

Microbiologische kwaliteitseisen voor drinkwater*

Inleiding

Bij de bereiding van drinkwater uit grondwater of oppervlaktewater kan onderscheid worden gemaakt tussen drie productiefasen: de winning, de zuivering en de distributie. Grondwater is in principe vrij van microbiële verontreinigingen. Het microbiologisch onderzoek van deze grondstof is dan ook vooral gericht op de vraag of dit inderdaad het geval is. Het onderzoek van oppervlaktewater, dat in Nederland altijd min of meer verontreinigd is met ziekteverwekkende kiemen, dient vooral om de

te houden. Het onderzoek in het distributienet dient ook om vast te stellen of in het water tijdens verblijf in de leidingen (vaak gedurende 1-3 dagen) bacteriegroei is opgetreden. Deze zogenaamde nagroei is slechts in uitzonderingsgevallen van hygiënische betekenis, maar om technische en/of esthetische redenen ongewenst. In het volgende zullen de eigenschappen worden besproken van de belangrijkste bacteriegroepen die worden gebruikt om de kwaliteit van drinkwater te beoordelen. Vervolgens worden behandeld de in het Waterleidingbesluit en in de Richtlijn van de Europese Gemeenschappen aan het voorkomen van deze bacteriegroepen gestelde eisen.

Indicatororganismen

De fundamenteën voor de microbiologische kwaliteitsbeoordeling van drinkwater zijn gelegd omstreeks de eeuwwisseling, dat wil zeggen in de periode dat zowel de centrale drinkwatervoorziening als de microbiologie een grote vlucht namen. Sindsdien is het concept aangevuld en nader uitgewerkt maar in wezen niet veranderd. Uitgaande van de doelstelling dat een faecale besmetting moet worden voorkomen resp. geëlimineerd, worden monsters water onderzocht op de aanwezigheid van organismen die als indicator voor faecale verontreiniging worden beschouwd.

Aankankelijk werd daartoe gekozen voor de bacteriën die in staat zijn glucose bij 37 °C te vergisten tot zuur en gas. Nadat duidelijk was geworden dat de aanwezigheid van deze groep organismen niet een specifieke indicatie voor faecale verontreiniging was, werden ongeveer gelijktijdig twee wijzigingen geïntroduceerd. De eerste wijziging betrof het vervangen van glucose door lactose als vergistbaar substraat. Aan de bestaande verwarring in de naamgeving werd radicaal een einde gemaakt toen in de twintiger jaren de hoofdredacteur van de Journal of the American Water Works Association besloot in alle aan zijn tijdschrift aangeboden manuscripten voor deze groep van lactosevergifters de term 'coliforms' te gaan gebruiken. Het Nederlandse equivalent voor deze nog steeds gebruikte uitdrukking is 'bacteriën van de coligroep'. De tweede wijziging is afkomstig van de Nederlander Eijkman die de kweektemperatuur verhoogde van 37 naar 46 °C. Door latere onderzoekers is die temperatuur teruggebracht tot 44 °C en gecombineerd met het concept van de lactose-vergisting. Aldus ontstond een indicatorgroep die tegenwoordig 'thermotolerante of (minder juist) faecale bacteriën van de coligroep' wordt genoemd. De relatie tussen deze operationeel gede-

Definities van indicatororganismen voor de beoordeling van de hygiënische betrouwbaarheid van drinkwater

Bacteriën van de coligroep¹: Facultatief anaerobe, Gram-negatieve staafvormige bacteriën die in een medium met briljantgroen en rundergal bij 37 ± 1 °C lactose in minder dan 48 h vergisten onder vorming van zuur en gas.

Thermotolerante bacteriën van de coligroep¹: Bacteriën van de coligroep die in een medium met briljantgroen en rundergal bij 44 ± 0,5 °C lactose in minder dan 48 h vergisten onder vorming van zuur en gas.

Faecale streptococci²: Gram-positieve, bol- tot eivormige, ketenvormende, katalase-negatieve bacteriën die in het bezit zijn van het groep D-antigeen.

