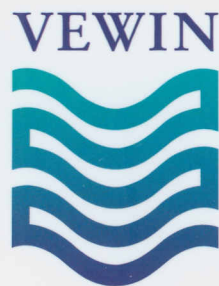


Microbiologische veiligheid van huishoudwater

*Voor toepassing van toilet,
wassen kleding en buitenkraan*

VERENIGING VAN EXPLOITANTEN VAN WATERLEIDINGBEDRIJVEN IN NEDERLAND



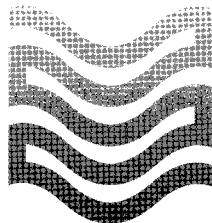
kiwa

SWE 99.010

Microbiologische veiligheid van huishoudwater

*Voor toepassing van toilet,
wassen kleding en buitenkraan*

VEWIN



OPDRACHTGEVER

Bedrijfstaking waterleidingbedrijven

OPDRACHTNUMMER

11.1218.052

AUTEURS

G.J. Medema, A. Brouwer, M. de Graaf

AFDELING

Chemie & Biologie

Nieuwegein, oktober 1999

kiwa

Onderzoek en Advies

Groningenhaven 7
Postbus 1072
3430 BB Nieuwegein
Telefoon (030) 60 69 511
Telefax (030) 60 61 165

ISBN 90-74741-75-4

© 1999 Kiwa N.V.

Niets uit dit drukwerk mag worden veeleenvoudigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie, microfilm of welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Kiwa N.V., noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

SWE 99.010

INHOUDSOPGAVE

| | |
|----------------------------------------------------------------------|----|
| SAMENVATTING | 3 |
| VOORWOORD..... | 6 |
| 1 INLEIDING | 7 |
| 1.1 Uitgangspunten microbiologische veiligheid..... | 7 |
| 1.2 Keuze uitgangspunt..... | 8 |
| 1.3 Beleidskader..... | 8 |
| 2 DOEL ONDERZOEK..... | 9 |
| 3 AANPAK | 10 |
| 3.1 Toiletgebruik..... | 10 |
| 3.2 Wasdrogers | 12 |
| 3.3 Tuin/auto sproeien | 15 |
| 3.4 Aërosolbemonstering | 15 |
| 3.5 Blootstellingsanalyse | 17 |
| 4 RESULTATEN BLOOTSTELLINGSONDERZOEK | 18 |
| 4.1 Toiletspoeling | 18 |
| 4.2 Wassen kleding | 20 |
| 4.3 Gebruik buitenkraan | 23 |
| 5 KWALITEITSRICHTLIJN HUISHOUDWATER..... | 25 |
| 5.1 10^{-4} infectierisico als uitgangspunt | 25 |
| 5.2 Maximale dosis pathogene micro-organismen | 25 |
| 5.3 Berekening kwaliteitsrichtlijnen huishoudwater..... | 26 |
| 6 CONCLUSIES | 28 |
| 7 DISCUSSIE | 29 |
| 8 HOE KAN DE VEILIGHEID VAN HUISHOUDWATER WORDEN AANGETOOND?..... | 30 |
| LITERATUUR..... | 31 |

SAMENVATTING

Aanleiding

Een belangrijke randvoorwaarde voor huishoudwaterprojecten is het uitgangspunt dat het gezondheidsrisico, net als voor drinkwater, verwaarloosbaar moet zijn. Daarbinnen nemen de gezondheidsrisico's door ziekteverwekkers een centrale plaats in. De huishoudwaterkwaliteit die vanuit dit oogpunt wordt gevraagd bepaalt de dimensionering van zuivering en daarmee een deel van de kosten van huishoudwatersystemen.

De kwaliteitsrichtlijnen voor huishoudwater kunnen soepeler zijn dan voor drinkwater, omdat de consument in veel mindere mate wordt blootgesteld aan huishoudwater. De microbiologische kwaliteitsrichtlijnen voor huishoudwater moeten daarom worden afgeleid van de (mindere) mate waarin de consument wordt blootgesteld aan huishoudwater. Om dit te kunnen doen moet de blootstelling aan huishoudwater via de verschillende toepassingen worden vastgesteld.

Dit uitgangspunt is hetzelfde als door RIVM is gehanteerd in rapport 289202019 "Gezondheidsrisico's en normstelling voor huishoudwater", waarin ook wordt aanbevolen de blootstelling aan huishoudwater te onderzoeken als basis voor kwaliteitsrichtlijnen.

Doel

Het doel van dit onderzoek was:

- het vaststellen van de mate van blootstelling van de gebruikers van huishoudwater aan micro-organismen via aërosolen die ontstaan bij toiletgebruik, sproeien vanuit de buitenaansluiting (tuin/auto/hogedrukspuit), het drogen van kleding in wasdrogers en via contact met natte was. Het gebruik van de buitenkraan voor het vullen van kinderbades is uitgesloten, omdat dit gezien wordt als "verkeerd gebruik".
- op basis van deze blootstellingsniveaus opstellen van kwaliteitsrichtlijnen waarbij het infectierisico via huishoudwater verwaarloosbaar is.

Werkwijze

Omdat de concentratie micro-organismen die in huishoudwater voorkomt te laag om de blootstelling betrouwbaar vast te stellen, is huishoudwater (WRK-water) kunstmatig besmet met hoge niveaus aan modelorganismen. De micro-organismen die zijn geselecteerd (MS2-fagen, sporen van *Clostridium bifermentans* en *Escherichia coli*) zijn gebruikt als model voor pathogene micro-organismen.

Het hoogbesmette huishoudwater is gebruikt voor spoelen van het toilet, het naspoelen van gewassen kleding en voor het sproeien van de tuin en bij deze toepassingen is de concentratie micro-organismen in de lucht gemeten. Daarbij is de toepassing zo realistisch mogelijk benaderd, waarbij telkens gekozen is voor de meest conservatieve opzet, dat wil zeggen, de opzet waarbij de kans om micro-organismen terug te vinden zo hoog mogelijk was.

Blootstelling aan micro-organismen via toiletspoeling, wassen kleding en buitenkraan

Met de kunstmatig zeer hoge besmettingsgraad van huishoudwater leidde

- het toepassen van huishoudwater voor toiletspoeling niet of nauwelijks tot een concentratieverhoging van *E.coli* en MS2-fagen. Er was wel een verhoging van het gehalte aan sporen in de lucht meetbaar.
- het drogen van kleding in wasdrogers niet of nauwelijks tot een verhoging van de concentratie micro-organismen in de lucht in de directe nabijheid van de droger of in de condensopvangbak. Overdracht van micro-organismen via handcontact met de natte was was laag maar wel meetbaar.

- het versproeien van huishoudwater via een tuinslang met sproeikop of hogedrukspuit tot een duidelijk meetbare verhoging van de concentraties van alle geteste micro-organismen in de lucht in de directe omgeving van de sproeitraal, met name bij de hogedrukspuit.

Aangenomen dat de gevonden resultaten lineair kunnen worden geëxtrapoleerd naar de lage besmettingsgraad van huishoudwater onder praktijkcondities, is de verwachting dat indien de concentraties in het huishoudwater > 1000x lager zijn dan hier is aangelegd er geen verhoging in de lucht meetbaar zal zijn via toiletspoeling, wasdrogers, huidcontact met natte was en de tuinslang met sproeikop. Alleen voor de hogedrukspuit zullen de concentraties nog lager moeten liggen. Aangezien de concentratie in huishoudwater in bijvoorbeeld de Leidsche Rijn ca 100.000 – 10.000.000x (data WRK) lager liggen dan de hier aangebrachte concentraties, geven deze resultaten geen aanleiding om te veronderstellen dat gebruik van dit water voor de geteste toepassingen zal leiden tot onacceptabele risico's.

Kwaliteitsrichtlijnen huishoudwater

Op basis van de blootstellingresultaten van dit onderzoek is berekend welke concentraties pathogene bacteriën, virussen en protozoa in huishoudwater maximaal toelaatbaar zijn om het gezondheidsrisico via de verschillende toepassingen verwaarloosbaar te laten zijn. Daarbij blijkt toiletspoeling voor *Cryptosporidium*, *Giardia* en virussen de hoogste eisen te stellen aan de huishoudwaterkwaliteit, niet vanwege de hoge mate, maar vanwege de hoge frequentie van blootstelling. Voor *Campylobacter* stelt de hogedrukspuit de hoogste eisen aan de kwaliteit. Vanuit de toepassingen met de hoogste eisen zijn kwaliteitsrichtlijnen opgesteld voor huishoudwater, waarbij voor alle toepassingen wordt voldaan aan het 10^4 infectierisico (Tabel s.1).

Tabel s.1. Kwaliteitsrichtlijn huishoudwater waarbij wordt voldaan aan het maximale infectierisico van 10^4 per persoon per jaar

| Maximale concentratie in huishoudwater (n/l) | | | |
|-------------------------------------------------|----------------|-------|----------------------|
| <i>Cryptosporidium</i> | <i>Giardia</i> | Virus | <i>Campylobacter</i> |
| 0,1 | 0,3 | 0,05 | 1,5 |

De rekenwijze die is toegepast om te komen tot deze richtlijnen is conservatief (hoogst gemeten concentratie micro-organismen in de lucht, op de plaatsen waar de aërosolconcentratie het hoogst was) en er is een veiligheidsfactor 10 opgenomen vanwege de onzekerheid in de bepaling van de blootstelling. Daarenboven zat al een veiligheidsfactor 10 in de wijze waarop in de beleidsnotitie van VROM het 10^4 infectierisico wordt omgerekend naar de richtwaarden voor de waterkwaliteit, vanwege onzekerheden in de variatie van de vatbaarheid van mensen voor ziekteverwekkers en variatie van de infectiviteit van verschillende stammen van ziekteverwekkers.

Toepassing

Om aan te tonen dat in een huishoudwaterproject veilig huishoudwater gaat worden geleverd kan in de ontwerpfase en/of in een proeftraject de microbiologische kwaliteit van de grondstof worden geïnventariseerd. De inventarisatie van de concentratie *Cryptosporidium*, *Giardia*, virussen en *Campylobacter* (deze laatste met name bij regenwatersystemen) kan worden gebruikt om de zuivering te dimensioneren: deze moet in staat zijn de concentratie in de grondstof te verlagen tot beneden de kwaliteitsrichtlijn.

