

stowa
Stichting
RIONED

Water in de openbare
ruimte heeft risico's
voor de gezondheid

Water in de openbare ruimte heeft risico's voor de gezondheid

Een gezondheidsrisicoanalyse voor fontein, bedriegertjes, water op straat en water in wadi's

Nederlandse samenvatting behorend bij het proefschrift:
'Best urban water management practices to prevent waterborne infectious diseases under current and future scenarios', waarop dr. ir. Heleen de Man in 2014 promoveerde aan de Universiteit Utrecht.

Voorwoord

Water op straat en water in bedriegertjes of fonteinen is niet van dezelfde kwaliteit als zwemwater, waardoor kinderen die in dit water spelen, ziek kunnen worden.

Met eenvoudige maatregelen is dit te voorkomen. Dat blijkt uit het proefschrift van Heleen de Man van de Universiteit Utrecht. Haar promotieonderzoek spitste zich toe op de hygiënische betrouwbaarheid van water in ‘bedriegertjes’ en fonteinen, en van regenwater op straat en in wadi’s. Door voorlichting en door de bedriegertjes te vullen met drinkwater is besmetting grotendeels te voorkomen.

Het onderzoek heeft de gezondheidsrisico’s van water in de openbare ruimte goed in beeld gebracht én reikt praktische maatregelen aan om de kans op ziekte verder te beperken.

Afstromend regenwater is afvalwater en géén speelwater. Water van bedriegertjes is wel speelwater, maar géén drinkwater.

Ontwerpers, beheerders en gebruikers van bedriegertjes, fonteinen en voorzieningen voor de opvang van regenwater kunnen met de in deze samenvatting gepresenteerde resultaten van het onderzoek bewust omgaan met de gezondheidsrisico’s van water in stedelijk gebied.

Joost Buntsma, directeur STOWA

Hugo Gastkemper, directeur Stichting RIONED

Juli 2014

Inhoud

1	Inleiding	7
1.1	Water in de openbare ruimte	7
1.2	Riolering: verbetering van de volksgezondheid	8
1.3	Ziek van water in stedelijk gebied?	8
1.4	Aanleiding en doel onderzoek	9
1.5	Auteurs en begeleiders	10
1.6	Leeswijzer	10
2	Opzet onderzoek	11
2.1	Onderzocht water in de openbare ruimte	11
2.2	Indicatoren voor water- en luchtkwaliteit	11
2.2.1	Indicatoren voor fecale verontreiniging in water	11
2.2.2	Indicator voor microbiële verontreiniging in lucht	12
2.3	Uitgevoerde risicoanalyse	12
2.3.1	De concentratie ziekteverwekkers in het water	13
2.3.2	De blootstelling aan het water	13
2.3.3	Gebruikte dosisresponsmodel	14
3	Bedriegertjes	15
3.1	Werking van bedriegertjes	15
3.2	Waterkwaliteit bij bedriegertjes in Nederland	16
3.3	Menselijk contact met water van bedriegertjes	17
3.4	Risicoanalyse voor bedriegertjes	18
3.5	Maatregelen bij bedriegertjes	19
4	Fonteinen	20
4.1	Doel en werking van fonteinen	20
4.2	Lucht- en waterkwaliteit bij fonteinen	20
4.3	Gezondheidsrisico's bij fonteinen verminderen	21
5	Regenwater op straat en water in wadi's	22
5.1	Functie van water op straat en wadi's	22
5.2	Waterkwaliteit bij water op straat en in wadi's	23
5.3	Menselijk contact met water op straat en in wadi's	24
5.4	Risicoanalyse voor water op straat	25
5.5	Risicoanalyse voor wadi's	25
5.6	Waar zijn de risico's groter: bij wadi's of water op straat?	26
5.7	Gezondheidsrisico's bij water op straat en wadi's verminderen	27
6	Hoe groot zijn de gezondheidsrisico's?	28
6.1	Referentierisico: risicoanalyse voor zwemmen	28
6.2	Vergelijking van gezondheidsrisico's	28
7	Conclusies en aanbevelingen	30
7.1	Conclusies	30
7.2	Aanbevelingen	30
	Literatuur	31
	Colofon	32

1 Inleiding

1.1 Water in de openbare ruimte

Water is een essentieel onderdeel van de leefomgeving in Nederland. In vrijwel elke streek van ons land komt water terug in de vorm van beken, sloten, polders, rivieren of zee. Dit water trekt vele toeristen en recreanten én biedt een plaats waar planten en dieren kunnen leven.

Ook in stedelijk gebied is water belangrijk. Grachten, singels en stadsvijvers kunnen afstromend regenwater bergen na een hevige regenbui en hebben een verkoelend effect op de omgeving tijdens tropisch warme dagen. Hierdoor is water in stedelijk gebied een essentieel onderdeel van een veilige en gezonde leefomgeving. Mensen waarderen ook de aanwezigheid van water in hun leefomgeving; huizen in de buurt van grachten of een stadsvijver zijn relatief duurder en mensen recreëren graag in de nabijheid van water.

Water wordt steeds vaker geïntegreerd in de openbare ruimte. Gedempte havens en grachten worden weer opengemaakt en nieuwe woonwijken krijgen (speel)vijvers, waar omwonenden verkoeling, ontspanning en vermaak kunnen vinden. Ook verschijnen andere vormen van water in de openbare ruimte, zoals fontein die water vernevelen en bedriegtjes waarmee kinderen kunnen spelen. En als gevolg van toenemende extreme neerslag door klimaatverandering worden in de openbare ruimte bestaande én nieuwe mogelijkheden geïntegreerd om regenwater te bergen. Een voorbeeld hiervan is een wadi (infiltratieveld) of een waterplein.



Figuur 1.1 Kinderen spelen in water op straat

Door deze ontwikkelingen komen mensen en vooral kinderen steeds vaker in contact met water. Als kinderen spelen met water, kunnen ze dit onbewust binnenkrijgen. Soms drinken zij het zelfs. Ook volwassenen komen ermee in aanraking, bijvoorbeeld met waterdruppeltjes van een fontein of als zij spelen met hun kinderen in regenwater op straat.

1.2 Riolering: verbetering van de volksgezondheid

Sinds zo'n 150 jaar weten we dat contact met verontreinigd water ziekte-uitbraken zoals cholera kan veroorzaken. Vanaf dat moment werd open water in stedelijk gebied vermeden en/of het contact met verontreinigd water beperkt. Open riolen werden overkluisd en grachten doorgespoeld of gedempt. Veilig drinkwater en riolering werden geleidelijk geïntroduceerd in onze samenleving en hebben sindsdien een grote bijdrage geleverd aan de gezondheid van mensen.

Figuur 1.2 Oude Vest: een overkluisde riolering in Breda



In Nederland kennen we verschillende rioolssystemen die gebaseerd zijn op twee hoofdsystemen: gemengde en gescheiden riolering. Gemengde riolering transporteert afval- en regenwater samen in één buis naar de zuivering. Bij een gescheiden stelsel liggen er twee buizen in de grond: één voor het transport van regenwater en één voor afvalwater (zie figuur 1.3). Bij hevige regen lost de riolering water in het oppervlaktewater via riooloverstorten. Als de capaciteit van de riolering ontoereikend is, kan er bovendien tijdelijk water op straat staan.

Figuur 1.3 Gemengde (links) en gescheiden (rechts) rioolssystemen



1.3 Ziek van water in stedelijk gebied?

In water kunnen ziekteverwekkende micro-organismen zitten, zoals bacteriën, virussen of parasieten. Deze micro-organismen zijn voornamelijk afkomstig uit honden- en vogelpoep. Soms komen ziekteverwekkers uit menselijke ontlasting in oppervlaktewater terecht door overstortingen vanuit de riolering of lozingen vanuit afvalwaterzuiveringen. Enkele ziekteverwekkers komen gewoon in het milieu voor en dus ook in water. De fecale ziekteverwekkers (vanuit ontlasting) overleven enige tijd in het water en sterven langzaam af. Zij kunnen niet groeien in water. Sommige andere ziekteverwekkers kunnen bij hogere temperaturen wel vermeerderen en in het water uitgroeien tot hoge concentraties, zoals *Legionella*.

Herkenning gezondheidsklachten

Elk jaar zijn er 16 miljoen gevallen van maag-darmklachten (diarree en overgeven) in Nederland¹. Dit brengt hoge economische kosten met zich mee, doordat mensen tijdelijk niet kunnen werken of niet naar school gaan én doordat circa 5% van deze mensen de huisarts bezoekt. Deze maag-darmklachten ontstaan vaak door ziekteverwekkers als *Campylobacter*, *Giardia*, *Cryptosporidium*, norovirus en enterovirus. Maar de herkomst van deze ziekteverwekkers is vaak onduidelijk. Gezondheidsklachten als gevolg van verontreinigd water worden dan ook vaak niet herkend. Mensen weten dat ze ziek kunnen worden door het eten van besmet voedsel, maar dat dit ook via water kan, is minder bekend. Hierdoor worden weinig ziekte-uitbraken gemeld of achterhaald. De ziekte-uitbraken die wel achterhaald worden, zijn vaak gerelateerd aan grotere groepen mensen met een gezamenlijke blootstelling, zoals een schoolreisje².

Meestal onschuldige klachten

Mensen kunnen in contact komen met water als zij zwemmen, vissen, varen, fietsen of wandelen langs een waterpartij of fontein, of spelen in/met een bedriegertje. Op zulke momenten kunnen zij water (druppeltjes) inslikken, waternevel inademen en/of komen de slijmvliezen van ogen en oren of de huid ermee in contact. Ziekteverwekkers in het water krijgen zo de kans het lichaam binnen te dringen en een infectie te veroorzaken. Deze infecties zijn gelukkig meestal relatief onschuldig, ze veroorzaken voornamelijk:

- maag-darmklachten, zoals diarree en overgeven;
- luchtwegklachten, zoals keelpijn, kortademigheid of verkoudheid;
- andere klachten, zoals oorontsteking, oogontsteking, jeuk en eczeem.

Maar er kunnen ook ernstige klachten optreden, zoals een zware longontsteking (na een infectie met *Legionella*), ernstig lever- en nierfalen (na infecties met *leptospirose* of *E. coli* O157), diabetes of verlamingsverschijnselen (na infectie met het *enterovirus*). Deze ernstigere gezondheidsklachten zorgen ervoor dat mensen voor langere tijd niet naar hun werk of school kunnen. Sommige verschijnselen zorgen voor blijvende gezondheidsschade, zoals nierfalen en diabetes.

1.4 Aanleiding en doel onderzoek

Mensen komen steeds vaker in aanraking met water in de openbare ruimte. Hierbij is weinig tot geen aandacht voor gezondheidsaspecten, terwijl uit verscheidene rapportages³⁻⁵ blijkt dat dit water aanmerkelijke gezondheidsrisico's met zich meebrengt. Uit een uitgebreide inventarisatie van 150 locaties met water in stedelijk gebied bleek dat circa 20% van deze locaties zeer verontreinigd was met ontlasting. Hierdoor was de kwaliteit van dit water slecht tot zeer slecht. Mensen die in contact komen met dit water, hebben een verhoogde kans op maag-darmklachten^{6,7}.

Naast Nederlandse publicaties beschrijft internationale wetenschappelijke literatuur vele uitbraken van infectieziekten, die ontstonden door contact met water van fontein^{8,9}, speelwater¹⁰ en regenwateroverlast¹¹. Maar de mate waarin stedelijk water daadwerkelijk een risico vormt voor de gezondheid van mensen, was nog onbekend. Daarom startte Heleen de Man in 2009 een promotieonderzoek naar gezondheidsrisico's van water in de openbare ruimte.

Doel onderzoek

Het doel van het promotieonderzoek was de gezondheidsrisico's van water in de openbare ruimte te kwantificeren én hierbij een handelingsperspectief te bieden voor beheerders om deze gezondheidsrisico's te beperken.

1.5 Auteurs en begeleiders

Het promotieonderzoek is uitgevoerd door ir. Heleen de Man (Universiteit Utrecht). Zij werd begeleid door prof. dr. Frans van Knapen (Universiteit Utrecht), prof. dr. Ana Maria de Roda Husman (RIVM/Universiteit Utrecht) en dr. ir. Imke Leenen (Grontmij).

Heleen de Man en Imke Leenen zijn gezamenlijk auteur van dit rapport.

Stichting RIONED, STOWA, de gemeenten Groningen, Nijmegen, Rotterdam en Utrecht en de waterschappen Hollandse Delta, Schieland & de Krimpenerwaard, Delfland, Stichtse Rijnlanden en Noorderzijlvest hebben dit onderzoek begeleid en financieel ondersteund.

1.6 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 beschrijft de wetenschappelijke methodes om de gezondheidsrisico's van contact met water in kaart te brengen.

Hoofdstuk 3 belicht de waterkwaliteit en gezondheidsrisico's van bedriegertjes.

Hoofdstuk 4 gaat in op de waterkwaliteit en gezondheidsrisico's van fonteinen.

