

RIVM rapport 703719009/2005

**De microbiologische kwaliteit van hemelwater
toegepast voor toiletspoeling, schoonmaken en
tuinsproeien**

Inventariserend onderzoek 2005

F.M. Schets¹⁾, H.H.J.L. van den Berg,
W.J. Lodder, A.E. Docters van Leeuwen,
S. in 't Veld²⁾, A.M. de Roda Husman

1) corresponderende auteur, RIVM, Microbiologisch Laboratorium voor
Gezondheidsbescherming (MGB), tel. 030-2743929,

e-mail ciska.schets@rivm.nl

2) Vitens, Leeuwarden

Dit onderzoek werd verricht in opdracht en ten laste van de VROM Inspectie, in het kader van project 703719, Monitoring en handhaving drinkwater, deelproject Verkennende metingen.

Het rapport in het kort

De microbiologische kwaliteit van hemelwater toegepast voor toiletspoeling, schoonmaken en tuinsproeien - Inventariserend onderzoek 2005

Regenwater opgevangen in reservoirs en toegepast voor onder andere toiletspoeling is vaak fecaal verontreinigd en bevat soms ziekteverwekkende bacteriën. Om het infectierisico bij toepassing van dit water te kunnen schatten is aanvullend onderzoek nodig waarbij ziekteverwekkers worden gekwantificeerd en getypeerd en waarbij onderzocht wordt in welke mate gebruikers worden blootgesteld aan het besmette water.

Regenwater is aanvankelijk onbesmet, maar bij afstromen langs oppervlakken en tijdens opslag in reservoirs kan besmetting optreden met micro-organismen die ziekte bij de mens kunnen veroorzaken. Dit kan gebeuren wanneer bijvoorbeeld vogelfeces van het dak wordt gespoeld of ratten of andere dieren toegang hebben tot het reservoir of open leidingen.

Onderzoek van opgevangen hemelwater op vier verschillende locaties in Nederland toonde de aanwezigheid van de indicatoren voor fecale verontreiniging, bacteriën van de coligroep, *E. coli* en enterococci, in respectievelijk 28, 27 en 27 van de 28 onderzochte monsters aan. De potentieel ziekteverwekkende bacteriën *Campylobacter* en *Legionella pneumophila* werden elk één maal op één locatie aangetroffen. *Aeromonas* en *Clostridium perfringens*, die ook ziekte bij de mens kunnen veroorzaken, werden in respectievelijk 20 en 23 van de 28 monsters gevonden. *Salmonella* en *Vibrio* werden op geen van de locaties aangetroffen.

De aanwezigheid van ziekteverwekkende micro-organismen in regenwater toegepast voor toiletspoeling kan negatieve gevolgen voor de volksgezondheid hebben. Op basis van de verkregen resultaten is het nog niet mogelijk om het risico op het oplopen van een infectie bij blootstelling aan dit water te schatten omdat daarvoor nog aanvullende typerings- en blootstellingsgegevens nodig zijn.

Trefwoorden: waterkwaliteit, regenwateropvang, huishoudwater, infectierisico

Abstract

The microbiological quality of rainwater used for toilet flushing, cleaning and watering the garden - Pilot study 2005

Rainwater collected in reservoirs and used for toilet flushing, for example, is often fecally contaminated and sometimes contains pathogenic bacteria. Estimating risk of infection caused by use of this water, will require additional research for enumerating and typing pathogens and for determining exposure to the contaminated water.

Rainwater at the source is not contaminated with potential human pathogenic micro-organisms, but may become so at surface run-off and during storage in containers. This may occur when bird faeces runs off roofs, or rats or other animals have access to rainwater reservoirs or open mains. Examination of collected rainwater at four different sites in the Netherlands showed the presence of faecal indicator bacteria as total coliforms, *E. coli* and intestinal enterococci in 28, 27 and 27, respectively, of the 28 samples examined. Each of the potential human pathogenic bacteria, *Campylobacter* and *Legionella pneumophila*, was detected once at one sampling site. *Aeromonas* and *Clostridium perfringens*, which may also cause disease in humans, were detected in 20 and 23 of the 28 tested samples, respectively. *Salmonella* and *Vibrio* were not detected in any of the samples. The presence of potential pathogenic micro-organisms in rainwater used for toilet flushing may have adverse health effects. However, on the basis of the above results, and because additional typing and exposure data are required, it is not yet possible to estimate the risk of infection at exposure to this water.

Key words: water quality, rainwater harvesting, household water, infection risk

Inhoud

Samenvatting 5

- 1. Inleiding 6**
- 2. Materiaal en methoden 8**
- 3. Resultaten 10**
- 4. Discussie 16**
- 5. Conclusies 19**
- 6. Aanbevelingen voor vervolgonderzoek 20**

Literatuur 22

Samenvatting

Regenwater is aanvankelijk microbiologisch onbesmet, maar bij afstromen langs oppervlakken en tijdens opslag in reservoirs kan besmetting optreden, bijvoorbeeld wanneer vogelfeces van het dak wordt gespoeld of wanneer vogels of andere dieren toegang hebben tot het reservoir of open leidingen of bij onderhouds- of reparatiewerkzaamheden aan de installatie. De aanwezigheid van indicator parameters zoals bacteriën van de coligroep, *E. coli* en intestinale enterococci is een aanwijzing voor besmetting van het water met feces van humane of dierlijke oorsprong en mogelijke aanwezigheid van pathogene bacteriën zoals *Campylobacter*, *Salmonella*, *Vibrio* en *Clostridium*.

Evenals voor drinkwater dient ook voor huishoudwater het infectierisico bij blootstelling binnen het in het Waterleidingbesluit opgenomen aanvaardbare 10^{-4} niveau te blijven.

