

RIJKSINSTITUUT VOOR VOLKSGEZONDHEID EN MILIEU
BILTHOVEN

Rapport nr. 289202019

**Gezondheidsrisico's en normstelling
voor huishoudwater**

J.F.M. Versteegh, E.G. Evers, A.H. Havelaar

september 1997

Dit onderzoek werd verricht in opdracht en ten laste van het Directoraat Generaal
Milieubeheer, directie Drinkwater, Water, Landbouw in het kader van project 289202
Watermicrobiologie

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Postbus 1, 3720 BA Bilthoven,
telefoon: 030 - 274 91 11, fax: 030 - 274 29 71

VERZENDLIJST

- 1 DGM, Directeur Directie Drinkwater, Water, Landbouw, Drs. G.J.A. Al
- 2 DGM, Plv. Directeur-Generaal Milieubeheer, Dr. ir. B.C.J. Zoeteman
- 3 HIMH, Ir. P.J. Verkerk
- 4 Ir. G. Ardon DGM/DIA
- 5 Ir. W. Cramer DGM/DIA
- 6 Ing. A.G. Goedkoop-Kooijman DGM/DIA
- 7 Ir. G. Martijnse DGM/DIA
- 8 Ir. M.C.J. Fokké-Baggen
- 9 Ir. A. Bussemaker IMH Noord-Holland/Flevoland
- 10-17 Regionale Inspectie's Milieuhygiëne
- 18 Ir. F.L. Schulting, Kiwa
- 19 Dr.ir. D. van der Kooij, Kiwa
- 20 Dr. ir. A.M. van Dijk-Looijaard, Kiwa
- 21 Drs. M. van Dillen, Kiwa
- 22-46 Waterleidingbedrijven
- 47-64 Hoofden waterleidinglaboratoria
- 65 Prof.ir. J.C. van Dijk TU Delft
- 66-67 Depot van Nederlandse publicaties en Nederlandse bibliografie
- 68 Directie RIVM
- 69 Prof. dr. D. Kromhout, Directeur Sector 2
- 70 Prof. ir. N.D. Van Egmond Directeur Sector 5
- 71 Dr. A. Henken, MGB
- 72 Dr. ir. E.J.T.M. Leenen, MGB
- 73 Dr.ir. A.H. Havelaar, MGB
- 74 J.F. Schijven, MGB
- 75 Ir. A.H.M. Bresser, LWD
- 76 Dr. ir. E. Lebret, CCM
- 77 Ir. J. Hrubec, LWD
- 78 Ir. J.C.M. Mülschlegel, LWD
- 79 Drs. F.J.Kragt, LWD
- 80 Ir.J. Kliet, IEM
- 81 Ir. H. van de Wiel, LAC
- 82 Dr. ir. H.A. van 't Klooster, LOC
- 83 J.E.M. van Koten-Vermeulen, CSR
- 84 Dr. W.H. Könemann, CSR
- 85-88 Auteurs
- 89 Hoofd Bureau Voorlichting en Public relations
- 90 Bibliotheek RIVM
- 91 Bureau Rapportenregistratie
- 92-130 Bureau Rapportenbeheer

INHOUD

Verzendlijst	2
Summary	4
Samenvatting	5
Afkortingen	6
1. Inleiding	7
1.1 Definities	7
1.2 Huishoudwater	7
1.3 Waterverbruik	8
1.4 Huishoudwater in Nederland	8
1.5 Wetgeving en beleid	9
1.6 Doelstelling	10
2. Rationale	11
3. Toepassingen van huishoudwater en blootstelling van de gebruiker	13
3.1 Douchen	14
3.2 Toiletspoeling	14
3.3 Wasmachine	15
3.4 Tuinsproeien en andere ‘buitenkraan-toepassingen’	15
4. Analyse van het gezondheidsrisico door microbiologische verontreinigingen	16
4.1 Inleiding	16
4.2 Methode risicoberekening	17
4.3 Puntschattingen van het maximale risico	17
4.3.1 Project Leidsche Rijn	17
4.3.2 Hemelwater	23
4.3.3 Conclusies risico-puntschattingen	23
4.4 Ranges	23
4.5 Discussie	26
4.6 Conclusie	27
5. Kwaliteitseisen aan huishoudwater	28
5.1 Parameters	28
5.2 Kwaliteitseisen ten behoeve van voorbeeldprojecten	29
6. Conclusies en aanbevelingen	35
6.1 Conclusies	35
6.2 Aanbevelingen	36
Literatuur	37
Bijlagen 1-3	39
<i>Totaal aantal bladzijden</i>	<i>51</i>

SUMMARY

Household water is a collective noun for water put to use in households purposes other than drinking water, like flushing the toilet, filling the washing machine and sprinkling the garden or washing the car via outdoor tap. Use of household water complies with development of the environment and water supply. For household demands will possibly be less stringent than those for drinking water. For the consumer the most important risk factor is a higher susceptibility to a gastro-enteritis infection after exposure to pathogenic micro-organisms, especially viruses and protozoa. In this risk analysis which was carried out for a household water project with a known source water quality it was shown that the health risks associated with pathogenic micro-organisms from the washing machine or the applications washing machine, toilet flushing and the outdoor tap could not be dismissed. The exposure of the consumer to this type of water has been estimated for various applications as a worst case. This estimation is very uncertain. It is recommended to determine this exposure qualitatively by a controlled investigation.

In this report a method is given with which the risk of infection by pathogens can be determined by the combination of exposure and the number of micro-organisms present in the source.

The risk of exposure to chemical compounds by household water is small, especially because risk calculations are based on long term exposure of 2 liters per day of drinking water, for effects that appear after a longer time interval. In this report a distinction is made between design and control parameters. For design parameters it has to be shown during the design period that the product will meet the demands. For control parameters a monitoring program will have to be set up as a means to control the performance of the system.

In this report values are given for a number of parameters. These are largely meant to be used during the design of pilot projects. During the evaluation of these it will be determined whether these values make sense and will be maintained or not. The report ends with a number of recommendations.

SAMENVATTING

Huishoudwater is een verzamelnaam voor water te gebruiken in huishoudens voor andere toepassingen dan drinkwater. De mogelijke toepassingen voor huishoudwater kunnen zijn het toilet, de wasmachine en de buitenkraan (voor tuinsproeien en autowassen).

Het gebruik van huishoudwater sluit aan bij de duurzame ontwikkeling van het milieu en de watervoorziening. Voor huishoudwater zullen mogelijk minder strenge kwaliteitseisen van toepassing zijn dan voor drinkwater.

De belangrijkste risicofactor voor de consument is een verhoogde kans op het krijgen van een maagdarminfectie na blootstelling aan pathogene micro-organismen, met name virussen en protozoa bij het gebruik van minder ver gezuiverd oppervlaktewater als bron. In dit rapport is onder andere een risico-analyse uitgevoerd voor een huishoudwaterproject met een bekende kwaliteit van de waterbron. Deze analyse geeft aan dat de gezondheidsrisico's met betrekking tot pathogene micro-organismen voor de toepassingen wasmachine, toiletspoeling en buitenkraan niet verwaarloosbaar zijn. Zowel voor het aantal micro-organismen in het ruwwater als de prestatie van de zuivering is de 'worst case' benadering gekozen op basis van recente literatuurgegevens. De blootstelling van de consument aan water is voor de diverse toepassingen geschat als een 'worst case'; literatuurgegevens hierover zijn niet gevonden. Deze schatting heeft een grote mate van onzekerheid. Aanbevolen wordt om met name de blootstelling kwantitatief beter vast te stellen via een gecontroleerd onderzoek.

In dit rapport is een methode aangegeven waarmee het risico op infectie met pathogenen kan worden bepaald via de combinatie geschatte blootstelling en het aantal aanwezige micro-organismen in de bron.

Het risico van de blootstelling aan chemische stoffen via huishoudwater is klein. Bij de risicoberekeningen voor drinkwater wordt uitgegaan van langdurige blootstelling (consumptie 2 liter per dag) en het optreden van effecten op de lange termijn. De blootstelling aan huishoudwater is hiervoor te gering.

In dit rapport is onderscheid gemaakt in ontwerp- en controleparameters. Voor ontwerpparameters dient in de ontwerpfase aangetoond te worden dat het product aan de eisen kan voldoen. Voor de controleparameters dient een monitoringsprogramma te worden opgesteld ter controle van de performance van het systeem.

In het rapport zijn voor een aantal parameters kwaliteitseisen gegeven. Deze zijn vooral bedoeld om te gebruiken bij het ontwerp van voorbeeldprojecten. Tijdens de evaluatie hiervan zal worden gezien of deze waarden zinvol zijn en al dan niet zullen worden gehandhaafd. Het rapport sluit af met een aantal aanbevelingen.

AFKORTINGEN

BDIV	Beleidsplan Drink-en Industriewater Voorziening
DGM	Directoraat-Generaal Milieubeheer
DWL	Directie Drinkwater, Water en Landbouw (VROM/DGM)
ENW	Evaluatie Nota Water
IMH	Inspectie Milieuhygiëne
NIPO	Marktonderzoeksinstituut
pppd	per persoon per dag
RIVM	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
VEWIN	Vereniging van Exploitanten van Waterleidingbedrijven in Nederland
VROM	Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer
WLB	Waterleidingbedrijf
Wlb	Waterleidingbesluit
Wlw	Waterleidingwet
WRK	Watertransportmaatschappij Rijn-Kennemerland
Wvo	Wet verontreiniging oppervlaktewater

1. INLEIDING

1.1 Definities

Omdat in de bestaande literatuur de terminologie van en rondom huishoudwater op verschillende wijzen wordt gedefinieerd allereerst een definitie van de begrippen zoals die in dit rapport zijn gehanteerd.

Huishoudwater: water dat wordt gebruikt in huishoudens voor toepassingen die minder hoge kwaliteitseisen stellen dan drinkwater. Ook gebruik in kantoren, winkels en dergelijk kan hieronder vallen. Industriewater valt niet onder deze definitie.

Deze term is synoniem met ‘tweede kwaliteit water’, ‘secundair water’ en ‘B-water’.

Industriewater: water dat in of bij industriële processen wordt gebruikt.

Drinkwater: water dat is bestemd of mede bestemd tot drinkwater voor menselijk gebruik (Waterleidingwet).

Grijs water: afvalwater van wasmachine, douche, bad en wastafels.

Hemelwater: neerslagwater dat van daken van gebouwen, straten en andere verharde oppervlakken wordt opgevangen.

1.2 Huishoudwater

Huishoudwater is een verzamelnaam voor water voor gebruik in het huishouden, waaraan (naar alle waarschijnlijkheid) minder strenge kwaliteitseisen kunnen worden gesteld dan aan drinkwater, omdat bij de toepassingen de blootstelling van de gebruiker aan dit water minder frequent en/of intensief is dan bij drinkwater. Toepassingen waar aan wordt gedacht zijn onder andere toiletspoeling, wasmachines, buitenkraan en douchen.

Er is een toenemend aantal onderzoeken naar de haalbaarheid van huishoudwatersystemen gaande in Nederland. Gebruik van een tweede (mindere) kwaliteit water voor dergelijke toepassingen sluit aan bij duurzame ontwikkeling van de watervoorziening en bij de waterbesparingscampagnes en waterbesparende maatregelen die worden genomen en zal het draagvlak voor het waterbesparingsbeleid vergroten. Gebruik van ‘kostbaar’ drinkwater voor ‘laagwaardige’ toepassingen als het spoelen van het toilet en het sproeien van de tuin wordt door veel gebruikers ervaren als verspilling.

De kosten voor de introductie van secundaire watersystemen zijn hoog. Gebruik van huishoudwater in huishoudens betekent dat er naast de drinkwaterinstallatie een tweede installatie in woningen zal moeten worden aangelegd. Dergelijke infrastructuur is kostbaar, maar de huidige en verwachte prijsontwikkeling van drinkwater hebben de economische haalbaarheid van huishoudwater dichterbij gebracht.

Invoering van huishoudwatersystemen wordt bepleit vanuit het oogpunt van milieuwinst: gebruik van secundair water (uit oppervlakte- of hemelwater) resulteert in minder grondwateronttrekking en dus minder verdroging en er is voor de productie van huishoudwater een minder uitgebreide en milieubelastende (energieverbruik, grondstoffen, ruimte, lozing afvalprodukten) zuivering nodig. Er zijn echter nog geen studies gedaan die integraal naar het milieurendement van huishoudwater, waarin ook het milieuverlies (de dubbele infrastructuur, mogelijke toename gebruik chemische desinfectiemiddelen) zijn meegenomen. Het netto milieurendement is dus nog goeddeels onbekend. Een eerste aanzet voor een dergelijke analyse is onlangs in opdracht van VROM uitgevoerd (DHV, 1997).

1.3 Waterverbruik

Drinkwater wordt in huishoudens toegepast voor alle doeleinden. In tabel 1.1 is het waterverbruik in het huishouden opgesplitst naar toepassing.

Tabel 1 Waterverbruik in huishoudens (bron: VEWIN/NIPO 1995).

Toepassing	Gemiddeld gebruik (liter per persoon per dag)
douche	45.9
toilet	44.2
wasmachine	27.6
bad	9.0
afwassen	5.8
wastafel	5.0
voedselbereiding	2.0
overig	9.0

Waterbesparende maatregelen bij douches, toiletspoeling en wasmachines hebben het grootste besparingspotentiëel, en worden dus in huishoudwatersystemen vaak gekozen als toepassing.

1.4 Huishoudwater in Nederland

In Nederland zijn er een aantal projecten waar een tweede kwaliteit water in huishoudens wordt toegepast of waarvan de toepasbaarheid wordt onderzocht (tabel 2).

Tabel 2 Huishoudwaterprojecten in Nederland, 1996.

Plaats	Project	Schaal (woningen)	Toepassingen	Bron	Zuivering	Status
Alphen	Ecolonia	6	toiletspoeling	hemelwater	zeef	gerealiseerd 1992
Amsterdam	Banne-Oost	35	toiletspoeling	hemelwater	filter	gerealiseerd
Arnhem	Rijkerswoerd	40	toiletspoeling	grijs water	helofytenfilter	gerealiseerd
Arnhem	Rijkerswoerd	40	wasmachine	hemelwater	-	gerealiseerd
Den Haag	Tripstraat	87	toiletspoeling	oppervlaktewater	?	in bouw?
Ede	Wijk Doesburg	4.600	toiletspoeling wasmachine buitenkraan	oevergrond/ drainage/opper- vlaktewater	Afhankelijk bron	gepland ca 2000
Utrecht	Groene Dak	2	wasmachine buitenkraan	hemelwater	grindfilter	gerealiseerd 1993
Utrecht	Leidsche Rijn	30.000	toiletspoeling wasmachine buitenkraan	oppervlaktewater	coagulatie/filtra- tie (WRK)	gepland ca 1998
Eindhoven	Meerhoven	7.000	toiletspoeling wasmachine buitenkraan	oppervlaktewater	ultrafiltratie	gepland ca. 1998

De projecten lopen uiteen van kleinschalige systemen waar het hemelwater dat op de woning terecht komt wordt opgevangen, opgeslagen en gebruikt of grijs water wordt opgevangen, gezuiverd en door enkele tientallen woningen wordt hergebruikt tot grootschalige systemen voor (nieuwe) woonwijken waar oppervlaktewater, drainagewater of oevergrondwater wordt gebruikt als bron, eventueel een zuivering wordt toegepast en een tweede distributienet en binneninstallaties wordt aangelegd. Het beheer van deze systemen loopt dan ook uiteen van kleinschalig door de gebruiker zelf of een gebruikersgroep tot grootschalig door een waterleverancier.

1.5 Wetgeving en beleid

Omdat de Waterleidingwet (Wlw) zich beperkt tot 'water bestemd of mede bestemd tot drinkwater voor menselijk gebruik', lijkt deze wet niet van toepassing op huishoudwater. Bij het opstellen van de wet is wel uitgegaan van een situatie waarbij drinkwater werd gebruikt voor het overgrote deel van de huishoudelijke toepassingen.