Hoofdstuk 5 beschrijft de waterkwaliteit en gezondheidsrisico's van regenwater op straat en water in wadi's.

De hoofdstukken 3, 4 en 5 sluiten elk af met een paragraaf over hoe u als beheerder de gezondheidsrisico's kunt verminderen.

Hoofdstuk 6 gaat in op hoe erg de gevonden gezondheidsrisico's zijn vergeleken met de risico's voor zwemmen.

Hoofdstuk 7 beschrijft de belangrijkste conclusies en algemene aanbevelingen.

2 Opzet onderzoek

In dit onderzoek zijn verschillende opzetten en methoden gebruikt. Dit hoofdstuk licht de belangrijkste achtergronden, uitgangspunten en methoden toe. Een uitgebreide beschrijving vindt u in het bijbehorende Engelstalige proefschrift *Best urban water management practices to prevent waterborne infectious diseases under current and future scenarios*.

2.1 Onderzocht water in de openbare ruimte

Het onderzoek is gericht op het water van fontein en bedriegertjes, regenwater op straat en water in wadi's (zie figuur 2.1). Hier komen mensen actief of passief in contact met water, terwijl dit verontreinigd kan zijn met ziekteverwekkers afkomstig uit onder andere hondenpoep, vogelpoep en soms vanuit de riolering. Ook kunnen ziekteverwekkers van nature aanwezig zijn in dit water (zie ook paragraaf 1.3).



Figuur 2.1
Met de klok mee:
Bedriegertjes, water op
straat, water in wadi's en
fontein

Ander stedelijk water (zoals vijvers, singels en stadgrachten) zijn niet expliciet meegenomen in dit onderzoek. Bij normaal gebruik komen mensen op deze locaties minder met het water in contact, tenzij zij erin gaan zwemmen. Maar deze wateren zijn meestal niet bedoeld om te zwemmen. Daarom (en vanwege de beschikbare onderzoekstijd) zijn deze locaties alleen meegenomen als er een fontein in staat die water vernevelt en zo mensen in contact brengt met oppervlaktewater.

2.2 Indicatoren voor water- en luchtkwaliteit

Met eenvoudige metingen is aan te tonen of het water een verhoogd risico vormt voor de gezondheid van mensen. Hiervoor worden vaak indicatoren gebruikt. Deze paragraaf beschrijft de in deze studie meegenomen indicatoren.

2.2.1 Indicatoren voor fecale verontreiniging in water

E. coli en intestinale enterococci zijn bacteriën die in de ontlasting van mensen en dieren zitten. De meeste van deze bacteriën zijn goedaardig, zij maken mensen niet ziek. *E. coli* en *intestinale enterococci* worden ook wel indicatorbacteriën voor fecale verontreiniging genoemd. Zij tonen aan of er ontlasting in het water zit. Hoe hoger de concentratie van deze indicatoren in water is, des te meer ontlasting in het water zit en des te groter de kans dat ook ziekteverwekkende micro-organismen in het water aanwezig zijn.

Zwemwaterrichtlijn

De Europese zwemwaterrichtlijn gebruikt deze indicatoren om officiële zwemwaterlocaties in Nederland in te delen in de vier kwaliteitsklassen 'uitstekend', 'goed', 'aanvaardbaar' en 'slecht'. Bij de kwaliteitsklasse 'goed' moet het 95% percentiel van alle metingen in een zwemseizoen voldoen aan een concentratie *E. coli* lager dan 1.000 kve (kolonievormende eenheden)/100 ml en/of 400 kve/100 ml voor intestinale enterococci⁶. Uit epidemiologische studies (waarbij in kaart is gebracht of mensen daadwerkelijk ziek worden van zwemmen) blijkt dat mensen die in water zwemmen dat ernstiger verontreinigd is dan deze waarden een verhoogd risico hebben op maag-darmklachten (zie ook het kader). Voor fontein en bedriegertjes bestaan geen richtlijnen, daarom is de zwemwaterrichtlijn gebruikt om water in de openbare ruimte in te delen in kwaliteitsklassen.

Achtergrond van zwemwaterrichtlijn

De zwemwaterrichtlijn is gebaseerd op epidemiologische studies die zijn uitgevoerd in Nederland, Engeland en Duitsland¹². Uit deze studies blijkt dat mensen die zwemmen in water dat fecaal verontreinigd is een verhoogd risico hebben op maag-darmklachten. Als drempelwaarde voor deze richtlijn is gekozen voor een concentratie *E. coli* hoger dan 1.000 kve (kolonievormende eenheden)/100 ml en/of 400 kve/100 ml voor intestinale enterococci⁶. Deze norm is een politieke afweging tussen wat praktisch haalbaar is en wat gezondheidstechnisch wenselijk is¹².

2.2.2 Indicator voor microbiële verontreiniging in lucht

Endotoxines zijn bestanddelen van de celwand van bepaalde bacteriën. Deze bacteriën zijn aanwezig in planten en in darmen van mens en dier. Endotoxine wordt gebruikt als een indicator om verontreiniging in de lucht te meten en om luchtkwaliteit te beoordelen in gebouwen, zoals stallen, bakkerijen en afvalwaterzuiveringen. De concentratie endotoxine rond afvalwaterzuiveringen bedraagt 20-30 endotoxine units per kubieke meter (EU/m³). Hierbij kunnen werknemers last krijgen van hoofdpijn, keelpijn, hoesten en griepachtige verschijnselen¹³.

2.3 Uitgevoerde risicoanalyse

Het meten van indicatoren geeft geen kwantitatieve informatie over de daadwerkelijke gezondheidsrisico's. Deze informatie is wel te verkrijgen met een kwantitatieve microbiologische risicoanalyse (QMRA). Een QMRA is een rekenmethode om gezondheidsrisico's van blootstelling aan ziekteverwekkers te kwantificeren. Een QMRA geeft een objectieve en wetenschappelijke basis om beslissingen te nemen vanuit het oogpunt van volksgezondheid. Een QMRA wordt bijvoorbeeld ook gebruikt om gezondheidsrisico's van voedsel te kwantificeren en om de drinkwaterkwaliteit van waterzuiveringen te controleren. De input voor een QMRA bestaat uit drie soorten gegevens:

1. de concentratie ziekteverwekkers [C] in het water [kve/100 ml] (zie paragraaf 2.3.1);
2. de blootstelling [V] aan het water [ml] (zie paragraaf 2.3.2);
3. het gebruikte dosisresponsmodel (zie paragraaf 2.3.3).

Basis QMRA

Een kwantitatieve microbiologische risicoanalyse (QMRA) voor water is gebaseerd op het feit dat er een gezondheidsrisico ontstaat als:

- in het water ziekteverwekkers zitten; en
- mensen worden blootgesteld aan dit water.

Als in het water geen ziekteverwekkers aanwezig zijn, is er geen gezondheidsrisico. Zitten er wel ziekteverwekkers in het water, maar worden mensen er niet aan blootgesteld, dan is er ook geen gezondheidsrisico. Alleen op locaties waar mensen in contact komen met een verontreiniging, kan een gezondheidsrisico ontstaan.

De uitkomst van een QMRA is het risico op infectie voor een bepaalde ziekteverwekker. Een infectierisico van 0,05 geeft aan dat 5 op de 100 mensen een infectie oplopen. In deze rapportage is het infectierisico gelijkgesteld aan het risico op ziekte. Dus er is aangenomen dat een infectierisico van 0,05 bij 5 van de 100 mensen leidt tot ziekte. Door deze keuze wordt enerzijds de omvang van het gezondheidsrisico overschat, omdat niet alle mensen die een

infectie hebben ook daadwerkelijk ziek worden. Anderzijds zou het omrekenen van risico op infectie naar risico op ziekte leiden tot een onderschatting van de ernst van het gezondheidsrisico, omdat sommige infecties kunnen leiden tot ernstige blijvende gezondheidsklachten, zoals diabetes, verlamningsverschijnselen of ernstig lever- en nierfalen.

Volgens het Nederlandse Drinkwaterbesluit mag maximaal 1 op de 10.000 mensen per jaar een infectie oplopen door drinkwater. Maar voor blootstelling aan water van fonteinen en bedriegertjes, regenwater op straat en water in wadi's bestaan geen normen. Daarom zijn de in dit onderzoek berekende risico's vergeleken met de wetenschappelijke norm van 0,01 (1%). Uit wetenschappelijke literatuur blijkt namelijk dat mensen bij infectierisico's boven deze drempelwaarde daadwerkelijk ziek worden.

2.3.1 De concentratie ziekteverwekkers in het water

Het onderzoek richt zich vooral op de risico's op maag-darmklachten die ontstaan door de ziekteverwekkers *Campylobacter*, *Cryptosporidium*, *Giardia*, norovirus en enterovirus. Maag-darmklachten zijn de meestvoorkomende klachten die geassocieerd worden met verontreinigd water, daarom is voor dit ziektebeeld gekozen. De genoemde ziekteverwekkers zijn de ziekteverwekkers die in Nederland de meeste maag-darmklachten veroorzaken door contact met water. Daarnaast zijn deze ziekteverwekkers ook gekozen omdat:

- zij in hoge concentraties in het water aanwezig kunnen zijn door verontreinigingen afkomstig uit onder meer vogelpoep, hondenpoep en riolering;
- zij een lage infectieuze dosis hebben (inslikken van een lage dosis kan al tot ziekte leiden);
- het verschillende soorten micro-organismen zijn met een verschillend gedrag. *Campylobacter* is een bacterie, *Cryptosporidium* en *Giardia* zijn parasieten en noro- en enterovirus zijn virussen.

Waar mogelijk zijn ook de risico's voor *Legionella* in kaart gebracht. *Legionella* is een ziekteverwekker (bacterie) die ernstige luchtwegklachten veroorzaakt (longontsteking). Deze bacterie komt van nature voor in water en groeit bij temperaturen boven de 25°C.

	Oorsprong ziekteverwekker	Ontlasting (N/gram)	Rioolwater (N/L)	Oppervlaktewater (N/L)	Gescheiden hemelwaterafvoer (N/L)	Afstromend regenwater (N/L)
<i>E. coli</i> en intestinale enterococci	Ontlasting van dieren en mensen	10 ⁷ - 10 ¹⁰	10 ⁶ - 10 ¹⁰	10 ⁰ - 10 ⁵	10 ⁰ - 10 ⁵	10 ⁰ - 10 ⁴
<i>Campylobacter</i>		10 ⁶	10 ² - 10 ⁶	10 ² - 10 ⁴	10 ⁻¹ - 10 ²	0 - 10 ²
<i>Cryptosporidium</i>		10 ⁶ - 10 ⁷	10 ⁰ - 10 ⁴	10 ⁻¹ - 10 ³	10 ⁻¹ - 10 ⁰	0 - 10 ⁰
<i>Giardia</i>		10 ⁶ - 10 ⁷	10 ⁰ - 10 ⁴	10 ⁻¹ - 10 ³	10 ⁻¹ - 10 ¹	0 - 10 ¹
Norovirus	Ontlasting van mensen	10 ⁵ - 10 ⁹	10 ⁰ - 10 ⁴	10 ¹ - 10 ³	0 - 10 ³	-
Enterovirus		10 ⁶	10 ⁰ - 10 ⁴	10 ⁻² - 10 ¹	0 - 10 ⁴	-
<i>Legionella</i>	Van nature in milieu	-	0 - 10 ⁵	n.a.	0 - 10 ⁴	0 - 10 ⁴

Tabel 2.1 Overzicht concentratie indicatorbacteriën en ziekteverwekkers in ontlasting en water. (N/l = aantal ziekteverwekkers per liter)

De risico's voor andere gezondheidsklachten zijn niet gekwantificeerd in dit onderzoek. Denk hierbij bijvoorbeeld aan luchtwegklachten, oorontstekingen, oogontstekingen en andere ernstige aandoeningen, zoals verlamningsverschijnselen of ernstig nier- en leverfalen.

2.3.2 De blootstelling aan het water

Elke ziekteverwekker heeft een eigen route om mensen te infecteren. Zo kan *Legionella* alleen bij inademing ziekte veroorzaken en kunnen fecale ziekteverwekkers als *Campylobacter* en norovirus alleen bij inslikken tot ziekte leiden. *Legionella* speelt daarom vooral een rol op locaties waar water verneveld wordt, zoals bij fonteinen of op plekken waar auto's opspattend water vernevelen. De fecale ziekteverwekkers spelen vooral een rol op locaties waar water ingeslikt wordt. Dus bijvoorbeeld op locaties waar kinderen spelen met water en daarbij druppels water inslikken.

In een kwantitatieve microbiologische risicoanalyse wordt daarom onderscheid gemaakt tussen het inslikken, inademen van water en contact van water met de huid. In dit onderzoek zijn alleen de risico's voor inademen en inslikken gekwantificeerd. De risico's van huidcontact met water zijn niet onderzocht, omdat er (nog) onvoldoende wetenschappelijk kader is om deze gezondheidsrisico's te kunnen kwantificeren.