Regenwater is een toegestane bron voor huishoudwater. De microbiologische kwaliteit van het opgevangen regenwater is daarom getoetst aan de drinkwaternormen, zoals deze zijn opgenomen in het Waterleidingbesluit, hoewel het opgevangen regenwater op geen van de onderzoekslocaties gebruikt wordt of gebruikt zal worden als drinkwater.

Op vier locaties werd opgevangen hemelwater, bestemd voor toiletspoeling, schoonmaken of tuinsproeien onderzocht op de aanwezigheid van indicatoren voor fecale verontreiniging of pathogene bacteriën.

De indicatoren voor fecale verontreiniging, bacteriën van de coligroep, *E. coli* en intestinale enterococci, werden in respectievelijk 28, 27 en 27 van de 28 onderzochte monsters aangetroffen. De potentieel ziekteverwekkende bacteriën *Campylobacter* en *Legionella pneumophila* werden elk één maal op twee afzonderlijke dagen in water uit het regenwaterreservoir op één van de locaties aangetroffen. *Aeromonas* en *Clostridium perfringens*, die ook ziekte bij de mens kunnen veroorzaken, werden in respectievelijk 20 en 23 van de 28 monsters gevonden. *Salmonella* en *Vibrio* werden op geen van de locaties aangetroffen.

Het opgeslagen regenwater was op geen van de onderzochte locaties van drinkwaterkwaliteit doordat de in het Waterleidingbesluit opgenomen normen voor fecale indicatoren werden overschreden. Bovendien werd de aanwezigheid van potentieel ziekteverwekkende micro-organismen in het opgeslagen regenwater aangetoond. Tijdens het onderzoek is er geen neerslag van betekenis gevallen waardoor nauwelijks aanvoer van micro-organismen in de reservoirs heeft plaatsgevonden. Het is waarschijnlijk dat zich direct na een regenbui meer fecale indicatoren en pathogenen in het water bevinden. Op basis van de verkregen resultaten is het nog niet mogelijk om een schatting te doen van het risico op het oplopen van een infectie met een pathogeen micro-organisme bij blootstelling aan dit water. Hiervoor is aanvullend onderzoek nodig waarbij ook andere relevante pathogenen in beschouwing worden genomen, gedetecteerde ziekteverwekkers worden gekwantificeerd en getypeerd en wordt onderzocht in welke mate gebruikers worden blootgesteld aan het besmette water.

1. Inleiding

In gebieden waar leidingwater niet altijd voorhanden is, bijvoorbeeld in afgelegen landelijke gebieden waar niet alle woningen zijn aangesloten op een leidingwaternet, is het opvangen van regenwater om in de waterbehoefte te voorzien gebruikelijk. Echter ook daar waar leidingwater in ruime mate beschikbaar is, zoals vrijwel overal in Nederland, wordt steeds vaker hemelwater opgevangen. Hemelwater wordt opgevangen in speciaal daarvoor geplaatste reservoirs, waarin het gedurende enige tijd bewaard wordt alvorens te worden gebruikt voor bijvoorbeeld toiletspoeling of het besproeien van de tuin. Regenwater is gratis en op deze manier kan op de kosten voor gebruik van drinkwater bezuinigd worden.

Daarnaast is men er zich steeds meer van bewust dat er zuinig moet worden omgegaan met drinkwaterbronnen. Door de toegenomen vraag naar drinkwater daalt de grondwaterspiegel op steeds meer plaatsen, met alle gevolgen voor verschillende ecosystemen van dien. Het gebruik van hemelwater past in een milieuvriendelijk en duurzaam beheer.

Regenwater is aanvankelijk onbesmet, maar bij afstromen langs oppervlakken en tijdens opslag in reservoirs kan besmetting optreden, bijvoorbeeld wanneer vogelfeces van het dak wordt gespoeld of wanneer vogels of andere dieren toegang hebben tot het reservoir, bij onderhouds- of reparatiewerkzaamheden aan de installatie of wanneer er sprake is van open leidingen. De aanwezigheid van indicator parameters zoals (thermotolerante) bacteriën van de coligroep, *E. coli* en intestinale enterococci is een aanwijzing voor besmetting van het water met feces van humane of dierlijke oorsprong en mogelijke aanwezigheid van pathogene bacteriën zoals *Campylobacter*, *Salmonella*, *Vibrio* en *Clostridium*, maar ook van parasieten, virussen of helminthen.

Afhankelijk van het materiaal en de onderhoudsstatus van de reservoirs, alsmede de bewaartermijn kan groei van micro-organismen zoals *Aeromonas* optreden en kan de microbiologische kwaliteit van het hemelwater verslechteren. Indien biofilmvorming optreedt, is kolonisatie door *Legionella* aannemelijk.

Naar schatting zijn in Nederland ongeveer 50 collectieve regenwatersystemen geïnstalleerd (Senden, 2003). Over de microbiologische kwaliteit van hemelwater na opvang in deze installaties zijn slechts beperkt gegevens bekend. Nadat via een telefonische enquête aan 26 eigenaren of beheerders van regenwatersystemen naar hun ervaringen met dergelijke systemen werd gevraagd, werd op één locatie de microbiologische kwaliteit van het opgevangen hemelwater onderzocht. Dit water bleek fecaal verontreinigd te zijn en pathogenen zoals *Cryptosporidium*, *Giardia* en *Campylobacter* te bevatten (Senden, 2003). In buitenlandse studies is eveneens aangetoond dat regenwater dat via afspoelen van daken wordt opgevangen en bewaard pathogene micro-organismen kan bevatten (Holländer *et al.*, 1996; Simmons *et al.*, 2001; Albrechtsen, 2002). In Nederland is het op basis van de beschikbare gegevens niet mogelijk om aan te geven of er voor de mens bij toepassing van hemelwater voor onder andere toiletspoeling, schoonmaken van bijvoorbeeld vloeren en sproeien van de tuin een risico op infectie met wateroverdraagbare pathogenen bestaat. Hoewel het opgevangen regenwater op geen van de onderzoekslocaties gebruikt wordt of gebruikt zal worden als drinkwater, lijken de drinkwaternormen, zoals deze zijn opgenomen

