater na 16 uur stilstand en de pH (Rapport Gezondheidsraad).

metalen leidingen verhoogde hoeveelheden lood en cadmium aanwezig kunnen zijn in het water aan de tapkraan.

Op grond van schattingen is gesteld (Zoeteman en Haring [20]) dat in Nederland cadmium opname via drinkwater voor de bevolkingsgroep met de hoogste opname een waarde van 10 % van de totale gemiddelde dagelijkse opname van 70 µg niet overschrijdt.

Dergelijke schattingen geven voor lood echter een heel ander beeld te zien. Een RID onderzoek in 10 steden in Nederland [20] toonde aan dat 36 % van het eerste getapte water in de ochtend loodgehalten boven 50 µg/l vertoonden en 4 % zelfs loodgehalten boven 500 µg/l. Een verhoogde pH van het water bleek een effectiever middel ter reductie van loodopname tijdens distributie dan een hoge hardheid van het water. Aan de hand van een enquête van het RID en het CBS onder 2000 gezinnen kan geconcludeerd worden dat 20 % van de Nederlandse woningen nog binneninstallaties bevatten die geheel of gedeeltelijk uit lood bestaan. Mede op grond van het consumptiepatroon, kon worden geschat dat ca. 1 % van de bevolking via drinkwater 50 % van de acceptabele dagelijkse loodopname van 300 µg consumeert en dat er uitzonderingsgevallen kunnen zijn die dagelijks aan nog meer lood via het drinkwater zijn blootgesteld.

Met name babies lijken potentieel aan hoge loodbelastingen via drinkwater bloot te kunnen staan. Daar volgens het rapport van de Gezondheidsraad over centrale ontharding [21] en onderzoek van Drost [22] de pH een grote invloed op de loodafgifte tijdens distributie uitoefent, welke constatering door een RID studie in EG verband [20] kon worden bevestigd, is het van groot belang de pH en daarmee

de agressiviteit voor metalen leidingen van het water tijdens de bereiding zodanig te corrigeren (zie afb. 2).

Het is helaas niet zo dat met een goede conditionering van het water tijdens de bereiding het probleem van loodafgifte door loden binnen installaties geheel kan worden onderdrukt. Vele andere factoren zoals stroomsnelheid bij het tappen en trillingen van het leidingnet door verkeer en huishoudelijke apparaten zijn tevens van invloed. In hoeverre de vaste looddeeltjes die hierbij vrijkomen ook bijdragen tot het loodgehalte in het bloed is van belang voor beantwoording van de vraag of en zo ja hoe snel en met welke prioriteiten loden leidingen moeten worden vervangen. Of met een pH correctie tevens de oorzaak van het gevonden statistische verband tussen waterhardheid en sterfte aan hart- en vaatziekten [19] kan worden weggenomen is nog niet duidelijk.

4. Gezondheidsbescherming door verbeterde bewaking

4.1. Plaats van de kwaliteitsbewaking

In het ideale geval wordt de waterkwaliteit voortdurend gecontroleerd op al die plaatsen waar het de consument bereikt, teneinde zijn gezondheid zo goed mogelijk te beschermen. Dit is evenwel onmogelijk en het is ook niet noodzakelijk. Het lijkt doelmatiger een zorgvuldige controle uit te voeren op die plaatsen waar mogelijk ongewenste verontreinigingen kunnen worden geïntroduceerd en daar waar de zuivering zich in voldoende mate moet hebben voltrokken (afb. 3).

In de eerste plaats is het nodig aan de hand van analyseresultaten te besluiten of de grondstof geschikt wordt bevonden om in bewerking te nemen of om voorzover dit mogelijk is de zuivering aan de kwaliteit van de grondstof aan te passen bijv. door doseringen van chemicaliën te variëren. Naar mate de grondstof meer vervuild is en een grilliger karakter heeft is meer tijd en aandacht voor de grondstof bewa-

king nodig, waartoe voorraadvorming noodzakelijk kan zijn.

Nadat de grondstof in bewerking is genomen dient vervolgens kwaliteitscontrole voor de procesbesturing plaats te vinden, uitmondend in de uiteindelijke controle van het bereide product. Al eerder werd gememoreerd dat het eindproduct eigenlijk eerst zou moeten worden opgeslagen om de resultaten van de kwaliteitsanalyses af te wachten voordat dit het distributiesysteem wordt ingepompt. Hierbij wordt immers een 'point of no return' overschreden.