Inslikken

Om de blootstelling voor het inslikken van water te bepalen, zijn mensen die in contact kwamen met mogelijk verontreinigd water geënuquêteerd. Hierbij zijn de volgende vragen gesteld:

- Waren uw handen nat na contact met het water?
- Hebt u enkele druppels water ingeslikt?
- Hebt u een slok water ingeslikt?

Vervolgens is het totale ingeslikte volume berekend met de volgende formule:

$$V_{\text{inslikken}} = V_{\text{HM}} + V_{\text{d}} + V_{\text{m}} \quad [\text{formule 1}]$$

V_{HM} is het volume dat mensen inslikken via hand-mondcontact, V_{d} is het volume dat mensen inslikken via druppels water en V_{m} is het volume water dat mensen inslikken via een slok water. De volumes van de verschillende vormen van inslikken zijn geschat met behulp van gegevens uit literatuur¹⁴.

Inademen

De blootstelling via inademen is bepaald met behulp van metingen én gegevens uit literatuur over het ademhalingsvolume van mensen. Het volume water dat wordt ingeademd, is berekend met de volgende formule:

$$V_{\text{ingeademd water}} = Q_{\text{inademen}} * R_{\text{inhaleerbare waternevel}} \quad [\text{formule 2}]$$

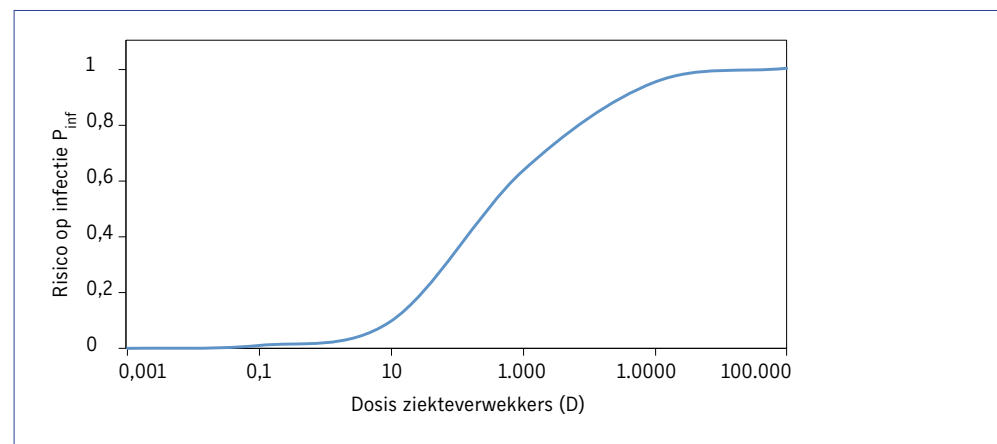
Q_{inademen} is het inhalatiedebiet (m^3 lucht/min) van mensen en $R_{\text{inhaleerbare waternevel}}$ (μL water/ m^3 lucht) is de fractie van de waternevel die in de longen dringt bij inademing van de waternevel.

2.3.3 Gebruikte dosisresponsmodel

Hoe groter de dosis ziekteverwekkers (het aantal ziekteverwekkers dat men binnenkrijgt), hoe groter de kans op een infectie (en dus ziekte). Een dosisresponsmodel beschrijft de relatie tussen de dosis ingenomen micro-organismen (D) en het risico op infectie P_{inf} dat hiervan het gevolg is (zie figuur 2.2). De dosis D wordt berekend door:

$$D = C * V = \text{concentratie ziekteverwekkers} * \text{blootstelling} \quad [\text{formule 3}]$$

Figuur 2.2 Voorbeeld dosisresponsmodel



In het onderzoek is onderscheid gemaakt tussen risico's (P_{inf}) per incidentele gebeurtenis en het totale risico per jaar. Het risico per jaar is namelijk afhankelijk van hoe vaak iemand per jaar een gebeurtenis meemaakt waarbij contact is met verontreinigd water.

3 Bedriegertjes

3.1 Werking van bedriegertjes

Bedriegertjes zijn fonteintjes die wisselend aan- en uitgaan. Kinderen spelen graag met deze fonteintjes, die daarom vaak worden geplaatst in stedelijk gebied of in speeltuinen. Kenmerkend voor bedriegertjes is dat zij een ondergronds waterreservoir hebben van enkele kubieke meters. Dit reservoir wordt gevuld met drink-, grond-, oppervlakte- of regenwater.

In het waterreservoir kunnen ziekteverwekkers aanwezig zijn. Deze ziekteverwekkers komen in het water terecht doordat bronwater zoals grondwater, oppervlaktewater of regenwater al verontreinigd is of door het gebruik van het bedriegertje. Zo kunnen ziekteverwekkers afspoelen van schoenen of luiers van kinderen. Ook ziekteverwekkers uit vogel- of hondenpoep kunnen het water verontreinigen.

Bedriegertjes spuiten water omhoog dat via goten of kolken wordt opgevangen. Het water stroomt meestal weer terug in het reservoir. Zo circuleert het water gedurende een lange periode, waardoor mogelijke verontreinigingen zich in het systeem kunnen ophopen. Daarnaast kan bij warme dagen de temperatuur in het watersysteem van een bedriegertje stijgen. Hierdoor kunnen in het water hoge concentraties van sommige ziekteverwekkers ontstaan, zoals *Legionella* (veroorzaker longontsteking) of *Pseudomonas* (veroorzaker oorontsteking).



Figuur 3.1 Bedriegertjes
foto Antal Zuurman

Desinfectie

Bij bedriegertjes is meestal een vorm van desinfectie aanwezig, zoals chloordosering, zandfiltratie en/of uv-filter. Deze desinfectie functioneert vaak onvoldoende door onvoldoende onderhoud, waardoor wereldwijd vele ziekte-uitbraken voorkomen die ontstaan door ziekteverwekkers zoals *Giardia*¹⁵, *Cryptosporidium*¹⁶, norovirus² en *Salmonella*¹⁷. Deze ziekteverwekkers veroorzaakten maag-darmklachten onder grote groepen mensen. Ook zijn ernstigere ziekte-uitbraken beschreven waarbij mensen bijvoorbeeld geïnfecteerd werden met *Leptospirose*¹⁸, een ziekteverwekker die in de urine van ratten zit en ernstig lever- en nierfalen veroorzaakt.

Besmetting kinderen

In 2003 kwamen 100 kinderen uit Nederland thuis na een schoolreisje met heftige diarree en overgeven. Na inventarisatie van de GGD en het RIVM bleek dat de kinderen besmet waren met het norovirus én dat deze klachten terug te leiden waren tot het spelen met de bedriegertjes in de speeltuin².

3.2 Waterkwaliteit bij bedriegertjes in Nederland

Uit Nederlandse rapportages én internationale literatuur was al bekend dat de waterkwaliteit bij bedriegertjes vaak te wensen overlaat en daardoor een risico kan vormen voor de gezondheid van mensen. Daarom zijn in dit onderzoek de oorzaken voor een slechte waterkwaliteit in kaart gebracht.

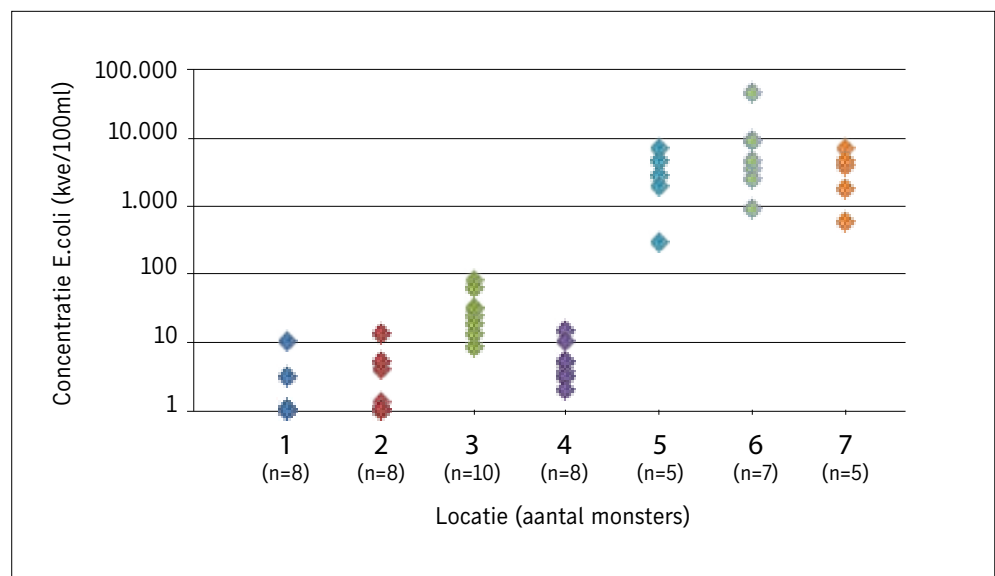
In het onderzoek is de waterkwaliteit bij verschillende bedriegertjes intensief gemeten. Hierbij zijn van 1 juni 2011 tot en met 31 augustus 2011 bij 7 verschillende bedriegertjes in Nederland meerdere watermonsters genomen. Deze watermonsters zijn geanalyseerd voor *E.coli* om de fecale verontreiniging van het water in kaart te brengen. Ook is informatie verzameld over de verschillen tussen de bedriegertjes, zoals ontwerp, waterbron voor het reservoir, desinfectiesysteem en onderhoudsregime (zie tabel 3.1).

De aanname bij de opzet van het onderzoek was dat bedriegertjes die goed werden onderhouden een betere waterkwaliteit zouden hebben dan bedriegertjes die weinig werden onderhouden. Maar dit bleek niet de belangrijkste factor te zijn.

Tabel 3.1 Overzicht karakteristieken verschillende onderzochte bedriegertjes

Bron van circulatiewater	Desinfectie	Afstromend regenwater in reservoir	Routine inspectie interval	Routine maatregelen tijdens	Grootte reservoir (m ³)
1. Drinkwater	Handmatige dosering chloor	Nee	1 week	Chloordosering	2
2. Drinkwater	Handmatige dosering chloor	Nee	1 week	Chloordosering	2
3. Drinkwater	Snelle zandfiltratie + uv	Nee	2 weken	Terugspoelen zandfiltratie	4
4. Drinkwater	Snelle zandfiltratie + uv	Nee	4 weken	Terugspoelen zandfiltratie	4
5. Regenwater	Snelle zandfiltratie + chloordosering	Ja	2 weken	Terugspoelen zandfiltratie + controle doseerpomp chloor	3
6. Oppervlaktew.	Handmatige dosering chloor	Ja	4 weken	Chloordosering	16
7. Oppervlaktew.	UV	Ja	6 maanden	Vervanging uv-lamp	30

Figuur 3.2 Waterkwaliteitsmetingen bij 7 bedriegertjes



Uit de resultaten in figuur 3.2 blijkt dat de waterkwaliteit bij bedriegertjes gevuld met drinkwater (locaties 1-4) significant beter was dan de waterkwaliteit bij bedriegertjes gevuld met oppervlakte- of regenwater (locaties 5-7).

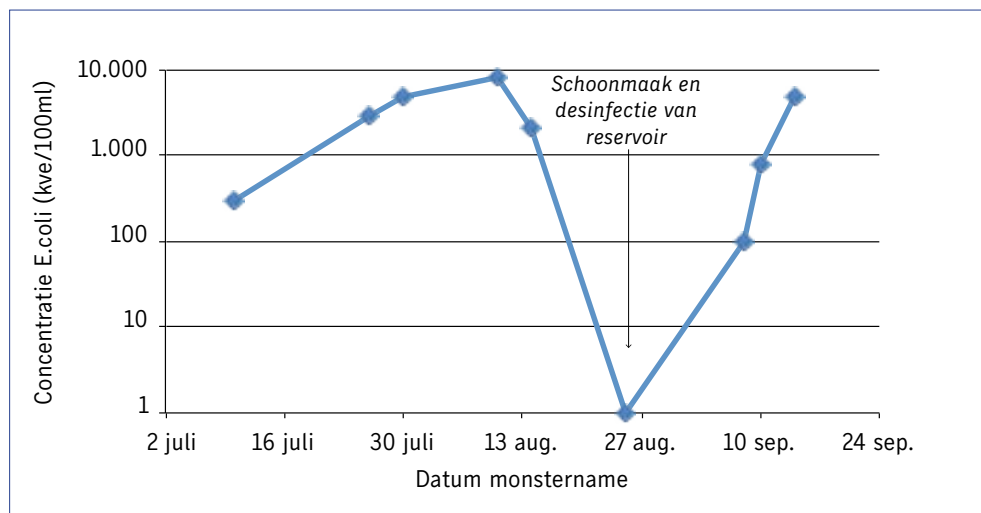
De resultaten leiden tot de volgende conclusies:

- De beginkwaliteit van het water is maatgevend voor blijvend goede waterkwaliteit bij een bedriegertje.
- Desinfectie blijkt niet in staat het water te zuiveren van micro-organismen. Anders gezegd: desinfectie is alleen geschikt om schoon water schoon te houden en niet geschikt om verontreinigd water te zuiveren.
- Bij locaties gevuld met drinkwater (locaties 1-4) is een waterkwaliteit haalbaar waarbij

de concentratie *E. coli* lager is dan 100 kve (kolonievormende eenheden) per 100 ml. Deze richtwaarde zou in de praktijk bruikbaar kunnen zijn om de waterkwaliteit van bedriegertjes te monitoren.