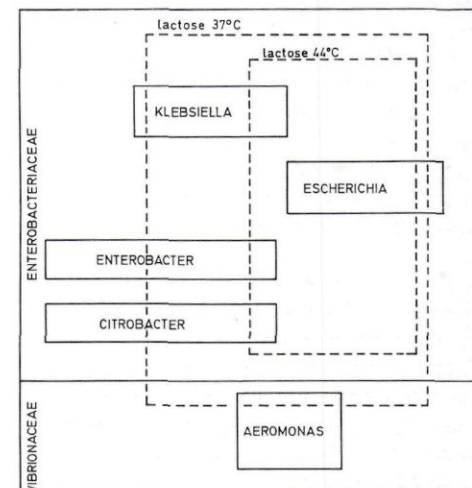
Sulfiet-reducerende clostridia²: Anaerobe, sporevormende vertegenwoordigers van het geslacht *Clostridium* die in staat zijn sulfiet te reduceren tot sulfide.

¹ Volgens het Nederlands Normalisatie Instituut (NNI).

² Volgens de International Organization for Standardization (ISO).

finieerde groepen en de bacteriële taxonomie is afgebeeld in afb. 1. Uit de afbeelding valt af te lezen dat de totale coligroep wordt gevormd door het grootste gedeelte van de geslachten *Escherichia* en *Klebsiella* en een kleiner gedeelte van de geslachten *Citrobacter* en *Enterobacter*. In feite is slechts *Escherichia coli* te beschouwen als een specifieke indicator voor faecale verontreiniging. De andere geslachten kunnen weliswaar altijd in faeces worden aangetroffen maar ook in niet-faecaal verontreinigde milieus. Naast deze vier tot de

Afb. 1 - Taxonomie van bacteriën van de coligroep.



mate van deze verontreiniging aan te geven. Dit kan van belang zijn voor de keuze van een zuiveringssysteem of de aanpassing ervan in de loop der jaren. De resultaten van het onderzoek van de grondstof worden veelal geïnterpreteerd over een periode van meerdere jaren en dientengevolge kan de frequentie van het onderzoek laag zijn. Het onderzoek van water in de diverse stadia van de zuivering is erop gericht na te gaan of een eventueel in de grondstof aanwezige besmetting afdoende wordt geëlimineerd en bovendien om vast te stellen of niet tijdens een behandeling bepaalde verontreinigingen worden geïntroduceerd. Bij afwijkingen van bepaalde kwaliteitseisen wordt direct ingegrepen in de procesvoering, welke mogelijkheid aanleiding geeft tot een zeer frequent onderzoek, vaak meerdere malen per dag. De waarde van het microbiologisch onderzoek wordt hierbij sterk beperkt door de lange tijd die verloopt tussen monstername en uitslag (één tot vier dagen), iets dat ook geldt voor het onderzoek in de distributiefase. Dit laatste onderzoek dient in de eerste plaats om na te gaan of in het uitgebreide leidingenstelsel verontreinigingen zijn binnengedrongen. Gezien de vele mogelijke plaatsen waarop een verontreiniging kan binnendringen is een fijnmazig net van monsterpunten van belang. Noodgedwongen zal men dan overgaan op een lage frequentie van onderzoek teneinde de hoeveelheid werk binnen aanvaardbare grenzen

* Lezing, gehouden op het symposium 'Water als levensmiddel', georganiseerd door de Sectie Levensmiddelenmicrobiologie van de Nederlandse Vereniging voor Microbiologie te Bilthoven, 25 september 1980.

familie der *Enterobacteriaceae* behorende geslachten is ook nog een klein gedeelte van de tot de familie der *Vibrionaceae* behorende *Aeromonas*-stammen tot lactose-vergisting bij 37 °C in staat. Het verband tussen het voorkomen van deze bacteriën en faecale verontreiniging is nog minder duidelijk. Het optreden van een faecale verontreiniging van water zal dus altijd gepaard gaan met aanwezigheid van bacteriën van de coligroep, maar andersom mag niet geconcludeerd worden dat aanwezigheid van deze bacteriegroep eenduidig wijst op faecale verontreiniging.