Tot nog toe heeft deze gedachte nog weinig ingang gevonden, terwijl het feit zich voordoet dat de zuivering van sterk vervuild water niet alleen stoffen verwijdert maar tevens nieuwe verontreinigingen blijkt te kunnen toevoegen.

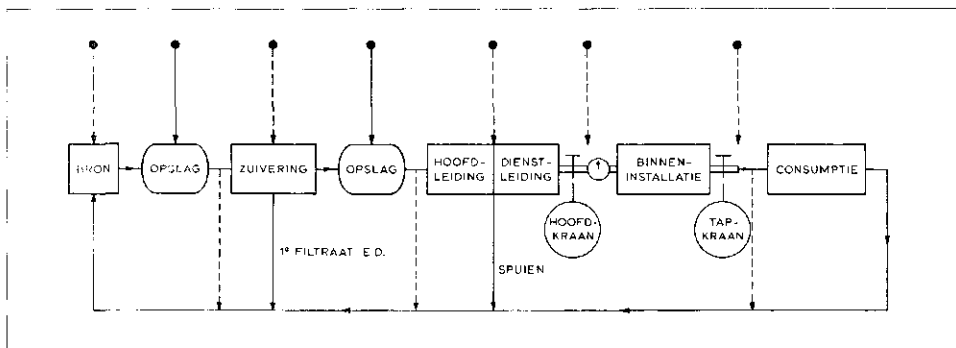
Vervolgens is het gewenst, gezien o.a. de afgifte van stoffen door leidingmaterialen, de waterkwaliteit te controleren op het punt van levering, de hoofdkraan, en tenslotte op het punt van in gebruikneming, de tapkraan. Na het passeren van het zuiveringstation is geen enkele barrière van betekenis meer aanwezig om de consument tegen vervuiling te beschermen, zodat controle aan de tapkraan van belang is. Wanneer een goede kennis met betrekking tot de aard van het gedistribueerde water en het distributienet aanwezig is, kan worden gesteld dat de voorspelbaarheid van het gedrag van het water toeneemt bij het doorlopen van de weg van bron naar consument. Tevens geldt dat de werkingssfeer van een controle het grootst is op het punt waar het water gereed is voor distributie.

Uit doelmatigheidsoogpunt is dan ook het concentreren van de bewaking op de bron voordat deze in gebruik wordt genomen en het voor distributie gereede product voordat dit het net wordt ingepompt, het meest belangrijk zonder daarmee overige controlepunten geheel uit te sluiten.

4.2. Aard van de kwaliteitsbewaking

Waterleiding chemici en biologen hebben

Afb. 3 - Schema plaatsen voor waterkwaliteitsbewaking.



de afgelopen 10 jaar getracht door toepassing van gemechaniseerde en gevoelige technieken de afzonderlijke waterverontreinigingen op routineschaal te meten. Deze tendens had vooral betrekking op diverse metalen, pesticiden, polycyclische aromaten en sinds kort de vluchtige halogeenvverbindingen. Voor een klein aantal chemicaliën en fysische parameters is sinds enige jaren automatische meting mogelijk geworden. Het wordt echter gaandeweg duidelijker dat voor de dagelijkse bewaking van de waterkwaliteit andere methoden moeten worden toegepast die bij voorkeur automatisch en continu de voor de mens belangrijke effecten, van de aanwezigheid van het mengsel van verontreinigingen, registreren.

Hierdoor is een accent verschuiving aan het optreden in de laboratoria waarbij met behulp van biologische testsystemen eerst korte termijn effecten worden geregistreerd en de verfijnde chemische analysemethoden pas in volle omvang worden ingezet wanneer er een biologische indicatie van ongewenste effecten is geconstateerd. Zoals eerder is opgemerkt vormt het menselijke reuk- en smaakzintuig in dit opzicht een niet te versmaden middel bij de kwaliteitsbewaking, dat mijns inziens dient te worden geperfectioneerd in de toepassing door waterleidingbedrijven, zoals dit ook in de voedings- en genotsmiddelenindustrie is gebeurd.