Schoonmaken bedriegertje

Na de metingen is aan de beheerders van de bedriegertjes met een slechte waterkwaliteit (locaties 5-7) gevraagd om het reservoir schoon te spuiten met een hogedrukpuit en te vullen met gechloreerd drinkwater. De beheerder van locatie 5 stemde hiermee in, dus op deze locatie is vervolgonderzoek verricht. Figuur 3.3 laat de waterkwaliteit van locatie 5 zien voor en na het desinfecteren van het reservoir.



Figuur 3.3
Waterkwaliteitsmetingen voor en na schoonmaken reservoir bedriegertje

Ophoping verontreiniging

Een verontreiniging van 1 gram vogelpoep (10^8 kve *E. coli* per gram) is voldoende om het reservoir van een bedriegertje van 4 m³ te verontreinigen. Zo'n verontreiniging leidt ondanks de grote verdunning in het water namelijk tot een concentratie van 2.500 kve *E. coli* per 100 ml water. Desinfectie is bedoeld om deze verontreinigingen onschadelijk te maken, maar bij ophoping van verontreinigingen functioneert de desinfectie niet meer voldoende.

Uit figuur 3.3 blijkt dat de fecale verontreiniging na het schoonspuiten en desinfecteren verwijderd was, maar vrij snel weer terugkwam. Binnen drie weken was de concentratie weer boven de 1.000 kve *E. coli* per 100 ml. Boven deze concentratie hebben kinderen bij blootstelling aan dit water een verhoogde kans op maag-darmklachten^{6,7}.

De nieuwe fecale verontreiniging (de verhoging in de concentratie *E. coli*) is waarschijnlijk ontstaan door verontreinigingen die met regenwater naar het reservoir afstroomden. Deze verontreinigingen zijn zich gaan ophopen, waardoor de werking van de desinfectie langzamerhand niet meer effectief was (zie het kader).

3.3 Menselijk contact met water van bedriegertjes

In het onderzoek is in kaart gebracht hoe en in welke mate kinderen en volwassenen bij bedriegertjes in contact komen met water. Op vijf dagen in 2010 is in twee steden in de middag gedurende 4 uur geteld hoeveel mensen werden blootgesteld aan het water van bedriegertjes. De buitentemperatuur op deze dagen bedroeg ongeveer 20 tot 23°C.

In totaal zijn 604 mensen geobserveerd (zie tabel 3.2), waarvan 257 kinderen onder de 14 jaar. De gemiddelde speelduur bedroeg 3,5 minuut. Uit de resultaten van deze observaties blijkt dat 10 van de 604 mensen (2%) het water van de bedriegertjes drinken. Dit ondanks het gematigde zomerweer en de waarschuwingsborden waarop staat dat het water geen drinkwater is. Uit wetenschappelijke literatuur² is bekend dat bij tropisch warme dagen ongeveer 25% van de kinderen van het water drinkt.

Tabel 3.2 Resultaten observaties kinderen en volwassenen spelend met/in een bedriegertje

	Natte handen	Nat gezicht	Drinken van slokken water	Aanwezig binnen 2 meter van de bedriegertjes*
Kinderen	198	65	8	257
Volwassenen	192	31	2	347

* blootstelling mogelijk via inademen van waternevel/druppeltjes

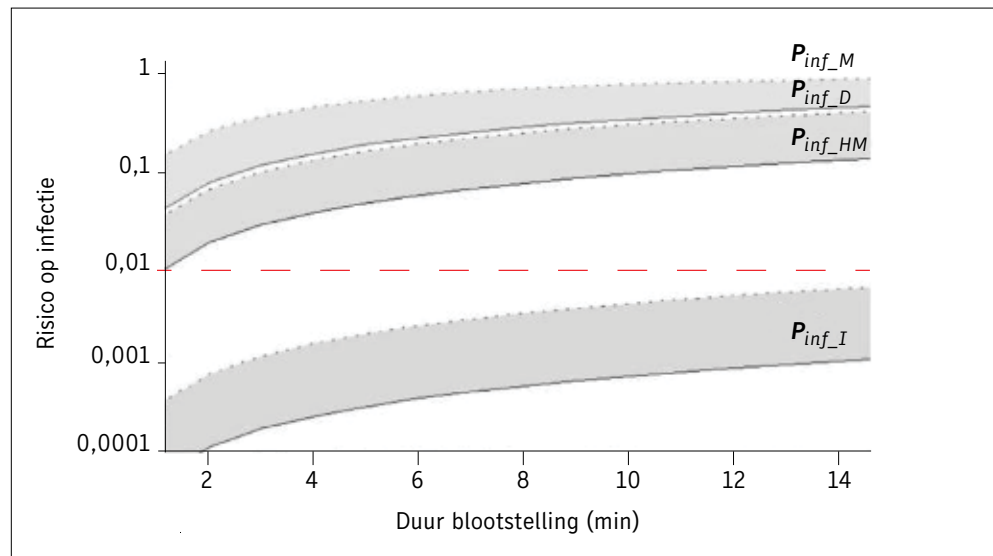
3.4 Risicoanalyse voor bedriegertjes

In het onderzoek is een risicoanalyse (QMRA) uitgevoerd voor bedriegertjes gevuld met regenwater, omdat:

- regenwater wordt gezien als een duurzame bron van water om te hergebruiken;
- afstromend regenwater de reservoirs van bedriegertjes vaak verontreinigt;
- in regenwater van nature ziekteverwekkers kunnen zitten (*Legionella*);
- door afstroming van honden- en vogelpoep fecale ziekteverwekkers (zoals *Campylobacter*) in regenwater kunnen zitten.

Door de aanwezigheid van ziekteverwekkers in regenwater kan vulling (of verontreiniging) van het reservoir met regenwater bij bedriegertjes een gezondheidsrisico vormen. Dit risico is gekwantificeerd met behulp van een QMRA. Gegevens uit literatuur^{19,20} over de concentratie *Legionella* en *Campylobacter* in regenwater in Nederland en de resultaten uit tabel 3.2 zijn de basis van de uitgevoerde risicoanalyse.

Figuur 3.4 Risico op infectie voor kinderen bij bedriegertjes gevuld met regenwater



Figuur 3.4 toont de resultaten van de risicoanalyse voor kinderen als functie van blootsteldingsduur. Voor *Campylobacter* (veroorzaker van maag-darmklachten) is het risico afhankelijk van de mate van blootstelling, namelijk via slokken water inslikken (P_{inf_M}), via druppels water in de mond (P_{inf_D}) of via hand-mondcontact met natte handen (P_{inf_HM}). Voor *Legionella* (veroorzaker van ernstige longontsteking) is het risico (P_{inf_I}) vooral afhankelijk van de bezoeksduur (de tijd dat iemand de verontreinigde waternevel inademt).

Uit de resultaten van de risicoanalyse blijken de risico's voor slokken water inslikken (P_{inf_M}), druppels water inslikken (P_{inf_D}) of hand-mondcontact met natte handen (P_{inf_HM}) allemaal groter te zijn dan 0,01. Boven de drempelwaarde van 0,01 worden mensen daadwerkelijk ziek (zie paragraaf 2.3).

Infectierisico's

Voor een gemiddelde blootsteldingsduur van 3,5 minuut (zie paragraaf 3.3) bedraagt het gemiddelde infectierisico voor *Campylobacter* voor kinderen 3,6% (range 0-54%). De grote spreiding in risico's komt door de verschillende manieren van contact: slok water inslikken, druppels water inslikken of hand-mondcontact met natte handen. Een infectierisico van 3,6% betekent dat circa 1 op de 25 kinderen ziek wordt na het spelen met een bedriegertje. Bij warm weer, wanneer 25% van de kinderen slokken water drinkt², zal dit risico oplopen naar circa 1 op de 3 kinderen.

Voor *Legionella* bedraagt het risico voor kinderen die spelen met een bedriegertje gemiddeld 0,0093% (range 0-0,024%), ofwel 1 op de 11.000 kinderen krijgt een infectie met *Legionella* en heeft daardoor kans op een ernstige longontsteking. Voor volwassenen is deze kans iets hoger, namelijk 0,011% (range 0-0,82%), ofwel 1 op de 9.000 volwassenen. Dit komt doordat volwassenen een grotere longinhoud hebben en daardoor meer waternevel inademen.

Uit de risicoanalyse blijkt duidelijk dat het vullen van bedriegertjes met regenwater kan leiden tot gezondheidsklachten bij kinderen. Hierbij kunnen ook ernstige infecties ontstaan. Per jaar spelen duizenden kinderen met een bedriegertje.

3.5 Maatregelen bij bedriegertjes

Met de volgende maatregelen kunt u gezondheidsrisico's bij bedriegertjes verminderen:

1. Vul het reservoir van bedriegertjes met drinkwater (zie figuur 3.5).

Uit het onderzoek blijkt dat systemen gevuld met ander water dan drinkwater een risico vormen voor de gezondheid van mensen. Het water in zo'n systeem is ook zichtbaar troebeler dan in een systeem gevuld met drinkwater.



Figuur 3.5 Reservoir bedriegertje gevuld met grondwater (links) en drinkwater (rechts)
foto's Arthur Nijhof

2. Gebruik desinfectie maatregelen om ziekteverwekkers te verwijderen.

3. Zorg dat verontreinigingen niet kunnen afstromen in het reservoir (zie figuur 3.6).

Tijdens het onderzoek bleek het waterreservoir van bedriegertjes op meerdere locaties te worden verontreinigd door afstromend regenwater, afvalwater van de markt of schoonmaakwater na het schoonspuiten van de straat. De toestroming van buiten het bedriegertje is te voorkomen door het reservoir op hoogte te brengen.



Figuur 3.6 Bedriegertjes waar verontreinigende stromen wel (links) en niet (rechts) kunnen afstromen in het reservoir

4. Neem wekelijks watermonsters gedurende het seizoen en bepaal de concentratie *E. coli*. Uit het onderzoek blijkt dat bedriegertjes met een reservoir gevuld met drinkwater kunnen voldoen aan een richtwaarde voor goede waterkwaliteit van maximaal 100 kve *E. coli* per 100 ml. Als de concentratie *E. coli* boven deze waarde komt, moet u het reservoir met een hogedrukreiniger reinigen en opnieuw desinfecteren, bijvoorbeeld met chloor. Deze methode is ook zeer bruikbaar als er toch regenwater (of een andere afvalstroom) in het reservoir terecht komt (zie punt 3). Met behulp van metingen kan het moment bepaald worden wanneer reiniging en desinfectie noodzakelijk is.

4 Fonteinen

4.1 Doel en werking van fonteinen

Fonteinen in de openbare ruimte verfraaien het stedelijke gebied. Ze staan bijvoorbeeld in stadsvijvers, singels en stadscentra en nabij terrasjes. Fonteinen zijn vaak mooi om te zien en het klaterende water geeft mensen een rustgevend gevoel. Behalve als sierwater kunnen fonteinen ook andere functies hebben. Ze vernevelen water tot kleine druppeltjes waardoor de luchttemperatuur daalt. Dit is gunstig tijdens tropische dagen als het in de stad beklemmend warm kan zijn. Fonteinen staan ook wel in oppervlaktewater als beluchting om de zuurstofconcentratie in het water te verhogen, bijvoorbeeld na een riooloverstorting. De effectiviteit van deze beluchting lijkt echter beperkt.

De door een fontein vernevelde waterdruppeltjes kunnen verontreinigd zijn met ziekteverwekkers. Deze ziekteverwekkers kunnen van nature in het water zitten of komen in het water terecht door bepaalde verontreinigingsbronnen. Denk aan vogelpoep, hondenpoep, riooloverstortingen of lozingen vanuit afvalwaterzuiveringen. Als mensen deze waterdruppeltjes inslikken of inademen, kunnen zij last krijgen van keelpijn, hoesten, hoofdpijn of maag-darmklachten als diarree en overgeven. Ook kunnen ernstigere infecties optreden. Door *Legionella* kunnen mensen bijvoorbeeld een zware longontsteking krijgen.