Een meer specifieke indicatie voor faecale verontreiniging wordt verkregen met de thermotolerante bacteriën van de coligroep (waartoe het onderzoek naar de lactose-vergisting wordt uitgevoerd bij 44 °C in plaats van bij 37 °C). In de meeste gevallen blijkt uitsluitend *Escherichia coli* een positieve reactie te veroorzaken. In sommige monsters echter worden bacteriën van de geslachten *Klebsiella*, *Enterobacter* en *Citrobacter* aangetroffen die eveneens tot lactosevergisting bij 44 °C in staat blijken te zijn. In een recent onderzoek in effluënten van papier- en suikerfabrieken in Nederland [Havelaar en Tips, 1980] werden tot 10⁷ klebsiellae per ml aangetroffen, waarvan 16 % tot gasvorming uit lactose bij 44 °C in staat bleek te zijn. Ook thermotolerante vertegenwoordigers van het geslacht *Enterobacter* werden aangetroffen. Gezien hun herkomst zijn deze bacteriën niet van faecale oorsprong. Later onderzoek heeft aangetoond dat ook een gedeelte van de in rivierwater voorkomende thermotolerante lactosevergisters tot de genoemde geslachten behoort.

Een meer specifieke test op faecale verontreiniging (i.e. *E. coli*) is dus in sommige gevallen gewenst, en wordt verkregen door nader onderzoek van de gistende bacteriën met de indol-test bij 44 °C (*E. coli* +; *Klebsiella*, *Enterobacter* en *Citrobacter* —). De test dient te worden uitgevoerd bij 44 °C omdat bij de gebruikelijke temperatuur van 37 °C vals-positieve reacties kunnen worden veroorzaakt door *K. oxytoca*, *Ent. sakazakii*, *Ent. gergoviae* en *Cit. freundii*. Geen van deze soorten is echter in staat te groeien bij 44 °C.

Voortgaande in deze richting zou men zelfs de lactose-vergisting als eerste selectie kunnen laten vervallen en uitsluitend testen op indol-vorming bij 44 °C. Naast een vereenvoudiging van de procedure heeft deze werkwijze tot voordeel dat ook alle lactose-negatieve *E. coli* (circa 10 % van de totale populatie is lactose-negatief tegen slechts ca. 1 % indol-negatief) worden aangetoond. In de levensmiddelenmicrobiologie is een dergelijke test, oorspronke-

Lancefield's groep D	<i>S. faecalis</i>	}	enterococci
	<i>S. faecium</i>		
	<i>S. bovis</i>	}	viridans streptococci
	<i>S. equinus</i>		
	<i>S. mitis</i>		
	<i>S. salivarius</i>		

Afb. 2 - Taxonomie van faecale streptococci (naar Hartman et al., 1966).

lijk ontwikkeld door Anderson en Baird-Parker [1975], reeds met succes getest voor onderzoek van vlees.

In het algemeen is de resistentie van bacteriën van de coligroep tegen inactivering (hetzij door natuurlijke oorzaken, hetzij tijdens de zuivering) verhoudingsgewijs gering. Meer resistente pathogenen kunnen nog in leven zijn terwijl de indicator al is afgestorven. In zo'n geval zou een watermonster ten onrechte als hygiënisch betrouwbaar worden beschouwd. Meer informatie kan worden verkregen door het uitvoeren van aanvullende tests. In aanmerking komende indicatorgroepen zijn de faecale streptococci en de sulfiet-reducerende clostridia. De betekenis van grotere persistentie van deze indicator-organismen wordt echter gedeeltelijk genivelleerd doordat ze in verontreinigd water in beduidend lagere aantallen voorkomen dan de bacteriën van de coligroep.