Veld en problematiek van huishoudwater zijn dermate verwant met drinkwater dat koppeling aan of incorporatie in de regelgeving voor drinkwater sterk de voorkeur geniet.

Op dit moment wordt de Waterleidingwet herzien. In het Plan van Aanpak voor de Algehele Herziening van de Waterleidingwet wordt onderscheid gemaakt tussen vier typen water:

1. drinkwater, voor consumptie en voedselbereiding
2. huishoudwater plus, voor wassen, douchen, baden
3. huishoudwater, voor toiletspoeling, wasmachine, tuinsproeien
4. overig water, voor o.a. demiwater, gietwater

Of en hoe dit onderscheid in de nieuwe Waterleidingwet wordt omgezet in onderscheid in vereiste kwaliteit moet in de nu lopende procedure worden afgewogen. Deze rapportage maakt deel uit van dit proces.

In het Bouwbesluit is gesteld dat de spoelinrichting van het toilet moet zijn aangesloten op de drinkwatervoorziening en dat de drinkwatervoorziening een aansluitpunt moet hebben bij de opstelplaats van de wasmachine. Het Bouwbesluit laat ook oplossingen toe die gelijkwaardig zijn in termen van bruikbaarheid. Huishoudwater installaties kunnen worden gezien als gelijkwaardige oplossingen en vallen daarmee onder het Bouwbesluit.

Op dit moment is er in Nederland geen regelgeving die eisen stelt aan de kwaliteit van huishoudwater.

In het Beleidsplan Drink-en Industriewatervoorziening (BDIV) (VROM, 1995) wordt het gebruik van grijs water (in de hier gehanteerde definitie) niet breed toepasbaar geacht, gezien de hoge kosten en mogelijk nadelige gevolgen voor gezondheid en milieu. Over gebruik van hemelwater in kleinschalige systemen of huishoudwater in het algemeen wordt niet specifiek gesproken.

Het aantal projecten dat toepasbaarheid van huishoudwater onderzoekt in en om Nederland neemt toe en ook de schaal van de projecten neemt toe. De drinkwatersector is zelf ook betrokken bij een aantal van de grootschalige projecten. In al deze projecten wordt het ontbreken van kwaliteitseisen als gemis omschreven. Dit heeft geleid tot de opdracht van DGM aan het RIVM voor deze studie.

1.6 Doelstelling

Doelstelling van deze studie is te komen tot een aanzet voor de normstelling van huishoudwater. Daartoe worden gegeven:

- uitgangspunten voor kwaliteitseisen aan huishoudwater,
- een indicatie van de blootstelling aan huishoudwater bij de verschillende toepassingen,
- een inventarisatie van de benodigde waterkwaliteitsparameters om negatieve effecten van het gebruik van huishoudwater voor de verschillende toepassingen te voorkomen,
- het geven van kwaliteitseisen voor relevante parameters (inclusief aan de gezondheid gerelateerde) te gebruiken voor het inrichten van voorbeeldprojecten voor huishoudwater,
- het geven van een rekenmethodiek ten behoeve van toetsing aan risicogrenzen voor pathogenen.

2. RATIONALE

In dit hoofdstuk worden de uitgangspunten geformuleerd voor het opstellen van kwaliteitseisen aan huishoudwater.

Uitgangspunten voor huishoudwater:

- het gebruik van huishoudwater of de huishoudwaterinstallatie mag geen onaanvaardbaar nadelige gevolgen hebben op de gezondheid van de gebruiker,
- het gebruik van huishoudwater moet het comfort en welzijn van de gebruiker handhaven op het huidige niveau,
- productie, distributie, gebruik en lozing van huishoudwater mag geen onaanvaardbaar nadelige invloed hebben op het milieu,
- de verantwoordelijkheid voor levering en kwaliteit van huishoudwater berust bij de eigenaar van het secundaire watersysteem bij voorkeur een waterleidingbedrijf. Analoot aan de drinkwaterregelgeving geldt die verantwoordelijkheid tot aan de huisaansluiting.

De wijze om van deze algemene uitgangspunten te komen tot kwaliteitseisen voor huishoudwater is per grondslag uitgewerkt:

Kwaliteitseisen met een gezondheidkundige grondslag

Kwaliteitseisen met een gezondheidkundige grondslag hebben een relatie met de gezondheid van de gebruiker. Deze eisen zijn, naast de milieu-eisen, het meest relevant vanuit het perspectief van VROM en zullen waarschijnlijk ook de meest kritische eisen zijn voor huishoudwater.

Voor drinkwater zijn de gezondheidkundige kwaliteitseisen afgeleid van een acceptabel risiconiveau. Ook voor pathogene micro-organismen wordt recent uitgegaan van een acceptabel risiconiveau als basis voor voorlopige kwaliteitseisen (VROM, 1995a).

Het gezondheidsrisico is afhankelijk van de mate van blootstelling. Voor de drinkwaternormen ten behoeve van chemische verontreinigingen is uitgegaan van een ingestie van 2 liter water per persoon per dag. Voor microbiologische verontreinigingen wordt uitgegaan van 0,25 l pppd (liter per persoon per dag), omdat hier alleen onverhit drinkwater deze verontreinigingen zal overbrengen.

De blootstelling aan drinkwater verschilt van de blootstelling aan huishoudwater, dus overname van de gezondheidkundige drinkwaternormen zal in veel gevallen onevenredig zware eisen aan huishoudwater opleveren.

Vaststelling van de wijze en mate van blootstelling is dus een belangrijke eerste stap om tot deze normstelling te kunnen komen. Aan de hand van de toepassingen van huishoudwater is, beschreven langs welke routes blootstelling aan het huishoudwater plaats kan vinden en in welke mate. Daarnaast is een inventarisatie gemaakt van relevante pathogene micro-organismen en toxische stoffen voor deze blootstellingsroutes.

Om een indruk te krijgen van de hoogte van de gezondheidsrisico's die aan toepassing van huishoudwater zijn verbonden is een risicoanalyse uitgevoerd van het voorgenomen gebruik van huishoudwater in het project Leidsche Rijn. Dit project is daar geschikt voor omdat relatief veel bekend is over de kwaliteit van het secundaire water (gezuiverd Lekkanaalwater afkomstig van de Watertransportmaatschappij Rijn-Kennemerland (WRK) te Nieuwegein). Tevens is een risicoanalyse uitgevoerd voor de toepassing van hemelwater als bron voor secundaire watersystemen.

Voor gezondheidkundige parameters zijn de drinkwaternormen bepaald door het blootstellingsniveau. Dat kan evenredig worden vertaald door blootstelling aan huishoudwater via de verschillende routes (toiletspoeling, wassen kleding, buitenkraan) in te schatten.

Deze wijze van normstelling zou kunnen leiden tot relatief hoge normen (of geen normen) voor niet kritische parameters voor deze toepassingen, zoals voor zware metalen. Dergelijke hoge concentraties zijn vanuit milieuhygiënisch oogpunt ongewenst. Huishoudwater zal als afvalwater in het milieu terecht komen. Bij de toepassing voor de buitenkraan is dit zelfs een directe route. Daarom is ook een milieuhygiënische grondslag gekozen voor een aantal parameters.

*Kwaliteitseisen op basis van **milieuhygiënische** grondslag*

Deze eisen zijn gebaseerd op het uitgangspunt dat productie en gebruik van huishoudwater niet mogen resulteren in een onacceptabele belasting van het milieu.

*Kwaliteitseisen met een **bedrijfstechnische** grondslag*

Deze eisen hebben geen relatie met de gezondheid van de gebruiker. De eisen moeten worden gezien als richtlijnen voor een goede bedrijfsvoering van huishoudwatersystemen. De eisen met deze grondslag hangen deels af van de toepassing van het huishoudwater

*Kwaliteitseisen met een **esthetische/organoleptische** grondslag*

Deze eisen hebben een relatie met het welbevinden van de gebruiker. Ook deze eisen kunnen voor de verschillende toepassingen, verschillend zijn.

*Kwaliteitseisen met een **voorzorgs** grondslag*

Deze eisen hebben een algemene grondslag. Huishoudwater wordt toegepast in huishoudens, waarbij contact met de gebruiker gering, maar niet afwezig is.

3. TOEPASSINGEN VAN HUISHOUDWATER EN BLOOTSTELLING VAN DE GEBRUIKER

Blootstelling aan water in en om het huishouden vindt op diverse manieren plaats.

- Inslikken van water vindt plaats of kan plaatsvinden bij consumptie van drinkwater of van met drinkwater bereide dranken, bij consumptie van voedsel bereid of gewassen met drinkwater, bij wassen/douchen en bij speelactiviteiten in en met water (kinderbadje in de tuin).
- Huidcontact met water vindt plaats of kan plaatsvinden tijdens wassen/douchen, schoonmaakwerkzaamheden, wassen van kleding (ook machinaal), tuinsproeien en bij speelactiviteiten met water.
- Inademing van water vindt plaats of kan plaatsvinden waar aërosolvorming optreedt: bij douchen, tuinsproeien, schoonmaakwerkzaamheden, condensdregen van kleding en toiletspoeling. Aërosolen kunnen zowel in de luchtwegen als in het maag-darmkanaal terechtkomen.

Blootstelling aan verontreinigingen die in het water aanwezig kunnen zijn kan via deze routes plaatsvinden. Er bestaan daarnaast nog indirecte routes:

- Verdamping van vluchtige stoffen die in het water aanwezig zijn (bij douchen/in toilet).
- Huidcontact met materialen die met water in aanraking zijn geweest en weer zijn opgedroogd (m.n. kleding).

Huishoudwater is niet bestemd voor consumptie of voor voedselbereiding, maar voor andere toepassingen. Bij geen van de toepassingen van huishoudwater is blootstelling van de gebruiker gegarandeerd afwezig. Contact kan natuurlijk altijd optreden bij werkzaamheden aan de installatie, maar bij de meeste toepassingen van huishoudwater is een bepaalde mate of kans van blootstelling via verschillende routes aanwezig. Hieronder wordt per toepassing beschreven op welke wijze blootstelling plaats kan vinden en wordt een inschatting gemaakt van de mate en frequentie van deze blootstelling.

De keuze voor de beschreven toepassingen is gemaakt op basis van de toepassingen die in de lopende of geplande projecten in en om Nederland worden gehanteerd.

3.1 Douchen

Omdat douchen en baden grote waterverbruikers zijn, is deze toepassing in een aantal projecten gebruikt.

Wijze van blootstelling: Bij douchen en baden komt de gebruiker in contact met het water via de huid, ogen en oren, inademing van aërosolen en inslikken. Vluchtige stoffen zullen bij douchen goed kunnen vervluchtigen door het grote water/lucht oppervlak.

Mate van blootstelling: Douchen/baden gebeurt zeer frequent (dagelijks), zodat hier sprake is van een (semi)-chronische blootstelling, met dezelfde frequentie als blootstelling aan drinkwater. De blootstelling van huid, oren en ogen is intensief. Bij douchen ontstaan grote en kleine aërosolen die worden ingeademd en ingeslikt. Ook zal inslikken van kleine volumina (<10 ml tot maximaal <100 ml) water direct regelmatig plaatsvinden.

Bij douchen en baden is de blootstelling van de gebruiker dus intensief en zijn verschillende routes en organen van de gebruiker betrokken.

Afgaande op de blootstellingsanalyse is het onverantwoord om een andere kwaliteit water dan drinkwater toe te passen voor douchen en baden.

3.2 Toiletspoeling

Toiletspoeling is een andere grote waterverbruiker en wordt in de meeste projecten gezien als toepassing voor een tweede kwaliteit water. Hoewel water in de toiletpot sterk verontreinigd is door de gebruiker van huishoudwater, mag dit niet als uitgangspunt voor de kwaliteitseisen aan secundair water dienen aangezien huishoudwater 'lichaamsvreemde' ziekteverwekkers aan kan voeren.

Wijze van blootstelling: Bij toiletspoeling en schoonmaken van het toilet ontstaan aërosolen die door de gebruiker kunnen worden ingeademd en ingeslikt. Vluchtige stoffen kunnen vanuit het waterreservoir en de toiletpot verdampen naar de toiletruimte.

Mate van blootstelling: Aërosolvorming zal bij elke spoeling optreden. Inademing of inslikken van deze aërosolen zal met dezelfde frequentie plaats kunnen vinden, maar de hoeveelheden water zullen naar schatting zeer gering (<0.1 ml) zijn.

3.3 Wasmachine

Wijze van blootstelling: Na wassen en naspoelen van kleding wordt deze nat uit de wasmachine gehaald; daarbij treedt dus huidcontact op. Bij condensdrogers treedt aërosolvorming op die in het binnenhuismilieu kunnen worden gebracht. In gewassen en gedroogde kleding kunnen verontreinigingen achterblijven die bij dragen in contact met de huid komen.

Mate van blootstelling: Huidcontact met gewassen, natte kleding is beperkt (handen). De frequentie verschilt sterk van persoon tot persoon van dagelijks tot wekelijks of infrekuent. Blootstelling aan aërosolen is afhankelijk van bezit, plaatsing en type condensdroger en ingestie wordt geschat op maximaal 0.1-1 ml per dag. Huidcontact met gedroogde kleding is frequent en intensief.

3.4 Tuinsproeien en andere ‘buitenkraan-toepassingen’

De buitenkraan wordt voor diverse doeleinden gebruikt. Tuinsproeien en autowassen zijn waarschijnlijk de meest voorkomende toepassingen, die gemiddeld geen grote waterverbruikers zijn. Tuinsproeien kan in droge perioden wel een grote waterverbruiker zijn. Het gebruik van een tweede kwaliteit water in plaats van ‘kostbaar’ drinkwater voor dit type (‘laagwaardige’) toepassingen wordt ook door gebruikers gezien als voor de hand liggend.

Wijze van blootstelling: Bij tuinsproeien zal regelmatig huidcontact optreden en ontstaan aërosolen die kunnen worden ingeademd en ingeslikt. Bij gebruik van de buitenkraan voor waterspelletjes buiten en het vullen van kinderspeelbadjes treedt huidcontact, oog en oorcontact op en zal ook water gedronken kunnen worden.

Mate van blootstelling: Blootstelling via deze toepassingen is incidenteel. Bij tuinsproeien en autowassen is de blootstelling via huidcontact beperkt (handen) en via aërosolen gering. Vaak worden voor tuinsproeien mechanische sproeiers gebruikt waar de gebruiker niet bij blijft, zodat aërosolcontact zeer gering zal zijn. Bij waterspelletjes en kinderbadjes is de blootstelling van de huid intensief en het risico op inslikken groot. De hoeveelheid die zal worden ingeslikt bedraagt naar schatting maximaal 10-100 ml per keer. De blootgestelde groep zijn voornamelijk jonge kinderen.

4. ANALYSE VAN HET GEZONDHEIDSRISICO DOOR MICROBIOLOGISCHE VERONTREINIGINGEN

4.1 Inleiding

Het gezondheidsrisico van het gebruik van huishoudwater lijkt primair te worden bepaald door ziekteverwekkende micro-organismen. De microbiologische normstelling van drinkwater is gericht op algemene hygiëne (koloniegetallen 22 en 37°C) en op verontreiniging van drinkwater met faecaliën (thermotolerante bacteriën van de coligroep, faecale streptococci), met de daarin mogelijk aanwezige ziekteverwekkers. Dit zijn ziekteverwekkers waarvoor ingestie van besmet water één van de besmettingsroutes is. Ook voor huishoudwater is deze groep ziekteverwekkers zeer relevant. Oppervlaktewater, hemelwater (zowel direct van daken als opgevangen in regenwaterriolen) en soms ook grijs water zijn in meer of mindere mate faecaal verontreinigd door rioolozingen, afspoeling van dierlijke faecaliën en natuurlijke fauna.