in het Nederlandse Waterleidingbesluit (Anonymous, 2001), de meest relevante normen om de microbiologische kwaliteit van het opgevangen regenwater aan te toetsen. In het Waterleidingbesluit wordt aangegeven dat huishoudwater 'leidingwater is dat uitsluitend bestemd is voor toiletspoeling, gebruik in de wasmachine of het besproeien van de tuin'. In het beleidsstandpunt inzake huishoudwater uit 2003 (BWL/2003057326) wordt echter aangegeven dat gebruik voor toiletspoeling de enige toegestane toepassing van huishoudwater is. Regenwater wordt als potentiële bron voor dergelijk huishoudwater gezien. Evenals voor drinkwater dient ook voor huishoudwater het infectierisico bij blootstelling binnen het in het Waterleidingbesluit opgenomen aanvaardbare 10^{-4} niveau te blijven. Ondanks het feit dat de blootstelling aan huishoudwater met toepassing toiletspoeling anders is dan de blootstelling aan drinkwater bij de vele toepassingen, zijn de normen voor de microbiologische kwaliteit van drinkwater als uitgangspunt genomen voor de toetsing van de microbiologische kwaliteit van opgevangen regenwater. Het hier gerapporteerde onderzoek had als doel om op een beperkt aantal locaties te inventariseren of opgevangen hemelwater voldoet aan de Nederlandse normen voor drinkwaterkwaliteit (Anonymous, 2001), en of er pathogene micro-organismen in aanwezig zijn.



Open goot voor transport van regenwater van het dak naar het reservoir

2. Materiaal en methoden

Op vier locaties werd gedurende vier opeenvolgende weken bemonsterd. Per monsterlocatie werd, indien mogelijk, zowel een monster uit het reservoir als aan de tap genomen. De monsterlocaties staan vermeld in tabel 1; met uitzondering van de regenton op een privé-adres werden de locaties geselecteerd uit de beschikbare lijst van locaties waar hemelwater wordt opgevangen en toegepast (Senden, 2003). Tijdens de eerste bemonstering werden van alle monsterpunten twee monsters genomen. De helft van de monsters werd op de monsterlocatie bewaard en na de laatste bemonstering geanalyseerd om het effect van bewaren te onderzoeken.

Tabel 1 *Monsterlocaties.*

locatie	plaats	toepassing opgevangen regenwater
Ecokantoor	Bunnik	toiletspoeling, schoonmaken, planten begieten
Het Groene Dak	Utrecht	toiletspoeling
Waterschap Vallei & Eem	Leusden	toiletspoeling, schoonmaken
Regenton privé-adres	Gouda	planten begieten

Alle monsters werden door RIVM-MGB onderzocht op de aanwezigheid van de in tabel 2 genoemde indicator parameters en pathogenen, gebruik makend van de genoemde standaardmethoden (NEN of ISO normen, MGB SOP's) of andere voorschriften en kweekmedia.

De monsters werden door Vitens onderzocht op de aanwezigheid van *Legionella* volgens de in tabel 2 aangegeven NEN norm, waarbij concentratie van de monsters door middel van filtratie werd toegepast. Bovendien werd een aangepaste methode gebruikt (VL-W-MB03, Het aantonen en bepalen van het aantal *Legionella* bacteriën met behulp van membraanfiltratie) waarbij van elk monster een, in vergelijking met de NEN methode, twee keer zo groot volume alleen na pasteurisatie werd onderzocht.

Op alle monsterlocaties werd ter plaatse bij elke monsterneming de temperatuur van het water gemeten; de pH en troebelheid van de monsters werden in het laboratorium gemeten. Tevens werd op elke monsterlocatie aan de hand van een checklist, die samen met de beheerder van de installatie werd doorlopen, informatie over de installatie verkregen. De dagelijkse neerslaggegevens van meetstation De Bilt werden via www.knmi.nl opgezocht.

Tabel 2 Methoden voor indicatoren en pathogenen.

parameter	Voorschrift	methode	isolatie; bevestiging	volume (ml)
<i>E. coli</i>	Rapid Test uit NEN-EN-ISO 9308-1	membraan-filtratie	Trypton Soya Agar (TSA) / Trypton Bile Agar (TBA); James reagens	100
intestinale enterococcen	NEN-EN-ISO 7899-2	membraan-filtratie	Slanetz and Bartley Agar (S&B); Gal Esculine Azide Agar (GEAA)	100
bacteriën v.d. coligroep	NEN-EN-ISO 9308-1	membraan-filtratie	Laurylsulfaat-Agar (LSA); oxidase	100
koloniegetal 22 °C	NEN-EN-ISO 6222	gietplaat	Gistextract Agar (GA)	0,1-1,0
<i>Aeromonas</i>	NEN 6263	membraan-filtratie	Ampicilline Dextrine Agar (ADA)	1-10-100
<i>Campylobacter</i>	NEN 6269	membraan-filtratie/ ophoping	Preston/Karmali; hangende druppel	1000
<i>Salmonella</i>	SOP MGB/M125	membraan-filtratie/ ophoping	Gebufferd pepton water (BPW), Rappaport Vassiliades (RV), Brilljantgroen Agar (BGA); Ureumagar met TSI, LDC	1000
<i>Clostridium perfringens</i>	SOP MGB/M189	membraan-filtratie	Modified Clostridium perfringens agar (MCP); ammonium-hydroxide	50
<i>Vibrio</i>	SOP MGB/M180	membraan-filtratie/ ophoping	Alkalisch BPW (ABPW), Thiosulphate Citrate Bile Sucrose Agar (TCBS)	1000
<i>Legionella</i> *	NEN 6265	membraan-filtratie	Buffered Charcoal Yeast Extract Agar (BCYE)	500

