

The RIVM logo is displayed in white lowercase letters on a yellow rectangular background. The letters are bold and sans-serif.

Rapport 703719038/2009

J. Schijven | A.M. de Roda Husman

Analyse microbiologische veiligheid drinkwater

Ervaringen dossierbehandeling 2006/7

RIVM-rapport 703719038/2009

Analyse microbiologische veiligheid drinkwater Ervaringen dossierbehandeling 2006/7

J.F. Schijven
A.M. de Roda Husman

Contact:
Ana Maria de Roda Husman
Laboratorium voor Zoönosen en Omgevingsmicrobiologie
AM.de.Roda.Husman@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van VROM-Inspectie, in het kader van project 703719, Monitoring en handhaving drinkwater, deelproject Operationalisering Infectierisicoschattingen

© RIVM 2009

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: 'Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave'.

Rapport in het kort

Analyse microbiologische veiligheid drinkwater

Ervaringen dossierbehandeling 2006/7

De meeste Nederlandse drinkwaterbedrijven blijken over voldoende meetgegevens te beschikken om het risico op een infectie door consumptie van ongekookt water te kunnen schatten. Dit blijkt uit onderzoek van het RIVM en de drinkwaterbedrijven in opdracht van de VROM-Inspectie.

Sinds 2006 moeten drinkwaterbedrijven aantonen dat de drinkwaterkwaliteit voldoet aan een nieuwe veiligheidsnorm. Deze norm houdt in dat virussen, bacteriën en parasieten in zulke lage concentraties aanwezig zijn dat minder dan een op de tienduizend personen per jaar een infectie oploopt door consumptie van ongekookt drinkwater. Om dit te kunnen aantonen worden de aantallen zogenoemde indexpathogenen in het drinkwater geschat, die representatief zijn voor ziekteverwekkende virussen (enterovirussen), bacteriën (*Campylobacter*) en parasieten (*Cryptosporidium* en *Giardia*). Vervolgens kan met behulp van een zogeheten kwantitatieve microbiologische risicoanalyse (QMRA) geschat worden of aan het infectierisico wordt voldaan. De Nederlandse drinkwaterbedrijven verzamelden hiertoe historische meetgegevens in dossiers voor de regionale VROM-inspecteurs. Het RIVM beoordeelde deze dossiers en voerde een voorlopige QMRA uit.

Van de veertien locaties met oppervlaktewater als bron voldeden er acht aan de risico-eis voor enterovirus. Van vijf locaties was onbekend of ze voldeden omdat metingen ontbraken; voor één locatie werd onvoldoende aangetoond of aan de risico-eis werd voldaan. Voor *Campylobacter* voldeden negen locaties aan de risico-eis, voor twee locaties werd onvoldoende aangetoond of aan de risico-eis werd voldaan en drie locaties voldeden niet. Voor *Cryptosporidium* en *Giardia* voldeden negen locaties aan de risico-eis, voor drie locaties werd dit onvoldoende aangetoond en twee locaties voldeden niet. Van de grondwaterwinningen werden 39 van de 197 (20 procent) als (mogelijk) kwetsbaar gerapporteerd. Naar aanleiding van risico-inventarisatie zijn maatregelen genomen om de winputten beter te beschermen tegen mogelijke vervuilingen.

Trefwoorden:

drinkwater, microbiologisch, infectierisico, VROM-Inspectierichtlijn

Abstract

Analysis of the microbiological safety of drinking water

Experiences with handling records 2006/7

Based on historic data from drinking water companies in the Netherlands, in most cases a complete infectious risk assessment could be performed for the consumption of uncooked drinking water.

According to Dutch legislation, the concentrations of the so-called index pathogens – enteroviruses, *Campylobacter*, *Cryptosporidium* and *Giardia* – in drinking water should be low enough not to exceed an infection risk of one person per ten thousand per annum. Using the numbers of index pathogens in the source waters for drinking water production and the reduction by treatment processes, a quantitative microbial risk assessment (QMRA) can be performed to assess whether the risk requirements are met. To this end, drinking water companies in the Netherlands collected historic data in records that were sent to the Regional Environmental Inspectorate. The National Institute for Public Health and the Environment (RIVM) evaluated these records and performed a provisional QMRA.