Faecale pathogenen

Faecale pathogenen van menselijke of dierlijke oorsprong (virussen, *Campylobacter*, *Salmonella*, *Cryptosporidium* en *Giardia*) bepalen deels het gezondheidsrisico van huishoudwater. Voor een aantal van de faecale ziekteverwekkers is een dosis-respons relatie beschikbaar (Teunis *et al.*, 1996).

Pathogenen in het watersysteem

Een andere groep pathogenen is eveneens zeer relevant voor huishoudwater: ziekteverwekkende bacteriën en parasieten die zich vermeerderen in het huishoudwatersysteem. Vanuit de drinkwatermicrobiologie is bekend welke pathogene of opportunistisch pathogene micro-organismen zich in dergelijke systemen zouden kunnen handhaven en vermeerderen. Bekende voorbeelden zijn *Legionella* en *Aeromonas*, maar ook *Pseudomonas aeruginosa*, atypische mycobacteriën en de parasiet *Acanthamoeba* kunnen in dergelijke systemen voorkomen.

Als geen eisen worden gesteld aan de nagroei-potentie van huishoudwater, kan deze groep van micro-organismen uitgroeien tot een serieus probleem. Dit is met name het geval omdat:

- de verblijftijden in het watersysteem langer zullen zijn dan nu voor drinkwater gebruikelijk is (dit argument is alleen geldig voor gesuspenderde groei),
- in sommige systemen hogere temperaturen voor kunnen komen,
- de neiging zal zijn om de uitgebreide zuivering die nodig is om biologisch stabiel water te maken uit kostenoverwegingen achterwege te laten.

Het gezondheidsrisico dat door deze groep micro-organismen zal worden veroorzaakt, is op dit moment niet vast te stellen, omdat over hun voorkomen nog geen gegevens beschikbaar zijn. In dit hoofdstuk zal dit aspect dan ook verder niet aan de orde komen. Het is wel noodzakelijk om in de toekomst meer informatie te verkrijgen over dit risico, door bij het in gebruik nemen van huishoudwater systemen voorkomen en groei van deze pathogenen te onderzoeken. Aspecifieke parameters die gerelateerd zijn aan dit risico, zijn de

‘nagroeipotentie-indicatoren’ AOC (assimilable organic carbon) en BFP (biofilm formation potential).

4.2 Methode risicoberekening

Om een indruk te krijgen van de grootte-orde van het risico van faecale pathogenen dat is gekoppeld aan het gebruik van huishoudwater, is voor twee huishoudwater systemen een kwantitatieve schatting gemaakt van het infectierisico: project Leidsche Rijn en een fictief hemelwatersysteem. Voor beide systemen wordt het gebruik voor toiletspoeling, wasmachine en buitenkraan geanalyseerd.

De berekening wordt gekenmerkt door twee aspecten: ‘worst case’ benadering en onzekerheid. De ‘worst case’ benadering komt tot uiting in de berekende puntschattingen. Hierbij wordt uitgegaan van de maximale concentraties pathogenen in de grondstof (het ruwe water of het hemelwater), minimale verwijdering door de eventuele zuivering en maximale ingestievolumes van het water. Dit geeft een indruk van het maximale risico dat kan worden veroorzaakt door faecale pathogenen in de nu in ontwerp zijnde systemen.

Er is aandacht gegeven aan de onzekerheid van de mate van blootstelling door de berekeningen uit te voeren voor een range aan concentraties van pathogenen en voor een range aan ingestievolumes. Hierdoor wordt enerzijds duidelijk hoe onzekerheden in deze variabelen doorwerken in de onzekerheid van het geschatte gezondheidsrisico, anderzijds is voor de lezer direct het gezondheidsrisico beschikbaar dat hoort bij zijn eventuele afwijkende inschatting voor de waarde van één of beide bovengenoemde variabelen. De onzekerheid ten gevolge van onzekerheid in de waarde van parameters van de dosis-respons relatie (zie § 4.3.1) wordt verwaarloosd. Er is geen veiligheidsfactor in de berekening ingebracht (zie § 4.5).

4.3 Puntschattingen van het maximale risico

4.3.1 Project Leidsche Rijn

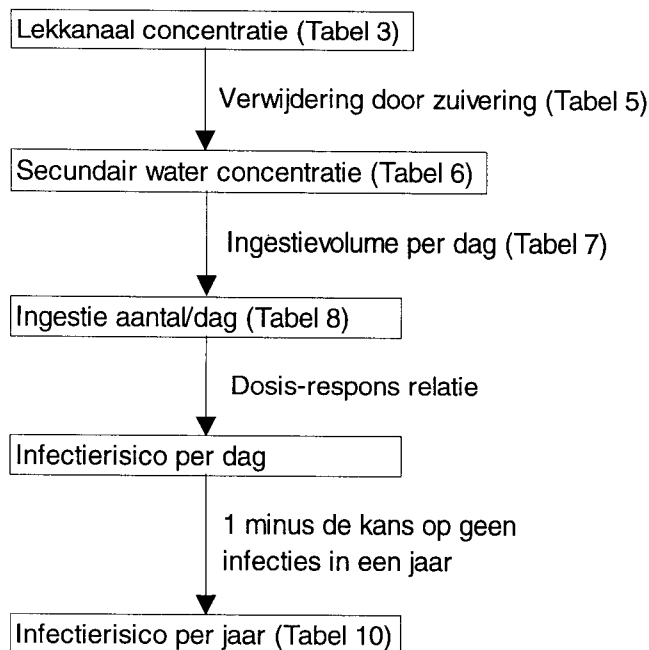
Dit project is gekozen omdat redelijk goed bekend is, wat de microbiologische kwaliteit is van het rivierwater dat door de WRK in Nieuwegein wordt voorgezuiverd. Dit water is één van de potentiële bronnen van huishoudwater voor de 30.000 woningen in de Leidsche Rijn.

In figuur 1 zijn de verschillende stappen voor de berekening van het gezondheidsrisico, uitgaande van het ruwe water, schematisch weergegeven. Deze route wordt in het onderstaande gevolgd.

Concentraties aan pathogenen

Van de faecale pathogenen in het Lekkanaal (de grondstof van de WRK) zijn de virussen en de parasitaire protozoa (*Cryptosporidium*, *Giardia*) naar verwachting het meest kritisch voor huishoudwater, omdat zij het meest persistent en infectieus zijn. In tabel 3 zijn de gegevens met betrekking tot het voorkomen van deze pathogenen in het Lekkanaal weergegeven. Tevens is de voor de risicoschatting gebruikte waarde weergegeven. Dit is in principe de

bovengrens van de gemeten range.



Figuur 1 Schematische weergave van de berekening van het gezondheidsrisico van het gebruik van voorgezuiverd Lekkanaalwater als huishoudwater.

Tabel 3 Ranges van gemeten concentraties aan faecale pathogenen in het Lekkanaal bij Nieuwegein, de daarbij behorende referentie en de voor de risico-puntschatting gekozen waarde.

Pathogeen	Concentratierange, l ⁻¹	Referentie	Concentratie voor risico-puntschatting, l ⁻¹
Enterovirussen	0.3-1.4(13) ^a	Schijven <i>et al.</i> (1995)	1.4
<i>Cryptosporidium</i>	<0.1-32	Medema <i>et al.</i> (1996)	32
<i>Giardia</i>	0.8-19	Medema <i>et al.</i> (1996)	19

a: de hoogste waarde (13 per liter) wijkt sterk af van de rest van de dataset en is derhalve niet als bovengrens van de range genomen.

De waarden uit tabel 3 kunnen in een breder kader geplaatst worden door ze te vergelijken met de ranges die gevonden worden in het oppervlaktewater in geheel Nederland (tabel 4). Dit is tevens zinvol in relatie tot de risicoberekeningen met ranges van concentraties, die later in dit hoofdstuk gepresenteerd zullen worden.

Zuivering

Bij de WRK wordt het Lekkanaalwater gezuiverd door coagulatie middels ijzerdosering gevolgd door sedimentatie, loogdosering en snelfiltratie. In de zomerperiode wordt aan het geproduceerde water chloor toegevoegd om de aangroei van organismen in de transportleiding te voorkomen.

Tabel 4 Concentratieranges van faecale pathogenen in het oppervlaktewater in Nederland.

Pathogeen	Concentratierange, l ⁻¹	Referentie
Enterovirussen	< 0.005-13	Schijven <i>et al.</i> (1995)
<i>Cryptosporidium</i>	0.0-100	Medema <i>et al.</i> (1996)
<i>Giardia</i>	0.8-213	Medema <i>et al.</i> (1996)

Over de verwijdering van enterovirussen door de WRK zijn gegevens beschikbaar. Voor de verwijdering van protozoa zijn gegevens beschikbaar uit publicaties over vergelijkbare zuiveringssystemen. Eén en ander is weergegeven in tabel 5. De grote variatie in de verwijdering van *Cryptosporidium* en *Giardia* wordt veroorzaakt doordat veel verschillende coagulatie/filtratiesystemen zijn onderzocht.

Uitgaande van de virusverwijdering die aan de WRK-zuivering is gemeten wordt ten behoeve van de risicopuntschatting als minimale verwijdering een decimale reductie van 1.0 voor de enterovirussen genomen. Gezien de opzet van de WRK-zuivering wordt een waarde van 2.0 voor de protozoa genomen (tabel 5). Er wordt momenteel geen transportchlooring bij de WRK toegepast. De resulterende geschatte concentraties pathogenen in het secundaire water staan in tabel 6. Vanwege de grote onzekerheid van deze waarden worden ze in één significant cijfer uitgedrukt.

Tabel 5 Ranges van gemeten verwijdering van enterovirussen door de WRK en van protozoa door zuiveringssystemen vergelijkbaar met de WRK, de bijbehorende referenties en de voor de risico-puntschatting gekozen waarden. De decimale reductie (DR) wordt berekend volgens $DR = {}^{10}\log(\text{concentratie}_{\text{in}}/\text{concentratie}_{\text{uit}})$.

Pathogeen	Decimale reductie	Referentie	Decimale reductie voor risico-puntschatting
Enterovirussen	1.0-1.9	Havelaar <i>et al.</i> (1995)	1.0
<i>Cryptosporidium</i>	0.1-3.0	Medema & Theunissen (1996)	2.0
<i>Giardia</i>	0.9-3.4	Medema & Theunissen (1996)	2.0

Tabel 6 Geschatte maximale concentraties in huishoudwater van de WRK, op basis van de waarden in de laatste kolom van tabel 3 en 5.

	Maximale concentratie (l ⁻¹)
Enterovirussen	0.1
<i>Cryptosporidium</i>	0.3
<i>Giardia</i>	0.2

Ter illustratie is in Bijlage 1 informatie over de verwijdering van pathogenen door de verschillende zuiveringsstappen weergegeven. Deze informatie wordt in deze analyse verder niet gebruikt.

Ingestie

Voor de volgende stap in de risicoberekening, berekening van de inname van het aantal pathogenen per tijdseenheid, is per toepassing een inschatting nodig van de volumes water per tijdseenheid waaraan de gebruiker wordt blootgesteld. Dit is weergegeven in tabel 7. Een omschrijving van de blootstellingen met betrekking tot deze toepassingen werd eerder gegeven in § 3.2 t/m 3.4.

Tabel 7 Geschatte volumes water waaraan de gebruiker wordt blootgesteld, voor een aantal toepassingen. De blootstelling per dag is berekend door de blootstelling per jaar door 365 te delen.

Toepassing	Frequentie	Ingestievolume, ml		
		per blootstelling	maximaal, per jaar	maximaal, gemiddeld per dag
Toiletspoeling	1 - 4 maal per dag	< 0.1	150	0.4
Wasmachine	1 maal per dag	< 0.1 - 1	370	1
Buitenkraan	periodiek, minder dan 30 maal per jaar	< 10 - 100	3000	8

Combinatie van tabel 6 en 7 geeft de maximale blootstelling aan faecale pathogenen, door vermenigvuldiging van de maximale concentratie in huishoudwater met het maximale ingestievolume. Dit is weergegeven in tabel 8. Voor de risico-puntschatting wordt gebruik gemaakt van de maximale dagelijkse blootstelling.

Tabel 8 Maximale aantallen faecale pathogenen waaraan gebruikers van huishoudwater van de WRK dagelijks en jaarlijks blootstaan.

Organisme	Dagelijkse blootstelling, aantal			Jaarlijkse blootstelling, aantal		
	Toilet-spoeling	Was-machine	Buiten-kraan	Toilet-spoeling	Was-machine	Buiten-kraan
Entero-virussen	4.1E-5	1.0E-4	8.2E-4	0.015	0.037	0.3
<i>Crypto-sporidium</i>	1.2E-4	3.0E-4	2.5E-3	0.045	0.11	0.9
<i>Giardia</i>	8.2E-5	2.0E-4	1.6E-3	0.03	0.074	0.6

Dosis-respons

Het maximale dagelijkse infectierisico kan nu met behulp van de maximale dagelijkse blootstelling berekend worden. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van dosis-respons modellering (zie box 1). In Teunis *et al.* (1996) zijn dosis-respons modellen met bijbehorende parameterwaarden afgeleid. Voor enterovirussen is gebruik gemaakt van het dosis-respons model voor rotavirus, als meest infectieuze darmvirus (voor zover bekend). De modellen zijn:

$$P_{\text{inf,dag}} = 1 - e^{-r\mu} \quad \text{Vgl 1}$$

$$P_{\text{inf,dag}} = 1 - \left(1 + \frac{\mu}{\beta}\right)^{-\alpha} \quad \text{Vgl 2}$$

Hier is $P_{\text{inf,dag}}$ het dag-infectierisico (de kans op een infectie gedurende een dag), μ is het aantal ingenomen pathogenen en α , β en r zijn parameterwaarden. Vergelijking 1 betreft het exponentiële model, vergelijking 2 betreft het zogenaamde Beta-Poisson model. Tabel 9 geeft details over de gebruikte dosis-responsmodellen.

Vanuit het dagrisico kan het jaarrisico berekend worden. Het dagrisico wordt hier als tussenresultaat niet weergegeven. Het jaarrisico wordt berekend met de volgende formule:

$$P_{\text{inf,jaar}} = 1 - \left(1 - P_{\text{inf,dag}}\right)^{365} \quad \text{Vgl 3}$$

Met $P_{\text{inf,jaar}}$ het jaar-infectierisico. De berekening van het jaarrisico geschiedt door de kans op nul infecties gedurende een jaar te berekenen (dit is de term tussen haakjes tot de 365e macht) en deze waarde van 1 af te trekken. Het resultaat is de kans op 1 of meer infecties gedurende een jaar. De jaarrisico's zijn weergegeven in tabel 10.

Indien de dosis μ voldoende klein is, dan is het jaar-infectierisico recht evenredig met de dosis en daarmee met het ingestievolume en de concentratie aan micro-organismen. Dit volgt

uit onderstaande Box 1 en uit het feit dat Vgl 3 dan reduceert tot $P_{\text{inf,jaar}} = 365 \times P_{\text{inf,dag}}$. De benaderingsformule wordt dan

$$P_{\text{inf,jaar}} \approx 365k\mu \quad \text{Vgl 4}$$

met $k=r$ voor Vgl 1 en $k=\alpha/\beta$ voor Vgl 2.

Box 1 Dosis respons modellering

(gebaseerd op Teunis *et al.* (1996))

Een dosis-respons model beschrijft de relatie tussen het aantal ingenomen micro-organismen μ (de dosis) en de kans op infectie P_{inf} die hiervan het gevolg is. Wanneer de kans dat een micro-organisme infectie veroorzaakt constant is, kan de dosis-respons relatie met Vergelijking 1, het exponentiële model, beschreven worden, waarbij r deze kans is. Wanneer r niet constant is, maar een bepaalde verdeling volgt (de Beta verdeling), voldoet de dosis-respons relatie aan Vergelijking 2, het Beta Poisson model.