*analyse uitgevoerd door Vitens

3. Resultaten

Op alle monsterlocaties werden de parameters voor fecale verontreiniging, bacteriën van de coligroep, *E. coli* en intestinale enterococcen, aangetroffen (tabel 3). Deze parameters dienen in drinkwater afwezig te zijn in 100 ml. Bacteriën van de coligroep werden in alle 28 onderzochte monsters gevonden, de aantallen varieerden van 0,5 tot 1×10^4 kolonievormende eenheden (kve) per 100 ml. *E. coli* werd gevonden in alle monsters (zowel reservoir als tap) genomen bij Waterschap Vallei en Eem ($n=8$; range 3,5 – 16 kve/100 ml) en Het Groene Dak ($n=8$; range 5 – 330 kve/100 ml), evenals in alle monsters uit de regenton ($n=4$; range 0,5 – 6 kve/100 ml). In 3 van de 4 monsters uit zowel het reservoir als aan de tap van Ekokantoor werd *E. coli* aangetroffen (range 0,5 – 7 kve/100 ml). Intestinale enterococcen werden, met uitzondering van één monster genomen aan de tap van Waterschap Vallei en Eem, in alle monsters aangetroffen, de aantallen varieerden van 0,5 tot 3440 kve per 100 ml.

Het totale aantal bij 22 °C kweekbare kiemen overschreed in 27 van de 28 monsters de norm voor drinkwater van 100 kolonievormende eenheden per milliliter. De gedetecteerde aantallen lagen tussen 95 en $1,8 \times 10^5$ kve per ml.

Aeromonas werd in 71% ($n=20$) en *Clostridium perfringens* in 82% ($n=23$) van de monsters aangetroffen. *Clostridium perfringens* mag in 100 ml drinkwater niet aanwezig zijn, terwijl voor *Aeromonas* een aantal van 1000 kve per 100 ml niet overschreden mag worden. Deze norm werd in 8 van de 20 monsters waar *Aeromonas* in werd aangetroffen overschreden. In tabel 3 zijn voor deze parameters de gedetecteerde aantallen per 100 ml monster weergegeven. *Salmonella* en *Vibrio* werden in geen van de onderzochte monsters gedetecteerd, terwijl *Campylobacter* en *Legionella* slechts in twee verschillende monsters van één monsterpunt werden aangetroffen. *Campylobacter* werd aangetoond in het monster dat op 6 juni 2005 uit het reservoir van Het Groene Dak werd genomen. *Legionella* werd met behulp van de aangepaste methode gevonden in het monster wat op 27 juni 2005 uit het reservoir van Het Groene Dak werd genomen. Typering van het *Legionella* isolaat met behulp van een testkit (*Legionella latex test kit DR0800M*) toonde aan dat het om *L. pneumophila* serogroep 2-14 ging.



*Ondergronds
opslagreservoir
voor opvangen
regenwater*

Tabel 3 *Bacteriologische parameters.*

monster datum	locatie	monster punt	bact. v.d. coligroep (n/100 ml)	<i>E. coli</i> (n/100 ml)	enterococcen (n/100 ml)	kgt 22 °C (n/ml)	<i>Aeromonas</i> (n/100 ml)	<i>C. perfringens</i> (n/100 ml)
6/6/05	<i>Vallei & Eem</i>	reservoir	18	3,5	0,5	610	580	>>*
13/6/05			11,5	4	3	750	320	0
20/6/05			11,5	3,5	4	768	1600	3
27/6/05			37	9,5	3,5	1960	2150	5
6/6/05	<i>Vallei & Eem</i>	tap	24,5	5,0	0	545	1950	>>
13/6/05			16,5	5,5	3,5	264	201	0
20/6/05			13,5	3,5	5	504	237	0
27/6/05			39,5	16	7,5	2415	1040	7
6/6/05	<i>Ecokantoor</i>	reservoir	5,5	7,0	1,0	129	0	>>
13/6/05			18	5,5	6	95	0	1
20/6/05			18	3	2	1900	124	2
27/6/05			18,5	0	1	5455	0	3
6/6/05	<i>Ecokantoor</i>	tap	1,5	1,5	4,5	870	0	>>
13/6/05			1	2	3,5	254	14	0
20/6/05			0,5	0,5	1	2586	0	3
27/6/05			3	0	0,5	6070	0	1
6/6/05	<i>Groene Dak</i>	reservoir	>150	58,5	>300	>>	3420	>>
13/6/05			395	95	3440	15100	3925	4
20/6/05			160	17	130	3100	1200	2
27/6/05			10900	330	1590	>>	>>	10
6/6/05	<i>Groene Dak</i>	tap	>150	58,5	>300	4145	2070	>>
13/6/05			30	5	10	9400	50	2
20/6/05			55	13	90	1850	335	5
27/6/05			7600	280	1140	>>	>>	3
6/6/05	<i>regenton</i>	reservoir	>300	1,0	19,5	>>	0	>>
13/6/05			1004	0,5	13,5	62150	0	0
20/6/05			390	6	2	148500	242	18
27/6/05			45	2,5	3	183500	67	7

* telling niet mogelijk door aanwezigheid van zeer grote aantallen bacteriën

Tijdens het onderzoek is er in De Bilt niet of nauwelijks neerslag gevallen, slechts in de week voorafgaand aan de eerste bemonstering is enige neerslag van betekenis (> 20 mm) gevallen. In de tweede en derde week van het onderzoek steeg de buitentemperatuur tot zomerse waarden van rond 30 °C (Tabel 4).

