

De verontreinigingen van het oppervlaktewater worden veroorzaakt door besmette dieren en mensen. Dat betekent dat lozingen van, al dan niet gezuiverd, huishoudelijk afvalwater en mest van landbouwhuisdieren en in het wild levende dieren potentiële bronnen zijn. De aanvoer uit het buitenland via de Rijn en Maas is mogelijk ook een relevante bron van de protozoa. In afbeelding 2 zijn de routes van de belangrijkste bronnen naar het oppervlaktewater schematisch weergegeven.

In een groot samenwerkingsverband van de Vereniging van Rivierwaterbedrijven (RIWA), RIVM, RIZA, Kiwa Onderzoek & Advies en enkele RIWA-lidbedrijven is een aanzienlijk deel van bovenstaand noodzakelijk geachte kennis verzameld.

In dit themanummer van H₂O wordt in vier artikelen het onderzoek samengevat (3). Het onderzoek naar parasitaire protozoa in reservoirs ten behoeve van drinkwaterproductie was geen onderdeel van het RIWA-project maar was onderzoek van waterleidingbedrijven en Kiwa Onderzoek & Advies o.a. in het kader van het gezamenlijke onderzoeksprogramma.

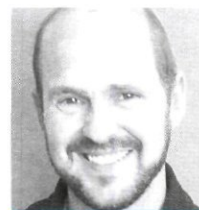
Door onderzoeksgeld, expertise en capaciteit te bundelen is voor elke deelnemende instantie meer relevante informatie verkregen dan ieder afzonderlijk verzameld zou kunnen hebben.

Dankzij de intensieve samenwerking van de deelnemende instellingen is een gedetailleerd beeld ontstaan van de bronnen en de gehalten van *Cryptosporidium*-oöcysten en *Giardia*-cysten in de Nederlandse oppervlaktewateren en de risico's voor drink- en zwemwater.

Nieuwe molecuulair-biologische technieken maken het thans mogelijk onderscheid te maken tussen levensvatbare en niet levensvatbare (oö)cysten en ook tussen menspathogene en niet menspathogene soorten (zie Actualiteit in dit nummer). Onderzoek wordt hiermee momenteel uitgevoerd om de (eventuele) risico's nog beter in te kunnen schatten. ■

LITERATUUR

1. Medema, G. en H. Ketelaars (1995). Betekenis van *Cryptosporidium* en *Giardia* voor de drinkwatervoorziening. H₂O nr. 28 pag. 699-704, 709.
2. Medema, G., H. Ketelaars en W. Hoogenboezem (1996). *Cryptosporidium* en *Giardia* in Rijn en Maas en inventarisatie van potentiële bronnen in de Maas. Rapportnummer 289202015 RIVM/RIWA, Bilthoven /Amsterdam.
3. Medema, G., H. Ketelaars en W. Hoogenboezem (red.) (2000). *Cryptosporidium* en *Giardia*: voorkomen in rioolwater, mest en oppervlaktewater met zwem- en drinkwaterfunctie. RIWA/RIVM/RIZA/Kiwa-rapport. ISBN 9036953324.



Cryptosporidium en Giardia in oppervlaktewater en de benodigde verwijderingscapaciteiten van de zuiveringen