Bij een kleine dosis μ kan het exponentiële model geschreven worden als

$$P_{\text{inf}} = r\mu$$

en het Beta Poisson model als

$$P_{\text{inf}} = (\alpha/\beta)\mu$$

In dat geval zijn r en de fractie α/β evenredigheidsconstanten tussen de kans op infectie P_{inf} en de dosis μ .

Tabel 9 Toegepaste dosis-respons modellen voor de verschillende pathogenen.

Organisme	Model	α	β	r
Enterovirus	Vgl. 2	0.253	0.422	
<i>Cryptosporidium</i>	Vgl. 1			0.00401
<i>Giardia</i>	Vgl. 1			0.0199

Tabel 10 Infectierisico per jaar door gebruik van huishoudwater van de WRK, voor een aantal toepassingen en faecale pathogenen ('worst case' schattingen).

Organisme	Toiletspoeling	Wasmachine	Buitenkraan
Enterovirus	0.0090	0.022	0.16
<i>Cryptosporidium</i>	0.00018	0.00044	0.0036
<i>Giardia</i>	0.00060	0.0015	0.012

4.3.2 Hemelwater

De berekening van het gezondheidsrisico van het gebruik van hemelwater als huishoudwater is weergegeven in Bijlage 2. Tabel 11 geeft het berekeningsresultaat.

Tabel 11 Infectierisico per jaar vanwege het gebruik van hemelwater als huishoudwater, met *Campylobacter* als indicator-organisme. De *Campylobacter* concentraties, 10.000, 1.000 en 20 l⁻¹, zijn die concentraties waarvoor geldt dat respectievelijk 90, 80 en 50 % van de metingen in hemelwater een lagere waarde voor de concentratie geeft.

Concentratie <i>Campylobacter</i> , l ⁻¹	Toiletspoeling	Wasmachine	Buitenkraan
10000	1.0	1.0	1.0
1000	0.94	1.0	1.0
20	0.056	0.13	0.68

4.3.3 Conclusies risico-puntschattingen

Indien uitsluitend de puntschattingen ('worst case') van de jaarrisico's worden beschouwd (tabel 10 en 11) en een infectierisico van 10⁻⁴ per jaar als norm wordt aangehouden, dan is de conclusie eenvoudig: voor alle micro-organismen en alle toepassingen is het jaarrisico groter dan de norm en is het gebruik van huishoudwater af te raden. Met name het gebruik van hemelwater geeft een hoog risico van in alle gevallen zelfs groter dan 10⁻² per jaar (tabel 11). Het risico van voorgezuiverd WRK-water ligt wat lager; dit geldt met name voor de toepassing 'toiletspoeling' en het micro-organisme *Cryptosporidium* (tabel 10). Benadrukt moet worden, dat bovenstaande conclusies gebaseerd zijn op de studie aan slechts één zuivering (WRK) en voor hemelwater op slechts één wetenschappelijk artikel.

4.4 Ranges

De onzekerheid in de risico-puntschattingen kan op een kwantitatieve wijze geanalyseerd worden door variatie te beschouwen in de puntschattingen voor het ingestievolume en de concentratie aan micro-organismen. Hierdoor wordt een indruk verkregen van de mate van onzekerheid van de worst case risicopuntschatting als functie van onzekerheid in de blootstelling. Er wordt geen uitspraak gedaan over de mate van onzekerheid van de blootstelling. Opgemerkt wordt, dat het bij dit alles niet gaat om een beschouwing van de risico-puntschatting als functie van de blootstellingsrange van best case tot worst case. Hiertoe zijn dezelfde berekeningen verricht als in § 4.3, voor een groot aantal combinaties van ingestievolume en concentratie aan micro-organisme. Het resultaat is weergegeven in Bijlage 4 (figuren B.3.1 t/m B.3.4 en de tabellen B.3.3 t/m B.3.6). Bestudering van deze figuren en tabellen geeft een goede indruk van het effect van ingestievolume en micro-organisme-concentratie op het jaarrisico.

Onzekerheid: visueel

Bovenstaande figuren en tabellen kunnen tevens gebruikt worden om informatie te verkrijgen over de mate van onzekerheid van de conclusies van § 4.3.3, die gebaseerd zijn op puntschattingen van ingestievolumen en de concentratie aan micro-organismen. Dit wordt geïllustreerd met een voorbeeld: toiletspoeling in combinatie met *Cryptosporidium*.

Rond de puntschattingen voor ingestievolumen (150 ml/jaar) en de concentratie aan micro-organismen (0.3 per liter) (zie tabel 6 en 7) worden ranges genomen waarbij de minimumgrens een factor 10 kleiner is dan de maximumgrens. Voor ingestievolumen en concentratie aan micro-organismen wordt dit 30 - 300 ml/jaar respectievelijk 0.1 - 1 per liter (zie tabel B.3.1 en B.3.2). Dit betekent een onzekerheidsgebied af waarin voor negen variabelewaardecombinaties het risico wordt berekend. Het is een uitsnede uit tabel B.3.3, welke hier nog eens apart wordt weergegeven in tabel 12.

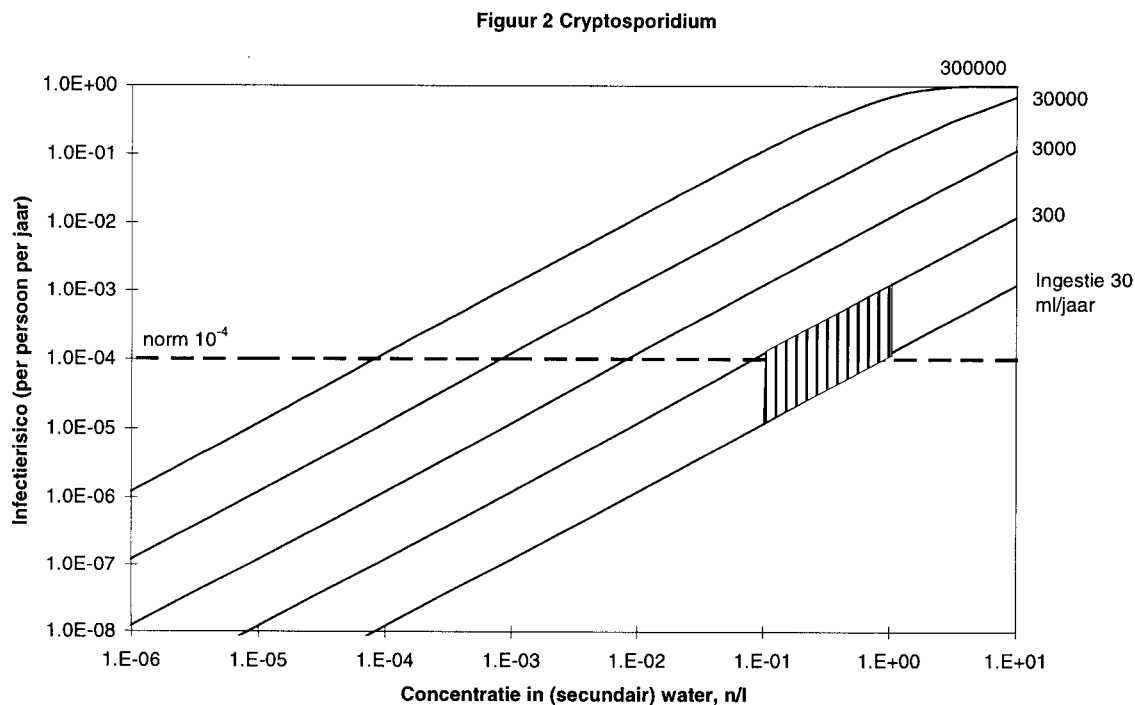
In tabel 12 is te zien, dat voor deze uitsnede de doses zodanig klein zijn dat Vgl 4 geldig is (zie het onderdeel "Dosis-respons" van § 4.3.1).

Tabel 12 Uitsnede uit tabel B.3.3, met dik omlijnd de beschouwde ranges aan ingestievolumen en concentratie aan micro-organisme, voor de combinatie *Cryptosporidium*-toiletspoeling.

		Concentratie					
		(n/l)	3.E+00	1.E+00	3.E-01	1.E-01	3.E-02
Ingestie	(ml/jaar)	10	1.2E-04	4.0E-05	1.2E-05	4.0E-06	1.2E-06
Toilet-	↑	30	3.6E-04	1.2E-04	3.6E-05	1.2E-05	3.6E-06
spoeling	↓	100	1.2E-03	4.0E-04	1.2E-04	4.0E-05	1.2E-05
Was-	↑	300	3.6E-03	1.2E-03	3.6E-04	1.2E-04	3.6E-05
machine	↓	1000	1.2E-02	4.0E-03	1.2E-03	4.0E-04	1.2E-04
Buiten-	↑	3000	3.5E-02	1.2E-02	3.6E-03	1.2E-03	3.6E-04
kraan	↓	10000	1.1E-01	3.9E-02	1.2E-02	4.0E-03	1.2E-03

Het voorbeeld wordt gevisualiseerd in figuur 2. Hier is te zien dat een aanzienlijk deel van het onzekerheidsgebied zich onder de grens van 10^{-4} per jaar bevindt. De puntschatting van het maximale risico (1.2×10^{-4} per jaar, zie tabel 10) ligt dus weliswaar boven de 10^{-4} grens, maar de stelling dat het risico groter is dan 10^{-4} blijkt dus erg onzeker te zijn. Deze conclusie wordt natuurlijk mede bepaald door de omvang van het onzekerheidsgebied, maar deze omvang is zeker niet onredelijk groot.

Met behulp van figuur 2 (en ook figuur B.3.1 t/m B.3.4) is ook eenvoudig het effect van veranderingen in de beschouwde variabelen (ingestievolumen en concentratie aan micro-organismen) zichtbaar te maken. In figuur 2 zal het onzekerheidsgebied bijvoorbeeld geheel onder de 10^{-4} grens verdwijnen, indien de *Cryptosporidium*-concentratie in het secundaire water iets meer dan een factor 10 lager wordt. Dan schuift het onzekerheidsgebiedje in figuur 2 tussen de ingestielijnen van 30 en 300 ml/jaar schuin naar links en naar beneden tot onder de 10^{-4} -lijn. Deze verlaging in de *Cryptosporidium*-concentratie komt overeen met een verbetering van de zuivering met iets meer dan een factor 10, oftewel een verhoging van de decimale reductie met iets meer dan 1.0.



Figuur 2 Het infectierisico ten gevolge van ingestie van (secundair) water als functie van de concentratie van *Cryptosporidium*, voor een aantal ingestievolumes. De basisgegevens voor deze figuur staan in tabel B.3.3. Voor een voorbeeldsituatie is het onzekerheidsgebied rond de puntschatting voor het maximale infectierisico gearceerd weergegeven.

Onzekerheid: precieze berekening

De hierboven beschreven benadering voor een analyse van de onzekerheid van het berekende risico voor de combinatie toiletspoeling en *Cryptosporidium* kan toegepast worden op elke andere combinatie. Bovendien kan precies berekend worden voor hoeveel procent het onzekerheidsgebied een risico geeft dat kleiner dan 10^{-4} is. Deze berekening is eenvoudig en kan beschreven worden met figuur 2 als voorbeeld.

Het totale oppervlak van het onzekerheidsgebied is gelijk aan 1, aangezien alle zijden een lengte 1 hebben (op een log schaal). Vervolgens moet het oppervlak van de driehoek onder de 10^{-4} lijn berekend worden. Hiervoor is de lengte van de verticale lijn van deze driehoek (zeg *a*) nodig, welke direct uit tabel B.3.3 te halen is. Daarnaast is de lengte van de horizontale lijn van deze driehoek (zeg *b*) nodig, waarvoor het snijpunt van de schuine lijn van deze driehoek met de 10^{-4} lijn berekend moet worden. Het oppervlak van de driehoek is dan gelijk aan $0.5 \times a \times b$. Dit oppervlak gedeeld door 1 (het totale oppervlak) en vermenigvuldigd met 100 geeft het percentage van het onzekerheidsgebied dat onder de 10^{-4} grens ligt.

Het resultaat van deze berekeningen is voor alle combinaties weergegeven in tabel 13. Voor het doen van uitspraken over het risico, waarbij rekening gehouden wordt met de onzekerheid, is behoefte aan een (subjectieve) grenswaarde. Deze waarde kan vastgesteld worden op 5 %. Het risico wordt als groter dan 10^{-4} per jaar beschouwd (dus niet acceptabel), als een groot gedeelte van het onzekerheidsgebied, namelijk 95 % of meer, boven de 10^{-4} -lijn

ligt (vergelijk figuur 2) dat wil zeggen een risico geeft dat groter is dan 10^{-4} per jaar. Anders gezegd geeft dan 5 % of minder van het onzekerheidsgebied een risico dat kleiner is dan 10^{-4} per jaar.

Tabel 13 Percentage van het beschouwde onzekerheidsgebied waarvoor geldt dat het risico kleiner is dan 10^{-4} per jaar. Hierbij fungeert *Campylobacter* als indicator-organisme voor hemelwater en de overige micro-organismen als indicator voor WRK-water.

Micro-organisme	Type water	Toiletspoeling	Wasmachine	Buitenkraan
<i>Cryptosporidium</i>	WRK-water	42%	8%	0
<i>Giardia</i>	WRK-water	2%	0	0
Enterovirus	WRK-water	0	0	0
<i>Campylobacter</i>	Hemelwater	0	0	0

Conclusies ranges

Uit tabel 13 blijkt, dat de het in beschouwing nemen van onzekerheden van variabelewaarden weinig invloed heeft op de conclusies op basis van puntschattingen. Voor het overgrote deel van de toepassing/microorganisme-combinaties is het gebruik van huishoudwater af te raden. Slechts voor *Cryptosporidium*, voor de toepassing toiletspoeling en wasmachine, is twijfel over deze conclusie gerechtvaardigd, aangezien meer dan 5% van het onzekerheidsgebied beneden de norm van 10^{-4} per jaar ligt. Er is echter geen toepassing die vrij is van microbiologisch risico voor alle beschouwde micro-organismen. Om dit te realiseren is een zuivering (hemelwater) of een verbeterde zuivering (WRK-water) nodig. Ook hier moet, net als bij de “Conclusies risico-puntschattingen” (§ 4.3.3), benadrukt worden, dat bovenstaande conclusies gebaseerd zijn op de studie aan slechts één zuivering (WRK) en voor hemelwater op slechts één wetenschappelijk artikel.

4.5 Discussie

Veiligheidsfactoren

Overwogen kan worden om veiligheidsfactoren in te voeren in de risico-analyse. Dit moet echter technisch nog uitgewerkt worden. In de berekeningstrein (zie figuur 1) is een drietal plaatsen waar een dergelijke factor ingebracht kan worden:

- 1) In de dosis-respons relatie,
- 2) Voorafgaande aan de dosis-respons relatie,
- 3) In het berekende risico.

Ad 1)

De gebruikte dosis-repons relaties zijn gebaseerd op gegevens van gezonde volwassenen. De totale bevolking omvat echter behalve deze groep ook gevoeliger groepen. Hiermee kan middels een veiligheidsfactor rekening gehouden worden.

Ad 2)

De berekeningstrein van figuur 1 kan in omgekeerde volgorde gevolgd worden, uitgaande van een risico van 10^{-4} per jaar. De resulterende acceptabele micro-organisme-concentratie kan verlaagd worden door een veiligheidsfactor in te brengen op één van de punten die in figuur 1 boven de dosis-respons relatie staan. Een analoge aanpak is toegepast in VROM, 1995a.

Ad 3)

De norm van 10^{-4} per jaar kan met een veiligheidsfactor verlaagd worden.