Op het gebied van toxische effecten van waterverontreinigingen hebben zich de laatste jaren revolutionaire ontwikkelingen voorgedaan, die het mogelijk zullen maken om in de toekomst niet alleen acute toxische effecten op gevoelige waterorganismen automatisch en continu te registreren maar ook om informatie binnen enkele dagen te verkrijgen over potentiële risico's op het gebied van blootstelling aan onbekende kankerverwekkende stoffen waarvan op zich de effecten voor de mens pas op lange termijn openbaar kunnen worden. Het voert te ver op deze plaats diep op deze technieken in te gaan. Een recent overzicht is gegeven door Kooij [27] en Slooff en Zoeteman [23]. Voor de continue bewaking van de bron lijken bacteriën en vissen in het bijzonder in aanmerking te komen. Bij bacteriën [27] is de remming van de zuurstofconsumptie een relatief gevoelig criterium voor toxiciteit en bij vissen zoals de forel kan het verdwijnen van de positieve rheotaxis of de ademhalingsbeweging van de kieuwen en de zgn. hoestfrequentie worden gebruikt. De bacterietest geeft binnen enige minuten een respons, de vistest heeft veelal een respons-tijd van een of meerdere uren. Naar verwachting [23] kan met vis-

TABEL II - Stoffen die mogelijk in rivierwater met visticiteit monitoring kunnen worden aangetoond (naar Slooff en Zoeteman²³).

Naam stof	Maximaal aangetoonde concentratie in oppervlaktewater (ug/l)	10 % van laagst gerapporteerde LC-waarden voor vis (ug/l)	Ratio C/10 % L.C.
Dieldrin	200	0,5	400
Koper	280	1,5	180
Zink	1.000	10	100
Zilver	38	0,43	90
Toxapheen	28	0,35	80
Ammonium	8.500	340	25
Fluoride	3.800	230	20
Kwik	8,4	0,8	10
Aluminium	60	7	9
Hexachloorbutadieen	50	9	6
Trichloorphenol	40	10	4
Endosulphan	1	0,3	3
Magnesium	16.000	10.000	2

bewakingssystemen een alarmering voor verontreiniging van het oppervlaktewater worden verkregen in het geval hoge concentraties aan diverse metalen zoals koper, kwik, zilver en zink voorkomen, terwijl ook pieken in het ammoniakgehalte en het gehalte aan enkele organische stoffen zoals dieldrin, endosulfan en hexachloorbutadieën detecteerbaar zullen zijn (zie tabel II).

Dit soort continue bewakingssystemen is, naar het zich nu laat aanzien, niet gevoelig genoeg voor toepassing bij de bewaking van het eindproduct. Wel kan bioaccumulatie van bepaalde stoffen in vissen worden bestudeerd, hetgeen echter een zeer lange expositie periode van meerdere maanden vraagt.

Daarom is het van bijzonder grote betekenis voor de bewaking van de kwaliteit van drinkwater dat het recent mogelijk is geworden de mutagene eigenschappen van stoffen in drinkwater in enkele dagen tijd te meten volgens een door de Amerikaan Ames [24, 25, 26] ontwikkelde en later verfijnde methode.

Het is gebleken dat de meeste chemische kankerverwekkende stoffen ook mutagene eigenschappen hebben als ze worden getest in een mutageniteitstest zoals door Ames ontwikkeld. Deze test maakt gebruik van bepaalde door mutaties veranderde micro-organismen zoals bacteriën of gisten die zodanige eigenschappen hebben dat zij op een bepaald medium alleen kunnen groeien tot een zichtbare kolonie als onder invloed van een mutagene stof terugmutatie plaatsvindt.

Door concentraten van organische stoffen op deze wijze op mutageniteit te testen kan binnen 2 dagen een uitslag worden verkregen die aangeeft dat het onbekende mengsel organische stoffen afkomstig van een bepaald volume water mutagene activiteit vertoont. Hiermee wordt overigens nog niet aangetoond dat een dergelijk

mutageen effect ook bij de mens tot gevallen van kanker zal leiden. Wel lijkt in deze methodiek een essentieel criterium voor de bewaking van de drinkwaterkwaliteit te zijn gelegen, waarmee een belangrijk aspect van de deugdelijkheid kan worden gekwantificeerd.