HENK KETELAARS, WATERWINNINGBEDRIJF BRABANTSE BIESBOSCH

GERTJAN MEDEMA, KIWA

WIM HOOGENBOEZEM, PWN WATERLEIDINGBEDRIJF NOORD-HOLLAND

HANS RUITER, RIZA

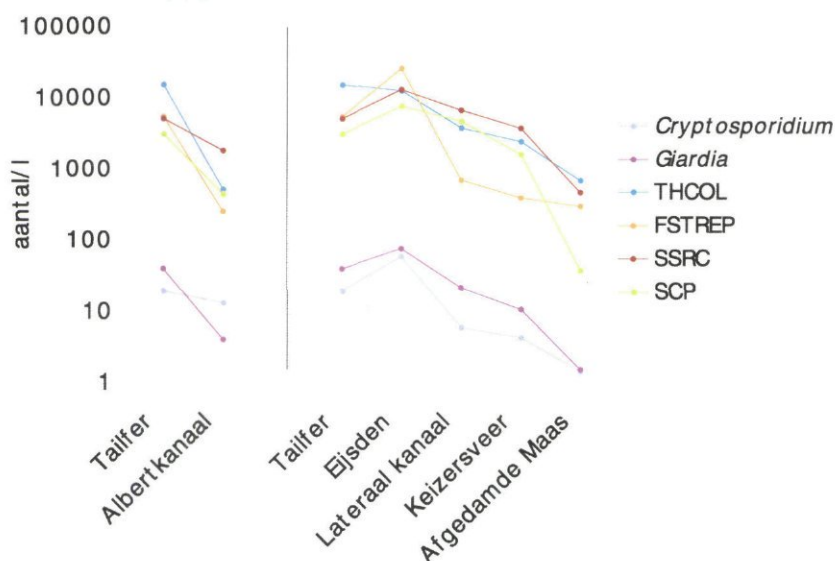
De resistente overlevingsstadia van de protozoa *Cryptosporidium* en *Giardia* komen algemeen in oppervlaktewater voor. De gehalten in het Nederlands oppervlaktewater worden voor een aanzienlijk deel bepaald door de aanvoer vanuit het buitenland via de Rijn en Maas. Gedurende een jaar zijn bij innamepunten van oppervlaktewaterverwerkende drinkwaterbedrijven de gehalten van beide protozoa bepaald. Op basis hiervan is de benodigde verwijderingscapaciteit van de betreffende zuivering berekend. Voor de bereiding van betrouwbaar drinkwater is een aanzienlijke verwijdering noodzakelijk. Afhankelijk van de gehalten in de grondstof varieert deze van 6-7,8¹⁰ logeenheden voor *Giardia*-cysten en van 6,4-7¹⁰ logeenheden voor *Cryptosporidium*-oöcysten.

Het onderzoek naar het voorkomen van *Cryptosporidium* en *Giardia* in oppervlaktewater wordt in de Verenigde Staten en Groot Britannië, als gevolg van de daar door drinkwater veroorzaakte epidemieën, reeds gedurende enkele tientallen jaren uitgevoerd. Op het vasteland van Europa is de werkelijke aandacht pas gekomen na de grote epidemie van Milwaukee in 1993. In Nederland werd het eerste (oriënterende) onderzoek echter al in 1991 uitgevoerd. In dat onderzoek werden *Giardia*-cysten op twee plaatsen aangetoond (IJsselmeer bij Andijk, 2 cysten/l en de Maas te Keizersveer, 4 cysten/l). *Cryptosporidium*-oöcysten konden niet worden aangetoond (2). Gedurende 1993 heeft het Waterwinningbedrijf Brabantse Biesbosch (WBB), samen met haar afnemers en Kiwa, het eerste grootschalige onderzoek naar het voorkomen van beide protozoa in de Maas (te Keizersveer) uitgevoerd. In dit onderzoek werden voor het eerst *Cryptosporidium*-oöcysten in Nederlands oppervlaktewater aangetroffen (1). Sindsdien is er bij veel waterleidingbedrijven, die oppervlaktewater als bron gebruiken, onderzoek uitgevoerd naar het voorkomen van beide parasieten. In dit artikel wordt een onderzoek