Een overzicht van de verschillende in faeces voorkomende streptococci en de onderverdeling in groepen is weergegeven in afb. 2. In humane faeces zijn de soorten *S. faecalis* en *S. faecium* (+ variëteiten en tussenvormen) dominant, een verzamelaar voor deze soorten is 'enterococci'. In faeces van bepaalde diersoorten komen vaak *S. bovis* en *S. equinus* voor. Een gezamenlijke eigenschap van alle genoemde soorten is de aanwezigheid van het groep D-antigeen terwijl bovendien groei bij 45 °C, tolerantie van 40 % gal en esculine-hydrolyse als groepskenmerken beschouwd kunnen worden. Gezamenlijk worden de tot deze groep behorende soorten 'faecale streptococci' genoemd. De ook regelmatig in faeces aanwezige soorten *S. mitis* en *S. salivarius* (die samen met *S. bovis* en *S. equinus* in de groep viridans-streptococci vallen) worden niet tot de faecale streptococci gerekend omdat hun voornaamste habitat de mondholte is. In de literatuur wordt aangegeven dat het mogelijk is de oorsprong van een verontreiniging af te leiden met behulp van onderzoek naar faecale streptococci. Een theorie [Clausen et al., 1977] gaat daarbij uit van de genoemde overheersing van enterococci in humane faeces, dit in tegenstelling tot dierlijke faeces waarin vooral *S. bovis* en *S. equinus* zouden voor-

komen. In de praktijk blijkt deze scheiding echter niet zo absoluut te zijn als in de literatuur wordt gesuggereerd, terwijl bovendien in water veelal intermediaire soorten worden aangetroffen. Bovendien blijkt de soortensamenstelling in dierlijke faeces afhankelijk te zijn van het soort voedsel dat het dier tot zich neemt. Een tweede theorie [Geldreich en Kenner, 1969] is gebaseerd op de waarneming dat de verhouding van aantallen thermotolerante bacteriën van de coligroep tot faecale streptococci in humane faeces groter is dan 4 en in dierlijke faeces kleiner dan 1. Deze verhouding blijkt evenmin voldoende absoluut te zijn om een bruikbaar onderzoek op te baseren. De voornaamste waarde van de faecale streptococci bij het wateronderzoek is gelegen in het specifieke faecale karakter. Hiermee kan in twijfelgevallen de herkomst van een verontreiniging resp. worden bevestigd of verworpen.

De sporen van sulfietreducerende clostridia zijn zeer resistente indicatoren van verontreiniging. Omtrent de indicatorwaarde van deze organismen zijn de meningen nog sterk verdeeld. Een eerste discussiepunt is de vraag of de totale groep der sulfietreducerende clostridia dan wel uitsluitend *Clostridium perfringens* in de analyses moeten worden betrokken. In de praktijk blijkt dat in water- en slibmonsters meestal meer dan 90 % van de sulfietreducerende clostridia wordt gevormd door *C. perfringens* zodat deze vraagstelling tamelijk theoretisch is. Belangrijker is de vraag welke informatie kan worden afgeleid uit de aanwezigheid van *C. perfringens* in een watermonster. De bacterie wordt altijd aangetroffen in faecaal verontreinigd water maar de persistentie van de sporen is zo hoog dat op een gegeven moment het verband tussen die verontreiniging en het voorkomen van de sporen niet meer kan worden nagegaan.

Bij onderzoek van grondwater, waarin dit organisme normaal gesproken niet voorkomt, kan de aanwezigheid een vroegtijdig signaal zijn van binnendringende verontreinigingen. Bij de zuivering van oppervlaktewater wordt veelal waarde gehecht aan de hoge resistentie van de sporen ten opzichte van desinfectiemiddelen. Men gaat ervan uit dat bij voldoende verwijdering van deze sporen ook zeer resistente pathogenen (virussen, protozoaire cysten en wormeieren) uit het water zijn verdwenen.

Een aparte plaats bij het microbiologisch onderzoek van drinkwater wordt ingenomen door de koloniegetalbepalingen. Deze geven geen informatie over de hygiënische

geen informatie over hygiënisch

betrouwbaarheid van het drinkwater maar zijn veel meer een algemene maatstaf voor de efficiëntie van de zuivering en eventuele nagroei tijdens de distributie. In deze bijdrage zal op de waarde van het koloniegetal niet nader worden ingegaan.