Over de verwijdering van micro-organismen door zuiveringsprocessen is vanuit de ervaring in de drinkwatersector al veel informatie beschikbaar. Voor het aantonen van de verwijderingscapaciteit zijn surrogaatparameters (sporen van sulfietreducerende clostri-

dia, bacteriofagen) beschikbaar. Dit is nader uitgewerkt in SWI 98.192 "Bereiding van microbiologisch veilig huishoudwater".

Aanbevelingen

Hoewel de gemiddelde blootstelling over het jaar beperkt is, blijkt bij de hoge drukspuit de incidentele blootstelling aanzienlijk te kunnen zijn. Dit kan worden voorkomen door voor deze specifieke toepassing te adviseren drinkwater te gebruiken.

De gezondheidsrisico's die worden veroorzaakt door opportunistische ziekteverwekkers (zoals *Legionella*) die zich kunnen vermeerderen in het leidingnet en de binneninstallaties waren geen onderdeel van deze studie, maar verdienen nog wel de nodige aandacht voor huishoudwater.

Voor twee aannames in dit onderzoek is weinig tot niets bekend in de wetenschappelijke literatuur: lineaire extrapolatie van de resultaten met kunstmatig sterk verhoogde concentraties naar praktijkniveaus en de modelorganismen die zijn gebruikt zijn goede surrogaten voor het gedrag van de relevante ziekteverwekkers via aerosolen. Beide aannames kunnen in de laboratoriumsetting worden gestaafd.

VOORWOORD

Dit project is uitgevoerd in het kader van het Bedrijfstakonderzoek Waterleidingbedrijven binnen het aandachtsveld Ander Water en is begeleid door de werkgroep Ander Water. Het huishoudwater dat is gebruikt is het huishoudwater zoals dat voor het project Leidsche Rijn zal worden gebruikt (WRK-water). WMN en WRK waren daarmee ook direct bij dit onderzoek betrokken.

Voor het onderzoek naar de blootstelling aan micro-organismen in huishoudwater via toiletputten is gebruik gemaakt van de faciliteiten van Kiwa C&K, met behulp van A. van Droffelaar en K. Pantophlet van C&K/DWI.

In het kader van het overleg tussen Inspectie Milieuhygiëne en WMN zijn de resultaten van dit onderzoek voorgelegd aan het RIVM. RIVM heeft aangegeven de resultaten, berekeningswijze en kwaliteitsrichtlijnen te onderschrijven.

1 INLEIDING

In de discussies en verhandelingen over kwaliteitseisen van huishoudwater neemt de microbiologische betrouwbaarheid een belangrijke plaats in. Hoewel de blootstelling van de consument aan verontreinigingen in huishoudwater zeer beperkt is, kunnen ziekteverwekkende micro-organismen bij incidentele blootstelling al aanleiding geven tot acute gezondheidsrisico's, terwijl voor toxische stoffen meestal pas risico's ontstaan bij chronische blootstelling.

Er zijn voor drink- en huishoudwater twee typen microbiologische risico's te onderscheiden:

1. Ziekteverwekkers die in het water terecht kunnen komen als het besmet wordt met fecaal materiaal van mens of dier. Deze ziekteverwekkers komen in oppervlaktewater voor en de zuivering dient ze afdoende te verwijderen. Voorbeelden hiervan zijn *Cryptosporidium*, *Giardia*, *Campylobacter* en virussen. Dit onderzoek richt zich op de risico's die worden veroorzaakt door deze groep ziekteverwekkers.
2. Opportunistische ziekteverwekkers die in het water aanwezig kunnen zijn omdat het hun natuurlijke habitat is, waarin ze zich onder bepaalde omstandigheden (temperatuur, voedingsstoffen, verblijftijd) kunnen vermenigvuldigen. Voorbeelden hiervan zijn *Legionella*, *Aeromonas*, *Pseudomonas*, *Mycobacterium* en *Acanthamoeba*. Tegen deze ziekteverwekkers moeten vooral preventieve maatregelen worden genomen (aanleg en beheer binneninstallaties (temperatuur, materiaalkeuze, verblijftijden), verwijdering zo veel mogelijk voedingsstoffen uit het water). De wijze waarop de kans op vermeerdering van deze ziekteverwekkers in huishoudwatersystemen moet worden geminimaliseerd verdient nog de nodige aandacht, maar is geen onderwerp van dit onderzoek.

1.1 Uitgangspunten microbiologische veiligheid

Er zijn verschillende benaderingen van de wijze waarop de microbiologische veiligheid voor ziekteverwekkers van fecale herkomst moet worden ingevuld:

- hanteren van de drinkwater-eisen
- hanteren van de benadering dat het gezondheidsrisico verwaarloosbaar (infectierisico $<10^{-4}$ per persoon per jaar) moet zijn
- hanteren van de zwemwater-eisen
- hanteren van specifieke eisen voor huishoudwater (zoals in diverse Staten van de VS gebeurt).

Keuze voor de drinkwater-eisen neemt het zekere voor het onzekere, maar doet geen recht aan het feit dat huishoudwater juist wordt toegepast voor laagwaardige toepassingen (lees toepassingen met een lage blootstelling). Dergelijke eisen betekenen dat huishoudwaterprojecten minder snel economisch rendabel worden.

Uitgaan van de verwaarloosbaar risico-benadering doet wel recht aan het karakter van huishoudwater, de (zeer lage) blootstelling aan huishoudwater ten opzichte van drinkwater maakt dat de eisen voor huishoudwater evenredig lichter zullen zijn. Voor de uitvoering van deze benadering ontbreken wel gegevens over de blootstellingsniveaus bij de verschillende toepassingen van huishoudwater.

De zwemwater-eisen zijn opgesteld voor de bescherming van de zwemmers, die zichzelf incidenteel blootstellen aan microbiologisch verontreinigd zwemwater. In die zin lijkt de blootstelling op blootstelling aan huishoudwater via het kinderbadje. Waterbeheerders geven altijd aan dat zwemmen in oppervlaktewater voor eigen risico is. Een dergelijke

uitspraak is voor huishoudwater dat toegepast wordt op de buitenkraan niet mogelijk, gezien de aansprakelijkheid van de leverancier. Daarnaast staat de zwemwaternorm ter discussie, omdat zwemmers een aantoonbaar gezondheidsrisico lopen in zwemwater dat aan deze norm voldoet.

Voor het opstellen van specifieke eisen zoals in de VS gebeurt zijn uitgangspunten nodig. Onduidelijk is op welke basis de eisen in de VS zijn geformuleerd en hoe deze te vertalen zijn naar de Nederlandse situatie.

1.2 Keuze uitgangspunt

Voor het vaststellen van de microbiologische veiligheid van drinkwater wordt door de Nederlandse waterleidingbedrijven en de overheid al een aantal jaren de risico-benadering gehanteerd, waarbij wordt uitgegaan van een verwaarloosbaar risico niveau van 1 infectie per 10.000 personen per jaar. Deze benadering wordt mogelijk in de nieuwe Waterleidingwet opgenomen.

In dit onderzoek wordt voor de gezondheidsaspecten van huishoudwater uitgegaan van de benadering dat, analoog aan drinkwater, het risico verwaarloosbaar moet zijn. De microbiologische normen voor huishoudwater moeten worden afgeleid van de mate waarin de consument wordt blootgesteld aan huishoudwater. Om dit te kunnen doen moet de blootstelling aan huishoudwater via de verschillende toepassingen worden vastgesteld.

Dit uitgangspunt is hetzelfde als is voorgesteld in het RIVM-rapport 289202019 “Gezondheidsrisico’s en normstelling voor huishoudwater”, waarin wordt aanbevolen de blootstelling aan huishoudwater te onderzoeken als basis voor kwaliteitsrichtlijnen.

In dit rapport wordt het onderzoek naar de blootstelling beschreven dat in het kader van het BTO in 1997-1998 is uitgevoerd. De onderzoeksresultaten zijn gebruikt voor het opstellen van richtlijnen voor de microbiologische kwaliteit van huishoudwater waarbij het gezondheidsrisico verwaarloosbaar is. Ook wordt, eveneens analoog aan drinkwater, aangegeven op welke wijze kan worden aangetoond dat huishoudwater voldoet aan deze richtniveaus.

1.3 Beleidskader

Het Ministerie van VROM heeft het genoemde RIVM-rapport als uitgangspunt gebruikt voor het opstellen van de Beleidsnotitie Huishoudwater. In de beleidsnotitie wordt aangegeven dat bij toepassing van huishoudwater voor toiletspoeling en wasmachine geen onaanvaardbare gezondheidsrisico’s worden verwacht, maar dat nader onderzoek informatie moet verschaffen over de aan te houden kwaliteitseisen. Ten aanzien van het gebruik van huishoudwater voor de buitenkraan wordt aangegeven dat er nog onzekerheden zijn die nader onderzoek verlangen en dat er discussie is over de kans op (on)bewust verkeerd gebruik, terwijl de bijdrage van de buitenkraan aan de vervanging van drinkwater slechts enkele procenten bedraagt.

In dit onderzoek is gekeken naar de blootstelling via toiletspoeling, wasmachine (met name contact met wasgoed na wassen en vorming aerosolen via wasdrogers) en de buitenkraan voor sproeien van de tuin / auto en gebruik in een hogedrukspuit. Het gebruik van de buitenkraan voor het vullen van een kinderbadje wordt, vanwege de kans dat de kinderen veel water binnenkrijgen, aangemerkt als verkeerd gebruik en is dus niet opgenomen in het onderzoek.

2 DOEL ONDERZOEK

Het doel van dit onderzoek was het vaststellen van de blootstelling van de gebruikers van (huishoud)water aan micro-organismen via aerosolen die ontstaan bij toiletgebruik, het drogen van kleding in drogers en via het sproeien vanuit een buitenaansluiting (tuin/auto/hoge drukspuit).

Met deze blootstellingsniveaus is, op basis van de uitgangspunten die worden gehanteerd voor de veiligheid van drinkwater, vastgesteld bij welke microbiologische kwaliteit van huishoudwater wordt voldaan aan het 10^{-4} infectierisico.

Nevendoelstelling was om richting te geven aan bedrijven die onderzoeken of en vanuit welke bron met welke zuivering huishoudwater kan worden gemaakt op welke wijze zij de microbiologische veiligheid van het scenario/de scenario's kunnen aantonen. Dit is nader uitgewerkt in SWI 98.192 "Bereiding van microbiologisch veilig huishoudwater".