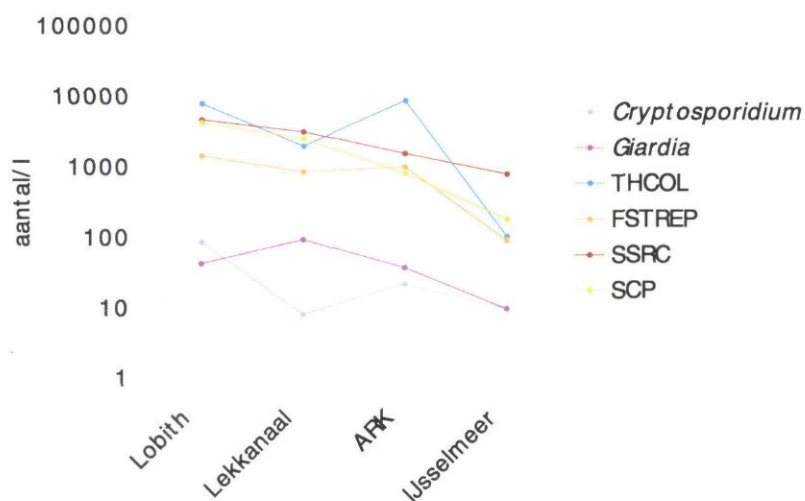
beschreven naar het voorkomen van *Cryptosporidium* en *Giardia* bij een groot aantal innamepunten van oppervlaktewaterverwerkende drinkwaterbedrijven. Daarnaast is de aanvoer van beide parasieten via de Rijn en de Maas onderzocht door de aantallen te meten in de Rijn bij Lobith en de Maas bij Eijsden.

Methode

De innamepunten (zie afbeelding 3) zijn in de periode mei 1997 tot mei 1998 twaalf maal bemonsterd. Lobith en Eijsden zijn in dezelfde periode veertien maal bemonsterd. Een monster bestond uit 100 liter water dat over een polypropyleen kaarsfilter werd gefiltreerd. Op het laboratorium werd het kaarsfilter opengesneden en gewassen. De wasoplossing werd via verschillende stappen geconcentreerd tot een 1 ml-pellet. Door middel van voor *Cryptosporidium* en *Giardia* specifieke monoklonale antilichamen, die zijn gemerkt met een fluorescentie-kleurstof, zijn de (oö)cysten te onderscheiden van andere deeltjes in het monster. De tellingen werden voor een deel met behulp van een epifluorescentiemicroscopie verricht. Voor een ander deel werd gebruik gemaakt van een flowcytometer in



Afb. 1. Verloop van de gemiddelde gehalten aan protozoa en indicatorbacteriën in het Maasstroomgebied. THCOL = thermotolerante bacteriën van de coligroep; FSTREP = fecale enterococci; SSRC = sporen van sulfietreducerende clostridia; SCP = sporen van *Clostridium perfringens*.



Afb. 2. Verloop van de gemiddelde gehalten aan protozoa en indicatorbacteriën in het Rijnstroomgebied. THCOL = thermotolerante bacteriën van de coligroep; FSTREP = fecale enterococci; SSRC = sporen van sulfietreducerende clostridia; SCP = sporen van *Clostridium perfringens*.

combinatie met microscopische beoordeling van het monster. Voor het bepalen van het rendement van de meetmethode zijn regelmatig extra monsters kunstmatig besmet met een bekende hoeveelheid cysten en oöcysten. Het percentage dat van deze (oö)cysten werd teruggevonden, gecorrigeerd voor het actuele niveau (oö)cysten in het monster, is het rendement van de meetmethode. Het gemiddelde rendement voor *Cryptosporidium* was 2,6 en voor *Giardia* 15,6 procent.

Naast de gehalten aan protozoa is een groot aantal andere waterkwaliteitsparameters gemeten om eventuele correlaties vast te stellen. Hiertoe behoorden o.a. thermotolerante bacteriën van de coligroep, sporen van *Clostri-*

dium *perfringens*, fecale enterococci, F-specifieke RNA-fagen, troebelheid, debiet en temperatuur.

Gehalten bij de innamepunten

Beide protozoa zijn op alle onderzochte locaties in het Rijn- en Maasstroomgebied aangetroffen (afbeelding 1 en 2). Het percentage positieve monsters op de onderzochte locaties varieerde van 33 - 100 procent voor *Cryptosporidium* en van 67 - 100 procent voor *Giardia*. De gemiddelde gehalten (gecorrigeerd voor het rendement) aan *Cryptosporidium*-oöcysten varieerden van 1,4 - 87 per liter en aan *Giardia* van 1,5 - 95 per liter. Deze gehalten liggen in dezelfde orde van grootte als die van

eerder onderzoek en zijn grofweg ook vergelijkbaar met buitenlands onderzoek (zie afbeelding 1 en 2).