Kwaliteitseisen

De kwaliteitseisen voor drinkwater in Nederland zijn vastgelegd in het Waterleidingbesluit, waarbij door de VEWIN aanvullende richtlijnen zijn gepubliceerd. Deze eisen zijn momenteel in herziening. Een belangrijk aspect bij deze herziening is het verwerken van de nu officieel vastgestelde Richtlijn van de Europese Gemeenschappen. Een overzicht van de eisen is gegeven in een kader.

Microbiologische kwaliteitseisen voor drinkwater

A. Waterleidingbesluit (7 juni 1960) en aanbevelingen van de VEWIN

Bij verlaten van het pompstation:

- bacteriën van de coligroep: afwezig in $2 \times 100 \text{ ml}^1$
- thermotolerante gistingsbacteriën: afwezig in 50, bij voorkeur 100 ml
- koloniegetal bij 37°C : $< 50/\text{ml}$
- koloniegetal bij 22°C : $< 100/\text{ml}$

Water in het distributienet:

- bacteriën van de coligroep: hoogstens één van vijf onderzochte hoeveelheden van 10 ml positief.

¹ Voor grondwater bij gesloten winning en zuivering: afwezig in $3 \times 100 \text{ ml}$.

B. Europese Gemeenschappen (Richtlijn van 15 juli 1980)

	Maximaal toelaatbare concentratie	
	MF-methode	MPN-methode
bacteriën van de coligroep/100 ml ¹	0	< 1
thermotolerante bact. v. d. coligroep/100 ml	0	< 1
faecale streptococci/100 ml	0	< 1
sulfietreducerende clostridia/20 ml		≤ 1
	Richtniveau	
koloniegetal 37°C / ml		10^2
koloniegetal 22°C / ml		100^2

¹ 95% van de monsters conform.

² Bij desinfectie beduidend lager in het water bij verlaten van het pompstation.

In het Waterleidingbesluit wordt een onderscheid gemaakt tussen drinkwater bij verlaten van het pompstation en drinkwater in het distributienet. De meest strenge eisen worden gesteld af pompstation; een geringe achteruitgang van de kwaliteit in het distributienet wordt toegelaten, terwijl bovendien in het distributienet nog slechts aan één kenmerk eisen worden gesteld. Slechts wanneer aan deze eis niet wordt voldaan, dient een uitgebreider onderzoek te worden ingesteld.

Bovenbedoeld onderscheid wordt in de richtlijn van de Europese Gemeenschappen in het geheel niet meer gemaakt. De richtlijn is geldig voor water 'bestemd voor menselijke consumptie zoals dat aan de verbruiker wordt geleverd, en bovendien voor water dat in een levensmiddelenbedrijf wordt gebruikt voor de vervaardiging, de behandeling, de conservering of het in de handel brengen van voor menselijke consumptie bestemde producten of stoffen, en voor water dat van invloed is op de goede hoedanigheid van de levensmiddelen als eindproduct' (art. 2). Overigens is voor natuurlijk mineraalwater een aparte richtlijn gepubliceerd. In de EG-richtlijn wordt naast een opsumming van de kwaliteitseisen ook een minimumcontroleprogramma gegeven, waaruit blijkt dat slechts de aanwezigheid van bacteriën van de coligroep (totaal en thermotolerant) met hoge frequentie dient te worden onderzocht. Voor de overige kenmerken kan met een lagere frequentie worden volstaan (koloniegetal) of wordt in het geheel geen frequentie gegeven (faecale streptococci en sporen van sulfietreducerende clostridia). Het ligt voor de hand de onderzoeken naar andere kenmerken dan de coligroep uitsluitend uit te voeren in water bij verlaten van het pompstation.