3

AANPAK

Omdat de blootstelling aan micro-organismen via de genoemde routes naar verwachting zeer laag is, is de concentratie micro-organismen die in huishoudwater voorkomt te laag om de blootstelling betrouwbaar vast te stellen. Daarom wordt gebruik gemaakt van huishoudwater (WRK-water) dat kunstmatig besmet is met hoge niveaus aan micro-organismen. De volgende micro-organismen zijn hiervoor geselecteerd:

- F-specifieke RNA fagen (MS2-fagen), een bacterievirus, persistent in aërosolen, als model voor virussen
- sporen van *Clostridium bifermentans*, sporen, zijn zeer persistente micro-organismen, als model voor persistente pathogenen zoals *Cryptosporidium*.
- *Escherichia coli*, de fecale bacterie, als model voor pathogene bacteriën.

Dit hoogbesmette huishoudwater is gebruikt voor spoelen van het toilet, het naspoelen van gewassen kleding en voor het sproeien van de tuin en bij deze toepassingen is de concentratie micro-organismen in de lucht gemeten. Daarbij is de toepassing zo realistisch mogelijk benaderd, waarbij telkens gekozen is voor de meest conservatieve opzet, dat wil zeggen, de opzet waarbij de kans om micro-organismen terug te vinden zo hoog mogelijk was (als voorbeelden: bij wasdrogers is zo dicht mogelijk op de luchtuitlaat gemeten; bij tuinsproeien direct benedenwinds van de sproeitraal en bij toiletspoeling is eerst een aantal malen voorgespoeld).

In de navolgende paragrafen wordt per toepassing beschreven hoe de experimenten zijn uitgevoerd.

3.1 Toiletgebruik

Omdat niet bekend is of er een verband is tussen type toiletpot en aërosolvorming zijn er verschillende typen toiletputten getest:

- Met en zonder Kiwa keur
- Schoteltoilet en diepspoeler
- Duoblok en losse pot

Tabel 1. Aantal geteste potten per type

| Soort | Type | Met Kiwa-keur | Zonder Kiwa-keur |
|---------------------------|---------------|---------------|------------------|
| Losse pot met ijkstortbak | Diepspoeler | 2 | 2 |
| | Schoteltoilet | 2 | 2 |
| Duoblokken | Diepspoeler | 1 | 1 |
| | Schoteltoilet | 1 | 1 |

Omgeving

De losse potten zijn gemonteerd op de opstelling met de ijkstortbak van Kiwa C&K. Door middel van een fysische barrière is ervoor gezorgd dat het besmette water dat onder uit de opstelling komt niet af kon vloeien naar het drinkwater-opvangreservoir van C&K. Het spoelwater is opgevangen in een losse opvangbak en geloosd op het riool.

Om de omstandigheden in een toiletruimte zo goed mogelijk na te bootsen is de toiletstelling omgeven door een aantal scheidingswandjes.

Water

Het water dat werd gebruikt voor de spoeling was huishoudwater zoals dat in project Leidsche Rijn toegepast gaat worden. Daarvoor is afpompstation een monster water genomen van pompstation Cornelis Biemond van WRK. Dit werd een dag voor de experimenten naar Kiwa C&K vervoerd.

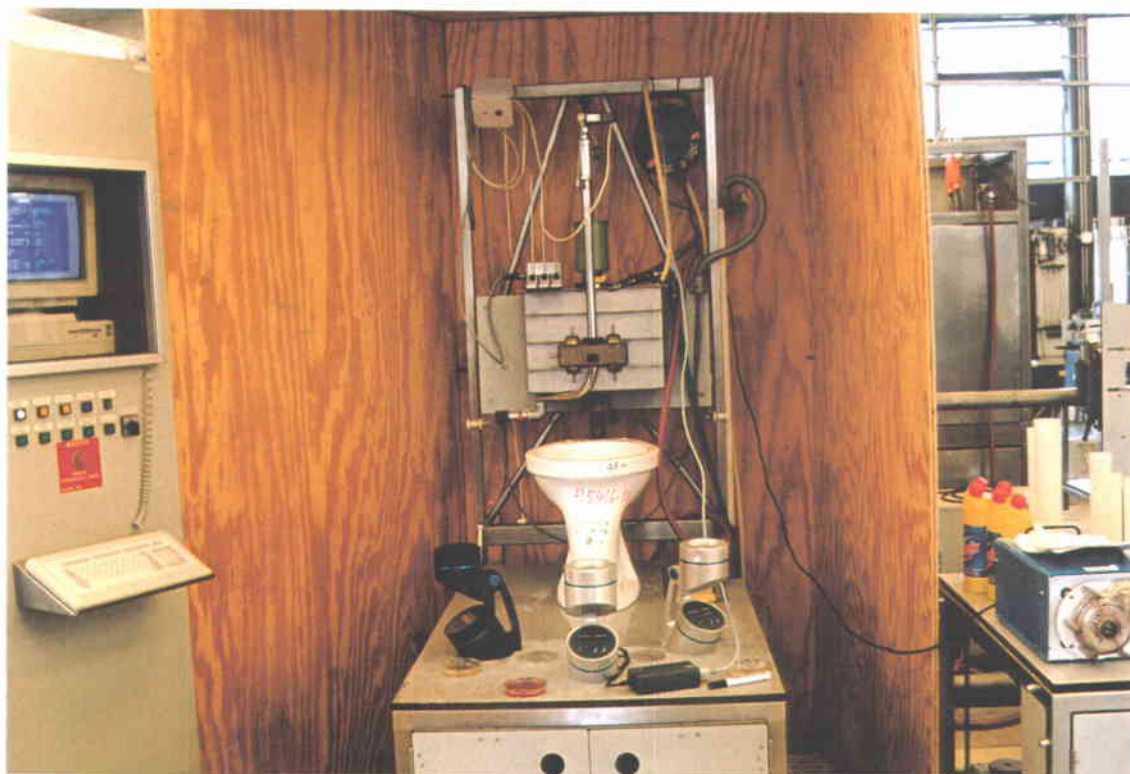
Micro-organismen

Het huishoudwater werd vooraf besmet met *E.coli*, MS2 fagen en sporen van *C.bifermentans*. De micro-organismen werden aangemaakt in aparte suspensies in flessen van 0,5 liter met concentraties van ca 10^7 per ml voor *E.coli* en MS2 en 10^{5-6} per ml voor sporen. Deze suspensie werd verdund in huishoudwater tot eindconcentratie in spoelwater van ca 10^5 per ml.

Testopzet

De spoelbak van elke pot is na montage van de opstelling eerst gevuld met 6 liter drinkwater en gespoeld om te testen op werking en lekkage. Op dat moment zijn ook de drie blanco luchtmonsters tegelijkertijd genomen en onderzocht op *E.coli*, MS2 fagen en sporen.

Daarna werd de stortbak gevuld met 6 liter besmet huishoudwater en is het toilet doorgespoeld. Bij het opvangen en afvoeren van het spoelwater is ervoor gezorgd dat geen aerosolen in de lucht rondom de testopstelling werden gebracht door afschermen van de tusseruimte tussen opvangbak en uitgang toiletpot met huishoudfolie en weggoaien



Afbeelding 1. Testopstelling toiletpotten bij Kiwa C&K, met drie aërosolsamplers

opgevangen spoelwater in andere ruimte. Het doorspoelen is nog drie maal herhaald. Ten tijde van de derde en vierde spoeling zijn tegelijkertijd drie luchtmonsters van 1000 liter (duur ca 10 minuten per spoeling) genomen voor onderzoek op *E.coli*, MS2 fagen en sporen van sulfietreducerende clostridia (zie afbeelding 1). Naast de spoeling zelf kunnen ook andere waterbewegingen (urineren) in de pot leiden tot aërosolvorming. Om dit na te bootsen werd na de vierde spoeling en bijbehorende luchtbemonstering 0,5 liter drinkwater van ca 0,5 m boven de bovenrand van de toiletpot in het spoelwater in het waterslot gegoten vanuit een trechter met een zeer smalle uitstroomopening. Tegelijkertijd zijn drie luchtmonsters genomen voor onderzoek als hierboven aangegeven. Na de bemonstering is de spoelbak nog twee keer nagespoeld met drinkwater (nog steeds opgevangen en apart afgevoerd op riool). Vervolgens werd de spoelbak gevuld met drinkwater en is chloorbleekloog toegevoegd volgens voorschrift op de fles. Na 5 minuten contacttijd is nogmaals doorgespoeld, en na nog 5 minuten twee keer nagespoeld.

3.2 Wasdrogers

Verschillende typen wasdrogers zijn beladen met een kledingpakket dat bestaat uit katoen, wol en synthetisch materiaal. De kleding is vooraf een uur ingeweekt in huishoudwater (WRK-water) dat kunstmatig is besmet met F-specifieke RNA-fagen, *Escherichia coli* en sporen van *Clostridium bifermentans* en in een wasmachine bij 900 toeren per minuut gecentrifugeerd, het toerental waar de meeste wasmachines minimaal op centrifugerend. De drogers zijn ingesteld op een droogproces bij lage temperatuur (strijkdroog).

Drogers

Er zijn voor dit onderzoek verschillende wasdrogers gebruikt (Tabel 2).

Tabel 2. Wasdrogers die zijn gebruikt voor het onderzoek

| Wasdroger | Type |
|-------------------|---------------|
| Miele T491 | Luchtdroger |
| Siemens C6 | Luchtdroger |
| Frigidiare FR514 | Luchtdroger |
| Miele T495 C | Condensdroger |
| Siemens C7 | Condensdroger |
| Zanussi TCS 674 E | Condensdroger |

Omgeving

De drogers zijn naast elkaar opgesteld in een ruimte waar niet met de gedoseerde micro-organismen werd gewerkt, zodat de achtergrond zo laag mogelijk was. De wasmachine werd naast de drogers opgesteld en het afvoerwater werd buiten de ruimte op het riool geloosd om aërosolvorming in de ruimte te voorkomen.

Water

Het water dat werd gebruikt voor de spoeling was huishoudwater zoals dat in project Leidsche Rijn toegepast gaat worden. Daarvoor is af-pompstation een monster water genomen van pompstation Cornelis Biemond van WRK (punt GE-Oost).

Micro-organismen

Het huishoudwater werd vooraf besmet met F-specifieke RNA-fagen, *Escherichia coli* en sporen van *Clostridium bifermentans*. De micro-organismen werden aangemaakt in aparte suspensies. In een vat met 10 liter huishoudwater het water zijn *E.coli* en MS2 fagen verdund tot een concentratie van $1 \cdot 10^6$ KVE/ml of PVE/ml. Sporen van *C. bifermentans* zijn verdund tot een concentratie van $5 \cdot 10^4$ KVE/ml.