Risico hemelwater

Op basis van metingen in reservoirwater van duinwaterbedrijven is de concentratie van *Campylobacter* gelijk gesteld aan de concentratie van thermotolerante bacteriën van de coligroep (zie Bijlage 2). In dit rapport is de analyse gericht op hemelwater dat op een dak opgevangen en vandaar naar een reservoir geleid wordt. De concentratiemetingen van thermotolerante bacteriën van de coligroep, die als basis voor de risico-analyse werden gebruikt, werden in dit type huishoudwater verricht. De voornamelijk van vogelfaeces afkomstige micro-organismen zullen, anders dan in reservoirs van duinwaterbedrijven, op het dak gedurende droge periodes geïnactiveerd worden door uitdroging. De inactivatie door uitdroging verloopt sneller bij *Campylobacter* dan bij thermotolerante bacteriën van de coligroep (Havelaar, mond. med.). Dit impliceert dat het aannemelijk is, dat de concentratie *Campylobacter* in het resulterende secundaire water lager is dan die van thermotolerante bacteriën van de coligroep. Het berekende risico van het gebruik van hemelwater als huishoudwater, dat bijzonder hoog is (tabel 11 en 13), zal dus waarschijnlijk een overschatting zijn.

Normering en verkeerd gebruik

Bij de risicoberekening van het gebruik van de buitenkraan is uitgegaan van een zekere inname vanuit deze kraan, met name bij jonge kinderen. Hoewel dit als verkeerd gebruik gekwalificeerd kan worden, is het wel de praktijk, die moeilijk veranderd kan worden. Daarom moet een in de praktijk bruikbare norm rekening houden met deze inname.

4.6 Conclusie

De pretentie van deze risicoberekening is niet een exacte weergave van het risiconiveau bij het gebruik van huishoudwater, maar wel het verkrijgen van een indruk of de gezondheidsrisico's door microbiologische verontreiniging van huishoudwater al of niet verwaarloosbaar zijn. Daarbij zijn de micro-organismen die zich kunnen vermeerderen in het huishoudwatersysteem buiten beschouwing gelaten. De studie was beperkt van opzet en omvatte slechts één zuivering (WRK) en één wetenschappelijk artikel m.b.t. hemelwater.

De conclusie die uit de risico-analyses kan worden getrokken, is dat aan het gebruik van huishoudwater voor toiletspoeling, wassen van kleding en de buitenkraan microbiologische gezondheidsrisico's zijn verbonden die niet verwaarloosbaar zijn. Bij de opzet en uitvoering van huishoudwater systemen moet dus terdege met deze risico's rekening worden gehouden. In concreto kom dit erop neer, dat er technische maatregelen getroffen moeten worden om een zuivering te introduceren (hemelwater) of een reeds aanwezige zuivering te optimaliseren (WRK-water). Hierdoor zal de ingestie van pathogenen verkleind worden.

5. KWALITEITSEISEN AAN HUISHOUDWATER

5.1 Parameters

In paragraaf 1.4 is aangegeven dat secundaire watersystemen, zoals die nu zijn beschreven of uitgevoerd zeer verschillend zijn. De verschillen betreffen:

- grondstof voor huishoudwater,
- zuivering,
- toepassingen in huishouden,
- schaal van de systemen (van woning tot woonwijk),
- beheer van de systemen (van individuele gebruiker tot leverancier).

Kwaliteitseisen aan huishoudwater moeten opgesteld worden vanuit de gebruikskant, op basis van de in hoofdstuk 2 beschreven grondslagen. Gezien de verschillen in toepassingen betekent dit dat voor elke toepassing eigen kwaliteitseisen kunnen gelden: de blootstelling (en daarmee het gezondheidsrisico) aan water voor toiletspoeling is bijvoorbeeld verschillend van de blootstelling aan water uit de buitenkraan. Universele kwaliteitseisen voor huishoudwater, ongeacht systeemopzet en toepassing, zijn daarentegen eenduidig en daarmee beter toepasbaar in de praktijk.

Deze studie beoogt daarom een basis te leggen voor een universele set kwaliteitseisen.

Daarbij is in oenschouw genomen dat:

- de kwaliteit van huishoudwater wordt bepaald door de kwaliteit van de grondstof **en** de daarop eventueel toegepaste zuivering,
- de beoogde grondstoffen zeer divers van aard en van verontreinigingsgraad zijn,
- het beheer van de systemen en de controleerbaarheid van de systemen zeer divers van aard zijn.

Er is daarom een tweedeling gemaakt in *ontwerpparameters* en *controleparameters*. Beide typen zijn op een huishoudwatersysteem van toepassing. Ontwerpparameters zijn kwaliteitseisen waarvan in de ontwerpfase aangetoond moet worden of aannemelijk gemaakt moet worden dat huishoudwater hieraan voldoet, op basis van bijvoorbeeld kwaliteitsmetingen van de grondstof en/of de verwijdering van stoffen en micro-organismen door zuiveringsprocessen, eventuele vorming van nevenprodukten in de zuivering en op basis van de betrouwbaarheid van de gehele systeemopzet.

Controleparameters zijn parameters die tijdens de bedrijfsvoering van het huishoudwater systeem moeten aantonen dat het ontworpen systeem steeds geacht kan worden te voldoen aan alle kwaliteitseisen. Hiertoe dient een monitoringsprogramma opgezet te worden tijdens het ontwerp van het project.

Om te komen tot een voorstel voor het opnemen van ontwerpparameters en controleparameters als kwaliteitseisen aan huishoudwater, zijn de parameters die zijn opgenomen als kwaliteitseisen aan drinkwater in het rapport van de werkgroep 'Normen herziening Waterleidingbesluit' (Van Dijk-Looijaard, 1993) als basis genomen. Voor elk van deze parameters is geëvalueerd of het wenselijk is deze ook voor huishoudwater van toepassing te verklaren en op basis van welke gronden dit wel of niet wenselijk is. Daarbij is

uitgegaan van de toepassing van huishoudwater voor toiletspoeling, voor gebruik in wasmachines voor kleding en voor de buitenkraan. Gebruik van huishoudwater voor baden/douchen is niet meegenomen; in hoofdstuk 3 is gesteld dat voor deze toepassing drinkwaterkwaliteit vereist is.

In tabel 14 is voor alle parameters die de betreffende werkgroep heeft voorgesteld voor drinkwater, weergegeven of de parameter (kwalitatief) relevant is voor normstelling voor huishoudwater. Uit tabel 14 blijkt dat voor een beperkt aantal parameters een controleparameter wordt voorgesteld. Dit zijn enkele gezondheidkundige parameters (micro-organismen en genotoxische carcinogene stoffen), organoleptische en bedrijfstechnische parameters. Tijdens het opstellen van tabel 14 bleek dat de kwalitatieve indicatie voor bijna alle parameters identiek was voor de drie toepassingen van huishoudwater. Om deze reden is niet voor elke toepassing een tabel gemaakt.

5.2 Kwaliteitseisen ten behoeve van voorbeeldprojecten

In hoofdstuk 4 is aandacht besteed aan de volksgezondheidsrisico's van pathogenen. Er zijn handvaten gegeven om met de combinatie van blootstelling via ingestie en het concentratieniveau van micro-organismen tot een risiconiveau te komen. In deze paragraaf zal de nadruk liggen op het geven van parameterwaarden voor (groepen van) parameters volgens de indeling uit tabel 14 als handvat voor de voorbeeldprojecten. Evaluatie van deze voorbeeldprojecten zal moeten uitwijzen of er kwantitatieve eisen voor deze parameters gesteld moeten worden en of het niveau voldoet. De parameters waaraan geen ontwerp- of controleparameter is toegekend worden buiten beschouwing gelaten.

Gezondheidkundige parameters (tabel 14.a)

De zware metalen (nr. 1 arseen tot en met nr. 9 seleen) zijn gekwalificeerd als ontwerpparameter gebaseerd op volksgezondheid en milieu. De normen in het Wlb zijn gebaseerd op een inname van 2 liter per persoon per dag (l/p/p/d). De volksgezondheidsrisico's zullen, gelet op de blootstelling en de concentraties in oppervlaktewater, in de praktijk verwaarloosbaar zijn. De grondslag milieu speelt een belangrijkere rol; het afvalwater komt immers direct of via het riool in het milieu. De meest relevante normen hiervoor zijn de streefwaarden voor water uit de EvaluatieNotaWater (ENW, 1994); deze zijn hier toegepast. Drie van deze parameters (cyaniden, antimoon en seleen) hebben geen streefwaarde; hiervoor is de kwaliteitseis uit de herziening Wlb gebruikt (Van Dijk-Looijaard, 1993).

De bacteriologische parameters (nr. 10 thermotolerante bacteriën van de coligroep en nr. 11 faecale streptococci) dienen als controleparameter voor de microbiologische kwaliteit. Een parameterwaarde is niet zinvol; het vaststellen van veranderingen in de metingen geeft aan dat er storingen in het systeem kunnen zijn opgetreden. In hoofdstuk 4 is aangegeven hoe de risico's in de ontwerpfase (voor de parameters nr. 23 tot en met nr. 25) vastgesteld kunnen worden.

Voor de organische microverontreinigingen (nr. 12 tot en met nr. 15) worden ontwerpparameters voorgesteld op ethische grondslag. Deze stoffen dienen in de ontwerpfase

gescreend te worden. Voorgesteld wordt om voor de som aan aangetoonde pesticiden een waarde van $\leq 5 \mu\text{g/l}$ te gebruiken. Opgemerkt wordt dat voor veel bestrijdingsmiddelen veelal insecticiden een ecotoxicologische norm van $< 0.1 \mu\text{g/l}$ wordt voorgesteld. Vanuit dit oogpunt is een lagere waarde dan $5 \mu\text{g/l}$ voor de som van pesticiden wenselijk. Voor de PAK's en PCB's wordt voorgesteld de kwaliteitseis uit de herziening Wlb (Van Dijk-Looijaard, 1993) te gebruiken respectievelijk 0.2 en $0.5 \mu\text{g/l}$ als som. De verspreiding van deze stoffen in het milieu is ongewenst; de concentraties dienen daartoe zo laag mogelijk te zijn.

Benzeen (nr. 16) is een controle- en ontwerpparameter omdat het een genotoxisch carcinogene verbinding is. Het is alleen zinvol de stof als controleparameter te monitoren als er aanleiding toe is. Dit kan blijken in de ontwerpfase. Als kwaliteitseis wordt $1 \mu\text{g/l}$ voorgesteld als een ethische waarde. Op toxicologische grondslag gelet op de blootstelling kan de waarde een factor 10-100 hoger zijn; dit is onder andere vanuit de invalshoek milieu ongewenst.

Koper (nr. 21) heeft als ontwerpparameter een milieuhygiënische grondslag. Als koper als leidingmateriaal wordt gebruikt is de voorgestelde normwaarde 2 mg/l (na 16 uur stilstand). Het metaaloplossend vermogen van het huishoudwater speelt hierin een belangrijke rol. Als dit te hoog is komt er teveel koper in het afvalwater terecht. Extra zuiveringsstappen kunnen een oplossing bieden. Als een ander leidingmateriaal wordt gebruikt dient koper alleen bij de screening van de bron te worden gemeten en wordt er geen kwaliteitseis gesteld.

Van de parameters die aan de desinfectie zijn gerelateerd (nr. 26 tot en met nr.44) worden alleen de genotoxisch carcinogenen en de desinfectiemiddelen beschouwd. Dit zijn bromaat (nr. 26) en broomdichloormethaan (nr. 28) als bijproducten. De blootstelling is zodanig dat de normwaarde op basis van de toxicologische risicogrens 10^{-6} (levenslange blootstelling) in principe een factor 100 hoger kan zijn. Voor bromaat is de waarde dan $50 \mu\text{g/l}$ en voor broomdichloormethaan is deze dan $600 \mu\text{g/l}$. Deze waarden zijn niet realistisch voor de technieken die bij de bereiding van huishoudwater zullen worden toegepast. De waarden zijn vanuit de invalshoek milieu eveneens ongewenst. Voorgesteld wordt de WHO-guidelines (WHO, 1993) te gebruiken als ontwerp- en controleparameter als desinfectie met ozon respectievelijke chloor wordt toegepast. Voor bromaat is deze waarde $25 \mu\text{g/l}$ en voor broomdichloormethaan $60 \mu\text{g/l}$.

Bij het ontwerp zal kritisch beoordeeld moeten worden of er chemische desinfectie wordt toegepast. Het gebruik van chloorhoudende desinfectiemiddelen is de afgelopen decennia sterk teruggedrongen vanwege de vorming van bijproducten. Daarnaast kleven aan het gebruik en de productie van chloor milieuhygiënische bezwaren. De normwaarden voor de desinfectiemiddelen, gebaseerd op de toxicologie (WHO, 1993), zijn hoog (mg-niveau); gelet op bovengenoemde argumenten zijn deze waarden niet aan de orde. Als er desinfectie wordt toegepast, dienen de gebruikte desinfectiemiddelen als controleparameter gemonitord te worden voor het bewaken van de effectiviteit van het proces. Voor ozon geldt dat het restozongehalte onder de detectielimiet behoort te liggen; ozon is vluchtig en toxicologisch ongewenst.

Radioactiviteit (nr. 45) dient bij het ontwerp onderzocht te worden. Als normwaarden kunnen de bij de herziening Wlb (Van Dijk-Looijaard, 1993) voorgestelde waarden worden gebruikt.

Bedrijfstechnische parameters (tabel 14.b)

In tabel 14.b (bedrijfstechnische parameters) worden de parameters bacteriën van de coligroep, sporen van sulfiet reducerende clostridia en koloniegetal 22°C (nr. 46, 47, en 56) als controleparameter voorgesteld, met name om veranderingen te monitoren. Er wordt geen normwaarde voorgesteld.

Voor ammonium (nr. 52) en DOC (nr. 58) wordt voorgesteld deze bij het ontwerp vast te stellen. Voor ammonium kan als waarde 0.5 mg/l (EG-norm) dienen; voor DOC wordt geen waarde voorgesteld.

De overige bedrijfstechnische parameters waarvoor een controleparameter is aangegeven, zijn relevant voor een goede bedrijfsvoering. Als normwaarden kunnen de bij de herziening Wlb (Van Dijk, 1993) voorgestelde waarden worden gebruikt. Voor de parameter hardheid is een waarde ≤ 1 mmol vooral bij de toepassing wasmachine gewenst.

Een goede bedrijfsvoering is gebaat bij biologisch stabiel water zodanig dat nagroei in het distributienet niet of nauwelijks zal optreden. Dit fenomeen kan bij langere verblijftijden, bijvoorbeeld in aansluitleidingen voor wasmachines en buitenkranen, een rol spelen. De parameters AOC en biofilmgroeipotentie worden gebruikt voor het bepalen van de biologische stabiliteit; het verdient aanbeveling de waarden van deze parameters in de ontwerpfase te bepalen.

Organoleptische/esthetische parameters (tabel 14.c)

Van de organoleptische parameters zijn alleen kleur, troebeling, geur, ijzer en mangaan (nr. 61-63 en 68-69) van belang als ontwerp- maar vooral als controleparameter, vooral voor de toepassing wasmachine en in mindere mate toiletspoeling en buitenkraan. Voorgesteld wordt de kwaliteitseisen uit de herziening Wlb (Van Dijk-Looijaard, 1993) te gebruiken.

Voorzorgsparameters (tabel 14.d)

In deze tabel staan een aantal organische microverontreinigingen (nr. 79-83) waarvan de aanwezigheid in huishoudwater vanuit milieuhygiënisch oogpunt ongewenst is. Hiervoor wordt een eenmalige screening bij het ontwerp voorgesteld. Als normwaarden kunnen de kwaliteitseisen uit de herziening Wlb (Van Dijk-Looijaard, 1993) worden gebruikt.

Tabel 14 Controle- en ontwerpparameters voor huishoudwatersystemen.