Figuur 4.1 Fontein op het Hofplein in Rotterdam
foto Nationale Beeldbank



Legionella-uitbraken

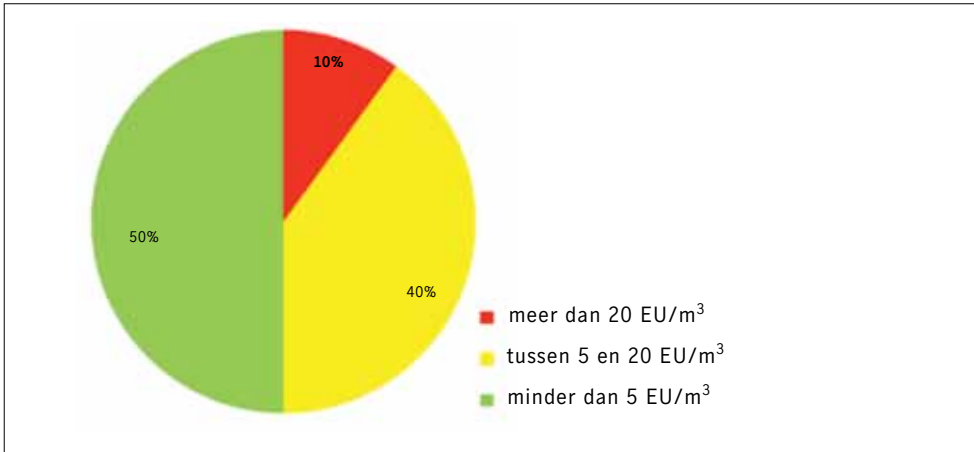
Fonteinen worden vaak in verband gebracht met Legionella. Dit speelt vooral een rol bij afgesloten systemen waar water circuleert en kan opwarmen. Er zijn verschillende Legionella-uitbraken bekend bij fonteinen in ziekenhuizen^{8,9,21}. Als zo'n fontein met Legionella verontreinigd is, kan dat grote gevolgen hebben voor patiënten, omdat zij vaak vatbaarder zijn voor infecties.

4.2 Lucht- en waterkwaliteit bij fonteinen

Op sommige locaties in Nederland staan fonteinen waar per dag onbedoeld duizenden mensen in contact komen met de waternevel. Als deze waternevel met ziekteverwekkers verontreinigd is, kan dit leiden tot vele ziektegevallen per jaar. Maar het meten van ziekteverwekkers in deze waterdruppeltjes in de lucht is kostbaar en er zijn veel nadelen aan de beschikbare technische methoden. Daarom zijn de water- en luchtkwaliteit in dit onderzoek in kaart gebracht door het meten van *E. coli* en endotoxine. Met deze metingen is geïnventariseerd of het inademen van waternevel en het inslikken van waterdruppeltjes van fonteinen een risico kan vormen voor de gezondheid van mensen. (N.B. Op basis van het meten van alleen deze indicatoren is het risico niet te kwantificeren.)

Luchtkwaliteit

In het onderzoek zijn luchtkwaliteitsmetingen gedaan bij 31 fontein. De resultaten ziet u in figuur 4.2. Hieruit blijkt dat 3 fontein (10%) vergelijkbare luchtkwaliteit hadden als bij een afvalwaterwaterzuivering (meer dan 20 EU/m³). Van deze locaties is bekend dat werknemers last kunnen hebben van luchtwegklachten, zoals hoesten, keelpijn en hoofdpijn¹³. Bij 13 fontein (40%) werd een slechtere luchtkwaliteit gemeten dan normaliter in de buitenlucht (tussen 5 en 20 EU/m³). En bij 15 fontein (50%) was de luchtkwaliteit vergelijkbaar met de buitenlucht (minder dan 5 EU/m³).



Figuur 4.2 Resultaten luchtkwaliteitsmetingen (EU = endotoxine units)

Waterkwaliteit

Bij 88 fontein zijn waterkwaliteitsmetingen uitgevoerd. Bij 26 van de 88 fontein (een kleine 23%) was de concentratie *E. coli* boven de 1.000 kve/100 ml en/of de concentratie endotoxine boven de 400 kve/100 ml. Als mensen waterdruppels van deze waterkwaliteit inslikken, kunnen zij maag-darmklachten krijgen als diarree en overgeven.

Behalve de lucht- en waterkwaliteitsmetingen zijn in het onderzoek ook fontein karakteristieken meegenomen, zoals de hoogte van de fontein, de afstand van de meting tot de fontein, windrichting en de voelbaarheid van de waternevel. In het onderzoek is bepaald welke factoren de luchtkwaliteit rondom een fontein significant beïnvloeden. Hieruit blijkt dat de waterkwaliteit, de afstand tot de fontein en de voelbaarheid van de waternevel bepalend zijn voor de luchtkwaliteit in de buurt van een fontein. Anders gezegd: hoe beter de waterkwaliteit, hoe minder voelbaar de waternevel en hoe groter de afstand tot de waterfontein, hoe kleiner de gezondheidsrisico's.

4.3 Gezondheidsrisico's bij fontein verminderen

Met de volgende maatregelen kunt u gezondheidsrisico's bij fontein verminderen:

1. Zorg dat de waternevel niet voelbaar is, dan zijn de gezondheidsrisico's klein.
 - Plaats de fontein op een grote afstand tot mensen.
 - Laat de fontein het water minder hoog vernevelen.
 - Kies voor een fontein die grote waterdruppels sproeit, deze druppels komen minder ver én zijn te groot om ingeademd te worden.
1. Zorg voor goede waterkwaliteit.
 - Plaats bij oppervlaktewater geen fontein nabij overstorten en lozingen vanuit afvalwaterzuiveringen. Als u dit toch doet, zorg dan dat er geen contact met het water uit de fontein kan zijn, bijvoorbeeld door de fontein laag te laten spuiten en het water niet fijn te vernevelen.
 - Bij fontein met een afgesloten watersysteem kunt u de aanbevelingen voor bedriegtjes overnemen, namelijk:
 - Vul het systeem met drinkwater.
 - Gebruik een eenvoudige vorm van desinfectie.
 - Zorg dat verontreinigende waterstromen niet afspoelen in het reservoir.
 - Controleer de waterkwaliteit regelmatig.

5 Regenwater op straat en water in wadi's

5.1 Functie van water op straat en wadi's

Na hevige regen ontstaat in Nederland regelmatig water op straat. De riolering kan de grote hoeveelheid regenwater niet direct verwerken, waardoor tijdelijk water op straat blijft staan. Soms treedt hierbij ook overlast op, bijvoorbeeld als water in kelders of kruipruimten stroomt of als wc's overstromen.

Figuur 5.1. Water op straat



Regenwater op straat kan verontreinigd zijn met ziekteverwekkers afkomstig uit honden- en vogelpoep en met menselijke ontlasting die vanuit de ondergrondse riolering omhoogstroomt. Ook kunnen er ziekteverwekkers in aanwezig zijn die van nature in het milieu voorkomen.

Mensen komen in contact met regenwater op straat als zij wateroverlast moeten opruimen of als zij buiten nat worden van langrijdende auto's. Kinderen spelen of zwemmen graag in het water. Hierdoor krijgen mensen (vooral kinderen) water binnen. Bijvoorbeeld doordat zij met natte handen hun mond aanraken, spetters inslikken of een slok water binnenkrijgen.

Wadi's

Om bij hevige regen wateroverlast te voorkomen, leggen veel gemeenten wadi's aan. Een wadi is een verdiept grasveld dat functioneert als infiltratievoorziening voor regenwater. Deze wadi's kunnen gevuld worden via de ondergrondse hemelwaterafvoer (hwa) of met bovengronds afstromend regenwater. Net als water op straat kan het water van wadi's verontreinigd zijn door honden- en vogelpoep en in geval van vulling vanuit het hwa-stelsel met menselijke ontlasting wat door foutieve aansluitingen in het hwa-stelsel terechtkomt.

Water op straat: tijdelijke berging

Een rioolstelsel wordt meestal ontworpen op een ontwerpbeurt met een herhalings-tijd van 2 jaar ($T=2$), bij zo'n regenbeurt treden overstorten in werking die voorkomen dat wateroverlast ontstaat. Bij heftigere regenval raakt de afvoercapaciteit van het stelsel alsnog overbelast en kan tijdelijk water op straat blijven staan. Vaak is dit van korte duur en slechts in enkele straten van het rioleringsgebied. Meestal is dan geen sprake van overlast in de vorm van hinder of schade.

5.2 Waterkwaliteit bij water op straat en in wadi's

Tijdens het onderzoek zijn monsters genomen van water-op-sraatsituaties waar minimaal 100 m² van de straat onder water stond of van gevulde wadi's. Tijdens de monsternamen is de oorsprong van het water achterhaald, namelijk:

- gemengde riolering;
- gescheiden riolering (hwa-stelsel);
- afstromend regenwater (op locaties waar geen riolering aanwezig was).

Uitdaging monsternamen

Het nemen van monsters van water-op-sraatsituaties is een uitdaging omdat het water vaak maar korte tijd op straat blijft staan. Daarom reden de monsternemers bij KNMI-voorspellingen van wateroverlast alvast richting de buien. Op locatie keken zij op hun smartphone op www.112meldingen.nl, een site die meldingen van wateroverlast voor de brandweer bijhoudt. Zo is het gelukt om in circa 20 minuten ter plaatse te zijn.

De watermonsters zijn geanalyseerd op de ziekteverwekkers *Campylobacter*, *Giardia*, *Cryptosporidium*, norovirus en enterovirus, die allemaal maag-darmklachten veroorzaken. Waar mogelijk zijn de monsters ook geanalyseerd op *Legionella* (veroorzaker van longontsteking). Tabel 5.1 geeft een samenvatting van de resultaten.

	Gemengde riolering*	Gescheiden riolering (hwa-stelsel)*	Oppervlakkig afstromend regenwater*
<i>E. coli</i> en intestinale enterococci (n/l)	9/9** (10 ⁴ -10 ⁷)***	8/8 (10 ³ -10 ⁶)	6/6 (10 ⁴ -10 ⁵)
<i>Campylobacter</i> (n/l)	3/3 (7->1500)	6/6 (7-480)	3/6 (21-187)
<i>Giardia</i> (n/l)	5/8 (0.1-10)	3/9 (0.1-0.6)	0/6
<i>Cryptosporidium</i> (n/l)	3/8 (0.1-142)	3/9 (0.1-2.1)	0/6
Norovirus (n/l)	4/8 (10 ³ -10 ⁴)	1/6 (10 ³)	0/4
Enterovirus (n/l)	7/8 (10 ³ -10 ⁴)	0/6	0/4
<i>Legionella</i> (n/l)	1/7 (10 ⁴)	0/0	3/6 (10 ⁴)

Tabel 5.1 Ziekteverwekkers en indicatororganismen in watermonsters van water op straat en in wadi's, ingedeeld naar oorsprong van het water

* Water op straat komt meestal uit gemengde of gescheiden riolering. Bij infiltratievoorzieningen zoals een wadi komt het water meestal uit de ondergrondse hwa-riolering of van bovengronds afstromend regenwater. Maar in het onderzoek zijn ook twee monsters genomen bij een infiltratieveld waar gemengd rioolwater infiltreert in de bodem.

** (n/N) geeft het aantal monsters (n) van alle monsters (N) waarin een ziekteverwekker of indicatororganisme gevonden is.

*** Concentratie van ziekteverwekkers en indicatororganismen.

De resultaten uit tabel 5.1 leiden tot de volgende conclusies:

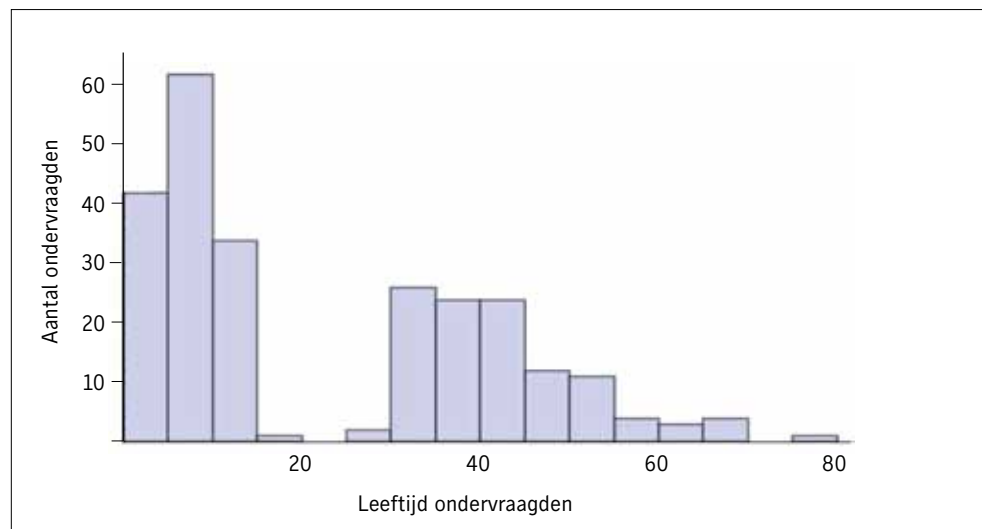
- De aanwezigheid van *E. coli* en intestinale enterococci in alle watermonsters toont aan dat water op straat en in wadi's altijd verontreinigd is met ontlasting.
- Norovirus en enterovirus zijn ziekteverwekkers die alléén voorkomen in de ontlasting van mensen en niet van dieren. In totaal waren 8 watermonsters verontreinigd met menselijke ontlasting (7 van de 8 watermonsters vanuit gemengde riolering, 1 van de 6 watermonsters vanuit gescheiden riolering. Dit laatste geeft aan dat er waarschijnlijk een foutaansluiting was op het hwa-stelsel.)
- In alle watermonsters vanuit gemengde riolering waren ziekteverwekkers aanwezig.
- In 7 van de 8 watermonsters afkomstig uit gescheiden riolering waren ziekteverwekkers aanwezig.
- In 3 van de 6 watermonsters van water op straat afkomstig van afstromend regenwater zijn *Campylobacter* en *Legionella* aangetroffen, de andere ziekteverwekkers zijn niet aangetroffen.
- Watermonsters afkomstig uit gemengde riolering bevat meer ziekteverwekkers (in aantal monsters en concentraties) dan water op straat uit een gescheiden riolering. Water op straat afkomstig van afstromend regenwater is het minst verontreinigd met ziekteverwekkers.