Of the fourteen drinking water production locations that use surface water as their source, eight locations met the risk requirement for enteroviruses, nine for *Campylobacter*, nine for *Cryptosporidium* and nine for *Giardia*. For five locations it was unknown whether or not the risk requirement for enteroviruses had been met due to a lack of measurements and for one location the risk requirement was insufficiently demonstrated. For *Campylobacter* the risk requirement was insufficiently demonstrated in two locations and not met in three locations. For *Cryptosporidium* and *Giardia* the risk requirement was insufficiently demonstrated in three locations and not met in two locations. Of a total of 197 groundwater production locations, 39 (20%) were reported as possibly vulnerable to contamination. A risk inventory of the groundwater wells resulted in the formulation and implementation of measures to improve groundwater well integrity.

Key words:

drinking water, microbiological, infection risk, VROM inspectorate guideline

Inhoud

Samenvatting		6
1	Inleiding	7
2	Procedure dossiers	8
3	Overzicht en bevindingen AMVD-dossiers	10
3.1	Aantal dossiers	10
3.2	Oppervlaktewater	10
3.2.1	Laatste open water	10
3.2.2	Zuiveringsstappen	11
3.3	QMRA-oppervlaktewater	15
3.4	Grondwater	16
4	Discussie	19
4.1	Discussiepunten	19
4.2	Samenvatting workshop	20
5	Aanbevelingen	23
Literatuur		25

Samenvatting

De Nederlandse drinkwaterbedrijven zijn wettelijk verplicht een kwantitatieve microbiologische risicoanalyse (QMRA) voor drinkwater uit te voeren. Daartoe verzamelden de drinkwaterbedrijven in eerste instantie historische meetgegevens die in dossiers naar de regionale VROM-inspecteurs werden gezonden. Het RIVM beoordeelde deze dossiers in opdracht van VROM-Inspectie.

Volgens de wet dienen de zogenaamde indexpathogenen enterovirussen, *Campylobacter*, *Cryptosporidium* en *Giardia* in drinkwater in zulke lage concentraties aanwezig te zijn dat een infectiekans van één per tienduizend personen per jaar door drinkwaterconsumptie niet wordt overschreden.

Het blijkt dat de voorlopige QMRA's voor drinkwater door de drinkwaterbedrijven op basis van historische meetgegevens veelal leidden tot volledige risicoanalyses.

Van de veertien locaties met oppervlaktewater als bron voldeden er respectievelijk acht, negen, negen en negen aan de risico-eis voor enterovirussen, *Campylobacter*, *Cryptosporidium* en *Giardia*. Voor enterovirussen was van vijf locaties onbekend of ze aan de risico-eis voldeden door het ontbreken van metingen en voor één locatie werd dit onvoldoende aangetoond. Voor *Campylobacter* werd voor twee locaties onvoldoende aangetoond of aan de risico-eis werd voldaan en drie locaties voldeden niet. Voor *Cryptosporidium* en *Giardia* werd voor drie locaties onvoldoende aangetoond of aan de risico-eis werd voldaan en twee locaties voldeden niet.

In alle Analyse microbiologische veiligheid drinkwater (AMVD)-dossiers waren de voorgestelde meetprogramma's conform de VROM-Inspectierichtlijn met betrekking tot de aantallen te onderzoeken monsters van het laatste open water in relatie tot de productiecapaciteit. Vooral voor wat betreft de keuze van het laatste open water is er nog discussie.

Van de grondwaterwinningen werden 39 van de 197 (20%) als (mogelijk) kwetsbaar gerapporteerd. Risico-inventarisatie van de winputten leidde tot formulering en uitvoering van maatregelen ter verbetering van de putintegriteit. Een belangrijk discussiepunt betreft de diepte van freatische grondwaterwinningen; een diepere winning zou minder kwetsbaar kunnen zijn.

Deze rapportage bevat ook een overzicht van aanbevelingen ter verbetering van de VROM-Inspectierichtlijn Analyse microbiologische veiligheid drinkwater.