Testopzet

Pakketten van 1,5 of 5 kg zijn samengesteld uit kleding van verschillende materialen: wol, katoen, synthetisch materiaal. Deze pakketten zijn een half uur ondergedompeld in het besmette huishoudwater (afbeelding 2).



Afbeelding 2. Weken van wasgoedpakket in kunstmatig besmet huishoudwater.

Daarna zijn de kledingstukken nat overgebracht in de wasmachine en gecentrifugeerd bij 900 toeren per minuut volgens het standaardprogramma. Daarna zijn de kledingstukken overgebracht in de wasdroger. De droger werd ingesteld op het programma waarbij de temperatuur van de drogerlucht zo laag mogelijk was om afsterving zo minimaal mogelijk te houden (Tabel 3).

Tijdens het droogproces zijn bij de luchtuitlaat van de droger, of in het geval van een condensdroger bij de deur en condensopvangbak, luchtmonsters genomen van 100-1000 liters genomen en onderzocht op het voorkomen van deze micro-organismen (afbeelding 3 en 4). Dit onderzoek is per droger in duplo uitgevoerd. Daarnaast is bij de condensdrogers de condens die is opgevangen in de opvangbak onderzocht.

Tabel 3. Droogprogramma's die zijn gebruikt in dit onderzoek

| Wasdroger | Programma |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Miele T491 | Bonte en witte was Strijkdroog bij een lage temperatuur |
| Siemens C6 | Strijkdroog bij een lage temperatuur |
| Frigidiare FR514 | Katoen en linnen 1,5 kg wasgoed 30 minuten 5 kg wasgoed 60 minuten |
| Miele T495 C | Bonte en witte was Strijkdroog bij een lage temperatuur |
| Siemens C7 | Strijkdroog bij een lage temperatuur |
| Zanussi TCS 674 E | Katoen en linnen Strijkdroog bij een lage temperatuur |



Afbeelding 3. Aërosolsampler bij de luchtuitlaat van een luchtdroger.

Huidcontact

Bij het overbrengen van wasgoed van de wasmachine in de droger is het aantal micro-organismen dat daarbij op de huid wordt overgebracht onderzocht. Daarvoor werden bij het overbrengen van het wasgoed latex handschoenen gedragen en is een vinger van deze handschoenen uitgestreken op de media voor *E.coli*, MS2 en *C.bifermentans* (een vinger elk).



Afbeelding 4. Aërosolsampler bij de condensopvangbak en deur van een condensdroger.

3.3 Tuin/auto sproeien

Dit onderzoek is uitgevoerd door een tuinslang met sproeikop aan te sluiten op een vat dat is gevuld met WRK-water dat kunstmatig is besmet met F-specifieke RNA-fagen, *Escherichia coli* en sporen van *Clostridium bifermentans*, zoals in 3.1 en 3.2. Van het huis-houdwater en van de lucht in de omgeving van de sproeikop en benedenwinds van de sproeistraal werd een monster genomen en onderzocht op het voorkomen van deze micro-organismen. Dit onderzoek is in triplo uitgevoerd.

Daarnaast is hetzelfde vat aangesloten op een hoge drukspuit. De hoge drukspuit is aangezet en van de lucht in de omgeving van de sproeikop en benedenwinds van de sproeistraal werd een monster genomen en onderzocht op het voorkomen van deze micro-organismen. Dit onderzoek is in tweevoud uitgevoerd.

Voor en ca. 10 minuten na elke serie luchtmonsters zijn blanco luchtmonsters genomen.

3.4 Aërosolbemonstering

De aërosolbemonstering is uitgevoerd met een Merck MAS 100 aerosol sampler. Daarmee is 100-1000 liter lucht over een agaroppervlak gezogen. Aërosolen groter dan 1 μm botsen door hun traagheid op het agaroppervlak en hechten daaraan. De agarplaat is vervolgens volgens de Kiwa-huisvoorschriften voor bacteriën van de coligroep, sporen van sulfietreducerende clostridia en F-specifieke RNA fagen (toplaag 1 ml met steriel drinkwater) ingezet.

De keuze voor een aërosolbemonsteringsapparaat is vooraf bepaald door het nemen van aërosolmonsters boven actief slib bassins van een rioolwaterzuiveringsinstallatie (de Bilt). De concentraties die daarin zijn aangetroffen met de verschillende aërosolsamplers zijn onderling vergeleken en vergeleken met concentraties die in de literatuur zijn gerapporteerd (Tabel 4).

Tabel 4. Concentratie aëroob koloniegetal en bacteriën van de coligroep in rioolwater en in de lucht rondom rioolwaterzuiveringsinstallaties

| Referentie | Aëroob koloniegetal bij 22°C | Bacteriën van de coligroep |
|-------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| | lucht (aantal/m ³) | lucht (aantal/m ³) |
| DWL, 1979 | 29-787 | 1-14 |
| Northrop <i>et al</i> , 1980 | 60-447 | 0,6-17 |
| Camann <i>et al</i> , 1980 | | 1,7-12,2 |
| Johnson <i>et al</i> , 1980 | 7100-29000 | 3,1-12,4 |
| Clark <i>et al</i> , 1980 | 253-812 | 8-43 |
| Lue-Hing <i>et al</i> , 1980 | 551 | 9 |
| Fannin <i>et al</i> , 1985 | 102-1325 | 0,34-6,8 |
| Sawyer <i>et al</i> , 1993 | 970-2068 | 28-410 |
| Van der Woerdt <i>et al.</i> , 1999 | 1530-3800 | 2,4-79,4 |
| Deze studie: Merck MAS 100 | 980-1200 | 8- 130 |
| Deze studie: Sartorius MD8 | 600-1100* | <1 |

* Oplossen gelatinefilter levert veel onopgeloste deeltjes

De opbrengst van de Merck MAS 100 sampler is daarna voor *Escherichia coli*, sporen van *Clostridium bifermentans* en MS2-fagen als volgt bepaald. Een suspensie van deze organismen in drinkwater is doorborreld met kleine luchtbelletjes, via een siliconenslang met zeer kleine gaatjes. De lucht boven de suspensie werd bemonsterd op aërosolen (100 l) met deze micro-organismen. De afstand tussen vloeistofoppervlak en inlaat aërosolsampler was 25 cm. Op deze afstand boven het vloeistofoppervlak kwamen bij deze beluchting geen spatdruppeltjes voor. De opbrengst staat weergegeven in tabel 5.

Tabel 5. Opbrengst van micro-organismen die vanuit huishoudwater in de lucht zijn gebracht onder sterk aërosolvormende condities.

| Micro-organisme | Concentratie in water (n/ml) | Volume water in lucht (ml) | Concentratie in lucht (n/100l) | Fractie terugvindbaar |
|-------------------------------|------------------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------------|
| <i>E.coli</i> | <0,01 | 8,3 | <1 | - |
| Sporen <i>C. bifermentans</i> | 8 | 8,7 | 13 | 1,6 x 10 ⁻⁵ |
| MS2 faag | 10 | 9,2 | 35 | 3,5 x 10 ⁻⁵ |

3.5 Blootstellingsanalyse

Uit de concentratie micro-organismen in huishoudwater en de concentratie micro-organismen die in de lucht is gemeten bij de verschillende toepassingen, is, per toepassing, vastgesteld welke fractie van micro-organismen in huishoudwater wordt geaërosoliseerd. Door een inschatting te maken van de hoeveelheid lucht die door de consument wordt ingeademd bij de verschillende toepassingen van huishoudwater (op basis van blootstellingstijd en gemiddeld ademvolume) is geschat hoeveel micro-organismen een consument zal binnenkrijgen via deze route. Aangenomen is (worst case) dat al deze micro-organismen ook in het maagdarmkanaal terecht komen.

Vanuit de veiligstelling van drinkwater is bekend welke blootstelling nog acceptabel is om aan een infectierisiconiveau van 1 per 10.000 personen per jaar te voldoen (Voorlopig beleidstandpunt VROM (VROM, 1995)). Met dit blootstellingsniveau en de gegevens over blootstelling aan huishoudwater is voor de verschillende toepassingen berekend bij welke concentratie micro-organismen in huishoudwater nog wordt voldaan aan het maximaal toelaatbare gemiddelde infectierisico van 10^{-4} per persoon per jaar.

4 RESULTATEN BLOOTSTELLINGSONDERZOEK

4.1 Toiletspoeling

Voor de start van de experimenten zijn drie blanco luchtmonsters tegelijkertijd genomen en onderzocht op *E.coli*, MS2 fagen en sporen.

Daarna werd de stortbak gevuld met 6 liter besmet huishoudwater en is het toilet doorgepoeld. Het doorspoelen is nog drie maal herhaald. Ten tijde van de derde en vierde spoeling zijn tegelijkertijd drie luchtmonsters van 1000 liter (duur circa 10 minuten per spoeling) genomen voor onderzoek op *E.coli*, MS2 fagen en sporen van sulfietreducerende clostridia. Daarna is het urineren in de pot nagebootst met een trechter met smalle uitloopopening en tijdens het 'urineren' zijn ook drie luchtmonsters genomen en onderzocht op *E.coli*, MS2 fagen en sporen.

De resultaten staan weergegeven in de tabellen 6 - 8.