In de zomerperiode waren de *Cryptosporidium*- en *Giardia*-gehalten relatief laag, in de nazomer en herfst was op de meeste locaties een relatief snelle stijging van de gehalten zichtbaar.

De hoogste en meest voorkomende positieve correlaties werden aangetroffen tussen de *Cryptosporidium*- en de *Giardia*-gehalten. Dit is niet verbazingwekkend, omdat de bronnen voor beide protozoa voor een belangrijk deel overeenkomen. De fecale indicatororganismen (met name fecale enterococci) correleerden elk op een aantal locaties met *Cryptosporidium* en/of *Giardia*. Ook met het debiet en de troebelheid zijn correlaties gevonden. Een stijging in het debiet van de rivier met een factor 3-10 binnen een maand was, met name in het Maasstroomgebied, een voorspeller voor de stijging van het gehalte aan *Cryptosporidium* en *Giardia* met eveneens een factor 3-10. De overige indicatororganismen waren tijdens de meeste pieken van een van beide of beide protozoa ook verhoogd.

In het Maasstroomgebied zijn de *Cryptosporidium*- en *Giardia*-gehalten het hoogst bij Tailfer en Eijsden en worden lager naarmate de Maas verder Nederland inkomt. De indicatorbacteriën laten een vergelijkbaar beeld zien. Dit betekent dat de fecale verontreinigingsgraad van het Maaswater afneemt. Dit kan het gevolg zijn van verdunning van het verontreinigde water met schoner water uit de Nederlandse beken, rivieren en polders. Mogelijk speelt afsterving en sedimentatie ook een rol. Als afsterving een belangrijke rol speelt, is te verwachten dat organismen die snel afsterven, zoals thermotolerante bacteriën van de coligroep, een steiler verloop vertonen dan persistente organismen, zoals sporen van *Clostridium perfringens* en *Cryptosporidium* (3). Omdat de (gemiddelde) gehalten van bijvoorbeeld thermotolerante bacteriën van de coligroep en *Cryptosporidium*-oöcysten op dezelfde wijze aflopen, lijkt afsterving geen belangrijke rol te spelen. In het Albertkanaal nemen de gehalten aan *Giardia* en indicatorbacteriën ook af ten opzichte van de Maas bij Tailfer, van waaruit dit kanaal wordt gevoed. Ook hier kan verdunning de oorzaak zijn, mogelijk weer in combinatie met sedimentatie of afsterving.

Uit de metingen in het Rijnstroomgebied is ook zichtbaar dat de gehalten aan protozoa afnemen in Nederland, hoewel in het Lekkanaal één hoge meetwaarde voor *Giardia* het gemiddelde in het Lekkanaal boven de Rijn bij Lobith laat uitkomen. De gehalten bij Andijk zijn relatief laag. De lange verblijftijd van het Rijnwater in het IJsselmeer verlaagt het gehalte als gevolg van afsterving, sedimentatie

en predatie. Het verloop van de gehalten aan indicatorbacteriën is op die locatie vergelijkbaar met dat van de protozoa.

Aanvoer via Rijn en Maas

De Rijn en Maas vormen veruit de belangrijkste bron van het Nederlands oppervlaktewater. De protozoavracht is bepaald met het geometrisch gemiddelde van het gehalte tijdens de onderzoeksperiode en de hoeveelheid water die via de Rijn en Maas in deze periode ons land is binnengekomen. De jaarlijkse protozoavracht voor de Rijn bij Lobith was $1,7 \times 10^{15}$ *Cryptosporidium*-oöcysten en $1,4 \times 10^{15}$ *Giardia*-cysten. Voor de Maas bij Eijsden was de jaarvrucht respectievelijk $2,1 \times 10^{14}$ oöcysten en $3,6 \times 10^{14}$ cysten. Met name de *Cryptosporidium*-vracht in de Rijn is hoger in vergelijking met eerder onderzoek (4). Ook de *Cryptosporidium*-vracht in de Maas is nu circa 10 keer hoger dan in het najaar van 1995. De verklaring hiervoor is waarschijnlijk dat in het eerdere onderzoek slechts een deel van het jaar gemeten is, terwijl in dit onderzoek alle seizoenen zijn meegenomen.