Immers, wanneer kan worden aangetoond dat het water bij verlaten van het pompstation aan de eisen voldoet en wanneer uit onderzoek naar het meest 'gevoelige' kenmerk (i.e. bacteriën van de coligroep) blijkt dat geen besmetting van buitenaf is opgetreden, dan mag ervan worden uitgegaan dat het water in het distributienet hygiënisch betrouwbaar is. In het onderstaande zullen de eisen van de EG dan ook worden besproken als geldend voor het water af pompstation terwijl tevens zal worden nagegaan welke betekenis toepassing van de eis in het distributienet heeft. Bij het bespreken van de eisen zal steeds worden uitgegaan van de basisgedachte die eraan ten grondslag heeft gelegen. Er zal niet worden ingegaan op de vertaling van de eisen in door een laboratorium te onderzoeken hoeveelheden monsters en afkeuringscriteria. Wel dient erop te worden gewezen dat de formuleringen voor mem-

braanfiltratie- en MPN-techniek in de EG-eisen statistisch gezien niet gelijkwaardig zijn. De MPN-eis is, vooral bij geringe besmetting, veel toleranter dan de MF-eis. Bij een (hypothetisch) aantal bacteriën van de coligroep van 1/100 ml bijvoorbeeld, is de kans dat het monster wordt afgekeurd 63 % bij onderzoek met de MF-techniek en slechts 40 % bij onderzoek met de MPN-techniek (ofwel 2 van de 3 resp. 2 van de 5 monsters).

Bacteriën van de coligroep (totaal en thermotolerant)

Bij het verlaten van het pompstation is de eis, zowel volgens WB als volgens EG: 'afwezig in 100 ml'. Op basis van deze eis wordt de bereiding van drinkwater al vele decennia gestuurd, zodat gesteld kan worden dat zij zich in de praktijk heeft bewezen. Wanneer bacteriën van de coligroep afwezig zijn, is tevens voldaan aan de tweede door WB en EG gestelde eis, nl. afwezigheid van thermotolerante bacteriën van de coligroep. Indien echter een monster positief reageert op het onderzoek naar bacteriën van de coligroep zullen de maatregelen afhangen van het al dan niet thermotolerant (= 'faecaal') zijn ervan. Het is mogelijk dit na te gaan door nader onderzoek van de gistende bacteriën maar de resultaten daarvan zijn pas een dag later (d.w.z. twee dagen na monstername) bekend. Snellere informatie kan worden verkregen door direct onderzoek van een monster uit te voeren bij 44°C . Om deze reden is het gelijktijdig uitvoeren van aanvullend onderzoek naar thermotolerante bacteriën van de coligroep vanuit de praktijk verdedigbaar.

De eis van het WB aan bacteriën van de coligroep in het distributienet is minder streng dan die af pompstation. Dit vindt zijn rechtvaardiging in het feit dat bij ieder waterleidingbedrijf van tijd tot tijd enkele positieve monsters met kleine aantallen bacteriën van de coligroep worden gevonden die bij nader onderzoek niet kunnen worden gereproduceerd of verklaard. De EG voorziet in deze mogelijkheid door te eisen dat slechts 95 % van de monsters (over een niet-gespecificeerd aantal of tijdsbestek) aan de eisen dient te voldoen. Gelijktijdig onderzoek naar thermotolerante bacteriën van de coligroep is gezien de kleine besmettingskans niet noodzakelijk. Wanneer bacteriën van de coligroep in een monster uit het distributienet worden aangetoond dient altijd te worden overgegaan tot verder onderzoek naar de thermotolerantie van de gistende bacteriën en bovendien zal een herhalingsmonster genomen moeten worden. Teneinde snelle informatie over de aard van een eventuele verontreiniging te verkrijgen is het

aan te bevelen in dit monster wel een gelijktijdig onderzoek naar thermotolerante bacteriën van de coligroep uit te voeren.

Faecale streptococci

De faecale streptococci zijn in het algemeen resistenter dan de bacteriën van de coligroep. Deze hogere resistentie echter uit zich vooral bij processen als uitdroging, verhitte en bestraling maar bij desinfectie door middel van chloor blijkt daarvan geen sprake te zijn (tabel I). Tegen inactivering in het natuurlijke milieu zijn streptococci in het algemeen wel iets resistenter dan bacteriën van de coligroep. Door het feit dat bacteriën van de coligroep in 10-100 x grotere aantallen in verontreinigd water voorkomen, verliest dit verschil aan betekenis. Men vindt dan ook slechts in uitzonderingsgevallen faecale streptococci in een monster van 100 ml drinkwater waarbij in een zelfde hoeveelheid geen bacteriën van de coligroep worden aangetroffen.