Tabel 6. Toiletspoeling - *E.coli*

| Omschrijving | Type | Blanco lucht 1000 l | Concentratie in huishoudwater (n/ml) | Luchtmonster (1000 l) | | |
|--------------|-----------|---------------------|--------------------------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|
| | | | | tijdens spoeling 3 | tijdens spoeling 4 | tijdens 'urineren' |
| A 5450-04 | DS KK | <1 | 110.000 | <1 | <1 | <1 |
| A 5358 | DS KK | <1 | 110.000 | <1 | <1 | <1 |
| A5420-2 | SC KK | <1 | 110.000 | <1 | <1 | <1 |
| A 5466-13 | SC KK | <1 | 110.000 | <1 | <1 | <1 |
| A 5322-05 | DS | <1 | 200.000 | <1 | <1 | <1 |
| A 5470 | DS | 1 | 200.000 | <1 | <1 | <1 |
| A 5257-1 | SC | <1 | 200.000 | <1 | <1 | <1 |
| A 5322-02 | SC | <1 | 440.000 | <1 | 1 | 3 |
| A 5466-8 | DS-duo KK | <1 | 200.000 | <1 | <1 | 1 |
| A 5441-02/03 | SC-duo KK | <1 | 440.000 | <1 | 1 | 1 |
| A 5441-02/03 | SC-duo | <1 | 440.000 | 5 | <1 | <1 |
| A 5342-2/3 | DS-duo | 2 | 440.000 | 2 | <1 | <1 |

DS: diepspoeler
SC: schoteltoilet
KK: met Kiwa keur
Duo: duo-blok

Tabel 7. Toiletspoeling - MS2 fagen

| Omschrijving | Type | Blanco lucht 1000 l | Concen- tratie in huis- houdwater (n/ml) | Luchtmonster (1000 l) | | |
|--------------|-----------|---------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------|
| | | | | tijdens spoeling 3 | tijdens spoeling 4 | tijdens 'urineren' |
| A 5450-04 | DS KK | <1 | 200.000 | <1 | <1 | 1 |
| A 5358 | DS KK | <1 | 200.000 | <1 | <1 | <1 |
| A5420-2 | SC KK | 1 | 200.000 | <1 | <1 | 3 |
| A 5466-13 | SC KK | <1 | 200.000 | 1 | 1 | 1 |
| A 5322-05 | DS | <1 | 350.000 | <1 | <1 | 1 |
| A 5470 | DS | <1 | 350.000 | <1 | <1 | <1 |
| A 5257-1 | SC | <1 | 350.000 | <1 | <1 | 1 |
| A 5466-8 | SC | <1 | 350.000 | 3 | <1 | 1 |
| A 5441-02/03 | DS-duo KK | <1 | 220.000 | 39 | 23 | 8 |
| A 5441-02/03 | SC-duo KK | 4 | 220.000 | 7 | 6 | 8 |
| A 5342-2/3 | SC-duo | <1 | 220.000 | 8 | 4 | <1 |
| A 5322-02 | DS-duo | <1 | 220.000 | 3 | 2 | 3 |

Tabel 8. Toiletspoeling - Sporen van *C. bifementans*

| Omschrijving | Type | Blanco lucht 1000 l | Concen- tratie in huis- houdwater (n/ml) | Luchtmonster (1000 l) | | |
|--------------|----------|---------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------|
| | | | | tijdens spoeling 3 | tijdens spoeling 4 | tijdens 'urineren' |
| A 5450-04 | DS KK | <1 | $1,0 \cdot 10^5$ | 63 | 32 | 54 |
| A 5358 | DS KK | 7 | $1,0 \cdot 10^5$ | 164 | 299 | 416 |
| A5420-2 | SC KK | 6 | $1,0 \cdot 10^5$ | 224 | 161 | 188 |
| A 5466-13 | SC KK | 9 | $1,0 \cdot 10^5$ | 141 | 181 | 279 |
| A 5322-05 | DS | 11 | $1,7 \cdot 10^5$ | 646 | 664 | 344 |
| A 5470 | DS | 14 | $1,7 \cdot 10^5$ | 232 | 762 | 518 |
| A 5257-1 | SC | 15 | $1,7 \cdot 10^5$ | 436 | 280 | 582 |
| A 5466-8 | SC | 26 | $1,7 \cdot 10^5$ | 522 | 314 | 166 |
| A 5441-02/03 | DS-duoKK | <1 | $7,6 \cdot 10^4$ | 688 | 156 | 270 |
| A 5441-02/03 | SC-duoKK | 60 | $7,6 \cdot 10^4$ | 334 | 56 | 202 |
| A 5342-2/3 | SC-duo | 18 | $7,6 \cdot 10^4$ | 146 | 118 | 142 |
| A 5322-02 | DS-duo | 8 | $7,6 \cdot 10^4$ | 816 | 424 | 418 |

Uit deze tabellen blijkt dat na toiletspoeling met huishoudwater met zeer hoge concentraties micro-organismen er niet tot nauwelijks een concentratieverhoging van *E.coli* in de lucht meetbaar is. De concentratie MS2 fagen in de lucht is bij een aantal toiletten licht verhoogd en de sporen laten voor alle toiletten een duidelijke verhoging zien. Het toilettype is wel van invloed op de concentratie in de lucht, maar de verschillen tussen de verschillende toilettypen zijn klein. Ook de simulatie van het urineren leidt tot verhoging van de concentratie sporen in de lucht. Deze ligt in dezelfde orde-grootte als bij (herhaald) doorspoelen.

Met deze gegevens kan de fractie van de micro-organismen die vanuit huishoudwater in de omgevingslucht terecht komt bij toiletspoeling worden berekend (tabel 9).

Tabel 9. Maximale fractie van de micro-organismen in huishoudwater die via toiletspoeling in de lucht wordt gebracht.

| Toilet | <i>E.coli</i> | MS2-fagen | sporen van <i>C.bifermentans</i> |
|--------------|------------------------|------------------------|----------------------------------|
| A 5450-04 | $<4,6 \times 10^{-12}$ | $5,0 \times 10^{-12}$ | $6,3 \times 10^{-10}$ |
| A 5358 | $<4,6 \times 10^{-12}$ | $<1,7 \times 10^{-12}$ | $4,2 \times 10^{-09}$ |
| A5420-2 | $<4,6 \times 10^{-12}$ | $51,5 \times 10^{-11}$ | $2,2 \times 10^{-09}$ |
| A 5466-13 | $<4,6 \times 10^{-12}$ | $5,0 \times 10^{-12}$ | $2,8 \times 10^{-09}$ |
| A 5322-05 | $<2,5 \times 10^{-12}$ | $2,9 \times 10^{-12}$ | $3,9 \times 10^{-09}$ |
| A 5470 | $<2,5 \times 10^{-12}$ | $<9,5 \times 10^{-13}$ | $4,5 \times 10^{-09}$ |
| A 5257-1 | $<2,5 \times 10^{-12}$ | $2,9 \times 10^{-12}$ | $2,6 \times 10^{-09}$ |
| A 5466-8 | $6,8 \times 10^{-12}$ | $8,6 \times 10^{-12}$ | $3,1 \times 10^{-09}$ |
| A 5441-02/03 | $5,0 \times 10^{-12}$ | $1,8 \times 10^{-10}$ | $9,1 \times 10^{-09}$ |
| A 5441-02/03 | $2,3 \times 10^{-12}$ | $3,6 \times 10^{-11}$ | $4,4 \times 10^{-09}$ |
| A 5342-2/3 | $1,1 \times 10^{-11}$ | $3,6 \times 10^{-11}$ | $1,9 \times 10^{-09}$ |
| A 5322-02 | $4,6 \times 10^{-12}$ | $1,4 \times 10^{-11}$ | $1,1 \times 10^{-08}$ |

4.2 Wassen kleding

Waspakketten werden gedurende een half uur ingeweekt in WRK-water besmet met hoge concentraties *E.coli*, MS2 fagen en sporen van *C. bifermentans*. Daarna werd de was overgebracht naar een Miele wasmachine en werd gecentrifugeerd bij 900 toeren per minuut. De was werd met latex handschoenen uit de machine gehaald en overgebracht in de te onderzoeken droger. Om vast te stellen of tijdens dit handcontact met de was micro-organismen op de handen worden overgedragen is een vinger van de latex handschoen op de agarplaten voor *E.coli*, MS2 fagen en sporen van clostridia uitgestreken. Dit proces is onafhankelijk van de droger. Er bleken lage aantallen micro-organismen te worden overgedragen: van *E.coli* werden 0-52 bacteriën op de vinger aangetroffen, van MS2 waren dat 12-49 fagen en van *C.bifermentans* waren dat >10 sporen. Deze platen waren niet goed te beoordelen vanwege het uitspreiden van de kolonies. Datzelfde gold voor enkele platen van de bepaling van *E.coli* en van fagen.

In tabellen 10 – 15 staan de resultaten van de twee series experimenten met de wasdrogers beschreven. In deze tabellen is aangegeven met welke concentratie micro-organismen het huishoudwater is besmet, hoeveel micro-organismen in de lucht werden gemeten voor het droogproces (blanco) en hoeveel micro-organismen in de lucht werden gemeten tijdens het droogproces. De drogers stonden ingesteld op strijkdroog en waar mogelijk werd bij lagere temperatuur gedroogd. Bij de luchtdrogers stond de monsterapparatuur bij de luchtuitlaat van de droger, loodrecht op de luchtstroom. Bij de condensdrogers werd het monsterapparaat voor de machine gehouden, bij de deur en condensopvangbak. Ook is onderzocht hoeveel micro-organismen terecht kwamen in het water in de condensopvangbak. In de eerste serie experimenten zijn de drogers beladen met 1,5 kg wasgoed, in de tweede serie experimenten met de maximale belading van 5 kg wasgoed.

Tabel 10. Resultaten eerste serie wasdrogerexperimenten met *E.coli*.

| Droger | Type | <i>E.coli</i> Concentratie in huishoudwater (n/ml) | <i>E.coli</i> Concentra- tie in lucht voor drogen (n/1000l) | <i>E.coli</i> Concentratie in lucht bij drogen (n/1000 l) | <i>E.coli</i> Concentratie in condens- bak (n/100ml) |
|-----------------|---------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Miele T491 | lucht | 1.237.000 | <1 | 1 | nvt |
| Siemens C6 | lucht | 1.237.000 | <1 | <1 | nvt |
| Frigidaire 514 | lucht | 1.145.000 | <1 | <1 | nvt |
| Miele T495C | condens | 1.285.000 | <1 | <1 | <1 |
| Siemens C7 | condens | 1.285.000 | <1 | <1 | <1 |
| Zanussi TCS674E | condens | 1.285.000 | <1 | <1 | <1 |

Tabel 11. Resultaten tweede serie wasdrogerexperimenten met *E.coli*.

| Droger | Type | <i>E.coli</i> Concentratie in huishoudwater (n/ml) | <i>E.coli</i> Concentra- tie in lucht voor drogen (n/1000l) | <i>E.coli</i> Concentratie in lucht bij drogen (n/1000 l) | <i>E.coli</i> Concentratie in condens- bak (n/100ml) |
|-----------------|---------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Miele T491 | lucht | 595.000 | <1 | 2 <1 | nvt |
| Siemens C6 | lucht | 1.127.000 | <1 | <1 <1 | nvt |
| Frigidaire 514 | lucht | 1.495.000 | <1 | <1 <1 | nvt |
| Miele T495C | condens | 1.495.000 | <1 | <1 <1 | <0,2 |
| Siemens C7 | condens | 1.127.000 | <1 | 1 <1 | 17,8 |
| Zanussi TCS674E | condens | 595.000 | <1 | <1 <1 | <0,2 |

Tabel 12. Resultaten eerste serie wasdrogerexperimenten met MS2 fagen.

| Droger | Type | MS2 Concentratie in huishoud- water (n/ml) | MS2 Concentratie in lucht voor drogen (n/1000l) | MS2 Concentratie in lucht bij drogen (n/1000 l) | MS2 Concentratie in condensbak (n/100ml) |
|-----------------|---------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| Miele T491 | lucht | 1.140.000 | 2 | 9 | nvt |
| Siemens C6 | lucht | 1.580.000 | 3 | 5 | nvt |
| Frigidaire 514 | lucht | 1.810.000 | 2 | 2 | nvt |
| Miele T495C | condens | 1.810.000 | * | * | * |
| Siemens C7 | condens | 1.580.000 | * | * | * |
| Zanussi TCS674E | condens | 1.140.000 | * | * | * |

Resultaten afgekeurd op basis resultaten kwaliteitscontrole (positieve controle scoorde te laag).