De vracht van de Rijn is voor beide protozoa beduidend hoger dan van de Maas. De gemeten gehalten aan protozoa bij de grensovergang van Maas en Rijn zijn vergelijkbaar, maar door de 10x hogere afvoer van de Rijn wordt de protozoavracht navenant hoger. Dit betekent ook dat de emissie van protozoa in het stroomgebied van de Rijn voor de grensovergang beduidend omvangrijker moet zijn dan in het bovenstroomse deel van de Maas. In Duitsland zijn bijna alle lozingen van huishoudelijk afvalwater gezuiverd, terwijl in België een groot deel ongezuiverd wordt geloosd. De Rijn wordt verontreinigd door een

proces	zuiveringsstap	eliminatiecapaciteit	
		<i>Giardia</i>	(¹⁰ log-eenheden) <i>Cryptosporidium</i>
desinfectie	chloor	0 - 2	0
	chloordioxide	0 - 1	0
	ozon	1 - 4	0 - 1
	UV	2 - >4	2 - >4
filtratie	snelfiltratie	0 - 1	0 - 1
	langzame zandfiltratie	1 - >4	1 - >4
	actief kool filtratie	0 - 0,5	0 - 0,5
	ultrafiltratie	>4	>4
	coagulatie/snelfiltratie	2 - 2,5	2 - 2,5
bodempassage	duininfiltratie	>4	>4
	oeverfiltratie	>2 - >5	>2 - >5
bekkenopslag		0,5 - 2	0,5 - 2

Tabel 1 Verwijderingscapaciteit van *Giardia* en *Cryptosporidium* door drinkwaterzuiveringsprocessen (4), aangevuld met nieuwe gegevens.

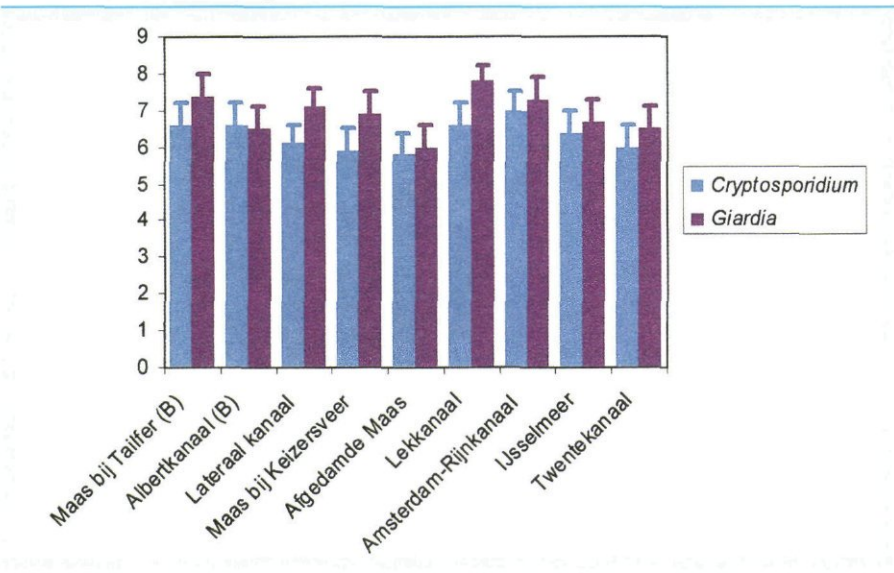
aanzienlijk aantal grote steden en een omvangrijk landbouwareaal (veel groter dan voor het Maasstroomgebied), wat waarschijnlijk de oorzaak is van de hogere vracht in de Rijn.