Relatief vaak komt dit nog voor in monsters, genomen na ingrepen in het distributienet [Hoekstra, pers. mededeling]. Dit kan mogelijk verklaard worden door een verschil in overleving bij uitdroging tijdens de montage van een leidinggedeelte. De hygiënische betekenis van de aanwezigheid van streptococci in zo'n geval is niet geheel duidelijk, maar omdat bekend is dat bv. ook salmonellae resistenter zijn tegen uitdroging dan *E. coli* lijkt het verstandig ervan uit te gaan dat het water in zo'n geval niet hygiënisch betrouwbaar is.

TABEL I - Reductie van bacteriën van de coligroep (totaal en thermotolerant) en faecale streptococci bij de chloring van afvalwater (gegevens naar Kampelmacher et al., 1975).

Installatie	Decimale reductie		
	totaal coligroep	thermotol. coligroep	faecale strept.
Harderwijk	4,10	4,30	5,20
Elburg	3,30	3,50	3,85
Bunschoten/ Spakenburg	1,10	1,29	1,26

Sulfiet-reducerende clostridia

Sporen van bacteriën zijn in het algemeen zeer resistent, zij kunnen zelfs de normaal bij de desinfectie van drinkwater toegepaste processen overleven. Deze eigenschap heeft ertoe geleid dat de belangstelling voor sporen van sulfietreducerende clostridia als procesindicator voor de drinkwaterzuivering sterk is toegenomen, in het bijzonder met het oog op de verwijdering van pathogene organismen als *Giardia lamblia* en *Clostridium botulinum*. *Giardia lamblia*, een amoebe uit de klasse der flagellaten, vormt zeer resistente cysten. In de periode 1971-1977 werd dit organisme verantwoordelijk geacht voor 20 uitbraken

in de USA, veroorzaakt door het drinken van besmet water. Naast gevallen veroorzaakt door het drinken van onbehandeld oppervlaktewater zijn ook enkele epidemieën, verspreid via de centrale drinkwatervoorziening, bekend [Craun, 1979]. Er was bij deze epidemieën óf sprake van oppervlaktewater dat onvoldoende werd gechloord óf van technische mankementen in de filtratiestap. Er zijn tot nu toe geen aanwijzingen dat er bij bedrijven met een goede coagulatie-filtratiestap — zoals bij alle Nederlandse oppervlaktewaterbedrijven — cysten van *Giardia lamblia* in het drinkwater aanwezig kunnen zijn. Een niet goed functionerende filtratie echter zal niet altijd aanleiding geven tot overschrijding van grenswaarden voor de bacteriën van de coligroep of de faecale streptococci omdat deze bacteriën vaak bij een voorafgaande desinfectiestap al zijn gedood. In dit opzicht zou onderzoek naar sporen van sulfietreducerende clostridia aanvullende informatie kunnen verschaffen. In dit verband kan ook worden gedacht aan meting van de troebelheid of de deeltjes-grootteverdeling van het filtraat [Puffelen et al., 1980].

De aanwezigheid van *Clostridium botulinum* in sedimenten van gebieden waar ruw water wordt opgeslagen, heeft aanleiding gegeven tot bezorgdheid over de mogelijke aanwezigheid van deze kiem in het geproduceerde drinkwater. Uit onderzoek van Notermans et al [1980] is gebleken dat in drie Nederlandse productiebedrijven *C. botulinum* afdoende werd verwijderd door ozonisatie of langzame zandfiltratie. In langzame zandfilters werd *C. botulinum* slechts aangetroffen in de bovenste 5 cm van het zand. Ook een experimenteel aangebrachte besmetting met *C. sporogenes* bleef tot de bovenste lagen beperkt. Of sulfietreducerende clostridia zich ook in andere opzichten bij de drinkwaterbereiding gedragen als *C. botulinum* is nog onbekend.