Tabel 13. Resultaten tweede serie wasdrogerexperimenten met MS2 fagen.

| Droger | Type | MS2 Concentratie in huishoudwater (n/ml) | MS2 Concentratie in lucht voor drogen (n/1000l) | MS2 Concentratie in lucht bij drogen (n/1000 l) | MS2 Concentratie in condensbak (n/100ml) |
|-----------------|---------|------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Miele T491 | lucht | 1.140.000 | 1 | 3 <1 | nvt |
| Siemens C6 | lucht | 1.575.000 | <1 | 21 <1 | nvt |
| Frigidaire 514 | lucht | 1.810.000 | 5 | 9 <1 | nvt |
| Miele T495C | condens | 1.810.000 | <1 | 12 <1 | 2,2 |
| Siemens C7 | condens | 1.575.000 | <1 | <1 <1 | <0,1 |
| Zanussi TCS674E | condens | 1.140.000 | 9 | 4 <1 | <0,1 |

Tabel 14. Resultaten eerste serie wasdrogerexperimenten met sporen van *C.bifermentans*.

| Droger | Type | Sporen <i>C.bif.</i> Concentratie in huishoudwater (n/ml) | Sporen <i>C.bif.</i> Concentratie in lucht voor drogen (n/1000l) | Sporen <i>C.bif.</i> Concentratie in lucht bij drogen (n/1000 l) | Sporen <i>C.bif.</i> Concentratie in condensbak (n/100ml) |
|-----------------|---------|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Miele T491 | lucht | 78.000 | <1 | 17 | nvt |
| Siemens C6 | lucht | 78.000 | 4 | 20 | nvt |
| Frigidaire 514 | lucht | 53.000 | 2 | * | nvt |
| Miele T495C | condens | 51.000 | 3 | 7 | <1 |
| Siemens C7 | condens | 51.000 | 4 | <1 | <1 |
| Zanussi TCS674E | condens | 51.000 | 3 | 3 | <1 |

* Platen te nat om te kunnen beoordelen

Tabel 15. Resultaten tweede serie wasdrogerexperimenten met sporen van *C.bifermentans*.

| Droger | Type | Sporen <i>C.bif.</i> Concentratie in huishoudwater (n/ml) | Sporen <i>C.bif.</i> Concentratie in lucht voor drogen (n/1000l) | Sporen <i>C.bif.</i> Concentratie in lucht bij drogen (n/1000 l) | Sporen <i>C.bif.</i> Concentratie in condensbak (n/100ml) |
|-----------------|---------|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Miele T491 | lucht | 37.000 | 2 | 41 / 330 | nvt |
| Siemens C6 | lucht | 33.000 | 5 | 17 / 8 | nvt |
| Frigidaire 514 | lucht | 55.000 | 26 | 10 / 49 | nvt |
| Miele T495C | condens | 55.000 | <1 | 3 / 1 | 2,4 |
| Siemens C7 | condens | 33.000 | 6 | 2 / 3 | 0,2 |
| Zanussi TCS674E | condens | 37.000 | <1 | 2 / 3 | 0,6 |

De conclusie uit deze experimenten is dat zelfs bij de zeer hoge besmettingsgraad van huishoudwater die in deze experimenten is aangebracht, het drogen van kleding in de geteste wasdrogers niet of nauwelijks tot een verhoging van de concentratie *E.coli* bacteriën en MS2-fagen in de lucht leidt. Alleen bij de luchtdrogers wordt een verhoogde concentratie van de resistente sporen van *C.bifermentans* in de lucht gemeten (tabel 14 - 15).

Met deze metingen is berekend welke fractie van de micro-organismen die in het huishoudwater aanwezig zijn via deze route in de lucht terechtkomen of via contact met het wasgoed op de huid terecht komen (tabel 16). Daarbij is telkens uitgegaan van de hoogst gemeten concentratie in de lucht en is niet gecorrigeerd voor de concentratie in de lucht voor drogen.

Tabel 16. Fractie van de micro-organismen in huishoudwater die via wasdrogers in de lucht wordt gebracht of via contact met nat wasgoed op de huid wordt overgebracht.

| Route | <i>E.coli</i> | MS2-fagen | sporen van <i>C.bifermentans</i> |
|------------------|----------------------------|------------------------|----------------------------------|
| Miele T491 | $3,4 \times 10^{-12}$ | $7,9 \times 10^{-12}$ | $8,9 \times 10^{-09}$ |
| Siemens C6 | $<8,9 \times 10^{-13}$ | $1,3 \times 10^{-11}$ | $5,2 \times 10^{-10}$ |
| Frigidaire FR514 | $<6,7 \times 10^{-13}$ | $5,0 \times 10^{-12}$ | $8,9 \times 10^{-10}$ |
| Miele T495 | $<6,7 \times 10^{-13}$ | $6,6 \times 10^{-12}$ | $1,4 \times 10^{-10}$ |
| Siemens C7 | $8,9 \times 10^{-13}$ | $<6,3 \times 10^{-13}$ | $9,1 \times 10^{-11}$ |
| Zanussi TCS 674E | $<1,7 \times 10^{-12}$ | $3,5 \times 10^{-12}$ | $8,1 \times 10^{-11}$ |
| Huidcontact | $<0,1 - 4 \times 10^{-09}$ | $1-2 \times 10^{-09}$ | $7,6 \times 10^{-08}$ |

4.3 Gebruik buitenkraan

De buitenkraan wordt gebruikt voor tuinsproeien, wassen van de auto, aansluiting van een hoge druk spuit. In de voorlichting over huishoudwater wordt de gebruiker afgeraden het water te gebruiken voor het vullen van kinderbadjes. Om die reden is deze blootstelling niet in dit onderzoek opgenomen.

In dit onderzoek is huishoudwater (Leidsche Rijn) overgebracht in een vat en kunstmatig besmet met hoge concentraties *E.coli*, MS2 fagen en sporen van *C.bifermentans*. Via een pomp in het vat met besmet huishoudwater en een tuinslang met sproeikop werd dit water versproeid met een snelheid van 150 liter per uur. De experimenten zijn in tweevoud uitgevoerd. De concentratie micro-organismen in de lucht voor het sproeien (blanco), in het besmette huishoudwater en in de lucht benedenwinds van de sproeistralen staan weergegeven in tabel 17.

Daarnaast is een hoge druk spuit aangesloten op het vat met besmet huishoudwater en is gedurende 5 minuten 10 liter huishoudwater versproeid. Daarbij zijn op dezelfde wijze monsters genomen als bij het sproeien met de tuinslang (tabel 18).

Tabel 17. Versproeien van huishoudwater met de tuinslang met sproeikop.

| Micro-organisme | Concentratie in huishoudwater (n/ml) | Concentratie in lucht voor sproeien (n/1000l) | Concentratie in lucht tijdens sproeien (n/1000 l) | Fractie in lucht teruggevonden |
|------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------|
| <i>E.coli</i> | 1.840.000 | 0 | 100 | $5,4 \times 10^{-11}$ |
| <i>E.coli</i> | 1.840.000 | 0 | 46 | $2,5 \times 10^{-11}$ |
| MS2 fagen | ca10.000.000 | - | 582 | $5,8 \times 10^{-11}$ |
| MS2 fagen | ca10.000.000 | 0 | 230 | $2,3 \times 10^{-11}$ |
| Sporen <i>C.bifermentans</i> | 35.000 | 1 | 132 | $3,8 \times 10^{-09}$ |
| Sporen <i>C.bifermentans</i> | 35.000 | 1 | 180 | $5,1 \times 10^{-09}$ |

Tabel 18. Versproeien van huishoudwater met de hoge druk spuit.

| Micro-organisme | Concentratie in huishoudwater (n/ml) | Concentratie in lucht voor sproeien (n/1000l) | Concentratie in lucht tijdens sproeien (n/1000 l) | Fractie in lucht teruggevonden |
|------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------|
| <i>E.coli</i> | 1.180.000 | 0 | >14000 | $>1,2 \times 10^{-08}$ |
| <i>E.coli</i> | 1.180.000 | 0 | >14000 | $>1,2 \times 10^{-08}$ |
| MS2 fagen | ca10.000.000 | 0 | >5000 | $>5,0 \times 10^{-10}$ |
| MS2 fagen | ca10.000.000 | 0 | >10000 | $>1,0 \times 10^{-09}$ |
| Sporen <i>C.bifermentans</i> | 21.000 | 8 | 710 | $3,4 \times 10^{-08}$ |
| Sporen <i>C.bifermentans</i> | 21.000 | 0 | 340 | $1,6 \times 10^{-08}$ |

De conclusie uit deze experimenten is dat het versproeien van huishoudwater dat kunstmatig is besmet met zeer hoge concentraties micro-organismen leidt tot een meetbare verhoging van de concentratie in de lucht van alle onderzochte micro-organismen. Met name bij het gebruik van de hoge druk spuit worden hoge concentraties in de lucht aangetroffen.

5 KWALITEITSRICHTLIJN HUISHOUDWATER

5.1 10^{-4} infectierisico als uitgangspunt

Voor de beoordeling van nieuwe drinkwaterzuiveringssystemen hebben de beleidsdirectie Drinkwater van VROM en de Inspectie Milieuhygiene een concept-beleidstandpunt opgesteld voor het omgaan met infectierisico's door pathogene micro-organismen (VROM, 1995). Daarin is uitgegaan van een maximaal infectierisico via drinkwater van 1 op de 10.000 personen per jaar. Met behulp van dosis-effect relaties die voor pathogene micro-organismen zijn vastgesteld in buitenlands vrijwilligersonderzoek (Haas, 1983; Teunis *et al.*, 1996), is de maximaal toelaatbare blootstelling aan deze pathogenen vastgesteld waarbij aan het 10^{-4} infectierisico wordt voldaan. Deze waarden worden nu in de Nederlandse drinkwaterpraktijk gebruikt voor het dimensioneren van nieuwe zuiveringssystemen.