Uit de resultaten blijkt dat *Legionella* aanwezig kan zijn in regenwater op straat. Maar deze dataset is nog zo klein dat dit onvoldoende basis geeft om een risicoanalyse voor water op straat of een wadi voor *Legionella* uit te voeren. De volgende paragrafen beschrijven daarom alleen een risicoanalyse voor maag-darmklachten die ontstaan door *Campylobacter*, *Giardia*, *Cryptosporidium*, norovirus en enterovirus.

5.3 Menselijk contact met water op straat en in wadi's

Via een enquête is in kaart gebracht hoe mensen in contact kwamen met water op straat en in wadi's. De vragen zijn gestuurd naar 6 locaties, waarvan 4 wadi's en 2 water-op-sraatsituaties. In totaal zijn 715 enquêtes verstuurd. 204 volwassenen hebben de vragen beantwoord, zij vulden de enquête ook in voor 189 kinderen onder de 14 jaar. In figuur 5.2 ziet u de leeftijdsopbouw van de mensen die de enquête invulden, tabel 5.2 geeft een samenvatting van de resultaten.

Figuur 5.2
Leeftijdsopbouw kinderen
en volwassenen die
enquête hebben ingevuld



Tabel 5.2 Samenvatting
resultaten enquête

	Locatie nummer	Geen contact	Natte handen	Druppels water in mond	Slok water	Totaal ondervraagden per locatie
Kinderen jonger dan 14 jaar	1 (wadi)	12 (50%)	12 (50%)	1 (4%)	1 (4%)	24
	2 (wadi)	22 (71%)	9 (29%)	0	0	31
	3 (wadi)	14 (64%)	8 (36%)	2 (9%)	1 (5%)	22
	4 (wadi)	32 (33%)	65 (67%)	16 (16%)	2 (2%)	97
	5 (wos)	5 (71%)	2 (29%)	0	0	7
	6 (wos)	4 (80%)	1 (20%)	0	0	5
Volwassenen	1 (wadi)	36 (82%)	8 (18%)	0	0	44
	2 (wadi)	37 (90%)	4 (10%)	0	0	41
	3 (wadi)	28 (90%)	3 (10%)	0	0	31
	4 (wadi)	43 (86%)	7 (14%)	0	0	50
	5 (wos)	8 (73%)	3 (27%)	0	0	11
	6 (wos)	12 (52%)	11 (48%)	0	0	23
Totaal		253 (66%)	123 (32%)	19 (5%)	4 (1%)	386

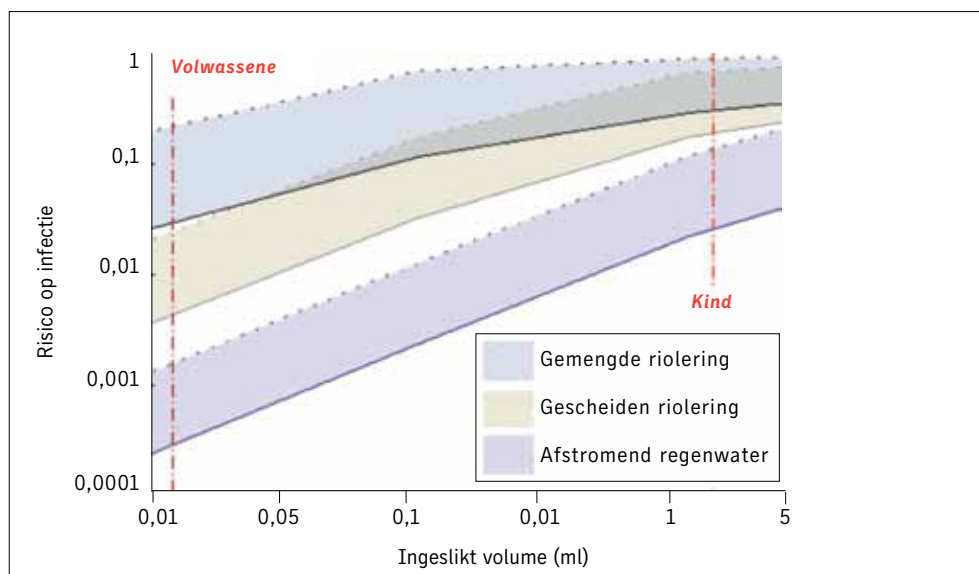
Bij water-op-sraatsituaties rapporteerde 15% van de volwassenen dat zij wateroverlast moesten opruimen. Van de kinderen gaf 53% aan minimaal eenmaal per jaar in het water van een wadi te spelen. Hierbij droeg 10% van de kinderen (n=21) zwemkleding. Gemiddeld speelden kinderen 2,3 x per jaar in het water van een wadi.

De resultaten in tabel 5.2 zijn gebruikt om te schatten hoeveel water mensen inslikken m.b.v. formule 1 in hoofdstuk 2. Kinderen slikken gemiddeld 1,7 ml water (2 druppels) in, volwassen gemiddeld 0,016 ml water (1 x met natte handen naar de mond).

5.4 Risicoanalyse voor water op straat

Omdat de gezondheidsrisico's van contact met water op straat onbekend waren, is een risicoanalyse (QMRA) uitgevoerd voor water op straat. De resultaten uit de paragrafen 5.2 en 5.3 zijn de basis van deze QMRA.

Om inzicht te krijgen in het totale risico op maag-darmklachten door deze ziekteverwekkers, zijn de risico's van *Campylobacter*, *Giardia*, *Cryptosporidium*, norovirus en enterovirus bij elkaar opgeteld. Het infectierisico voor kinderen die worden blootgesteld aan water op straat uit gemengde riolering was 33% (1-89%), uit gescheiden riolering 23% (0-76%) en afkomstig van afstromend regenwater 3,5% (0-19%). Voor volwassenen zijn deze risico's respectievelijk 3,9% (0,01-28%), 0,58% (0-3,3%) en 0,039% (0-0,2%). Voor volwassenen zijn de risico's kleiner, omdat zij in mindere mate in contact kwamen met het water (zie tabel 5.2). Figuur 5.3 toont de resultaten van de risicoanalyse als functie van het ingeslikt volume.



Figuur 5.3
Gezondheidsrisico's bij blootstelling aan water op straat

Over de grote spreiding in deze risico's wordt opgemerkt dat de microbiologische analyses van de watermonsters soms faalde doordat de watermonsters erg verontreinigd waren door slib. Hierdoor zijn soms geen ziekteverwekkers aangetroffen, terwijl deze waarschijnlijk wel aanwezig waren. Hierdoor is het infectierisico soms laag (zelfs 0%), terwijl er zéér waarschijnlijk wel een risico aanwezig is. In het vervolg van deze rapportage wordt daarom gerekend met het gemiddelde infectierisico én wordt de bovengrens van de range aangegeven (zie figuur 5.3).

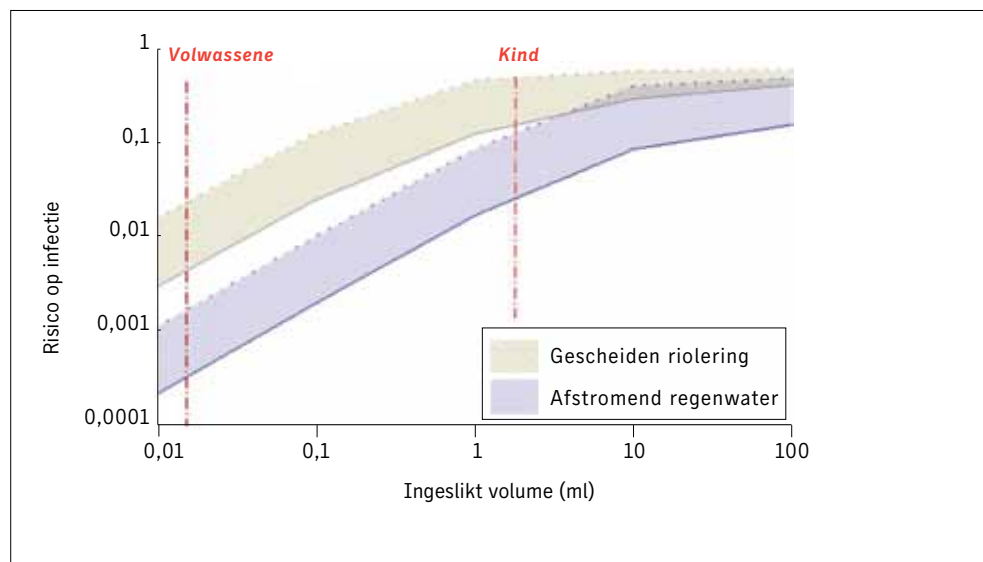
5.5 Risicoanalyse voor wadi's

Een wadi kan gevuld worden via de ondergrondse hemelwaterafvoer (hwa) of met bovengronds afstromend regenwater. De resultaten uit paragraaf 5.2 en 5.3 zijn de basis van de risicoanalyse (QMRA) voor wadi's.

Figuur 5.5 geeft de risico's op infectie voor een wadi gevuld vanuit de ondergrondse hemelwaterafvoer (hwa) of met bovengronds afstromend regenwater. Omdat kinderen deze wadi's ook gebruiken als zwemwater (zie figuur 5.4) en ze bij zwemmen meer water inslikken²², is het risico ook weergegeven voor grotere volumes zoals het inslikken van een slok water (25ml).

Uit figuur 5.5 blijkt dat het ontwerp van de wadi in grote mate de gezondheidsrisico's bepaalt. Wadi's gevuld vanuit het hwa-stelsel kunnen verontreinigd raken door foutaansluitingen. Hierdoor zijn de gezondheidsrisico's bij zulke wadi's veel groter dan voor wadi's gevuld met regenwater dat bovengronds naar de wadi afstroomt.

Figuur 5.5
Gezondheidsrisico's bij
blootstelling aan water in
wadi's.



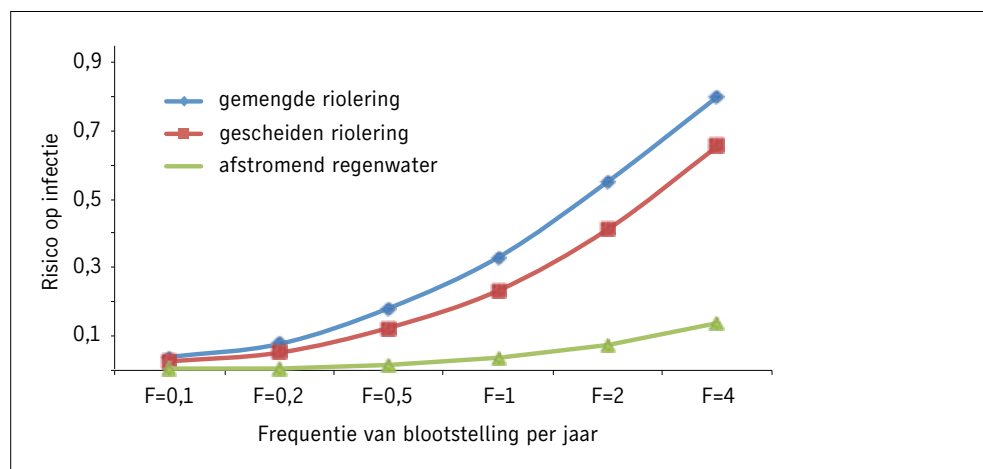
5.6 Waar zijn de risico's groter: bij wadi's of water op straat?

Bij eenmalige blootstelling zijn de gezondheidsrisico's van water op straat groter dan van wadi's.

Maar om een eerlijke vergelijking tussen deze gezondheidsrisico's te maken, moeten we de frequentie van blootstelling meenemen. In een wadi staat bijvoorbeeld vaker water dan dat in een gemiddelde wijk water op straat voorkomt.

In het onderzoek zijn daarom de jaarlijkse infectierisico's berekend. Het jaarlijkse infectierisico is afhankelijk van de frequentie per jaar (F) waarmee iemand in contact komt met water op straat of in wadi's, de mate van de waterverontreiniging én de mate van blootstelling aan het water. Figuur 5.6 toont de resultaten voor de jaarlijkse infectierisico's als een functie van de frequentie dat iemand in contact komt met water op straat of in een wadi.