Uit het bovenstaande kan worden afgeleid dat aandacht voor de gedragingen van sulfietreducerende clostridia tijdens de zuivering van drinkwater zeker gerechtvaardigd is. Een nog niet beantwoorde vraag is echter: welke eis garandeert een goede kwaliteit drinkwater? De EG heeft, om onbekende redenen, gekozen voor een vrij tolerante eis, namelijk een MPN-waarde van ≤ 1 in 20 ml. In de praktijk blijkt een goede zuivering tot een veel beter produkt te leiden. Door het RIV worden sinds begin 1980 steekproefgewijs monsters van 1000 ml onderzocht, waarin tot op heden nog geen sulfietreducerende clostridia werden aangetroffen. Soortgelijke ervaringen bestaan bij het RID en enkele waterleidingbedrijven. In Antwerpen, waar

al sinds 1974 de aanwezigheid van sulfietreducerende clostridia in water in verschillende produktiefasen wordt gemeten, bleken deze organismen in 2,6 % van de onderzochte monsters van 500 ml te kunnen worden aangetroffen, met een maximum van 12/500 ml, d.w.z. in alle gevallen binnen de EG-eis [Meheus, 1980]. Onderzoekingen van dezelfde auteur hebben aangetoond dat sulfietreducerende clostridia dienen te worden beschouwd als normale bewoners van de buiswand in het distributienet. Onder normale omstandigheden zullen zij zich niet in het daaraan onttrokken drinkwater bevinden, maar de kans daarop bestaat wel bij verhoogde stroomsnelheden of wisselende stroomrichtingen. Het is duidelijk dat de aanwezigheid van sulfietreducerende clostridia in een dergelijk geval geen hygiënische betekenis meer heeft, maar dat de informatie dan veel meer een technisch karakter heeft. De sporen van sulfietreducerende clostridia hebben dus vooral waarde als indicator voor het effect van het zuiveringsproces.

Literatuur

- Anderson, J. M. and Baird-Parker, A. C. (1975). A rapid and direct plating method for enumerating *Escherichia coli* biotype 1 in food. J. Appl. Bact. 39, 111-117.
- Claussen, E. M., Green, B. L. and Litsky, W. (1977). Faecal streptococci: indicators of pollution. In: Bacterial indicators/health hazards associated with water (Hoadley, A. W. and Dutka, B. J., eds.). ASTM STP 635, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, Po 255.
- Craun, G. F. (1979). Waterborne disease outbreaks in the United States. J. Env. Hlth 41, 259-265.
- Geldreich, E. E. and Kenner, B. A. (1969). Concepts of faecal streptococci in stream pollution. Jour. Wat. Poll. Contr. Fed. 41, R336-R352.
- Hartman, P. A., Reinbold, G. W. and Saraswat, D. S. (1966). Indicator organisms — a review. Taxonomy of the faecal streptococci. Int. J. Syst. Bacteriol. 16, 197-221.
- Havelaar, A. H. en Tips, P. D. Thermotolerante *Klebsiellae* in afvalwater van papier- en suikerfabrieken. H₂O 13 (1980), 210-212.
- Kampelmacher, E. H., Fonds, A. W., Noorle Jansen, L. M. van en Prins, R. (1975). Onderzoek van de rioolwaterzuiveringsinstallaties te Elburg, Harderwijk en Bunschoten-Spakenburg en de invloed van chloring op de bacteriologische kwaliteit van effluenten en ontvangende wateren. RIV-rapport nr. 170/75 Milieuchemie.
- Puffelen, J. van, Barreveld, H. L. en Tacx, J. C. J. F. Telling en groottebepaling van zwevende deeltjes in water. H₂O 13 (1980), 213-218.
- Meheus, J. (1980). De aanwezigheid van sulfietreducerende clostridia tijdens winning, behandeling en distributie van drinkwater. Intern rapport Antwerpse Waterwerken NV.
- Notermans, S., Havelaar, A. H. and Schellart, J. (1980). The occurrence of *Clostridium botulinum* in raw water storage areas and their elimination in water treatment plants. Water Res. 14, 1631-1635.