5. Beperking van gezondheidsrisiko's door aangepaste bereiding

5.1. Introductie

Wanneer de mogelijkheid aanwezig is om het water voor en direct na de zuivering met biologische en fysisch-chemische testsystemen te controleren op de deugdelijkheid dan rest de noodzaak om de bereiding zodanig in te richten dat tijdens bereiding en distributie zo min mogelijk nieuwe schadelijke verontreinigingen worden geïntroduceerd. Tevens dienen uiteraard in de grondstof aanwezige verontreinigingen zo veel mogelijk te worden verwijderd. Van de uit kwantitatief oogpunt belangrijkste microverontreinigingen in drinkwater, zoals weergegeven in tabel III, is de herkomst van ongeveer de helft van de stoffen toe te schrijven aan onvoldoende verwijdering van verontreinigingen en de

TABEL III - In drinkwater in de VS en Europa aangetoonde organische stoffen met een maximaal gemeten concentratie boven 5 ug/l [23].

Naam stof	Maximaal gemeten concentratie (ug/l)
Aldrin	5,4
Benzeen	50
Bromoform	10
Chloroform	310
Dibroomchloormethaan	50
Dichloorbroommethaan	72
Dichloorethaan	8,0
Dieldrin	8,0
Methylindeen	20
1-Methylnaftaleen	10
Trichloorethyleen	1.000
Vinylchloride	10
m-Xyleen	7,5

andere helft aan introductie bij de waterbereiding.

Hoe kan nu de introductie van met name gehalogeneerde stoffen worden vermeden bij de bereiding van drinkwater uit vervuilde bron?

5.2. Vermijding van chemische oxidatie bij de bereiding

Zoals eerder betoogd dient bij de bereiding rekening te worden gehouden met een aantal onzekerheden rond de neven-effecten van oxidatieve behandeling van water. Een gegevenheid hierbij is dat op korte termijn geen bruikbare alternatieve fysische of chemische desinfectiemethoden voor chloor beschikbaar zijn.

Wanneer men zich afvraagt hoe de vorming van nevenproducten van chemische oxidatie het beste kan worden beperkt dan dringt zich direct de gedachte op om zoveel mogelijk van de oude biologische zuiveringsprocessen gebruik te maken. Immers droogfiltratie kan in vergaande mate breekpuntschloring als middel voor ammoniakverwijdering vervangen (Boorsma [28]) en langdurig verblijf van voorgezuiverd water in de ondergrond kan desinfectie overbodig maken.

Een probleem waar de biologie uiteraard niet tegen opgewassen zal zijn is de aanwezigheid van toxische, persistente stoffen. Hiervoor lijkt met name adsorptie aan actieve kool een elegante oplossing. In principe zijn dan ook mogelijkheden aanwezig om toepassing van chemische oxidatiemiddelen te vermijden. Uiteraard is het kunnen infiltreren van voorgezuiverd water in een zandpakket sterk van lokale omstandigheden afhankelijk, maar er zijn in de duinen, op de Veluwe en langs de oevers van de rivierarmen vele mogelijkheden.

Waar chemische oxidatie noodzakelijk blijkt, om organische stoffen in voldoende mate te kunnen verwijderen, gaat vooralsnog de voorkeur uit naar ozon boven chloor, waarbij het aantrekkelijk is de ozonbehandeling te doen volgen door een verblijf in een zandpakket waar afbraak van de oxidatieproducten kan plaatsvinden.

Is voor desinfectiedoeleinden een meer persistent oxidatiemiddel zoals chloor of chloordioxide onvermijdelijk dan dient de dosering te geschieden nadat het gehalte aan organische stoffen verregaand is gereduceerd, bij voorkeur tot TOC*-waarden van 1-2 mg C/l, zodat slechts geringe hoeveelheden aan haloformaten e.d. ontstaan. Het is in dit verband van groot economisch belang welke concentratie aan haloformaten door de beleidsinstantie

nog aanvaardbaar wordt geacht.

In ieder geval is het onlogisch eerst het water sterk te chloren om daarna te trachten door geavanceerde beluchting en actieve kooladsorptie de nevenproducten te verwijderen.

Nader zou moeten worden onderzocht of het realiseerbaar is dat waterleidingbedrijven als voorzorgsmaatregel voorzieningen voor adsorptie aan actieve kool 'stand-by' hebben om in geval van onverwachte vervuiling en onmogelijkheid om water van elders te betrekken, water van zo deugdelijk mogelijke kwaliteit te kunnen blijven leveren.

Met deze korte schets zal op dit punt moeten worden volstaan.