1 Inleiding

In het Waterleidingbesluit (Anoniem, 2001) zijn nieuwe kwaliteitseisen opgenomen voor pathogene micro-organismen in drinkwater. Micro-organismen mogen niet in zodanige concentraties in het leidingwater voorkomen dat gevaar voor de volksgezondheid kan ontstaan. Voor bepaalde micro-organismen, zoals *Campylobacter*, protozoa (*Cryptosporidium* en *Giardia*) en virussen is het niet mogelijk concentraties te meten op het zeer lage niveau, waarop blootstelling relevant is voor de gezondheid van de gebruiker. In plaats daarvan wordt op basis van metingen van micro-organismen in oppervlaktewater en gegevens over de verwijderingscapaciteit bij verschillende zuiveringsprocessen in overleg met de toezichthouder een kwantitatieve risicoanalyse voor het bereide leidingwater opgesteld.

Voor het berekende theoretische infectierisico geldt een voorlopige grenswaarde van één infectie per tienduizend personen per jaar. De toetsing aan deze voorlopige grenswaarde voor het infectierisico dient in elk geval te worden uitgevoerd voor enterovirussen, *Cryptosporidium* en *Giardia*, maar geldt in principe ook voor andere pathogene micro-organismen. Indien het berekende infectierisico groter is dan de genoemde grenswaarde, dient de eigenaar met de toezichthouder te overleggen over te nemen maatregelen.

Het Waterleidingbesluit (Anoniem, 2001) geeft geen concrete invulling aan de uitvoering van de risicoanalyse. Die concrete invulling is het doel van de VROM-Inspectierichtlijn. De VROM-Inspectierichtlijn Analyse microbiologische veiligheid drinkwater (AMVD) (Anoniem, 2005) schrijft voor dat een risicoanalyse uitgevoerd dient te worden voor enterovirussen, *Campylobacter*, *Cryptosporidium* en *Giardia*, de zogenaamde indexpathogenen. Voor oppervlaktewaterbedrijven behelst de risicoanalyse berekening van infectierisico's op grond van de concentraties van de indexpathogenen en indicatororganismen in het ruwe water (laatste open water) en de verwijdering van de indexpathogenen door drinkwaterzuivering op grond van gegevens over verwijdering van indicatororganismen.

Voor grondwaterbedrijven wordt een inventarisatie uitgevoerd van de kwetsbaarheden van de winningen, zoals aangegeven in de VROM-Inspectierichtlijn. Voor kwetsbare winningen dient vervolgens een risicoanalyse te worden uitgevoerd.

2 Procedure dossiers

De VROM-Inspectierichtlijn Analyse microbiologische veiligheid drinkwater trad in werking op 1 februari 2006 (www.vrom.nl). In dat kader werd in eerste instantie begonnen met de kwantitatieve microbiologische risicoanalyse (QMRA) voor drinkwater op basis van alle beschikbare meetgegevens van de indexpathogenen en de indicatororganismen. Deze zogenaamde voorlopige risicoanalyses werden officieel per 1 augustus 2006 ter beoordeling bij de VROM-Inspectie verwacht.

In de uitwerking van de voorlopige risicoanalyses werd de volgende procedure gevolgd:

1. Het drinkwaterbedrijf verzamelde alle beschikbare gegevens met betrekking tot de kenmerken van het bedrijf, de microbiologische kwaliteit van het laatste open water en alle relevante meetgegevens met betrekking tot de efficiëntie van de zuiveringsstappen. De gegevens werden samengevoegd en geanalyseerd door elk drinkwaterbedrijf in een dossier, de zogenoemde AMVD. Ook meetprogramma's voor de komende jaren werden in het AMVD-dossier vastgelegd. Deze meetprogramma's moeten gericht gegevens opleveren voor de volgende QMRA over een periode van drie jaar, conform de VROM-Inspectierichtlijn. De analyse in de dossiers was zowel kwalitatief als kwantitatief. Het kwalitatieve deel betrof meestal risico-inventarisatie, zoals de integriteit van winputten voor grondwater, beschrijvingen van kwetsbare momenten en dergelijke. Het kwantitatieve deel bestond meestal uit het doen van puntschattingen, dat wil zeggen meestal gebruikmakend van gemiddelde waarden.
2. De AMVD-conceptdossiers werden verstuurd naar de VROM-Inspectie met afschrift naar het RIVM.
3. Het RIVM stuurde een bevestiging van ontvangst van de dossiers naar de drinkwaterbedrijven.
4. Aan de hand van de checklist VROM-Inspectierichtlijn Analyse microbiologische veiligheid drinkwater, zoals bij de betreffende VROM-Inspectierichtlijn is gevoegd, werden de dossiers in eerste instantie door het RIVM geëvalueerd op volledigheid en geschiktheid om een QMRA uit te voeren.
5. Indien nodig werd het drinkwaterbedrijf door het RIVM schriftelijk om aanvullende gegevens en toelichting verzocht.
6. Indien de gegevens dat toelieten, werden door het RIVM kwantitatieve risicoschattingen uitgevoerd.
7. Het RIVM legde puntsgewijs alle kwalitatieve en kwantitatieve bevindingen van de evaluatie vast en stuurde deze naar de VROM-Inspectie en het drinkwaterbedrijf.
8. Het RIVM maakte de afspraken voor bespreking van de conceptdossiers en haar bevindingen met VROM-Inspectie en het drinkwaterbedrijf.
9. De conceptdossiers en de RIVM-bevindingen werden bij voorkeur bij het drinkwaterbedrijf besproken met het drinkwaterbedrijf, VROM-Inspectie en het RIVM. Het drinkwaterbedrijf werd veelal vertegenwoordigd door een directielid en de opsteller(s) van het dossier. Het doel van de besprekingen was wederzijdse toelichting van de gegevens en de bijbehorende analyses, evenals opheldering van onduidelijkheden en bespreking van de voorgestelde meetprogramma's.
10. Het verslag van deze besprekingen werd door het RIVM met de bevindingen samengevoegd tot een brieffrapport, waarvan het concept voor commentaar naar het betreffende drinkwaterbedrijf en de VROM-Inspectie werd gestuurd.
11. Elk definitief brieffrapport bevatte de RIVM-bevindingen, het verslag van de bespreking met een lijst van actiepunten voor het drinkwaterbedrijf en het RIVM, en een lijst van punten ter discussie in de Werkgroep Infectierisico (WIR) met het oogpunt verbeterpunten te formuleren voor een volgende versie van het AMVD-dossier. De volgende versies van de AMVD-dossiers bevatten de

verzamelde data van elke nieuwe periode van drie jaar evenals een beschrijving van eventuele veranderingen in de drinkwaterproductie van het bedrijf.

3 Overzicht en bevindingen AMVD-dossiers

3.1 Aantal dossiers

In de periode van 13 juli 2006 tot en met 31 januari 2008 werden door het RIVM 29 dossiers van 11 drinkwaterbedrijven ontvangen. Deze omvatten 215 winplaatsen. Tabel 1 geeft de verdeling van deze winlocaties volgens de ABIKOU-indeling (Anoniem, 2005). De meeste winningen betreffen (semi)spanningsgrondwater (B), gevolgd door freatisch grondwater (A), tezamen 84% van alle locaties. Van de elf drinkwaterbedrijven zijn er vijf bedrijven met in totaal veertien gerapporteerde productielocaties die gebruikmaken van oppervlaktewater. Als (mogelijk) kwetsbaar werd 19% (39/210) van de grondwaterwinlocaties (A+B+K+U) door de drinkwaterbedrijven aangemerkt. Over het algemeen waren alle dossiers goed georganiseerd en bevatten ze gedetailleerde omschrijvingen van de productielocaties en ook veel historische gegevens over de laatste tien jaren.

Tabel 1. Overzicht gegevens AMVD-dossiers.