Tabel 4 Klimatologische gegevens over de onderzoeksperiode afkomstig van meetstation De Bilt (www.knmi.nl). De bemonsteringsdagen zijn in rood aangegeven.

datum	week	neerslag (mm)	gemiddelde temperatuur (°C)	maximum temperatuur (°C)
30/5/05 – 5/6/05	22	21,1	13,9	25,7
06/6/05 – 12/6/05	23	5,2	11,9	19,3
13/6/05 – 19/6/05	24	0,3	17,4	29,8
20/6/05 – 26/6/05	25	2,8	21,4	32,8
27/6/05	26	0	17,5	23,4



Opslagreservoir voor opvangen regenwater, aangebracht onder het pand, buiten de isolatieschil, van binnenuit bereikbaar

Gedurende de vier weken waarin het onderzoek is uitgevoerd bleef de temperatuur in de reservoirs en aan de tappunten redelijk constant, hoewel de invloed van een stijgende buitentemperatuur in de tweede en derde week van het onderzoek in het bijzonder bij de vierde bemonstering merkbaar was. De pH van het water in de reservoirs en aan de tappunten was ongeveer 7. Het water in de bemonsterde regenton vormt een uitzondering: de temperatuur was veel hoger dan in de andere reservoirs, terwijl de pH ongeveer 6 was (Tabel 5).

Tabel 5 Fysische en chemische parameters.

locatie	monsterpunt	temperatuur (°C)	pH	troebelheid (FTU)
Waterschap Vallei & Eem	reservoir	14,7 (13,4-16,3)	6,9 (6,8-7,2)	1,6 (1,2-2,2)
	tap	14,6 (14,0-15,3)	7,1 (6,9-7,4)	1,6 (1,1-2,2)
Ecokantoor	reservoir	17,9 (17,4-18,4)	7,2 (6,8-7,8)	1,1 (0,6-1,8)
	tap	18,4 (17,4-21,0)	7,1 (6,9-7,4)	1,7 (0,9-2,3)
Het Groene Dak	reservoir	13,2 (12,5-14,0)	7,0 (6,5-7,5)	2,3 (1,8-3,7)
	tap	16,3 (13,9-20,1)	7,0 (6,5-7,4)	2,2 (1,1-3,8)
regenton	reservoir	25,7 (19,9-32,9)	6,1 (5,6-6,5)	1,8 (1,1-2,8)

De monsters genomen bij de eerste bemonstering en bewaard op de monsterlocaties konden, met uitzondering van de regenton, niet in de reservoirs of onder condities vergelijkbaar met die in de reservoirs bewaard worden. In tabel 6 is aangegeven waar deze monsters bewaard werden. In deze monsters werden de indicatoren voor fecale verontreiniging, *Aeromonas* en *C. perfringens* niet of in lage aantallen aangetroffen, terwijl deze parameters in de gelijktijdig genomen en direct geanalyseerde monsters wel of in hoge aantallen werden aangetroffen. De pathogenen *Campylobacter*, *Salmonella*, *Vibrio* en *Legionella* werden niet aangetoond. De pH in de bewaarde monsters week niet af van die in de direct onderzochte monsters. De troebelheid lag in dezelfde orde van grootte als die in de laatste week werd gemeten, maar was voor alle monsters hoger dan in het gelijktijdig genomen en direct geanalyseerde monster. De temperatuur was een afspiegeling van de bewaarplaats van de monsters (Tabel 6).

Tabel 6 Resultaten bewaarde monsters.

locatie parameter	Waterschap Vallei & Eem	Ecokantoor	Het Groene Dak	regenton
bewaarplaats	fietsenkelder, bij tappunt	magazijn, bij toegang reservoir	kelder, op reservoir	buiten, drijvend in regenton, beschermd tegen direct zonlicht
temperatuur (°C)	19,4	20,4	15,1	29,9
pH	7,3	7,2	6,7	5,7
troebelheid (FTU)	2,2	2,1	3,0	2,0
bact. v.d. coligroep*	5	0	45	0
<i>E. coli</i> *	0	0	3	0
enterococci*	0	0	5	0
<i>Aeromonas</i> *	9	0	0	0
<i>C. perfringens</i> *	0	0	2	0
kgt 22 °C [#]	3125	1810	2950	1500

* aantal per 100 ml; # aantal per ml



*Inpandig
opslagreservoir
voor opvangen
hemelwater*

Uit de vragenlijsten is gebleken dat de meeste installaties sinds de jaren 90 van de vorige eeuw in gebruik zijn en naar tevredenheid van de gebruikers functioneren. De reservoirs bevinden zich veelal ondergronds. Onderhoud van de installaties wordt uitbesteed aan externe bedrijven. Het opvangen regenwater wordt niet of nauwelijks behandeld alvorens het wordt gebruikt, wel is bij twee installaties een filter voor afvangen van grove delen geïnstalleerd. Op geen van de onderzochte locaties hebben dieren directe toegang tot de opslagreservoirs (Tabel 7).