5.3. Conditionering ten behoeve van distributie

Om het water optimaal te conditioneren voor het transport geldt als ideaal dat het in aerobisch milieu kan rijpen in een schoon zandpakket. Het zal dan veelal zonder enige verdere behandeling, met uitzondering eventueel van een pH correctie, het net kunnen worden ingepompt en geen gevaar lopen dat tijdens het transport een belangrijke nagroei plaatsvindt.

Een dergelijke situatie doet zich in Nederland op enkele plaatsen op de Veluwe voor en wordt enigszins benaderd bij diverse duinfiltratie projecten en in mindere mate bij oeverfiltratie. Het lijkt aanbeveling te verdienen bewust van conditionering door bodempassage gebruik te maken, waarbij verontreiniging als gevolg van anaerobie zoveel mogelijk dient te worden vermeden.

Dan rest nog het instellen van een zodanige pH waarde dat het water niet agressief is voor leidingmaterialen. Zoals uit tabel IV blijkt was de pH van het drinkwater dat door ruim 30 % van de Nederlandse pompstations in 1973 is gedistribueerd, kleiner dan 7.5. Er valt hier dus nog het een en ander te verbeteren.

Bij het corrigeren van de pH tot hogere waarden, waarbij met name het loodoplos-

send vermogen minimaal is, zal onvermijdelijk ontharding van het water het gevolg zijn.

Ontharding kan dan ook als een vorm van conditionering worden gezien die gunstige effecten heeft voor de transporteerbaarheid van het water (Drost [22]). De interessante vraag doet zich hierbij voor of medici en epidemiologen kunnen aangeven of de risico's verbonden aan verhoogde loodexpositie via drinkwater met hogere prioriteit via pH correctie zouden moeten worden aangepakt dan het zich onthouden van ontharding wegens het statistische verband tussen sterfte en lage hardheid van drinkwater.

6. Samenvatting

Besproken is dat van deugdelijk drinkwater mag worden verwacht, dat het bij gebruik door alle bevolkingsgroepen en voor de duur van het gehele leven geen ziekteverschijnselen tot gevolg heeft, dat het aangenaam in het gebruik is, dat het voldoende stabiel is tijdens het transport en dat de hoedanigheid tenminste op het moment van consumptie en bij voorkeur vóór introductie in het distributienet adequaat is gecontroleerd.

Er zijn recent meerdere voorbeelden bekend geworden zoals de kankersterftecijfers te Louisiana en de rivierverontreinigingen in Nederland waaruit kan worden afgeleid dat een scherpere bewaking van de kwaliteit van de bron, en daarbij hoort ook het grondwater, noodzakelijk is.

Daarnaast is gebleken dat door de thans noodzakelijke handelingen van het waterleidingbedrijf in een aantal gevallen ongewild een even belangrijke vervuiling aan het water wordt toegevoegd als die welke de laatste jaren zo sterk de aandacht naar het oppervlaktewater heeft getrokken. Gesteld kan zelfs worden dat het universeel toegepaste chloringsproces op dit moment weinig kans van toepassing zou hebben, ware het niet dat het reeds ongeveer een eeuw in gebruik is, dat eventuele gezondheidsrisico's moeilijk zijn te kwantificeren en dat er geen direct geschikte alternatieven voorhanden zijn. Ten aanzien van een aantal metalen in het drinkwater zoals koper, zink, lood en cadmium geldt ook dat zij voor het grootste deel door het proces van de openbare watervoorziening zelf worden geïntroduceerd.

Het inruimen van tijd in de procesgang voor een zorgvuldige kwaliteitsbewaking, en met name die op organische verontreinigingen in het gezuiverde water, vóór het moment van verlaten van het pompstation en met behulp van nieuwe testmethoden, o.a. voor mutagene effecten, is dan ook gewenst.

TABEL IV - De pH van het door Nederlandse pompstations gedistribueerde water in 1973.

pH categorie	Aantal pompstations	% van totaal
6,9-7,1	6	2
7,1-7,3	21	8
7,3-7,5	58	22,5
7,5-7,7	68	26,5
7,7-7,9	48	19
7,9-8,1	30	12
8,1-8,3	15	6
8,3-8,5	4	1,5
8,5-8,9	4	1,5
8,9	3	1
Totaal	257	100,0

* Total organic carbon.

Dit punt is van groter belang naarmate het ruwe water sterker is vervuild.