Benodigde verwijdering

Het Ministerie van VROM heeft samen met de Inspectie Milieuhygiëne een concept beleidstandpunt opgesteld, waarin is vastgesteld dat het risico op infectie via drinkwater maximaal 1 per 10.000 personen per jaar mag bedragen (6). Dit risiconiveau is ook in het voorstel voor de herziening van het Waterleidingbesluit opgenomen. Extrapolatie van dosis-respons relaties voor de protozoa (vastgesteld met menselijke vrijwilligers) laat zien dat

Cryptosporidium afwezig moet zijn in 45 m³ drinkwater en *Giardia* in 180 m³ drinkwater. Deze gehalten liggen ver beneden de detectiegrens van de meetmethode. Om aan te kunnen tonen dat voldaan wordt aan deze richtwaarden kan op basis van het verschil tussen gehalten aan protozoa in de grondstof en de maximaal toelaatbare gehalten in het drinkwater de benodigde verwijderingscapaciteit van de zuivering worden vastgesteld. Daarbij spelen twee variatiebronnen die de onzekerheid van het resultaat beïnvloeden een rol: de variatie in de gemeten gehalten (in sommige monsters zitten hoge gehalten en in sommige lage) en de variatie in de opbrengst van de meetmethode. Om deze beide variatiebronnen in de berekening tot hun recht te laten komen, is hier gekozen voor een Monte Carlo analyse: uit de gegevensset van de metingen van het gehalte per locatie (n = 12) en uit de gegevensset van de rendementsmetingen van de innamepunten (n = 33) is 5000x op willekeurige wijze een gehalte en een rendement getrokken. Deze twee getallen zijn gebruikt om een gecorrigeerd gehalte te berekenen. Wat daaruit resulteert, is per innamepunt een set van 5000 gecorrigeerde gehalten. Uit de wijze waarop deze gegevensset is verdeeld, kunnen de betrouwbaarheidsintervallen worden berekend. De gegevenssets zijn daartoe gefit aan een log-normale verdeling. Het (rekenkundig) gemiddelde en het 95 procent-betrouwbaarheidsinterval van deze verdeling zijn gebruikt voor het berekenen van de benodigde verwijdering. Deze varieert, afhankelijk van de mate van verontreiniging van de grondstof en de variatie daarin van 5,8 - 7,0 ¹⁰log-eenheden op basis van het gecorrigeerde gemiddelde gehalte aan *Cryptosporidium*-oöcysten en van 6,0 - 7,8 ¹⁰log-eenheden op basis van het gecor-

Afb. 3 Berekende benodigde verwijderingscapaciteit van de zuivering voor *Cryptosporidium*-oöcysten en *Giardia*-cysten. De lengte van de staaf geeft de verwijderingscapaciteit weer op basis van het gecorrigeerde gemiddelde gehalte (oö)cysten aan. De dunne lijn op de staaf geeft de extra benodigde verwijdering weer op basis van de 95%-betrouwbaarheidsgrens.



rigeerde gemiddelde gehalte aan *Giardia*-cysten. De berekende benodigde verwijdering op basis van de 95 procent-betrouwbaarheids-grens lag voor beide protozoa op alle innamepunten 0,5 - 0,6 ¹⁰log-eenheden hoger (afbeelding 3). Om ook de pieken in de gehalten van protozoa afdoende te kunnen verwijderen is deze laatste benodigde verwijdering noodzakelijk.

Bij deze berekening is aangenomen dat alle waargenomen (oö)cysten levensvatbaar zijn en tot de menspathogene typen behoren. Deze aanname betekent vrijwel zeker een overschatting van de aantallen infectieuze protozoa in het ruwe water en dus ook van de benodigde verwijderingscapaciteit. Om de grootteorde van deze overschatting te kunnen bepalen, zijn specifiekere methoden nodig die de infectieuze van de niet-infectieuze (oö)cysten kunnen onderscheiden (zie Actualiteit in dit nummer).