Drinkwaterbedrijven	11	
Dossiers	29	
Locaties	215	(100%)
A-freatisch grondwater	94	(39%)
B-(semi)spanningsgrondwater	97	(45%)
I-kunstmatig infiltraat	9	(4%)
K-grondwater uit kalksteen	7	(3%)
O-oppervlaktewater	5	(2%)
U-oeverinfiltraat	13	(6%)
Aantal grondwaterwinningen (A+B+K+U)	210	(100%)
Grondwaterwinningen die als (mogelijk) kwetsbaar zijn gerapporteerd	39	(19%)

3.2 Oppervlaktewater

3.2.1 Laatste open water

De vijf oppervlaktewaterbedrijven met in totaal veertien productielocaties nemen oppervlaktewater in van zeven innamepunten. Twee bedrijven met elk drie productielocaties nemen voor die locaties water in van hetzelfde innamepunt. Eén oppervlaktewaterbedrijf met vijf productielocaties neemt water in van twee verschillende innamepunten. Voor geen van de zeven innamepunten geldt dat dit het laatste open water in de drinkwaterzuivering is. Het laatste open water is meestal een opvang-, buffer-, meng- of spaarbekken of het betreft infiltratievijvers of -kanalen voor duinpassage. Tabel 2 geeft een overzicht van het aantal productielocaties waarbij de indexpathogenen werden gemeten in het innamepunt of het laatste open water. Volgens de VROM-Inspectierichtlijn dient het laatste open water onderzocht te worden op de concentraties indexpathogenen, gezien de aanzienlijke kans op besmetting. Enterovirussen werden voor twaalf productielocaties gemeten in het innamepunt en niet in het laatste open water. De twee productielocaties waarbij enterovirussen wel gemeten werden in het laatste open water (zij het na de snelfiltratie), waren van hetzelfde bedrijf. *Campylobacter* werd door drie bedrijven

op zes productielocaties in het laatste open water gemeten, *Cryptosporidium* en *Giardia* werden door twee van deze drie bedrijven op vijf productielocaties in het juiste laatste open water gemeten. De metingen betroffen historische gegevens, die over meerdere jaren, ongeveer in de periode 1990-2000, waren verzameld. Over het algemeen werd door het bedrijf geen verandering in de toepassing van een andere analysemethode of belangrijke infrastructurele invloeden op het oppervlaktewater gerapporteerd, waardoor geen aantoonbare trendbreuk werd geconstateerd.

Tabel 2. Aantal productielocaties waarbij werd gemeten in het inname water of het laatste open water.

Indexpathogeen	Inname water	Laatste open water
Enterovirussen	12	2
<i>Campylobacter</i>	8	6
<i>Cryptosporidium</i>	9	5
<i>Giardia</i>	9	5

3.2.2 Zuiveringsstappen

Tabel 3 geeft in alfabetische volgorde een overzicht van de zuiveringsstappen naar aantal bedrijven en locaties. In dit overzicht werden behandelingen als ontharding, beluchting en microzeven buiten beschouwing gelaten op grond van de veronderstelling dat deze behandelingen niet van betekenis zijn voor de verwijdering van micro-organismen, maar hierover zijn geen gegevens beschikbaar.

Eén bedrijf met één locatie met duinpassage is hier niet meegeteld, omdat na deze duinpassage het water weer in open kanalen terechtkomt, die moeten worden gezien als het laatste open water voor risicoschatting. UV wordt bij een aantal grondwaterbedrijven ook toegepast als nabehandeling (dit is niet opgenomen in Tabel 3).

Opslag in een spaarbekken, waarin gedurende de verblijftijd inactivatie van ziekteverwekkende micro-organismen plaats kan vinden, werd niet beschouwd als zuiveringsstap, maar moet in het kader van de huidige VROM-Inspectierichtlijn als laatste open water worden gezien.

Per zuiveringsstap en per indicatororganisme werd de gegevensbron, zijnde locatiespecifieke praktijkmetingen, proefinstallatiemetingen, literatuurgegevens of geen gegevens geïnventariseerd. Dit is samengevat in Tabel 4. Hier betekent geen gegevens dat er geen meetgegevens zijn en/of dat men de bijdrage aan de verwijdering niet significant vindt.

Tabel 3. Overzicht zuiveringsstappen.