Dat een dergelijke eis grote kosten met zich mee kan brengen moge blijken uit het feit dat opslag gedurende 48 uur in reinwaterkelders minstens 20 ct/m³ kost. Er is dan ook veel aan gelegen dat enerzijds nog snellere bewakingsmethoden, vooral op microbiologisch en toxicologisch gebied worden ontwikkeld en dat anderzijds de betrouwbaarheid van de grondstof door sanering en in tweede instantie door voorraadvorming wordt verbeterd. Aanbevolen wordt om bij de bereiding de breekpuntschloring en de ozonisatie als slotbehandeling te vermijden en met prioriteit gebruik te maken van biologische processen zoals die welke optreden bij droogfiltratie, langzame zandfiltratie en infiltratie. Waar het gebruik van chloor niet vermeden kan worden dient men dit tot een minimum te beperken. Dit laatste kan worden bevorderd door organische stoffen tot lage niveau's van bij voorkeur 1-2 mgC/l te verwijderen alvorens te chloren.

Wellicht kan in de toekomst het hyperfiltratieproces bij drinkwaterbereiding uit vervuilde bron in dit verband een belangrijke rol spelen.

Steeds lijkt het gewenst actieve kool adsorptie toe te passen bij oppervlaktewater verwerkende bedrijven en in de overige gevallen, om dit proces voor calamiteiten stand-by beschikbaar te hebben. De voorkeur gaat uit naar water waarin oorspronkelijk aanwezige reactieve chemicaliën zijn uitgereageerd vóórdat het wordt gedistribueerd; ofwel het drinkwater moet een minimale rijping en conditionering, bij voorkeur in een aerobe bodem, hebben ondergaan, zoals dit ook bij het van ouds bekende bronwater het geval is. Tenslotte is het alleen de dagelijkse toewijding van de mens die de bereiding en aflevering van een deugdelijk product bij de veelal argeloze consument kan garanderen.