Tabel a: gezondheidkundige parameters	CP ¹	OP ¹	Voorgestelde waarde	Grondslag
1 Arseen	-	+	5 µg/l	vgz/mil ¹
2 Cadmium	-	+	0.05 µg/l	vgz/mil
3 Cyaniden (totaal)	-	+	50 µg/l	vgz/mil
4 Chroom (totaal)	-	+	5 µg/l	vgz/mil
5 Kwik	-	+	0.02 µg/l	vgz/mil
6 Nikkel	-	+	9 µg/l	vgz/mil
7 Lood	-	+	4 µg/l	vgz/mil
8 Antimoon	-	+	5 µg/l	vgz/mil
9 Seleen	-	+	10 µg/l	vgz/mil
10 Thermotolerante bacterien coligroep	+	+	volgen ²	vgz
11 Faecale streptococci	+	+	volgen ²	vgz
12 Pesticiden individueel	-	+		eth
13 Pesticiden som	-	+	≤5 µg/l	eth
14 PAK's	-	+	0.2 µg/l	eth
15 PCB's	-	+	0.5 µg/l	eth
16 Benzeen	+	+	1 µg/l	vgz
17 Nitriet	-	-		
18 Nitraat	-	-		
19 Barium	-	-		
20 Zilver	-	-		
21 Koper	-	+	2 mg/l	mil
22 Boor	-	-		
23 Virussen	-	+		vgz
24 <i>Giardia</i>	-	+		vgz
25 <i>Cryptosporidium</i>	-	+		vgz
26 Broomaat	+	+	25 µg/l	vgz
27 Bromoform	-	-		
28 Broomdichloormethaan	+	+	60 µg/l	vgz
29 Chloraat	-	-		
30 Chloriet	-	-		
31 Chloraalhydraat	-	-		
32 Chloor	+	+	volgen ²	mil/est
33 Chlooramine	+	+	volgen ²	mil/est
34 Chloordibroommethaan	-	-		
35 Chloordioxide	+	+	volgen ²	mil/est
36 Chloroform	-	-		
37 Cyanogeenchloride	-	-		
38 Dibroomacetonitril	-	-		
39 Dichlooracetonitril	-	-		

	CP ¹	OP ¹	Voorgestelde waarde	Grondslag
40 Formaldehyde	-	-		
41 Ozon	+	+	< detectie	vgz/est/bst
42 Trichlooracetonitril	-	-		
43 Trichloorazijnzuur	-	-		
44 Waterstofperoxide	+	+	< detectie	vgz/est
45 Radioactiviteit beta	-	+	1 Bq/l	vgz

Tabel b: bedrijfstechnische parameters

46 Bacterien van de coligroep	+	+	volgen ²	bst/est
47 Sporen van sulfietreducerende clostridia	+	+	volgen ²	bst/est
48 Hardheid	+	-	≤ 1 mmol	bst
49 Bicarbonaat	-	-		
50 Temperatuur	-	-		
51 Zuurgraad	+	-	7-9.5	bst
52 Ammonium	-	+	0.5 mg/l	bst
53 EGV	+	-	125 mS/m	bst
54 Chloride	+	-	150 mg/l	bst
55 Zuurstof	+	-	> 2 mg/l	bst/est
56 Koloniegetal 22°C	+	-	volgen ²	bst/est
57 SI	+	-	-0.2<SI<0.3	bst
58 DOC	-	+		bst/est
59 Aeromonas	-	-		
60 Bacteriofagen	-	-		

Tabel c: organoleptische/esthetische parameters

61 Kleur	+	+	20 mg/l	bst/est
62 Troebeling	+	+	4 FTE	bst/est
63 Geur	+	+	afwezig	est
64 Smaak	-	-		
65 Sulfaat	-	-		
66 Natrium	-	-		
67 Aluminium	-	-		
68 IJzer	+	+	0.2 mg/l	bst/est
69 Mangaan	+	+	0.05 mg/l	bst/est
70 Magnesium	-	-		
71 Oppervlakteactieve stoffen	-	-		

Tabel d: voorzorgsparameters

72 Fluoride	-	-		
73 Kalium	-	-		
74 Fosfaat	-	-		

	CP ¹	OP ¹	Voorgestelde waarde	Grondslag
75 Zink	-	-		
76 AOX	-	-		
77 NTA	-	-		
78 EDTA	-	-		
79 Monocyclische	-	+	1 µg/l	eth
80 Aromatische aminen	-	+	1 µg/l	eth
81 Gechloreerde fenolen	-	+	0.1 µg/l	eth
82 Gehalogeneerde monocyclische	-	+	1 µg/l	eth
83 Gehalogeneerde alifatische	-	+	1 µg/l	eth

¹ CP = controleparameter; OP = ontwerpparameter; vgz = volksgezondheid; mil = milieu; bst = bedrijfstechnisch; est = esthetisch; eth = ethisch

² Volgen betekent monitoren op reguliere basis. Veranderingen in concentraties indicatorparameters dienen te worden gevolgd door een intensievere monitoring en zonodig extra onderzoek. Risico's met betrekking tot pathogenen worden tijdens de ontwerpfase en zonodig periodiek bepaald aan de hand van bronkwaliteit en de zuivering.

6. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

6.1 Conclusies

De belangrijkste conclusies met betrekking tot de kwaliteitsaspecten voor huishoudwater worden puntsgewijs weergegeven.

- De belangrijkste risicofactor voor de consument is de blootstelling aan pathogene micro-organismen. Uit de risico-analyse blijkt dat de gezondheidsrisico's bij het gebruik van wasmachine, toiletspoeling en buitenkraan voor de doorgerekende voorbeelden niet verwaarloosbaar zijn. Het vaststellen van het risico met betrekking tot de blootstelling, de concentratie micro-organismen en de eliminatiecapaciteit van de zuivering, voor de diverse toepassingen van huishoudwater is geschat als een 'worst case'. Deze schatting heeft een grote mate van onzekerheid, waar in de analyse aandacht aan is besteed. Literatuurgegevens over de blootstelling via aerosolen bij de toepassingen toiletspoeling en wasmachine zijn niet aanwezig. Er is een schatting gemaakt waarvan de mate van zekerheid niet is vastgesteld.
- Het grootste risico op een infectie met pathogenen treedt op bij de toepassing buitenkraan. Vooral bij oneigenlijk gebruik als drinken (door bijvoorbeeld peuters) is er blootstelling en is het risico onaanvaardbaar hoog. Bij de blootstelling aan micro-organismen kan een infectie al optreden bij een kortdurende blootstelling. Dit is een belangrijk verschil met de stoffen, waarbij het effect veelal pas na langdurige blootstelling optreedt.
- Het risico van de blootstelling aan chemische stoffen is klein voor de consument. De risicoberekeningen zijn gebaseerd op een levenslange blootstelling via een consumptie van 2 liter drinkwater per dag. Voor stoffen zijn bedrijfstechnische en milieuaspecten van groter belang dan volksgezondheidsaspecten.
- In het rapport wordt voor een aantal stoffen en pathogene micro-organismen een z.g. ontwerpparameter voorgesteld. Dit wil zeggen dat voor deze parameters alleen in de ontwerpfase moet worden aangetoond dat het product huishoudwater voor een bepaalde grondstof - zuiveringscombinatie aan de gestelde kwaliteitseisen kan voldoen. Voor een beperkt aantal stoffen en indicatororganismen is gekozen voor een controleparameter. Voor deze parameters zal een (beperkt) monitoringsprogramma dienen te worden opgezet ter controle van de performance van het systeem.
- In het rapport zijn voor een aantal parameters waarden gegeven. Deze zijn vooral bedoeld om te gebruiken bij het ontwerp van voorbeeldprojecten. Tijdens de evaluatie hiervan zal worden gezien of deze waarden zinvol zijn en al dan niet zullen worden gehandhaafd.
- Huishoudwater is voor de toepassing baden en douchen in principe niet bruikbaar. Hiervoor dient uitsluitend water met de kwalificatie drinkwaterkwaliteit gebruikt te worden.

6.2 Aanbevelingen

- De blootstelling aan huishoudwater speelt een belangrijke rol bij de risico-analyse met betrekking tot de pathogene micro-organismen. Met name de blootstelling via aërosolen is een ruwe schatting. Aanbevolen wordt de blootstelling kwantitatief beter vast te stellen door een daarin gespecialiseerde onderzoeksinstelling.
- De risico-analyse met betrekking tot pathogenen geeft aan dat de risico's niet verwaarloosbaar zijn. Technische oplossingen voor het terugdringen van de blootstelling en een uitbreiding van de zuivering kunnen de haalbaarheid van een huishoudwaterproject verhogen.
- Bij de keuze van de bron is kennis van de grondstof en van de omgeving van de bron belangrijk om het risico te beperken.
- Het verdient de voorkeur dat het ontwerp en het beheer van een huishoudwaterproject in handen is van een deskundige organisatie, bij voorkeur een waterleidingbedrijf.
- Voorlichting aan de bewoners, ook aan nieuwe bewoners, dient deel uit te blijven maken van het project.

LITERATUUR

DHV (1997).

Ander water: Huishoudwater.

Eindrapport dossier L8268-01-100 in opdracht van VROM/DGM/DWL. DHV Water BV Amersfoort.

ENW (1994)

Evaluatienota Water. Tweede Kamer 1993-1994, 21 250, nr.s. 27-28.

Havelaar AH, van Olphen M, Schijven JF (1995).

Removal and inactivation of viruses by drinking water treatment processes under fullscale conditions.

Wat. Sci. Tech. 31 (5-6), 55-62.

Lorch HJ (1996).

Bakteriologische und chemische Bewertungsmaassstaebe fuer die Regenwassernutzung. GWF Wasser Abwasser 137(3), 133-139.

Medema GJ, Ketelaars HAM, Hoogenboezem W (1996).

Cryptosporidium en *Giardia* in Rijn en Maas en inventarisatie van potentiële bronnen in de Maas.

RIWA Rapport, Amsterdam.

Medema GJ en Schets FM (1994).

Campylobacter en Salmonella in open reservoirs voor de drinkwaterbereiding.

RIVM Rapport nr. 149103002.

Medema GJ, Theunissen JJH (1996).

Eliminatie van virussen, *Cryptosporidium* en *Giardia* door drinkwaterzuiveringsprocessen.

RIVM Rapport nr. 289202016.

Schijven JF, Annema JA, de Nijs ACM, Theunissen JJH, Medema GJ (1995).

Enterovirussen in het oppervlaktewater in Nederland -Emissie en verspreiding berekend met PROMISE en WATNAT - Pilotstudie.

RIVM Rapport nr. 289202006.

Teunis PFM, van der Heijden OG, van der Giessen JWB, Havelaar AH (1996).

The dose-response relation in human volunteers for gastro-intestinal pathogens.

RIVM Report nr. 284550002.

Van Dijk-Looijaard AM ed. (1993).

Herziening normen Waterleidingbesluit.

Kiwa rapport SWO 93.340.

VROM (1995).

Beleidsplan Drink- en Industriewater Voorziening (BDIV)- deel 3 kabinetsstandpunt.
Den Haag.

VROM (1995a).

Infectierisico van virussen en parasitaire protozoa via drinkwater. Concept dd. 17 maart 1995. Notitie ter voorbereiding van een beleidsstandpunt.

WHO (1993)

Guidelines for Drinking water quality. Second edition. Volume I. Recommendations,
WHO Genève.

Bijlage 1 Eliminatiecapaciteit van drinkwaterzuiveringsprocessen voor virussen, *Giardia* en *Cryptosporidium* (Medema & Theunissen, 1996).

Proces	Eliminatiecapaciteit (decimale reductie)		
	Virussen	<i>Giardia</i>	<i>Crypto-sporidium</i>
<i>Desinfectie</i>			
Chloor	2 - >4	0 - 2	0
Chloordioxide	1 - 3	0 - 1	0
Ozon	2 - >3	1 - 4	0 - 1
UV	2 - 5	0 - 1	0 - 1
<i>Filtratie</i>			
Snelfiltratie	0	0	0
Langzame zandfiltratie	1.5 - >3	1.2 - 3.7	1.2 - 3.7
Actief koelfiltratie	0	0	0
Membraan(ultra)filtratie	3 - 5	>4	>4
Coagulatie/snelfiltratie	1 - 2	2 - 2.5	2 - 2.5
<i>Bodempassage</i>			
Duininfiltratie	>3	>3.7	>3.7
Oeverfiltratie	>2 - >5	>2 - >5	>2 - >5
Bekkenopslag	1 - 2.5	0.5 - 2	0.5 - 2

Bijlage 2 Gezondheidsrisico van het gebruik van hemelwater als huishoudwater.

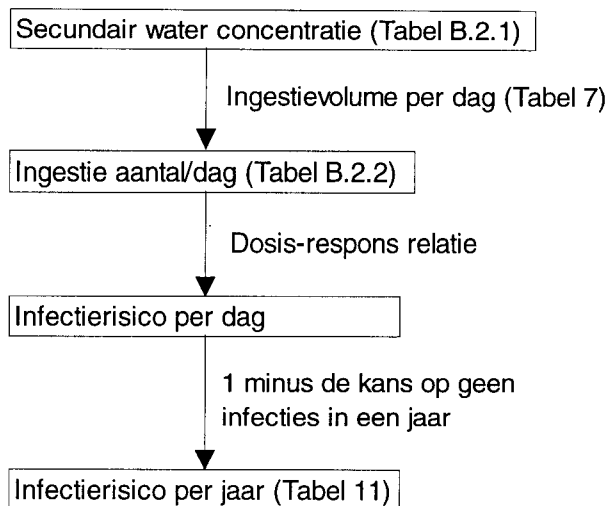
Hemelwater dat op het dak van woningen wordt opgevangen, kan worden besmet met menspathogene micro-organismen door faeces van met name vogels, maar ook knaagdieren en andere zoogdieren. Uit Duits onderzoek (Lorch, 1996) blijkt dat in het merendeel van de monsters van opgevangen hemelwater thermotolerante bacteriën van de coligroep aantoonbaar zijn. De gevonden concentraties varieerden van ca. 1 per 100 ml tot ca. 5000 per 100 ml. In de meeste monsters (80%) was de gevonden concentratie beneden de EU-richtwaarde voor zwemwater (100 per 100 ml). Deze richtlijn is opgesteld voor het beperken van gezondheidsrisico's als gevolg van incidentele blootstelling aan faecaal verontreinigd water.

Over het voorkomen van pathogene micro-organismen in hemelwater zijn geen gegevens beschikbaar. Uit onderzoek bij de duinwaterbedrijven zijn wel gegevens beschikbaar over de verhouding tussen de concentratie thermotolerante bacteriën van de coligroep en de concentratie *Campylobacter* en *Salmonella*, twee veel voorkomende darmpathogene bacteriën, in reservoirwater dat werd verontreinigd door vogels. De concentratie *Campylobacter* bleek daarbij in dezelfde orde-grootte te liggen als de thermotolerante bacteriën van de coligroep. *Salmonella* werd in veel lagere concentraties aangetroffen (Medema en Schets, 1994). Omdat *Campylobacter* ook één van de meest infectieuze bacteriële pathogenen is (Teunis *et al.*, 1996), lijkt deze bacterie kritisch te zijn voor het microbiologische risico van hemelwater dat door vogels kan zijn verontreinigd.

Figuur B.2.1 geeft schematisch de berekening van het gezondheidsrisico weer. In tabel B.2.1 worden de gemeten aantallen thermotolerante bacteriën van de coligroep weergegeven. Er vanuit gaande dat hemelwater geen andere zuivering ondergaat dan een grove filtratie (geen barrière voor bacteriën) kan worden aangenomen dat de concentraties *Campylobacter* in huishoudwater dat uit hemelwater wordt gewonnen, in dezelfde orde-grootte liggen als de gemeten concentraties thermotolerante bacteriën van de coligroep. In het vervolg van de berekening wordt dan ook gesproken van concentraties aan *Campylobacter* in plaats van thermotolerante bacteriën van de coligroep.

Vermenigvuldiging van de concentraties uit tabel B.2.1 met de ingenomen hoeveelheden uit tabel 7 geeft de aantallen *Campylobacter* waaraan de gebruiker blootgesteld wordt. Dit is weergegeven in tabel B.2.2.