Zuiveringsstap	Afkorting	Aantal bedrijven	Aantal locaties
Actiefkoolfiltratie	AKF	5	14
Chloordioxide	ClO ₂	1	3
Duinpassage*	DP	3	7
Hyperfiltratie	HF	1	1
Langzame zandfiltratie	LZF	3	6
Ozon	O ₃	2	6
Snelfiltratie	SF	5	14
Ultrafiltratie	UF	2	3
Ultraviolet	UV	1	1
Ultraviolet/Waterstofperoxide	UV/H ₂ O ₂	1	1

*Er is nog een vierde bedrijf met één locatie met DP, maar hier is sprake van open terugwinning na DP. De open terugwinning is daar het laatste open water.

Voor actiefkoolfiltratie en snelfiltratie waren met name voor de bacteriofagen niet altijd gegevens beschikbaar, omdat deze zuiveringsstappen voor virussen maar voor beperkte mate bijdragen aan hun verwijdering. Vandaar dat ook in een aantal gevallen actief koolfiltratie- en/of snelfiltratiemetingen gecombineerd waren met ozon. Met name voor zuiveringsstappen die voor veel verwijdering kunnen zorgen en bovendien veelal aan het einde van de zuiveringstrein zitten, werden de gegevens ontleend aan proefinstallatieonderzoek en literatuur. Dit geldt met name voor duinpassage, langzame zandfiltratie, ultraviolet en ultraviolet/waterstofperoxide, ultra- en hyperfiltratie.

Tabel 4. Inventarisatie gegevensbron van indicatororganismen per zuiveringsstap naar aantal locaties.

Indicator-organisme	Gegevensbron	AKF	ClO ₂	DP	HF	LZF	O ₃	SF	UF	UV	UV/H ₂ O ₂	AKF +SF	SF +O ₃	SF +O ₃ +AKF
F-specifieke bacteriofagen en/of somatische colifagen	Praktijk	0	0	0	0	1	2	1	0	0	0	3	1	0
	Proefinstallatie	0	0	0	1	2	0	0	1	0	1	0	0	0
	Literatuur	0	0	5	0	3	0	0	0	1	0	0	0	0
	Geen gegevens	8	2	2	0	0	3	4	1	0	0	0	1	1
<i>E. coli</i>	Praktijk	8	0	2	0	4	5	6	1	0	0	4	1	1
	Proefinstallatie	0	0	0	0	2	0	0	0	1	1	0	0	0
	Literatuur	0	0	5	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	Geen gegevens	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sporen van Sulfitreducerende clostridia (SSRC)	Praktijk	6	0	2	0	4	4	6	1	0	0	4	1	1
	Proefinstallatie	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0
	Literatuur	0	0	5	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0
	Geen gegevens	3	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0

Geen gegevens betekent dat er geen meetgegevens zijn en/of dat men de bijdrage aan de verwijdering niet van belang acht. Drie meest rechtse kolommen: in een aantal gevallen werden zuiveringsstappen gecombineerd. Dat wil zeggen dat metingen werden uitgevoerd aan het influent van de eerste zuiveringsstap van de combinatie van zuiveringsstappen en van het effluent van de laatste zuiveringsstap in de combinatie.

In Tabel 5 is het bereik (minimum en maximum) van de verwijdering van de indicatororganismen door elke zuiveringsstap weergegeven. Een negatieve waarde betekent dat gemeten concentraties in het effluent hoger waren dan in het influent. In de volgende paragrafen worden deze gegevens per zuiveringsstap belicht.

Tabel 5. Verwijdering van indicatororganismen (¹⁰log-eenheden) door verschillende zuiveringsstappen.

		AKF	ClO ₂	DP	HF	LZF	O ₃	SF	UF	UV	UV/H ₂ O ₂	AKF+SF	SF+O ₃	SF+O ₃ +AKF
Fagen	Min	-	-	8	3,8	0,6	-	-	-	-	-	0	1,1	-
	Max	-	-	9	4,8	1,7	-	-	-	3,4	4,2	1,1	3,3	-
<i>E. coli</i>	Min	0,02	-	3	-	2,1	2,5	-0,5	1,2	-	-	0	-	-
	Max	>1,5	>0,9	9	3,2	4,8	3,1	2,4	3,6	7,6	>7,6	1,7	3,5	0,6
SSRC	Min	-0,7	1,6	1,9	-	0,8	0,27	0,8	1,3	2,5	3,4	0	-	-
	Max	>1,3	2,5	9	3,2	3(5)	1,5	1,9	3,6	3,5	4,8	2,7	3,3	2,0

3.2.2.1 Actief koolfiltratie

Actief koolfiltratie is op alle veertien locaties aanwezig, waarvan op elf locaties water door een actief koolfilter wordt geleid en op drie locaties kooldosering plaatsvindt, gevolgd door snelfiltratie.