Zuiveringscapaciteit

Voor elke zuivering zal apart getoetst moeten worden of de berekende benodigde verwijderingscapaciteit gehaald wordt. De zuiveringscapaciteit kan in de zuivering bepaald worden door de verwijdering te meten van de van nature aanwezige anaërobe bacteriesporen, kleine centrische diatomeeën of andere deeltjes. Daarnaast kunnen doseerexperimenten in praktijksituaties of proefinstallaties uitgevoerd worden. Ook kan gebruik gemaakt worden van literatuurgegevens over de effectiviteit van desinfectiemiddelen en fysische zuiveringsstappen (tabel 1).

Zoals uit de tabel blijkt dragen de chemische desinfectieprocessen niet tot zeer weinig

bij aan de verwijdering van de protozoa. Ozon is redelijk doeltreffend tegen *Giardia*, maar is slechts in geringe mate effectief tegen *Cryptosporidium*, en dan nog alleen bij hogere temperaturen. Een combinatie van desinfectiemiddelen is effectiever dan de som van de afzonderlijke effectiviteiten. Het verschil is echter gering. Recentelijk is vast komen te staan dat met UV een aanzienlijke inactivatie bewerkstelligt kan worden. Fysische zuiveringsstappen zoals langzame zandfiltratie en membraanfiltratie zijn effectief in de verwijdering van de protozoa. Coagulatie en filtratie verwijderen circa 2 logeenheden. Voorzichtigheid is echter geboden met het hergebruik van het filterspoelwater, omdat de (oö)cysten zich daarin kunnen ophopen. De verwijdering door opslag in bekkens is o.a. afhankelijk van de bekkenconfiguratie en de verblijftijd (zie Medema e.a. in dit nummer).

De reductie die de zuivering teweeg kan brengen, is afhankelijk van de weg die de (oö)cysten in het milieu hebben afgelegd. Meervoudige stress verlaagt de levensvatbaarheid van de (oö)cysten, zodat minder (oö)cysten verwijderd hoeven te worden in de zuivering. Het is daarom aannemelijk dat de buitenlandse aanvoer eenvoudiger te verwijderen is dan de (oö)cysten die in de buurt van de zuivering in het water terechtkomen. ■

LITERATUUR

1. Ketelaars, H., G. Medema, L. van Breemen, D. van der Kooij, P. Nobel en P. Nuhn (1995). Occurrence of *Cryptosporidium* oocysts and *Giardia* cysts in the River Meuse and removal in the Biesbosch reservoirs. *Aqua* nr. 44 Suppl. 1 pag. 108-111.
2. Medema, G. (1992). *Cryptosporidium* en *Giardia* bij de drinkwaterbereiding. Literatuurstudie en oriënterend

- onderzoek. Rapportnummer 149103001. RIVM, Bilthoven.
3. Medema, G., M. Bahar en F. Schets (1997). Survival of *Cryptosporidium parvum*, *Escherichia coli*, faecal enterococci and *Clostridium perfringens* in river water: influence of temperature and autochthonous microorganisms. *Water Science & Technology*, nr. 35 pag. 249-252.
4. Medema, G. en J. Teunissen (1996). Eliminatie van virussen, *Cryptosporidium* en *Giardia* door drinkwaterzuiveringsprocessen. Rapportnummer 289202016. RIVM, Bilthoven.
5. Medema G., H. Ketelaars en W. Hoogenboezem (1996). *Cryptosporidium* en *Giardia* in Rijn en Maas en inventarisatie van potentiële bronnen in de Maas. Rapportnummer 289202 015. RIVM/RIWA, Bilthoven, Amsterdam.
6. VROM (1995). Infectierisico van virussen en parasitaire protozoa via drinkwater. Notitie ter voorbereiding van beleidsstandpunt. Concept 17 maart 1995. Directie DWL, VROM, Den Haag.

advertentie

Uitzenden

Werving & Selectie

Detacheren

Interim Management

De meest actuele
milieu
ontmoetingsplaats op
internet

ECO-job bv
Frederik Hendriklaan 48
2582 BD Den Haag
Telefoon: 070-354 64 54
Fax: 070-351 43 08
E-mail: info@ecojob.nl

Regiokantoren: Groningen | Deventer

E C O J O B
MILIEUPERSONEEL