Met behulp van de dagelijkse blootstellingen uit tabel B.2.2 kan nu het infectierisico berekend worden. De procedure hiervoor is analoog aan de berekeningen m.b.t. WRK-voorgezuiverd water. Het dagelijks infectierisico wordt berekend m.b.v. Vergelijking 2 met parameterwaarden $\alpha=0.145$ en $\beta=7.589$ (Teunis *et al.*, 1996). Vanuit dit dagrisico kan het jaarrisico berekend worden met Vergelijking 3. De jaarrisico's zijn weergegeven in tabel 11.



Figuur B.2.1 Schematische weergave van de berekening van het gezondheidsrisico ten gevolge van het gebruik van hemelwater als huishoudwater.

Tabel B.2.1 Percentielen van gemeten aantallen thermotolerante bacteriën van de coligroep in hemelwater (Lorch, 1996) en van uit deze aantallen berekende concentraties. P90, P80 en P50 zijn die concentraties waarvoor geldt dat respectievelijk 90, 80 en 50 % van de metingen een lagere waarde voor het aantal of de concentratie geeft.

Percentiel	Aantal in 100 ml	Concentratie (l ⁻¹)
P90	1000	10000
P80	100	1000
P50	2	20

Tabel B.2.2 Aantallen *Campylobacter* waaraan gebruikers van hemelwater als huishoudwater dagelijks en jaarlijks blootstaan, als functie van de concentratie *Campylobacter* en de toepassing.

Concentratie, l ⁻¹	Dagelijkse blootstelling, aantal			Jaarlijkse blootstelling, aantal		
	Toilet-spoeling	Was-machine	Buiten-kraan	Toilet-spoeling	Was-machine	Buiten-kraan
10000	4.1	10	82	1500	3700	30000
1000	0.41	1.0	8.2	150	370	3000
20	0.0082	0.020	0.16	3	7.4	60

Bijlage 3 Het jaarrisico als functie van variabelen.

In tabel B.3.3 t/m B.3.6 worden de resultaten weergegeven van berekeningen van jaarrisico's als functie van het ingestievolume aan huishoudwater en de concentratie van een micro-organisme in het huishoudwater. De onderzochte ranges van deze variabelen zijn breed. In de tabellen wordt met **bold** de waarden aangegeven, die berekend zijn met variabelewaarden, die dicht bij de voor de puntschattingen gebruikte variabelewaarden liggen. Tevens zijn in tabel B.3.1 de geschatte ranges aangegeven voor de ingestievolumes van water als gevolg van een aantal toepassingen. Deze ranges zijn ook aangegeven in tabel B.3.1 t/m B.3.4. In tabel B.3.2 zijn geschatte ranges voor de concentraties aan micro-organismen in het secundaire water gegeven. De ranges van tabel B.3.1 en B.3.2 werden gebruikt voor de analyse van de onzekerheid in § 4.4. De berekeningsresultaten worden ook als figuur gegeven (Figuur B.3.1 t/m B.3.4). In deze figuren is tevens de risico-grens van 10^{-4} per jaar aangegeven.

Tabel B.3.1 Geschatte ranges van ingestievolumes.

Toepassing	Geschatte range van ingestievolumes, ml/jaar
Toiletspoeling	30 - 300
Wasmachine	100 - 1000
Buitenkraan	1000 - 10000
Drinkwater	30000 - 300000

Tabel B.3.2 Geschatte ranges van concentraties

Micro-organisme	Geschatte concentratierange, l ⁻¹
Enterovirus	0.03 - 0.3
<i>Cryptosporidium</i>	0.1 - 1
<i>Giardia</i>	0.1 - 1
<i>Campylobacter</i>	3000 - 30000

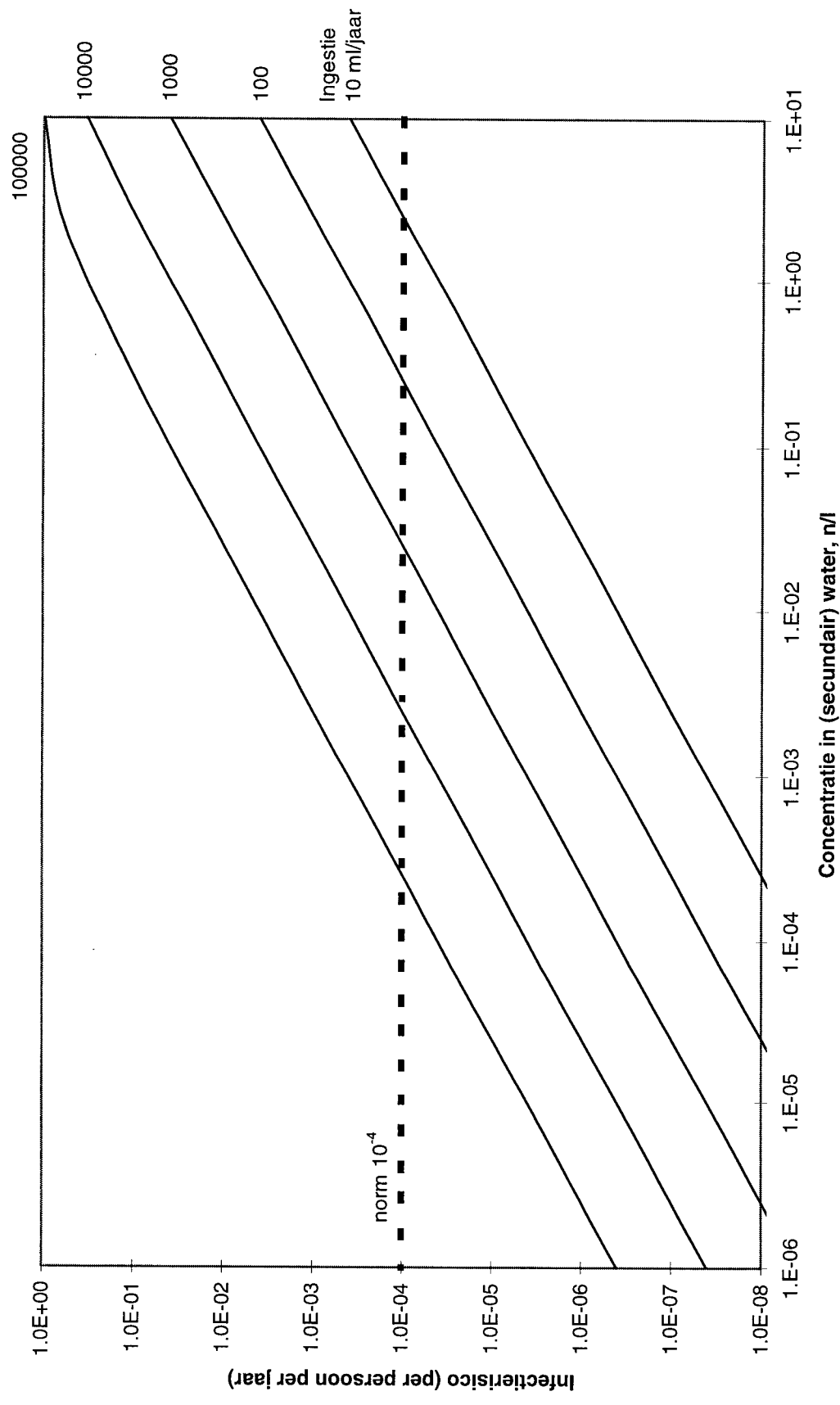
Figuur B.3.1 Het jaarrisico ten gevolge van ingestie van huishoudwater met *Cryptosporidium* als functie van de waterconcentratie van dit micro-organisme, voor een aantal ingestievolumes.

Figuur B.3.2 Het jaarrisico ten gevolge van ingestie van huishoudwater met *Giardia* als functie van de waterconcentratie van dit micro-organisme, voor een aantal ingestievolumes.

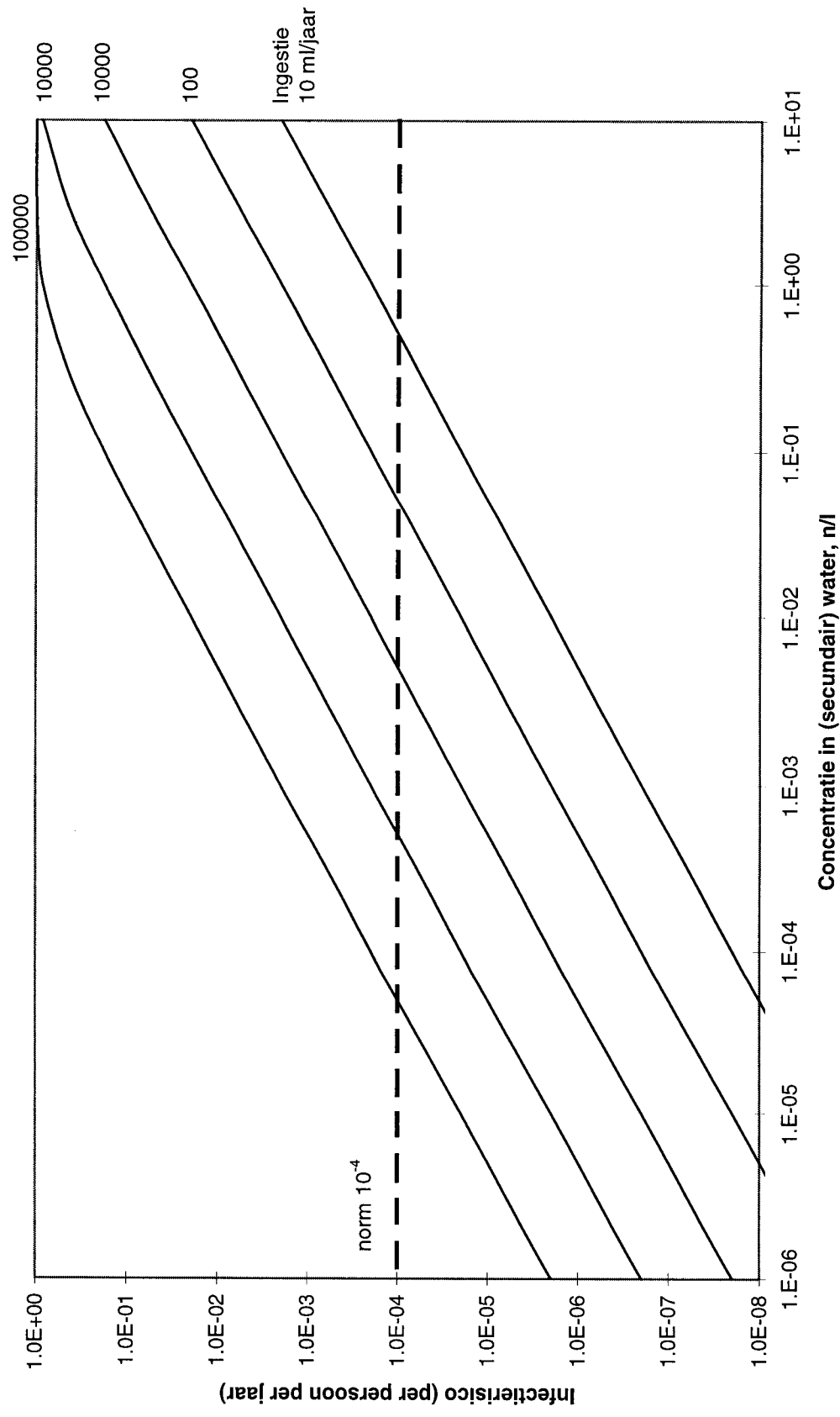
Figuur B.3.3 Het jaarrisico ten gevolge van ingestie van huishoudwater met Enterovirussen als functie van de waterconcentratie van dit micro-organisme, voor een aantal ingestievolumes.

Figuur B.3.4 Het jaarrisico ten gevolge van ingestie van huishoudwater met *Campylobacter* als functie van de waterconcentratie van dit micro-organisme, voor een aantal ingestievolumes.