Tabel 7 Resultaten vragenlijsten.

locatie parameter	Waterschap Vallei & Eem	Ecokantoor	Het Groene Dak	regenton
plaats reservoir	buiten, ondergronds naast gebouw	binnen, onder isolatieschil gebouw	binnen, kelder onder gebouw	buiten
in gebruik sinds	1998	1996	1993	2001
opvang regenwater van	dak	topdak, zonder begroeiing	dak, balkons	dak
waterbehandeling	geen	bladvanger, zandfilter	filter voor groe delen	geen
toegang dieren tot reservoir	nee	nee	nee	nee
onderhoud	extern	extern	extern	geen
tevredenheid	goed	goed	goed	goed



*Opvang van
regenwater van het
dak in een regenton*

4. Discussie

Uit de monitoring van de microbiologische kwaliteit van opgevangen hemelwater op een beperkt aantal locaties gedurende een beperkte periode in 2005 is gebleken dat dit water bijna altijd fecaal verontreinigd is. De parameters voor fecale verontreiniging, bacteriën van de coligroep, *E. coli* en intestinale enterococci werden in de meeste monsters aangetroffen. Bovendien werden de ziekteverwekkende micro-organismen *Campylobacter* en *Legionella* aangetoond in het regenwaterreservoir op één van de onderzochte locaties.

Op geen van de locaties werd een consistent beeld verkregen waarbij in monsters van één van de bemonsteringspunten (reservoir of tap) hogere aantallen micro-organismen werden gedetecteerd. Aantallen waren soms hoger in het reservoir, soms hoger aan de tap en waren soms op beide punten gelijk. Dit houdt mogelijk verband met het gebruik van de tappunten (doorspoeling) voorafgaande aan de bemonstering. Hierover is geen informatie ingewonnen. Met de aanwezigheid van de indicatoren voor fecale verontreiniging voldoet het opgevangen en bewaarde hemelwater niet aan de eisen uit het Nederlandse Waterleidingbesluit (Anonymous, 2001) en is daarmee niet van drinkwaterkwaliteit. Ook het totale aantal bij 22 °C kweekbare kiemen overschrijdt de norm voor drinkwater in bijna alle monsters. Indien leidingen gebruikt voor transport van hemelwater per abuis worden verbonden met drinkwaterleidingen, zou het leidingwaternet besmet kunnen raken.

Door de USEPA (Anonymous, 2004) zijn richtlijnen voor hergebruik van behandeld afvalwater voor bijvoorbeeld toiletspoeling, brand blussen en begieten van planten in parken voorgesteld. Voor fecale coliformen dient de mediaan van metingen op de laatste 7 achtereenvolgende dagen 0 per 100 ml te zijn en mag in geen enkel monster het aantal hoger zijn dan 14 per 100 ml. Van de onderzochte regenwatersystemen zijn geen meetwaarden voor fecale coliformen op 7 achtereenvolgende dagen verkregen. Wanneer echter de gedetecteerde waarden voor *E. coli* worden getoetst aan de maximale waarde voor elk monster van 14 fecale coliformen per 100 ml, blijken twee van de drie onderzochte locaties zowel in het reservoir als aan de tap aan deze eis te voldoen; ook het water uit de regenton voldoet aan deze eis. De meeste monsters genomen uit het reservoir en aan de tap bij Het Groene Dak voldoen niet aan deze richtlijn. Zoals uit de metingen is gebleken, is de kwaliteit van het opgevangen regenwater niet in alle reservoirs gelijk, daarom is het van belang om voor verschillende reservoirs vast te stellen voor welke toepassing het opgeslagen water geschikt is en dit ook vast te leggen.

De pathogene micro-organismen *Campylobacter*, *Salmonella* en *Vibrio* komen onder andere voor in vogelfeces (Moore *et al.*, 2002; Refsum *et al.*, 2002; Ogg *et al.*, 1989) en kunnen tijdens regenval met het afspoelen van vogelfeces van daken in de opvangreservoirs voor hemelwater terecht komen. In dit onderzoek werd *Campylobacter* slechts één maal aangetroffen, terwijl *Salmonella* en *Vibrio* niet werden gedetecteerd. Tijdens dit onderzoek heeft het echter niet of nauwelijks geregend, zodat er vrijwel geen vers regenwater, en het daarmee afgespoelde vuil van de daken, in de reservoirs terecht is gekomen. *Campylobacter* werd alleen aangetroffen in de eerste week van bemonstering; voorafgaand aan deze week

had het geregend. Albrechtsen (2002) vond twee keer *Campylobacter* in twee van zeven onderzochte regenwatersystemen in Denemarken, terwijl Simmons *et al.* (2001) in 115 onderzochte systemen in Nieuw-Zeeland geen *Campylobacter* detecteerden. De laatste meenden dat de oorzaak hiervan bij de geringe gevoeligheid van de gebruikte detectiemethode lag. Ook Holländer *et al.* (1996) vonden geen *Campylobacter*. Simmons *et al.* (2001) vonden in slechts één van de 115 onderzochte regenwaterreservoirs *Salmonella*, terwijl Holländer *et al.* (1996) dit organisme slechts in één van de 93 onderzochte systemen vond. Om met meer zekerheid te kunnen vaststellen of deze pathogenen al of niet voorkomen in opgevangen regenwater in Nederland dient aanvullend onderzoek te worden uitgevoerd, waarbij direct na (hevige) regenval op een aantal achtereenvolgende dagen wordt bemonsterd.