Huishoudwater vervangt drinkwater voor een deel van de watertoepassingen in het huishouden. Daarom wordt in deze studie voor het opstellen van een kwaliteitsrichtlijn voor pathogene micro-organismen in huishoudwater ook uitgegaan van een maximaal risico van 10^{-4} infecties per jaar. Datzelfde uitgangspunt is gehanteerd in het rapport van het RIVM over kwaliteitseisen aan huishoudwater (Versteegh *et al.*, 1997). Door gebrek aan blootstellinggegevens is daarin een schatting gemaakt van de blootstelling aan pathogene micro-organismen via de verschillende toepassingen van huishoudwater. In dit hoofdstuk worden kwaliteitsrichtlijnen afgeleid van de *gemeten* blootstelling aan micro-organismen via huishoudwatertoepassingen.

5.2 Maximale dosis pathogene micro-organismen

Uit het maximaal toelaatbare infectierisico van 10^{-4} per jaar en de dosis-effectrelatie is voor de belangrijkste pathogenen voor de productie van veilig huishoudwater berekend wat de maximaal toelaatbare jaarlijkse dosis is (Tabel 19). Net als voor drinkwater is ook hier een veiligheidsfactor van 10 meegenomen, vanwege mogelijk hogere gevoeligheid van risicogroepen en variatie in de infectiviteit van verschillende stammen van dezelfde pathogeen.

Tabel 19. Maximaal toelaatbare dosis pathogene micro-organismen per jaar bij een toelaatbaar infectierisico van 10^{-4} per jaar.

| Pathogeen | Maximale jaarlijkse dosis per persoon |
|-------------------------------|---------------------------------------|
| <i>Cryptosporidium parvum</i> | 0,0020 |
| <i>Giardia intestinalis</i> | 0,00050 |
| Rotavirussen | 0,000016 |
| <i>Campylobacter</i> | 0,00053 |

5.3 Berekening kwaliteitsrichtlijnen huishoudwater

Om kwaliteitsrichtlijnen voor huishoudwater te kunnen berekenen moet de blootstelling via de verschillende toepassingen worden geschat. Omdat de blootstelling voornamelijk plaatsvindt via het binnenkrijgen van aërosolen, wordt daarbij geschat hoe vaak en hoe lang de gemiddelde gebruiker wordt blootgesteld aan de lucht in de directe omgeving van de huishoudwatertoepassingen. Daarbij is gerekend met een gemiddeld ademvolume van 10 liter per minuut. De gegevens die zijn gebruikt voor deze schatting staan in tabel 20.

Tabel 20. Gemiddelde volume lucht die wordt ingeademd bij verschillende toepassingen van huishoudwater.

| Toepassing | Gemiddeld gebruik | Gemiddelde duur | Ingeademd volume lucht per jaar |
|-----------------|-------------------|-----------------|---------------------------------|
| Hoge druk spuit | 2 x per jaar | 30 min | 600 l |
| Tuin sproeien | 10 x per jaar | 30 min | 3000 l |
| Wassen kleding | 2 x per week | 10 min | 10400 l |
| Toilet | 5 x per dag | 2 min | 36500 l |

De maximale hoeveelheid pathogene micro-organismen die in dit volume lucht aanwezig mag zijn is de jaarlijkse maximale blootstelling. Omdat het hier om 4 verschillende toepassingen gaat die allemaal in een huishouden (kunnen) worden toegepast, wordt de maximale dosis gelijk verdeeld over de 4 toepassingen. Daarbij is bij het wassen van kleding rekening gehouden met blootstelling via zowel de lucht als via huidcontact. De totale blootstelling aan pathogene micro-organismen via huishoudwatertoepassingen blijft daarvoor onder de maximale dosis voor een 10^{-4} infectierisico. De maximaal toelaatbare concentratie in de lucht is, per toepassing, berekend uit de maximale dosis per toepassing (= de maximale totale dosis per jaar gedeeld door 5) en het volume lucht dat gemiddeld jaarlijks wordt ingeademd bij de verschillende toepassingen (Tabel 20), dan wel het aantal malen dat jaarlijks huidcontact plaatsheeft met nat wasgoed. Omdat de fractie micro-organismen die bij de verschillende toepassingen van huishoudwater nu bekend is (Tabel 9, 16, 17 en 18) kan worden uitgerekend bij welke concentratie pathogene micro-organismen aan het 10^{-4} infectierisico wordt voldaan. Ook daarbij is, vanwege de onzekerheid in de blootstelling een veiligheidsfactor 10 meegenomen.

De maximale concentratie in huishoudwater om te voldoen aan het 10^{-4} infectierisico is voor de verschillende toepassingen berekend uit:

$$C_{\max} = \frac{B_{\max}}{f * V * v}$$

waarbij:

C_{\max} = Maximale concentratie micro-organismen in huishoudwater (aantal per liter)

B_{\max} = Maximale blootstelling (in aantal micro-organismen per jaar)

f = Verhouding concentratie in huishoudwater en lucht (tabel 9, 16 – 18)

V = Gemiddeld volume lucht dat wordt ingeademd per jaar (liter)

v = Veiligheidsfactor (10)

Alle waarden zijn voor elk van de toepassingen afzonderlijk in deze formule ingevoerd.

Daarbij wordt uitgegaan dat de sporen van *Cl. bifermentans* model staan voor het in de lucht brengen van de parasitaire protozoa *Cryptosporidium* en *Giardia*, MS2 fagen voor (rota)virussen en *E.coli* voor bacteriën als *Campylobacter*. Tevens wordt aangenomen dat:

- 1) de verhouding tussen concentratie in het huishoudwater en de concentratie in de lucht constant is, ook bij de lage concentraties die in huishoudwater voor kunnen komen.
- 2) alle micro-organismen die het lichaam vanuit de lucht binnenkomen in neus- en keel-slijmvlies worden opgevangen en worden ingeslikt, zodat zij in het maagdarmkanaal terecht komen.

Een rekenvoorbeeld:

Bij toepassing van huishoudwater voor toiletspoeling kan de maximaal toelaatbare concentratie *Cryptosporidium* in huishoudwater worden berekend uit:

- de maximale blootstelling via toiletspoeling = 0,002 (Tabel 19) / 5 = 0,0004 oöcysten per jaar,
- de verhouding van de sporenconcentratie in de lucht en huishoudwater = $1,1 \times 10^{-8}$ (hoogste waarde sporenconcentratie in Tabel 9),
- het gemiddelde volume lucht dat wordt ingeademd per jaar bij deze toepassing = 36500 liter (Tabel 20),
- de veiligheidsfactor = 10.

Ofwel:

$$C_{\max} = \frac{0,0004}{1,1 * 10^{-8} * 36500 * 10} = 0,10 \text{ oocysten / liter}$$

De maximale concentraties in huishoudwater die op deze wijze zijn berekend zijn weergegeven in Tabel 21.

Tabel 21. Maximale concentratie pathogene micro-organismen in huishoudwater om te voldoen aan een infectierisico van 10^{-4} per jaar.

| Toepassing | Maximale concentratie in huishoudwater (n/l) | | | |
|---------------------------------|----------------------------------------------------|----------------|-------|----------------------|
| | <i>Cryptosporidium</i> | <i>Giardia</i> | Virus | <i>Campylobacter</i> |
| Hoge druk spuit | 2,0 | 5,0 | 0,6 | 1,5 |
| Tuin sproeien | 2,6 | 6,5 | 1,9 | 65 |
| Wassen kleding – lucht | 0,4 | 1,1 | 2,4 | 300 |
| Wassen kleding – huidcontact | 2,6 | 6,4 | 0,7 | 12 |
| Toilet | 0,1 | 0,3 | 0,05 | 25 |

Uit deze tabel blijkt dat toepassing van huishoudwater voor het spoelen van het toilet de laagste concentraties van *Cryptosporidium*, *Giardia* en virussen vraagt, terwijl de hoge drukspuit de laagste concentraties *Campylobacter* vraagt. Omdat toiletspoeling in verreweg de meeste huishoudwatersystemen een toepassing is voor huishoudwater, zullen de daarbij behorende maximale concentraties maatgevend zijn voor de dimensionering van huishoudwatersystemen.

- Het toepassen van huishoudwater voor toiletspoeling leidt, ondanks de zware besmetting, niet of nauwelijks tot een concentratieverhoging van *E.coli* en MS2-fagen. Er is wel een verhoging van het gehalte aan sporen in de lucht meetbaar.
- Het drogen van kleding in wasdrogers leidt, ondanks de zware besmetting van het huishoudwater, onder de geteste condities niet of nauwelijks tot een verhoging van de concentratie micro-organismen in de lucht in de directe nabijheid van de droger of in de condensopvangbak. Overdracht van micro-organismen via handcontact met de natte was is laag maar wel meetbaar.
- Het versproeien van huishoudwater via een tuinslang met sproeikop of hoge druk spuit leidt, met de zware besmetting van huishoudwater die in deze experimenten is aangelegd, tot een duidelijk meetbare verhoging van de concentraties van alle geteste micro-organismen in de lucht in de directe omgeving van de sproeistraal, met name bij de hoge druk spuit.
- Als uit nader onderzoek blijkt dat er een lineaire relatie bestaat tussen de concentratie micro-organismen in huishoudwater en in de lucht, is de verwachting dat indien de concentraties in het water 1000x lager zijn er geen verhoging in de lucht meetbaar zal zijn via toiletspoeling, wasdrogers, huidcontact met natte was en de tuinslang met sproeikop. Alleen voor de hoge druk spuit zullen de concentraties nog lager moeten liggen. Aangezien de concentratie in huishoudwater in bijvoorbeeld de Leidsche Rijn ca 100.000 – 10.000.000x (data WRK) lager liggen dan de hier aangebrachte concentraties, geven deze resultaten geen aanleiding om te veronderstellen dat gebruik van dit water voor de geteste toepassingen zal leiden tot onacceptabele risico's.
- De resultaten van dit onderzoek zijn gebruikt om te berekenen welke concentraties pathogene bacteriën, virussen en protozoa in huishoudwater maximaal toelaatbaar zijn om het gezondheidsrisico via de verschillende toepassingen verwaarloosbaar te laten zijn (zie Tabel 21). Daarbij blijkt toiletspoeling voor *Cryptosporidium*, *Giardia* en virussen de hoogste eisen te stellen aan de huishoudwaterkwaliteit, niet vanwege de hoge mate, maar vanwege de hoge frequentie van blootstelling. Voor *Campylobacter* stelt de hoge drukspuit de hoogste eisen aan de kwaliteit. Vanuit de toepassingen met de hoogste eisen zijn kwaliteitsrichtlijnen op te stellen voor huishoudwater, waarbij voor alle toepassingen wordt voldaan aan het 10^4 infectierisico.