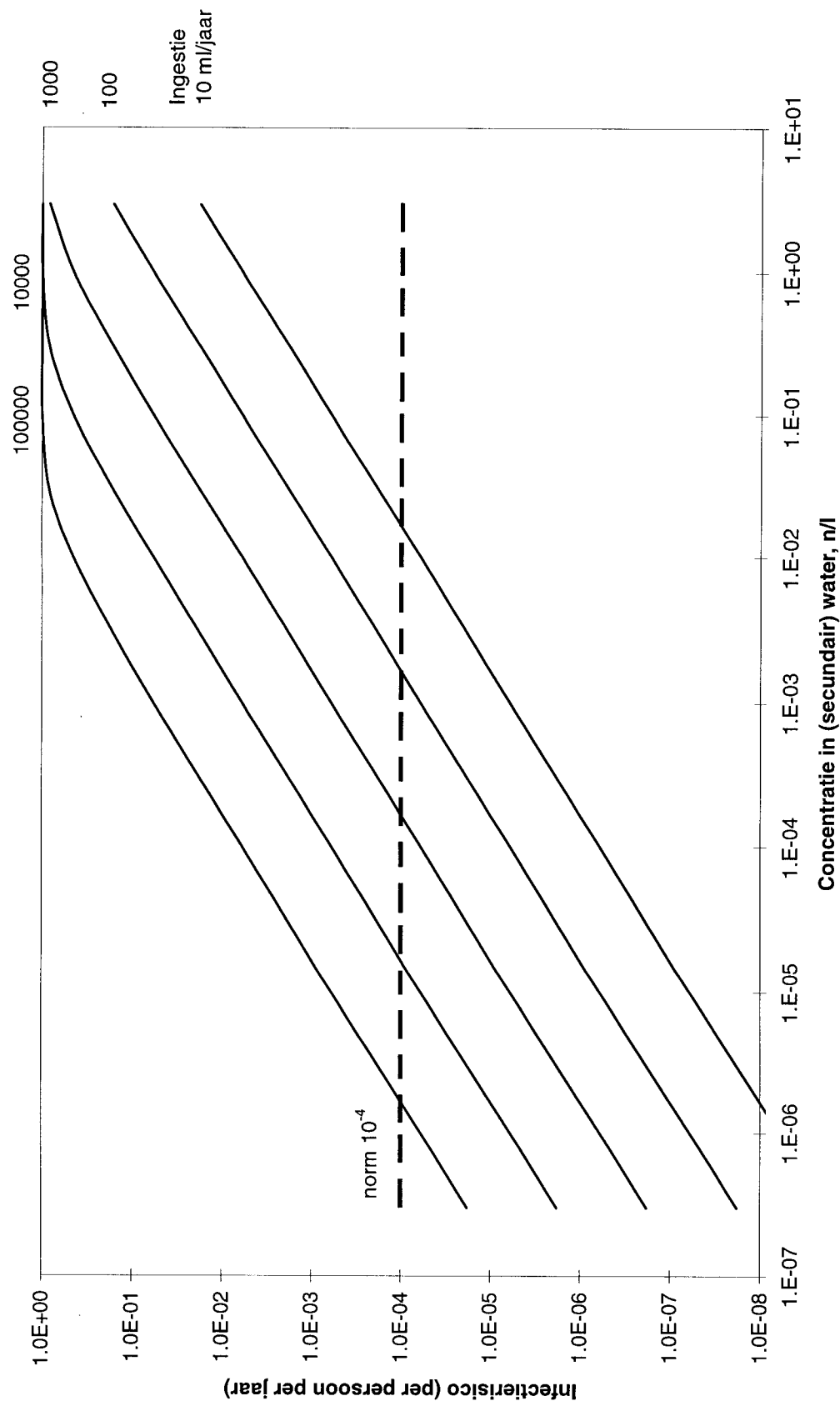
Figuur B.3.1 Cryptosporidium



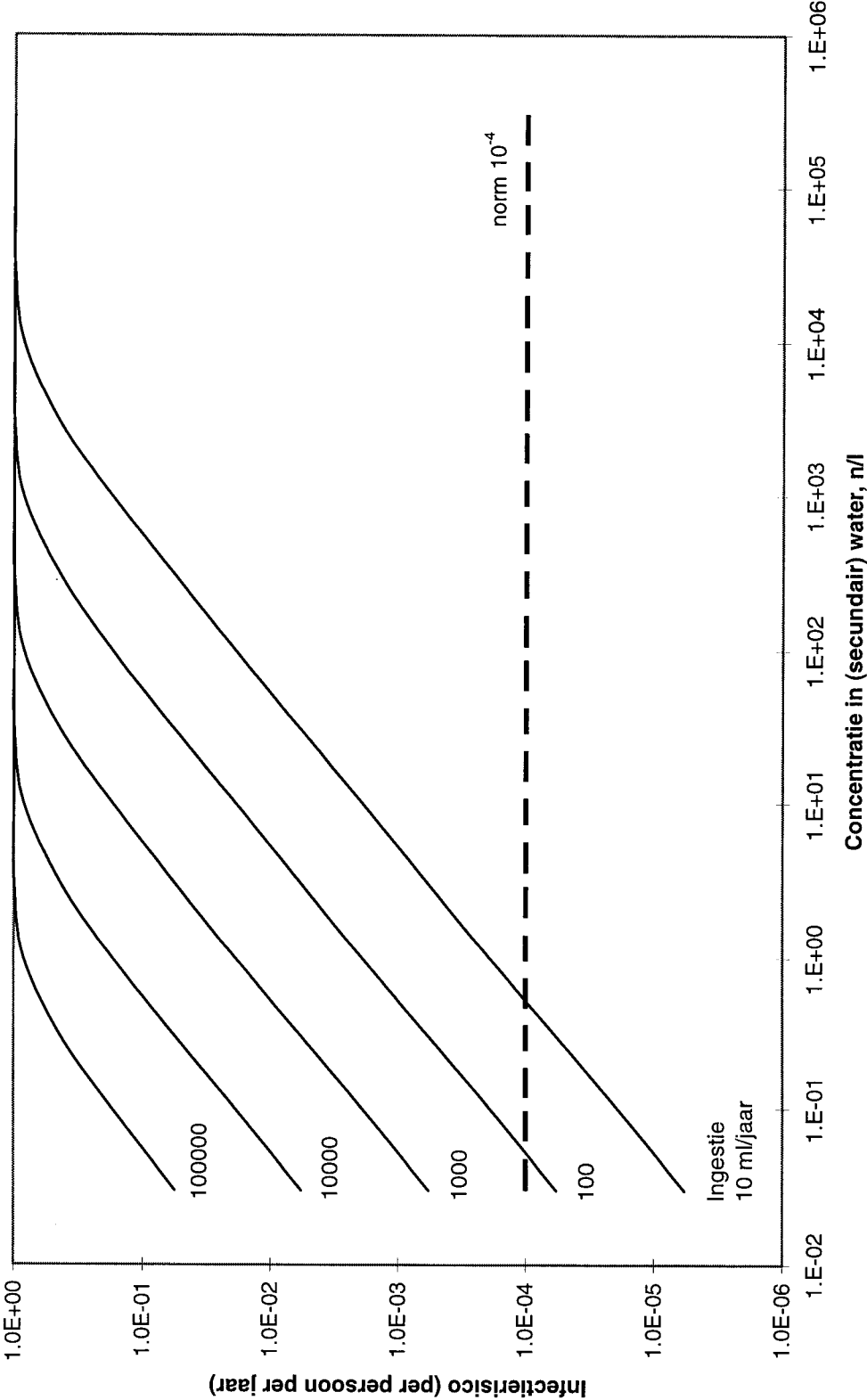
Figuur B.3.2 Giardia



Figuur B.3.3 Enterovirus



Figuur B.3.4 Campylobacter



Tabel B.3.3 Het jaarrisico ten gevolge van ingestie van huishoudwater met *Cryptosporidium* als functie van het ingestievolume en de waterconcentratie van dit micro-organisme.

Tabel B.3.3 Micro-organisme: *Cryptosporidium*

Ingestie (ml/jaar)	Concentratie (n/l)															
	1.E+01	3.E+00	1.E+00	3.E-01	1.E-01	3.E-02	1.E-02	3.E-03	1.E-03	3.E-04	1.E-04	3.E-05	1.E-05	3.E-06	1.E-06	1.E-06
Ingestie	10	30	100	300	1000	3000	10000	30000	100000	300000						
Toilet- spoeling	4.0E-04	1.2E-04	4.0E-05	1.2E-05	4.0E-06	1.2E-06	4.0E-07	1.2E-07	4.0E-08	1.2E-08	4.0E-09	1.2E-09	4.0E-10	1.2E-10	4.0E-11	4.0E-11
Was- machine	1.2E-03	3.6E-04	1.2E-04	3.6E-05	1.2E-05	3.6E-06	1.2E-06	3.6E-07	1.2E-07	3.6E-08	1.2E-08	3.6E-09	1.2E-09	3.6E-10	1.2E-10	1.2E-10
Buiten- kraan	4.0E-03	1.2E-03	4.0E-04	1.2E-04	4.0E-05	1.2E-05	4.0E-06	1.2E-06	4.0E-07	1.2E-07	4.0E-08	1.2E-08	4.0E-09	1.2E-09	4.0E-10	4.0E-10
	1.2E-02	3.6E-03	1.2E-03	3.6E-04	1.2E-04	3.6E-05	1.2E-05	3.6E-06	1.2E-06	3.6E-07	1.2E-07	3.6E-08	1.2E-08	3.6E-09	1.2E-09	1.2E-09
	3.9E-02	1.2E-02	4.0E-03	1.2E-03	4.0E-04	1.2E-04	4.0E-05	1.2E-05	4.0E-06	1.2E-06	4.0E-07	1.2E-07	4.0E-08	1.2E-08	4.0E-09	4.0E-09
	1.1E-01	3.5E-02	1.2E-02	3.6E-03	1.2E-03	3.6E-04	1.2E-04	3.6E-05	1.2E-05	3.6E-06	1.2E-06	3.6E-07	1.2E-07	3.6E-08	1.2E-08	1.2E-08
	3.3E-01	1.1E-01	3.9E-02	1.2E-02	4.0E-03	1.2E-03	4.0E-04	1.2E-04	4.0E-05	1.2E-05	4.0E-06	1.2E-06	4.0E-07	1.2E-07	4.0E-08	4.0E-08
	7.0E-01	3.0E-01	1.1E-01	3.5E-02	1.2E-02	3.6E-03	1.2E-03	3.6E-04	1.2E-04	3.6E-05	1.2E-05	3.6E-06	1.2E-06	3.6E-07	1.2E-07	1.2E-07
Drinkwater	9.8E-01	7.0E-01	3.3E-01	1.1E-01	3.9E-02	1.2E-02	4.0E-03	1.2E-03	4.0E-04	1.2E-04	4.0E-05	1.2E-05	4.0E-06	1.2E-06	4.0E-07	4.0E-07
	1.0E+00	9.7E-01	7.0E-01	3.0E-01	1.1E-01	3.5E-02	1.2E-02	3.6E-03	1.2E-03	3.6E-04	1.2E-04	3.6E-05	1.2E-05	3.6E-06	1.2E-06	1.2E-06

Tabel B.3.4 Het jaarrisico ten gevolge van ingestie van huishoudwater met *Giardia* als functie van het ingestievolume en de waterconcentratie van dit micro-organisme.

Tabel B.3.4		Micro-organisme: Giardia															
Ingestie (ml/jaar)	Concentratie (n/l)	1.E+01	3.E+00	1.E+00	3.E-01	1.E-01	3.E-02	1.E-02	3.E-03	1.E-03	3.E-04	1.E-04	3.E-05	1.E-05	3.E-06	1.E-06	
		2.0E-03	6.0E-04	2.0E-04	6.0E-05	2.0E-05	6.0E-06	2.0E-06	6.0E-07	2.0E-07	6.0E-08	2.0E-08	6.0E-09	2.0E-09	6.0E-10	2.0E-10	
10	Toilet- spoeling	30	6.0E-03	1.8E-03	6.0E-04	1.8E-04	6.0E-05	1.8E-05	6.0E-06	1.8E-06	6.0E-07	1.8E-07	6.0E-08	1.8E-08	6.0E-09	1.8E-09	6.0E-10
100		2.0E-02	6.0E-03	2.0E-03	6.0E-04	2.0E-04	6.0E-05	2.0E-05	6.0E-06	2.0E-06	6.0E-07	2.0E-07	6.0E-08	2.0E-08	6.0E-09	2.0E-09	6.0E-10
300	Was- machine	300	5.8E-02	1.8E-02	6.0E-03	1.8E-03	6.0E-04	1.8E-04	6.0E-05	1.8E-05	6.0E-06	1.8E-06	6.0E-07	1.8E-07	6.0E-08	1.8E-08	6.0E-09
1000		1.8E-01	5.8E-02	2.0E-02	6.0E-03	2.0E-03	6.0E-04	2.0E-04	6.0E-05	2.0E-05	6.0E-06	2.0E-06	6.0E-07	2.0E-07	6.0E-08	2.0E-08	6.0E-09
3000	Buiten- kraan	3000	4.5E-01	1.6E-01	5.8E-02	1.8E-02	6.0E-03	1.8E-03	6.0E-04	1.8E-04	6.0E-05	1.8E-05	6.0E-06	1.8E-06	6.0E-07	1.8E-07	6.0E-08
10000		8.6E-01	4.5E-01	1.8E-01	5.8E-02	2.0E-02	6.0E-03	2.0E-03	6.0E-04	2.0E-04	6.0E-05	2.0E-05	6.0E-06	2.0E-06	6.0E-07	2.0E-07	6.0E-08
30000	Drinkwater	30000	1.0E+00	8.3E-01	4.5E-01	1.6E-01	5.8E-02	1.8E-02	6.0E-03	1.8E-03	6.0E-04	1.8E-04	6.0E-05	1.8E-05	6.0E-06	1.8E-06	6.0E-07
100000		1.0E+00	1.0E+00	8.6E-01	4.5E-01	1.8E-01	5.8E-02	2.0E-02	6.0E-03	2.0E-03	6.0E-04	2.0E-04	6.0E-05	2.0E-05	6.0E-06	2.0E-06	6.0E-07
300000		1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00	8.3E-01	4.5E-01	1.6E-01	5.8E-02	1.8E-02	6.0E-03	1.8E-03	6.0E-04	1.8E-04	6.0E-05	1.8E-05	6.0E-06	6.0E-06

Tabel B.3.5 Het jaarrisico ten gevolge van ingestie van huishoudwater met Enterovirussen als functie van het ingestievolume en de waterconcentratie van dit micro-organisme.

Tabel B.3.5		Micro-organisme: Enterovirus															
	Ingestie (ml/jaar)	Concentratie (n/l)															
		3.E+00	1.E+00	3.E-01	1.E-01	3.E-02	1.E-02	3.E-03	1.E-03	3.E-04	1.E-04	3.E-05	1.E-05	3.E-06	1.E-06	3.E-07	
Ingestie	▲	1.8E-02	6.0E-03	1.8E-03	6.0E-04	1.8E-04	6.0E-05	1.8E-05	6.0E-06	1.8E-06	6.0E-07	1.8E-07	6.0E-08	1.8E-08	6.0E-09	1.8E-09	
Toilet- spoeling	▲	5.3E-02	1.8E-02	5.4E-03	1.8E-03	5.4E-04	1.8E-04	5.4E-05	1.8E-05	5.4E-06	1.8E-06	5.4E-07	1.8E-07	5.4E-08	1.8E-08	5.4E-09	
Was- machine	▲	1.6E-01	5.8E-02	1.8E-02	6.0E-03	1.8E-03	6.0E-04	1.8E-04	6.0E-05	1.8E-05	6.0E-06	1.8E-06	6.0E-07	1.8E-07	6.0E-08	1.8E-08	
Buiten- kraan	▲	4.2E-01	1.6E-01	5.3E-02	1.8E-02	5.4E-03	1.8E-03	5.4E-04	1.8E-04	5.4E-05	1.8E-05	5.4E-06	1.8E-06	5.4E-07	1.8E-07	5.4E-08	
	▲	8.3E-01	4.5E-01	1.6E-01	5.8E-02	1.8E-02	6.0E-03	1.8E-03	6.0E-04	1.8E-04	6.0E-05	1.8E-05	6.0E-06	1.8E-06	6.0E-07	1.8E-07	
	▲	9.9E-01	8.3E-01	4.2E-01	1.6E-01	5.3E-02	1.8E-02	5.4E-03	1.8E-03	5.4E-04	1.8E-04	5.4E-05	1.8E-05	5.4E-06	1.8E-06	5.4E-07	
	▲	1.0E+00	1.0E+00	8.3E-01	4.5E-01	1.6E-01	5.8E-02	1.8E-02	6.0E-03	1.8E-03	6.0E-04	1.8E-04	6.0E-05	1.8E-06	6.0E-06	1.8E-06	
	▲	1.0E+00	1.0E+00	9.9E-01	8.3E-01	4.2E-01	1.6E-01	5.3E-02	1.8E-02	5.4E-03	1.8E-03	5.4E-04	1.8E-04	5.4E-05	1.8E-05	5.4E-06	
	▲	1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00	8.3E-01	4.5E-01	1.6E-01	5.8E-02	1.8E-02	6.0E-03	1.8E-03	6.0E-04	1.8E-04	6.0E-05	1.8E-05	
Drinkwater	▲	1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00	9.9E-01	8.3E-01	4.2E-01	1.6E-01	5.3E-02	1.8E-02	5.4E-03	1.8E-03	5.4E-04	1.8E-04	5.4E-05	

Tabel B.3.6 Het jaarrisico ten gevolge van ingestie van huishoudwater met *Campylobacter* als functie van het ingestievolume en de waterconcentratie van dit micro-organisme.

Tabel B.3.6 Micro-organisme: *Campylobacter*

Ingestie (ml/jaar)	Concentratie (n/l)	Concentratie															
		3.E+05	1.E+05	3.E+04	1.E+04	3.E+03	1.E+03	3.E+02	1.E+02	3.E+01	1.E+01	3.E+00	1.E+00	3.E-01	1.E-01	3.E-02	
Ingestie	10	1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00	8.5E-01	4.3E-01	1.7E-01	5.6E-02	1.9E-02	5.7E-03	1.9E-03	5.7E-04	1.9E-04	5.7E-05	1.9E-05	5.7E-06	
Toilet- spoeling	30	1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00	8.2E-01	4.3E-01	1.6E-01	5.6E-02	1.7E-02	5.7E-03	1.7E-03	5.7E-04	1.7E-04	5.7E-05	1.7E-05	
Was- machine	100	1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00	8.5E-01	4.3E-01	1.7E-01	5.6E-02	1.89E-02	5.7E-03	1.9E-03	5.7E-04	1.9E-04	5.7E-05	
Buiten- kraan	300	1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00	8.2E-01	4.3E-01	1.6E-01	5.6E-02	1.7E-02	5.7E-03	1.7E-03	5.7E-04	1.7E-04	
	1000	1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00	8.5E-01	4.3E-01	1.7E-01	5.6E-02	1.9E-02	5.7E-03	1.9E-03	5.7E-04	
	3000	1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00	8.2E-01	4.3E-01	1.6E-01	5.6E-02	1.7E-02	5.7E-03	1.7E-03	
	10000	1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00	8.5E-01	4.3E-01	1.7E-01	5.6E-02	1.9E-02	5.7E-03	
	30000	1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00	8.2E-01	4.3E-01	1.6E-01	5.6E-02	1.7E-02	
	100000	1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00	8.5E-01	4.3E-01	1.7E-01	5.6E-02	
	300000	1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00	8.2E-01	4.3E-01	1.6E-01	
Drinkwater																	