Aeromonas en *C. perfringens* werden in de onderzochte monsters frequent aangetroffen en hoewel deze micro-organismen, evenals bacteriën van de coligroep en het koloniegetal bij 22 °C, in het Waterleidingbesluit slechts zijn opgenomen als bedrijfstechnische parameters, kunnen zij pathogeen zijn voor de mens. *Clostridium* kan gastro-enteritis veroorzaken (Van Immerseel *et al.*, 2004; Bouza *et al.*, 2005), terwijl *Aeromonas* zowel gastro-enteritis (Havelaar *et al.*, 1992) als huidinfecties (Vally *et al.*, 2004) kan veroorzaken. Deze laatste treden vooral op wanneer verwondingen aan de huid in aanraking komen met besmet water (Vally *et al.*, 2004; Hiransuthikul *et al.*, 2005). Vanuit hygiënisch oogpunt is de aanwezigheid van deze pathogenen in water wat in en om het huis wordt toegepast dan ook ongewenst. De detectie van *Legionella* met behulp van de in het Waterleidingbesluit voorgeschreven methode werd in deze monsters sterk gehinderd door de aanwezigheid van storende flora. Hierdoor kon in een aantal gevallen geen betrouwbare resultaat worden afgegeven. Vanwege de geringe selectiviteit blijkt deze methode vooral geschikt voor onderzoek van monsters drinkwater waarin weinig storende flora aanwezig is (Veenendaal en in 't Veld, 2005). De aangepaste methode, waarbij niet werd geconcentreerd en geen onderzoek van niet-gepasteuriseerde monsters werd uitgevoerd, gaf voor alle monsters betrouwbare resultaten, aangezien bij toepassing van deze methode veel minder hinder van storende achtergrond flora werd ondervonden. In één monster werd *Legionella* aangetroffen. Holländer *et al.* (1996), Simmons *et al.* (2001) en Albrechtsen (2002) onderzochten eveneens monsters uit regenwaterreservoirs op de aanwezigheid van *Legionella*, maar vonden deze bacterie niet. Typering van *Legionella* uit het positieve monster toonde aan dat het om *L. pneumophila* serogroep 2-14 ging. In deze studie is voor typering gebruik gemaakt van een testkit die de indeling in serogroep 2-14 niet nader specificceert. Voor zover nu bekend is *L. pneumophila* serogroep 1 de belangrijkste veroorzaker van ziekte bij de mens (Schets en de Roda Husman, 2004), maar ook van *L. pneumophila* serogroep 4 en 6 is bekend dat zij veel infecties veroorzaken (Gezondheidsraad, 2003). Op grond van deze resultaten kan de aanwezigheid van deze serogroepen in hemelwater niet worden uitgesloten. Bij gebruik van regenwater voor toiletspoeling, en mogelijk bij het vullen van een gieter voor het begieten van planten, treedt aërosolvorming op, waardoor blootstelling aan *Legionella* via deze route een voor de volksgezondheid zeer relevant aspect is dat nader onderzocht dient te worden. De beperkte mate waarin pathogenen in opgevangen regenwater werden aangetroffen kan verschillende redenen hebben. Het kan verband houden met de geringe gevoeligheid van de gebruikte

detectiemethoden. Bovendien zijn slechts beperkte volumes van het water in de reservoirs onderzocht en zullen de concentraties van de pathogenen in de reservoirs waarschijnlijk laag zijn door verdunning. Daarnaast is het mogelijk dat organismen die al langere tijd in het reservoir aanwezig waren, zijn afgestorven of zich in een levensvatbaar-niet-kweekbaar stadium bevinden, waardoor zij niet gedetecteerd worden met de toegepaste kweekmethoden (Oliver, 2005). Tijdens het onderzoek heeft het niet geregend waardoor geen aanvoer van micro-organismen in de reservoirs heeft plaatsgevonden. Wanneer direct na een regenbui wordt gemeten en het vers toegestroomde water zich nog niet met het al aanwezige water heeft gemengd zal de concentratie tijdelijk hoger zijn en is de kans om een van deze pathogenen te detecteren groter. Wanneer in een dergelijke situatie het opgevangen water wordt toegepast in het huishouden zal bovendien het risico op het oplopen van een infectie groter zijn.

Naast de bekende pathogenen, zoals *Campylobacter*, *Salmonella*, *Legionella* en *Cryptosporidium*, waarnaar in Nederland veel onderzoek wordt gedaan, kunnen in Nederland ook andere micro-organismen voorkomen die via bijvoorbeeld dieren regenwaterreservoirs kunnen besmetten (Schets *et al.*, in voorbereiding). Veranderde natuurlijke omstandigheden, zoals temperatuurstijging of toename van de hoeveelheid neerslag, maar ook veranderde kunstmatige door de mens geschapen omstandigheden kunnen er voor zorgen dat andere pathogenen Nederland bereiken en zich er kunnen handhaven (Schijven en de Roda Husman, 2005).



*Dak waar
regenwater wordt
opgevangen*

5. Conclusies

Monitoring op beperkte schaal van de microbiologische kwaliteit van opgevangen regenwater heeft aangetoond dat dit water vaak fecaal besmet is. Tevens werd de aanwezigheid van potentieel pathogene bacteriën aangetoond. De aanwezigheid van ziekteverwekkende micro-organismen in regenwater toegepast voor toiletspoeling kan negatieve gevolgen voor de volksgezondheid hebben. Op basis van de verkregen gegevens is het echter nog niet mogelijk om een schatting te doen van het risico op het oplopen van een infectie met een pathogeen micro-organisme bij blootstelling aan dit water. Hiervoor is aanvullend onderzoek op uitgebreidere schaal nodig, waarbij meer locaties worden onderzocht, een aantal andere relevante pathogenen in beschouwing worden genomen (zoals *Cryptosporidium*, *Giardia*, virussen of andere pathogenen die met vogelfeces of feces van andere dieren in het water terecht kunnen komen) en gedetecteerde pathogenen worden gekwantificeerd en getypeerd. Bovendien dienen nadere gegevens over blootstelling aan microbiologisch verontreinigd regenwater te worden verkregen.