Tabel 22. Kwaliteitsrichtlijn huishoudwater waarbij wordt voldaan aan het maximale infectierisico van 10^4 per persoon per jaar

| Maximale concentratie in huishoudwater (n/l) | | | |
|-------------------------------------------------|----------------|-------|----------------------|
| <i>Cryptosporidium</i> | <i>Giardia</i> | Virus | <i>Campylobacter</i> |
| 0,1 | 0,3 | 0,05 | 1,5 |

Deze waarden kunnen worden gebruikt voor het dimensioneren van huishoudwater-systemen om te evalueren of microbiologisch betrouwbaar huishoudwater wordt geleverd, doordat het voldoet aan het maximaal toelaatbare infectierisico van 1 per 10.000 personen per jaar. Als huishoudwater niet voor toiletspoeling wordt gebruikt, maar wel voor de buitenkraan en/of wassen van kleding, kunnen de richtniveaus worden aangepast aan de waarden uit tabel 21.

- Hoewel de gemiddelde blootstelling over het jaar beperkt is, blijkt bij de hoge drukspuit de incidentele blootstelling aanzienlijk te kunnen zijn. Dit kan worden voorkomen door voor deze specifieke toepassing te adviseren drinkwater te gebruiken.

Om van de metingen uit dit onderzoek te komen tot richtlijnen voor concentraties in huishoudwater waarbij aan de concept- risiconorm wordt voldaan is een conservatieve rekenwijze toegepast. De volgende veiligheidsfactoren zijn in de rekenwijze opgenomen:

- er is gerekend met de hoogst (en niet gemiddeld) gemeten concentratie micro-organismen in de lucht
- er is bemonsterd bij de plaatsen waar de aërosolconcentratie het hoogst was (direct bij luchtuitlaat droger, benedenwinds van sproeistraal, boven toiletspot), de gemiddelde concentratie waaraan consumenten worden blootgesteld is lager
- voor het berekenen van de concentratie *Cryptosporidium* en *Giardia* is uitgegaan van de aanname dat deze micro-organismen even goed in de lucht worden gebracht en overleven als sporen van *C. bifermentans*. Sporen zijn echter kleiner en zullen makkelijker in aerosolen terechtkomen en zijn beter bestand tegen uitdrogen dan protozoa.
- er is een veiligheidsfactor van 10 al opgenomen in de berekening van de maximaal toelaatbare dosis, vanwege onzekerheden in de variatie van de vatbaarheid van mensen voor ziekteverwekkers en variatie van de infectiviteit van verschillende stammen van ziekteverwekkers (zie concept beleidsstandpunt VROM (VROM, 1995)).
- er is een veiligheidsfactor 10 meegenomen in de berekening van de blootstelling, vanwege de aannames die zijn gedaan bij de inschatting van duur en frequentie van blootstelling. Omdat *Giardia* cysten veel groter zijn dan sporen en veel gevoeliger voor uitdroging (het belangrijkste proces van inactivatie van micro-organismen in aerosolen) zit voor deze protozoa de veiligheidsfactor al in het verschil in gedrag met de sporen en is geen aanvullende veiligheidsfactor meegenomen.

Voor twee aannames in dit onderzoek is weinig tot niets bekend in de wetenschappelijke literatuur:

- de resultaten van het onderzoek met de kunstmatig sterk verhoogde concentraties in huishoudwater zijn lineair te extrapoleren naar de lage concentraties die onder normale omstandigheden in huishoudwater aanwezig zullen zijn.
- de parameters die hier zijn gebruikt voor het meten de fractie micro-organismen die in de lucht wordt gebracht (*E.coli*, MS2-fagen en sporen van *C.bifermentans*) zijn goede surrogaten voor het gedrag van de relevante ziekteverwekkers via aerosolen. Beide aannames kunnen in de laboratoriumsetting worden gestaafd.

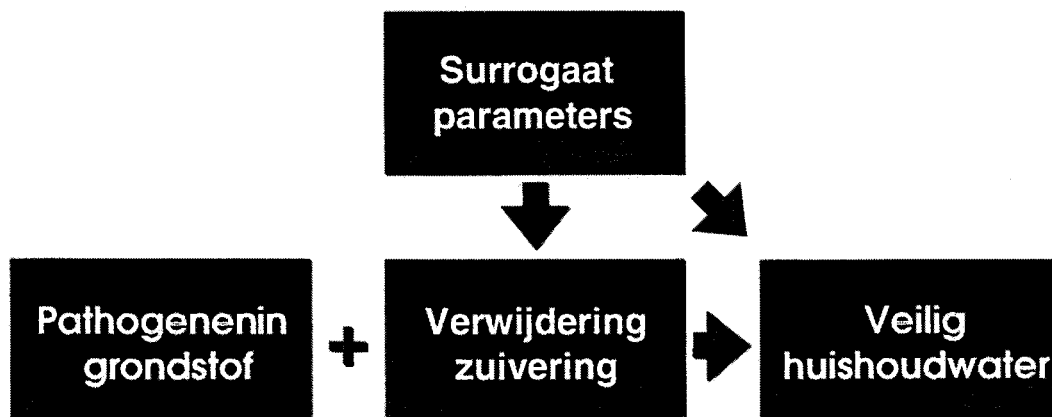
HOE KAN DE VEILIGHEID VAN HUISHOUDWATER WORDEN AANGETOOND?

Om aan te tonen dat in een huishoudwaterproject veilig huishoudwater gaat worden geleverd kan in de ontwerpfase en/of in een proeftraject de microbiologische kwaliteit van de grondstof worden geïnventariseerd. Uit meetseries die in andere kaders zijn uitgevoerd is al wel duidelijk dat de microbiologische kwaliteit van gezuiverd rioolwater en de meeste oppervlaktewateren onvoldoende is om direct toe te kunnen passen voor huishoudwater (Hijnen *et al.*, 1999). De inventarisatie van de concentratie *Cryptosporidium*, *Giardia*, virussen en *Campylobacter* (deze laatste met name bij regenwatersystemen) kan daarom door bedrijven worden gebruikt om de zuivering te dimensioneren: deze moet in staat zijn de concentratie in de grondstof te verlagen tot beneden de richtlijn voor de concentratie in huishoudwater (tabel 22).

Over de verwijdering van micro-organismen door zuiveringsprocessen is vanuit de ervaring in de drinkwatersector al veel informatie beschikbaar. Voor het aantonen van de verwijderingscapaciteit zijn surrogaatparameters (sporen van sulfietreducerende clostridia, bacteriofagen) beschikbaar.

Als het huishoudwaterproject is opgeleverd is in principe kwaliteitsbewaking door middel van monitoring van het eindproduct op de ziekteverwekkende micro-organismen mogelijk. Dit is echter een dure optie. Het bewaken van de grondstofkwaliteit, het zuiveringsrendement en de integriteit van het distributiesysteem met behulp van surrogaatparameters is een geschikt alternatief, dat ook bij drinkwatersystemen wordt toegepast.

In schema:



Afbeelding 5. Opzet voor het aantonen van de veiligheid van huishoudwater.

LITERATUUR

Anoniem 1995. Infectierisico van virussen en parasitaire protozoa via drinkwater. Notitie ter voorbereiding van een beleidsstandpunt. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Directoraat-Generaal Milieubeheer, 17 maart 1995..

Anoniem, 1998. Beleidsnotitie Huishoudwater. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Directoraat-Generaal Milieubeheer, 3 december 1998.

Camann DE, Johnson DE, Harding HJ, Sorber CA. 1980. Wastewater aerosol and school attendance monitoring at an advanced wastewater treatment facility: Durham plant, Tigard, Oregon. In: Pahren H, Jakubowski W (eds). Wastewater aerosols and disease. EPA 600/9 80 028, Cincinnati, USA. 1980, p. 160-179.

DWL Projektgroep "Aerosolen en effluentlozingsonderzoek Kralingen". 1979. Eindrapport: "Dfe geschatte gevolgen van de stichting van een rioolwaterzuiveringsinstallatie te Kralingseveer voor het productiebedrijf Kralingen". Rapport Drinkwaterleiding Rotterdam, 1979.

Fannin KF, Vana SC, Jakubowski W. 1985. Effect of an activated sludge wastewater treatment plant on ambient air densities of aerosols containing bacteria and viruses. AEM 49:1191-1196.

Hijnen WAM, Medema GJ, Huiting H, Meijers RT. 1999. Bereiding van microbiologisch veilig huishoudwater. SWI 98.192, Kiwa, Nieuwegein.

Johnson DE, Camann DE, Register JW, Prevost RJ, Tillery JB, Thomas RE, Taylor JM, Hosenfeld JM. 1980. Health effects from wastewater aerosols at a new activated sludge plant: John Egan plant, Schaumburg, Illinois. In: Pahren H, Jakubowski W (eds). Wastewater aerosols and disease. EPA 600/9 80 028, Cincinnati, USA. 1980, p. 136-159.

Lue-Hing C, Ledbetter JO, Sedita SJ, Sawyer BM, Zenz DR, Boyd CW. 1980. Suppression of aerosols at a wastewater reclamation plant. In: Pahren H, Jakubowski W (eds). Wastewater aerosols and disease. EPA 600/9 80 028, Cincinnati, USA. 1980, p. 302-323.

Northrop RL, Carnow B, Wadden R, Rosenberg S, Neal A, Scheaff L, Holden J., Meyer S. Scheff P. 1980. Health effects of aerosols emitted from an activated sludge plant. In: Pahren H, Jakubowski W (eds). Wastewater aerosols and disease. EPA 600/9 80 028, Cincinnati, USA. 1980, p. 180-227.

Sawyer B, Elenboge G, Rao KC, O'Brien P, Zenz DR, Lue-Hing C. 1993. Bacterial aerosol emission rates from municipal wastewater aeration tanks. AEM 59:3183-3186.

Versteegh JFM, Evers EG, Havelaar AH. 1997. Gezondheidsrisico's en normstelling voor huishoudwater. Rapport 289202019, RIVM, Bilthoven.

Woerd D van der, Heijden B van der, Medema GJ, Sterkenburg R. 1999. Reinwaterbergingen en RWZI's: (g)een goede combinatie?! H₂O 14/15:26-29.