Figuur 5.6
Jaarlijkse infectierisico's:
frequentie blootstelling
aan water op straat of in
wadi's



Uit figuur 5.6 blijkt dat:

- Het ontwerpcriterium (zie het kader in paragraaf 5.1) voor riolering (F=0,5, T=2) leidt tot een jaarlijks infectierisico's van 18% voor water op straat vanuit gemengde riolering en van 12% vanuit gescheiden riolering. Als hevige regen in de toekomst vaker optreedt, zal water op straat vaker voorkomen en zullen deze gezondheidsrisico's toenemen.
- Het infectierisico voor eenmaal per 5 jaar (F=0,2, T=5) contact met water op straat vanuit gemengde of gescheiden riolering bedraagt circa 8% per jaar. Dit risico is vergelijkbaar met 2 x per jaar spelen in het water van een wadi gevuld met afstromend regenwater (F=2, T=0,5).
- Tweemaal per jaar (F=2, T=0,5) spelen in een wadi gevuld vanuit de gescheiden riolering (hwa-stelsel), leidt tot een infectierisico van 40%. Dit betekent dat 40 van de 100 kinderen ziek worden en maag-darmklachten krijgen. Dit risico is 5 x zo groot als spelen in een wadi gevuld met afstromend regenwater.

Uit paragraaf 5.3 bleek dat kinderen gemiddeld 2,3 x per jaar spelen in het water van een wadi. Voor een wadi gevuld met afstromend regenwater zijn de risico's dus ongeveer vergelijkbaar met de risico's voor water op straat vanuit gemengde of gescheiden riolering (T=5). Maar voor een wadi gevuld met water vanuit het hwa-stelsel zijn de risico's flink hoger. Dit komt doordat foutieve aansluitingen het water in de wadi verontreinigen.

Op basis van figuur 5.6 is geen algemene conclusie te trekken dat een gemengd rioolstelsel vanuit het oogpunt van gezondheid slechter of beter is dan een gescheiden rioolstelsel of een wadi. Hiervoor moet de werkelijke situatie op een locatie beter in kaart worden gebracht en moeten de omvang, frequentie en duur van de water-op-sraatsituaties worden geanalyseerd. Op basis van deze analyse is een gemiddeld infectierisico per rioleringsgebied te berekenen. Zo'n analyse kan inzicht geven in de gezondheidsrisico's per rioleringsgebied én kan een handvat bieden om te bepalen waar maatregelen noodzakelijk zijn om de gezondheidsrisico's te verminderen.

5.7 Gezondheidsrisico's bij water op straat en wadi's verminderen

De gezondheidsrisico's van water op straat en in wadi's kunt u verminderen door mensen ervan bewust te maken dat de waterkwaliteit van water op straat en in wadi's vergelijkbaar is met verdund rioolwater. Gemeenten en waterschappen hebben de verantwoordelijkheid mensen hierover voor te lichten én burgers niet onnodig in contact te brengen met verontreinigd water (Wet publieke gezondheid)²³. Zo zijn wadi's niet geschikt om een speelvoorziening in aan te leggen, want dan wordt contact met verontreinigd water aangemoedigd.

Daarnaast kunnen technische maatregelen de gezondheidsrisico's van water op straat en in wadi's verminderen. Deze maatregelen moeten gericht zijn op het voorkomen van menselijk contact met (verdund) afvalwater vanuit de riolering. Houd daarom het regenwater gescheiden van het afvalwater door het regenwater bovengronds af te voeren naar infiltratievoorzieningen of oppervlaktewater. Dit is minder belastend voor de riolering en voorkomt dat verdund rioolwater de straat op stroomt.

Een voorbeeld van zo'n infiltratievoorziening is een wadi. Om gezondheidsrisico's bij zo'n wadi te verminderen, moet deze goed functioneren. Dit houdt in dat het water bovengronds naar de wadi moet afstromen en snel in de bodem moet wegzakken, zodat kinderen niet uitgenodigd worden om in het water te spelen.

6 Hoe groot zijn de gezondheidsrisico's?

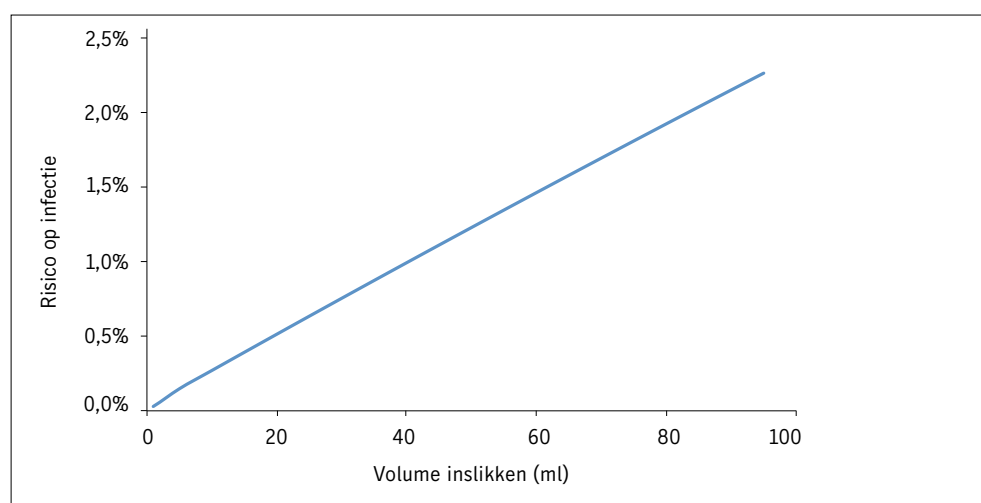
In de hoofdstukken 3 tot en met 5 zijn de gezondheidsrisico's in kaart gebracht voor verschillende situaties waar kinderen en volwassenen in contact komen met water in de openbare ruimte. Dit hoofdstuk vergelijkt deze risico's met elkaar én met een referentierisico, namelijk het gezondheidsrisico van zwemmen in 'nog net' goedgekeurd zwemwater.

6.1 Referentierisico: risicoanalyse voor zwemmen

In het onderzoek is een risicoanalyse (QMRA) uitgevoerd voor zwemmen in 'nog net' goedgekeurd zwemwater. Dit risico is gebruikt als referentierisico om de overige berekende risico's mee te vergelijken. Voor de berekening is aangenomen dat een zwemwaterlocatie indirect verontreinigd wordt door een bovenstrooms aanwezige overstort van een gemengd rioolstelsel. Hierdoor heeft het zwemwater een concentratie van 1.000 kve *E. coli* per 100 ml. Bij deze waterkwaliteit is er een verhoogde kans op maag-darmklachten⁶.

Vanuit literatuur is bekend dat kinderen bij zwemmen gemiddeld 37 ml water inslikken². Uit de risicoanalyse blijkt dan dat het risico op infectie 0,86% per zwemgebeurtenis is (zie figuur 6.1).

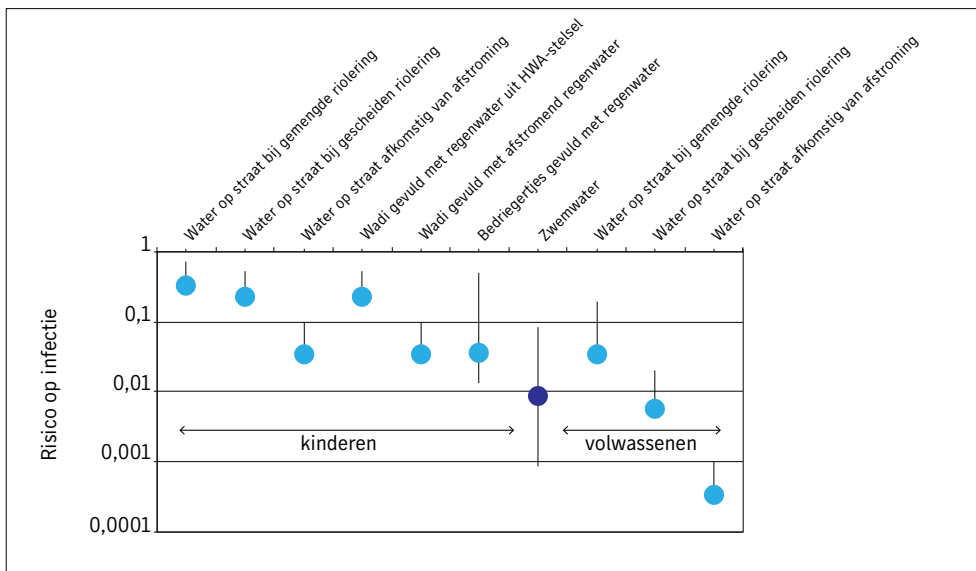
Figuur 6.1 Risico op infectie voor zwemmen in net goedgekeurd zwemwater



De zwemwaterrichtlijn gaat ervan uit dat het gezondheidsrisico voor zwemmen in goedgekeurd zwemwater 8% bedraagt⁶. Dit percentage is gebaseerd op epidemiologische studies waarbij werkelijke gezondheidsklachten zijn geregistreerd. Het gezondheidsrisico van 8% is hoger dan het genoemde referentierisico. Dit komt doordat het referentierisico is berekend met een risicoanalyse (QMRA) voor slechts 5 ziekteverwekkers, terwijl in werkelijkheid meer ziekteverwekkers maag-darmklachten veroorzaken.

6.2 Vergelijking van gezondheidsrisico's

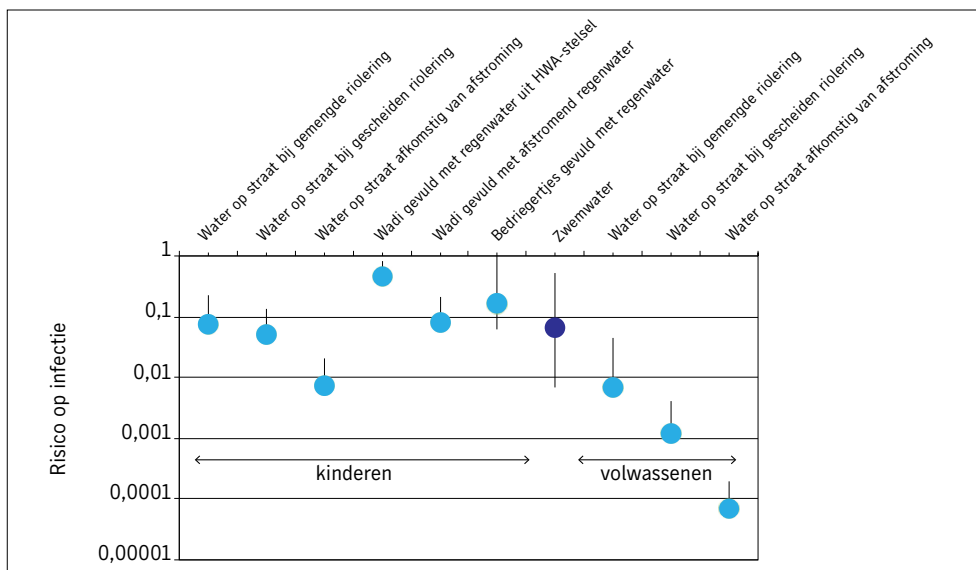
De gezondheidsrisico's van blootstelling aan water in de openbare ruimte zijn in het onderzoek vergeleken met het berekende referentierisico voor zwemmen in 'nog net' goedgekeurd zwemwater, dat verontreinigd is door een gemengde overstort. In figuur 6.2 ziet u de resultaten van deze vergelijking. Hieruit blijkt dat de risico's op infectie voor eenmalige blootstelling aan water van bedriegertjes, water in wadi's of water op straat 10 tot 100 keer groter zijn dan het referentierisico voor eenmalig zwemmen in water dat 'nog net' is goedgekeurd.



Figuur 6.2 Vergelijking incidentele gezondheidsrisico's van eenmalige blootstelling aan water in de openbare ruimte met referentierisico voor zwemmen

Maar om een eerlijke vergelijking van de gezondheidsrisico's te maken, moeten we de jaarlijkse gezondheidsrisico's met elkaar vergelijken. De grootte van het risico hangt namelijk af van de frequentie van blootstelling. Figuur 6.3 geeft een vergelijking van gezondheidsrisico's afhankelijk van de frequentie van blootstelling. Hierbij is aangenomen dat:

- water op straat vanuit gemengde of gescheiden riolering waarmee kinderen en volwassenen in contact komen, eens per 5 jaar optreedt;
- kinderen gemiddeld 2,3 x per jaar in het water van een wadi spelen;
- kinderen gemiddeld 5 x per jaar met een bedriegertje spelen;
- kinderen en volwassenen gemiddeld 8 x per jaar in oppervlaktewater zwemmen.