6. Aanbevelingen voor vervolgonderzoek

- Monitoring van de microbiologische kwaliteit van opgevangen hemelwater op een grotere selectie van monsterlocaties gedurende een langere periode en, direct na regenval, op een aantal achtereenvolgende dagen, waarbij behalve de aanwezigheid van pathogene bacteriën ook de aanwezigheid van andere pathogene micro-organismen zoals *Cryptosporidium* en virussen wordt onderzocht.
- Kwantificering en typering van de gedetecteerde en geïsoleerde pathogenen.
- Onderzoek naar seizoensinvloeden (bijvoorbeeld schommelingen in de buitentemperatuur en effecten van hevige regenval) op de microbiologische kwaliteit van opgevangen hemelwater.
- Onderzoek naar het effect van bewaren op de microbiologische kwaliteit van hemelwater, zowel in praktijksituaties als onder gecontroleerde laboratoriumcondities, waarbij wordt onderzocht in hoeverre micro-organismen in opgevangen hemelwater overleven, wat de rol van de gebruikte materialen voor reservoirs en leidingen daarbij is en in welke mate inactivatie door bijvoorbeeld hechting een rol speelt.
- Onderzoek naar mogelijke behandelingen van hemelwater die gedurende opslag voor een goede microbiologische kwaliteit zorgen.
- Epidemiologisch onderzoek in situaties waar opgevangen hemelwater in de praktijk wordt toegepast voor toiletspoeling en voor besproeien van gewassen voor humane consumptie, waarbij eveneens zowel de aanwezigheid van pathogene micro-organismen in toiletspoelwater en de gevormde aërosolen als op de gewassen wordt vastgesteld.
- Combinatie van alle gegenereerde gegevens ten behoeve van een risicoschatting zoals aangegeven in het beleidsstandpunt inzet huishoudwater (BWL/2003057326).

Dankwoord

De auteurs danken de betrokken medewerkers van Ekokantoor, Waterschap Vallei en Eem en Het Groene Dak voor hun medewerking aan dit onderzoek. Dhr. R. Bryson van Vitens wordt dank gezegd voor het transport van de monsters voor *Legionella* analyse naar Leeuwarden.

Literatuur

Albrechtsen HJ

Microbiological investigations of rainwater and graywater collected for toilet flushing
Wat Sci Tech 2002; 46 (6-7): 311-316

Anonymous

Besluit van 2 januari 2001 tot wijziging van het Waterleidingbesluit in verband met de
richtlijn betreffende de kwaliteit van voor menselijke consumptie bestemd water
Staatsblad 2001, 31

Anonymous

Guidelines for Water Reuse (EPA/625/R-04/108)
Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency, 2004

Bouza E, Munoz P, Alonso R

Clinical manifestations, treatment and control of infections caused by *Clostridium difficile*.
Clin Microbiol Infect 2005; 11 (Suppl 4): 57-64

Gezondheidsraad

Bestrijding van *Legionella* (nr 2003/12)
Gezondheidsraad, Den Haag, 2003

Havelaar AH, Schets FM, van Silfhout A, Jansen WH, Wieten G, van der Kooij D

Typing of *Aeromonas* strains from patients with diarrhoea and from drinking water
J Appl Bact 1992; 72: 435-444

Hiransuthikul N, Tantisiriwat W, Lertutsahakul K, Vibhagool A, Boonma P

Skin and soft-tissue infections among tsunami survivors in southern Thailand
Clin Infect Dis 2005; 41: e93-96

Holländer R, Bullermann M, Groß C, Hartung H, König K, Lücke F-K, Nolde E

Microbiologisch-hygienische Aspekte bei der Nutzung von Regenwasser als
Betriebswasser für Toilettenspülung, Gartenbewässerung und Wäschewaschen
Gesundheitswesen 1996; 58: 288-293.

Ministerie van VROM.

Beleidsstandpunt inzet huishoudwater (BWL/2003057326)
Ministerie van VROM, Den Haag, 2003

- Moore JE, Gilpin D, Crothers E, Canney A, Kaneko A, Matsuda M
Occurrence of *Campylobacter* spp. and *Cryptosporidium* spp. in Seagulls (*Larus* spp.)
Vector borne and zoonotic diseases 2002; 2(2), 111-114
- Ogg JE, Ryder RA, Smith Jr. HL
Isolation of *Vibrio cholerae* from aquatic birds in Colorado and Utah
Appl Environ Microbiol 1989; 55: 95-99
- Oliver JD
The viable but nonculturable state in bacteria
J Microbiol 2005; 43 (S): 93-100
- Refsum T, Handeland K, Baggesen DL, Holstad G, Kapperud, G
Salmonellae in avian wildlife in Norway from 1969 to 2000
Appl Environm Microbiol 2002; 68 (11): 5595-5599
- Schets FM, de Roda Husman AM
Gezondheidsaspecten van Legionella in water
RIVM rapport 330000004
Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven, 2004
- Schets FM, Horneman ML, de Roda Husman AM
Watertransmitted zoonoses – Transmission of infectious diseases from animals to humans
via water
RIVM report 734301026
Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven, in voorbereiding
- Schijven JF, de Roda Husman AM
Effect of climate changes on waterborne disease in The Netherlands
Water Sci Technol 2005; 51 (5): 79-87
- Senden W.
Quick scan collectieve regenwatersystemen (KWR 03.042)
Kiwa Water Research, Nieuwegein, 2003
- Simmons G, Hope V, Lewis G, Whitmore J, Gao W
Contamination of potable roof-collected rainwater in Auckland, New Zealand
Wat Res 2001; 35 (6): 1518-1524
- Vally H, Whittle A, Cameron S, Dowse GK, Watson T
Outbreak of *Aeromonas hydrophila* wound infections associated with mud football
Clin Infect Dis 2004; 38: 1084-1089

Van Immerseel F, De Buck J, Pasman F, Huyghebaert G, Haesebrouck F, Ducatelle R
Clostridium perfringens in poultry: an emerging threat for animal and public health
Avian Pathol 2004; 33 (6): 537-549

Veenendaal H, in 't Veld S
Vergelijking isolatiemedia voor *Legionella*
H₂O 2005; 13: 33-35