Literatuur

1. Tissandier, G. (1873). *L'eau*, 258, Hachette et Cie, Paris.
2. Brinkmann, F. J. J., Rook, J. J., Zoeteman, B. C. J. (1976). *Specifieke gezondheidsaspecten van chemische bestanddelen van drinkwater*, 149-162. In: *Gezond Drinkwater* (Red. B. C. J. Zoeteman), Staatsuitgeverij 's-Gravenhage.
3. Drost, G., Zoeteman, B. C. J. (1976). *Zintuiglijk waarneembare aspecten van waterkwaliteit*, 87-99. In: *Gezond Drinkwater* (Red. B. C. J. Zoeteman), Staatsuitgeverij 's-Gravenhage.
4. World Health Organization International Reference Centre for Community Water Supply (1975). *Health effects relating to direct and indirect re-use of waste water for human consumption*. Technical Paper Series No. 7, (P.O. Box 140, Leidschendam, The Netherlands).
5. Harris, R. H. (1974). *The implications of cancer causing substances in Mississippi River Water*. Environmental Defense Fund (November).
6. Page, T., Harris, R. H., Epstein, S. S. (1976). *Drinking water and cancer mortality in Louisiana*. Science, 2 July, 55 - 57.
7. VEWIN (1974). *Statistisch overzicht der waterleidingen in Nederland*. (Rijswijk, ZH).
8. Rook, J. J. (1974). *Formation of haloforms during chlorination of natural waters*. J. Water Treatment and Exam., 23, 234.
9. U.S. Environmental Protection Agency (1975). *Preliminary assessment of suspected carcinogens in drinking water*. Report to congress (December) Washington D.C., 204600.
10. Laseter, J. L., Dowty, B. J. (1976). *Association of biorefractories in drinking water and body burdens in people*. Symposium on Aquatic pollutants and biological effects with emphasis on neoplasia, New York, September 27-29, (New York, Academy of Sciences).
11. Raad van de Europese Gemeenschappen (1976). *Richlijn voor de verontreiniging veroorzaakt door bepaalde gevaarlijke stoffen die worden geloosd in het aquatische milieu van de gemeenschap*. (76/464/EEG), Publicatieblad Nr. L. 129 van 18 mei 1976, 23.
12. Meent, W. van de (1974). *De analyse en het voorkomen van cholinesterase remmende stoffen in oppervlaktewater en het gedrag van deze stoffen in waterzuiveringsprocessen*. H₂O, 7, 78-81.
13. Cotruvo, J. A., Simmons, V. F., Spanggord, R. J. (1976). *Investigation of mutagenic effects of products of ozonation reactions in water*. Symposium on Aquatic pollutants and biological effects with emphasis on neoplasia, New York, September 27-29, (New York, Academy of Sciences).
14. Hartemann, Ph., Block, J. C., Mangras, M. *Biochemical aspects of the toxicity involved by the ozone organic oxidation products in water*. Workshop: ozone/chlorine dioxide oxidation products of organic materials, Cincinnati, October (International Ozone Institute).
15. Gilbert, E. (1976). *Reaction of ozone with substituted aromatic's and with their oxidation products*. Workshop: Ozone/chlorine dioxide oxidation products of organic materials, Cincinnati, October (International Ozone Institute).
16. Falk, H. L., Moyer, J. E. (1976). *Ozone as a disinfectant of water*. Workshop: Ozone/chlorine dioxide oxidation products of organic materials, Cincinnati, October (International Ozone Institute).
17. Kühn, W., Sontheimer, H. (1976). *The use of ozone and chlorine in waterworks in the Federal Republic of Germany*. Workshop: Ozone/chlorine dioxide oxidation products of organic materials, Cincinnati, October (International Ozone Institute).
18. Zoeteman, B. C. J. (1976). *Onderzoek naar relaties tussen mineralen in drinkwater en gezondheid i.v.m. mogelijke centrale ontharding*. H₂O, 7, 125.
19. Zoeteman, B. C. J., Haring, B. J. A. (1976). *The nature and impact of deterioration of the quality of drinking water after treatment and prior to consumption*, Contract dated 18.06.1975 of the C.E.C., Luxemburg, R.I.D. rapport 76-14.
20. Gezondheidsraad (1975). *Advies inzake centrale waterontharding*. (8 juli) (Rijswijk).
21. Drost, G. (1976). *Nader onderzoek naar zuurgraad-correctie gewenst*. H₂O, 7, 131.
22. Slooff, W., Zoeteman, B. C. J. (1976). *Toxicological aspects of some frequently detected organic compounds in drinking water, with emphasis on toxicity monitoring based on detection of fish respiration*. C.E.C. contract nr. 111-75-1 ENV, Brussels, R.I.D. rapport 76-15.
23. Ames, B. N. (1971). *The detection of chemical mutagens with enteric bacteria*. In: *Chemical mutagens, principles and methods for their detection* (Ed. A. Hollaender), Vol. 1, 267-282 (Plenum Press New York).
24. Ames, B. N., Durston, W. E., Yamasaki, E., Lee, F. D. (1973). *Carcinogens are mutagens, A simple test system combining liver homogenates for activation and bacteria for detection*. Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.A., 70, 2281-2285.
25. McCann, J., Choi, E., Yamasaki, E., Ames, B. N. (1975). *Detection of carcinogens as mutagens in the Salmonella/microsome test, Assay of 300 chemicals*. Proc. Nat. Acad. Sci., U.S.A., 72, 513.
26. Kool, H. J. (1976). *Biologische testmethoden voor toxische stoffen in water*, 81-86. In: *Gezond Drinkwater* (Red. B. C. J. Zoeteman) Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage.
27. Boorsma, H. J. (1976). *Droogfiltratie*. H₂O, 19, 363-370.

● ● ● Botulisme blijvende bedreiging

'Botulisme is een verschijnsel waar we mee zullen moeten leren leven'. Dat is een van de conclusies in het rapport dat de Dienst Reiniging, Milieuhygiëne en Centraal Vervoer heeft samengesteld over botulisme in Zaanstad.

In de warme zomer van 1976, zo meldt het rapport, heeft zich opnieuw op grote schaal vogelsterfte door botulisme voorgedaan. In de gemeente Zaanstad werden in totaal 2667 wilde vogels het slachtoffer, waaronder verschillende zeldzame soorten. Verder bezweken zeven kippen aan deze vergiftiging, dat is aanzienlijk meer dan in 1975. De oorzaak van deze toeneming moet hoofdzakelijk worden gezocht in het uitzonderlijk warme weer.

Het rapport zegt met nadruk dat botulisme geen direct gevaar oplevert voor de volksgezondheid, indien normale hygiënische maatregelen in acht worden genomen. De kans dat de mens als zwemmer een dodelijke hoeveelheid toxine naar binnen krijgt, moet gering worden geacht, aldus het rapport (ANP).