Figuur 6.3 Vergelijking jaarlijkse gezondheidsrisico's van blootstelling aan water in de openbare ruimte met referentierisico voor zwemmen

Uit de vergelijking in figuur 6.3 blijkt dat:

- De gezondheidsrisico's voor kinderen die in contact komen met water op straat vanuit gemengde of gescheiden riolering vergelijkbaar zijn met zwemmen in 'nog net' goedgekeurd zwemwater, mits de water-op-straatsituatie niet vaker dan eens per 5 jaar voorkomt.
- De gezondheidsrisico's voor kinderen die spelen in een wadi gevuld met afstromend regenwater vergelijkbaar zijn met zwemmen in 'nog net' goedgekeurd zwemwater, mits kinderen niet vaker dan circa tweemaal per jaar in een gevulde wadi spelen. Dit betekent dat de wadi goed moet functioneren en het water snel in de bodem moet infiltreren.
- De gezondheidsrisico's voor kinderen die spelen in een wadi gevuld met water vanuit een gescheiden rioolstelsel groter zijn dan zwemmen in 'nog net' goedgekeurd zwemwater. Dit komt door de aanname van foutieve aansluitingen die het water verontreinigen.
- De gezondheidsrisico's voor kinderen die spelen met bedriegertjes gevuld met regenwater vergelijkbaar tot groter zijn dan zwemmen in 'nog net' goedgekeurd zwemwater. De grotere gezondheidsrisico's ontstaan vooral wanneer kinderen bij tropisch warm weer het water van bedriegertjes drinken (zie hoofdstuk 3).

7 Conclusies en aanbevelingen

7.1 Conclusies

Het promotieonderzoek van Heleen de Man bij de Universiteit Utrecht heeft duidelijk gemaakt dat water in de openbare ruimte gezondheidsrisico's met zich meebrengt. Water in bedriegertjes, fontein, op straat en in wadi's blijkt regelmatig verontreinigd te zijn door ziekteverwekkers die van nature in het water zitten of afkomstig zijn uit vogel- en hondenpoep en soms uit de riolering.

Aandeel slechte waterkwaliteit

In het onderzoek is de kwaliteit van het water van bedriegertjes en fontein, regenwater op straat en water in wadi's in kaart gebracht. Dit water is ingedeeld in de kwaliteitsklasse 'slecht' als de concentratie *E. coli* hoger is dan 1.000 kve (kolonievormende eenheden)/100 ml en/of de concentratie intestinale enterococci hoger is dan 400 kve/100 ml. Boven deze waarden is er bij blootstelling aan dit water een verhoogde kans op gezondheidsklachten⁶.

Uit het onderzoek blijkt dat:

- 3 van de 7 onderzochte bedriegertjes een slechte waterkwaliteit heeft;
- 26 van de 88 fontein een slechte waterkwaliteit heeft;
- al het water op straat en in wadi's een slechte kwaliteit heeft.

Ziekte bij contact met water in de openbare ruimte

Als mensen (vaak spelende kinderen) met dit water in contact komen, kunnen zij last krijgen van diarree en overgeven, luchtwegklachten (zoals keelpijn en hoofdpijn) en huidklachten (zoals jeuk en eczeem). Deze gezondheidsklachten kunnen enkele dagen tot weken duren. Incidenteel kunnen mensen ook ernstiger ziekten oplopen, zoals een longontsteking door legionella, verlamingsverschijnselen of ernstig lever- en nierfalen. Hierbij kunnen zij voor langere tijd niet werken of naar school én kan blijvende gezondheidsschade optreden.

Uit het onderzoek blijkt dat:

- 4% van de kinderen die met water van bedriegertjes spelen ziek wordt;
- 20 tot 30% van de kinderen die in regenwater op straat spelen ziek wordt;
- 10% van de kinderen die in water in wadi's spelen ziek wordt.

7.2 Aanbevelingen

De gezondheidsrisico's rondom water in de openbare ruimte zijn te beperken door op locaties waar mensen in contact komen met water van bedriegertjes of fontein te zorgen voor een goede waterkwaliteit.

- Vul reservoirs van bedriegertjes en fontein met drinkwater.
- Zorg voor eenvoudige maar regelmatige desinfectie.
- Voorkom op locaties waar fontein in oppervlaktewater staan verontreiniging door riooloverstorten.

De resultaten nopen ook tot meer bewustwording van de gezondheidsrisico's van water op straat en in wadi's. Informeer mensen dat het water dat na hevige regen enige tijd in de openbare ruimte aanwezig is (zoals water op straat en in wadi's), verontreinigd is. De kwaliteit van dit water is vergelijkbaar met verdund rioolwater. Daarom moeten mensen contact met dit water zo veel mogelijk vermijden. Daarnaast kunt u er met inrichtingsmaatregelen voor zorgen dat dit water zo min mogelijk verontreinigd is. Houd daarom regenwater gescheiden van het afvalwater door het regenwater bovengronds af te voeren naar infiltratievoorzieningen of oppervlaktewater. Dit belast de riolering minder en voorkomt dat verdund rioolwater de straat op stroomt. Ook moet het water in wadi's zo snel mogelijk in de bodem zakken, zodat kinderen niet uitgenodigd worden om in het water te spelen. Speeltoestellen worden het beste buiten de wadi geplaatst.

Concrete aanbevelingen om de gezondheidsrisico's van bedriegertjes, fontein en water op straat/in wadi's te verminderen, vindt u respectievelijk in paragraaf 3.5, paragraaf 4.3 en paragraaf 5.7.

- 1 Doorduyn, Y., Van Pelt, W., Havelaar, A.H. *The burden of infectious intestinal disease (IID) in the community: A survey of self-reported IID in the Netherlands*. *Epidemiol. Infect.* 2012, 140 (7), 1185-1192.
- 2 Hoebe, C.J.P.A., Vennema, H., De Roda Husman, A.M., Van Duynhoven, Y.T.H.P. *Norovirus Outbreak among Primary Schoolchildren Who Had Played in a Recreational Water Fountain*. *J. Infect. Dis.* 2004, 189 (4), 699-705.
- 3 RIZA. *Volksgezondheid en water in de stad 2002*, rapport 2002.030, ISBN 9036954568.
- 4 Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA). *Volksgezondheid en water in het stedelijk gebied, een gezondheidsrisicoanalyse 2009*, Rapport 25, ISBN 978.90.5773.446.5.
- 5 Stichting RIONED. *Gezondheidsaspecten bij 'Water op straat' 2010*.
- 6 CEC. *Directive 2006/7/EC of the European Parliament and of the Council of 15 February 2006 concerning the management of bathing water quality and repealing Directive 76/160/EEC*. *Official Journal of the European Union* 2006, L64, 37-51.
- 7 World Health Organization. *Guidelines for drinking-water quality, fourth edition*. http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/2011/dwq_guidelines/en/index.html. 2011.
- 8 Haupt, T.E., Heffernan, R.T., Kazmierczak, J.J., Nehls-Lowe, H., Rheineck, B., Powell, C., Leonhardt, K.K., Chitnis, A.S., Davis, J.P. *An outbreak of legionnaires disease associated with a decorative water wall fountain in a hospital*. *Infection Control and Hospital Epidemiology* 2012, 33 (2), 185-191.
- 9 Palmore, T.N., Stock, F., White, M., Bordner, M., Michelin, A., Bennett, J.E., Murray, P.R., Henderson, D.K. *A cluster of cases of nosocomial legionnaires disease linked to a contaminated hospital decorative water fountain*. *Infect. Control Hosp. Epidemiol.* 2009, 30 (8), 764-768.
- 10 Kebabjian, R.S. *Interactive water fountains: The potential for disaster*. *J. Environ. Health* 2003, 66 (1), 29-30.
- 11 Cann, K.F., Thomas, D.R., Salmon, R.L., Wyn-Jones, A.P., Kay, D. *Extreme water-related weather events and waterborne disease*. *Epidemiol. Infect.* 2013, 141 (4), 671-686.
- 12 Kay, D., Bartram, J., Prüss, A., Ashbolt, N., Wyer, M.D., Fleisher, J.M., Fewtrell, L., Rogers, A., Rees, G. *Derivation of numerical values for the World Health Organization guidelines for recreational waters*. *Water Res.* 2004, 38 (5), 1296-1304.
- 13 Smit, L.A.M., Spaan, S., Heederik, D. *Endotoxin exposure and symptoms in wastewater treatment workers*. *Am. J. Ind. Med.* 2005, 48 (1), 30-39.
- 14 U.S. EPA. *Exposure factors handbook: 2011 edition* 2011, EPA/600/R-09/052F.
- 15 Minshew, P., Ward, K., Mulla, Z., Hammond, R., Johnson, D., Hopkins, R. *Outbreak of gastroenteritis associated with an interactive water fountain at a beachside park - Florida, 1999*. *J. Am. Med. Assoc.* 2000, 284 (6), 688-690.
- 16 Eisenstein, L., Bodager, D., Ginzl, D. *Outbreak of giardiasis and cryptosporidiosis associated with a neighborhood interactive water fountain-Florida, 2006*. *J. Environ. Health* 2008, 71 (3), 18-22.
- 17 Bancroft, J.E., Keifer, S.B., Keene, W.E. *Shigellosis from an interactive fountain: Implications for regulation*. *J. Environ. Health* 2010, 73 (4), 16-20.
- 18 Cacciapuoti, B., Ciceroni, L., Maffei, C. *A waterborne outbreak of leptospirosis*. *Am. J. Epidemiol.* 1987, 126 (3), 535-545.
- 19 Van Heijnsbergen, E., A.M. de Roda Husman, A.M., Bouwknegt, M., Docters van Leeuwen, A.E., Lodder, W.J., Bruin, J.P., Euser, S.M., Den Boer, J.W., Schalk, J.A.C. *Viable Legionella pneumophila bacteria isolated from rainwater on the road and in nearby soils in the Netherlands submitted*.
- 20 Schets, F.M., Italiaander, R., Van Den Berg, H.H.J.L., De Roda Husman, A.M. *Rainwater harvesting: Quality assessment and utilization in The Netherlands*. *Journal of Water and Health* 2010, 8 (2), 224-235.
- 21 O'Loughlin, R.E., Kightlinger, L., Werpy, M.C., Brown, E., Stevens, V., Hepper, C., Keane, T., Benson, R.F., Fields, B.S., Moore, M.R. *Restaurant outbreak of legionnaires' disease associated with a decorative fountain: An environmental and case-control study*. *BMC Infect. Dis.* 2007, 7.
- 22 Schets, F.M., Schijven, J.F., de Roda Husman, A.M. *Exposure assessment for swimmers in bathing waters and swimming pools*. *Water Res.* 2011, 45 (7), 2392-2400.
- 23 Anonymous. *Wet Publieke Gezondheid*. *Staatsblad van het Koninkrijk der Nederlanden* 2008, nr. 460, 9 oktober 2008.

Colofon

STOWA en Stichting RIONED in het kort

Stichting RIONED is de koepelorganisatie voor de riolering en het stedelijk waterbeheer in Nederland. In RIONED participeren alle partijen die bij de rioleringszorg betrokken zijn: overheden (gemeenten, waterschappen, rijk en provincies), bedrijven (leveranciers, adviesbureaus, inspectiebedrijven en aannemers) en onderwijsinstellingen. De belangrijkste taak van Stichting RIONED is het beschikbaar stellen van kennis aan de vakwereld. Dit doet RIONED door onderzoek, het bundelen van bestaande kennis en het op vele manieren informeren en bij elkaar brengen van professionals.

STOWA is het kenniscentrum van de regionale waterbeheerders (veelal de waterschappen) in Nederland. STOWA ontwikkelt, vergaart, verspreidt en implementeert toegepaste kennis die de waterbeheerders nodig hebben om de opgaven waar zij in hun werk voor staan, goed uit te voeren. Deze kennis kan liggen op toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk-juridisch of sociaalwetenschappelijk gebied.

© 2014

STOWA en Stichting RIONED

Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd en of openbaar gemaakt op welke wijze dan ook, analoog of digitaal zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgevers.

Stichting RIONED, STOWA, de gemeenten Groningen, Nijmegen, Rotterdam en Utrecht en de waterschappen Hollandse Delta, Schieland & de Krimpenerwaard, Delfland, Stichtse Rijnlanden en Noorderzijlvest hebben dit onderzoek begeleid en financieel ondersteund.

auteurs

dr. ir. Heleen de Man, Universiteit Utrecht

dr. ir. Imke Leenen, Grontmij

tekstadvies

Karlijn Kunst

vormgeving

Jelle de Gruyter, **gaw** ontwerp+communicatie b.v., Wageningen

druk

Drukkerij Modern b.v., Bennekom

rapportnummer

2014-28

isbn/ean

97 890 73645 44 8



stowa
Stichting
RIONED

Water op straat en water in bedriegertjes of fonteinen is niet van dezelfde kwaliteit als zwembadwater, waardoor kinderen die in dit water spelen, ziek kunnen worden. Met eenvoudige maatregelen is dit te voorkomen. Dat blijkt uit het proefschrift van Heleen de Man van de Universiteit Utrecht: *Best urban water management practices to prevent waterborne infectious diseases under current and future scenarios*. Haar promotieonderzoek spitste zich toe op de hygiënische betrouwbaarheid van water in bedriegertjes en fonteinen, en van regenwater op straat en in wadi's. Deze handreiking is een samenvatting van de resultaten van het onderzoek en geeft de belangrijkste aanbevelingen ter beperking van de gezondheidsrisico's. Met voorlichting en door de bedriegertjes te vullen met drinkwater is besmetting grotendeels te voorkomen.

ISBN/EAN 97 890 73645 44 8