Op twee locaties werd op grond van literatuur 0,4 ¹⁰log-eenheden verwijdering van fagen toegekend aan actief koolfiltratie. Voor de overige twaalf locaties wordt virusverwijdering door actief koolfiltratie niet beschouwd.

E. coli werd op zes locaties gemeten, maar de verwijdering was laag of zelfs negatief. Dat wil zeggen dat er na de actief koolfiltratie hogere concentraties *E. coli* werden gemeten dan ervoor. Nagroei van bacteriën van de coligroep kan voorkomen, maar dit is minder waarschijnlijk voor *E. coli* gezien het Nederlandse klimaat. De gemeten *E. coli*-verschillen in aan- en afvoer zijn te verklaren uit onnauwkeurigheden van de metingen. Een aantal locaties, waar *E. coli* op praktijkschaal was gemeten, liet regelmatig lage aantallen zien en meestal nulmetingen. Dit betekent dat schattingen van de *E. coli*-verwijderingen onzeker zijn. In het AMVD-dossier werd geconcludeerd dat deze metingen daarom te onbetrouwbaar waren om een schatting van de verwijdering te maken. Dit gold ook voor sporen van sulfietreducerende clostridia.

3.2.2.2 Chloordioxide

Chloordioxide wordt gebruikt voor nadesinfectie op vier locaties. Voor twee locaties wordt ten minste 0,9-1 ¹⁰log-eenheden verwijdering van *E. coli* gerapporteerd en 1,6-2,5 ¹⁰log-eenheden van sporen van sulfietreducerende clostridia. Voor de andere twee locaties is geen informatie beschikbaar. Voor virussen werden geen gegevens gerapporteerd.

3.2.2.3 Duinpassage

Duinpassage is onderdeel van de zuivering op acht locaties, waarvan bij één locatie sprake is van open terugwinning, die daarom als laatste open water geldt. Voor twee van de locaties met duinpassage werd een schatting van de verwijdering gemaakt voor de gehele zuivering, en niet van de duinpassage zelf. Voor twee locaties werden literatuurgegevens naar grotere reisafstand geëxtrapoleerd en voor drie locaties werd direct de waarde van dat literatuuronderzoek toegepast. Het literatuuronderzoek (Schijven et al., 1999) betrof een doseerproef met bacteriofagen op praktijkschaal bij één van de bedrijven en de gemeten verwijdering werd voor de risicoschattingen toegepast voor alle micro-organismen op elke locatie.

3.2.2.4 Hyperfiltratie en ultrafiltratie

Hyperfiltratie wordt op twee locaties toegepast in combinatie met ultrafiltratie, waarbij de schatting van verwijdering is gebaseerd op de resultaten van doseerproeven en deeltjestellingen.

Op praktijkschaal werd door middel van een doseerproef verwijdering van F-specifieke bacteriofagen vastgesteld. De derde locatie met alleen ultrafiltratie beschikte niet over gegevens. *E. coli* werd op alle locaties gemeten en sporen van sulfietreducerende clostridia op twee locaties. Voor de derde locatie werd gemeld dat de concentraties na ultrafiltratie te laag waren voor een betrouwbare schatting.

3.2.2.5 Langzame zandfiltratie

Voor wat betreft virusverwijdering door langzame zandfiltratie zijn de gegevens over de verwijdering van bacteriofagen van een serie doseerproeven op proefinstallatieschaal op twee locaties beschikbaar. Voor één van de andere locaties werden deze gegevens als literatuurwaarden gebruikt. Voor die locatie zijn ook proefinstallatiegegevens beschikbaar, maar niet op die locatie uitgevoerd. De proeven zijn met het zand van die locatie en het water van een andere locatie uitgevoerd. De pH van het water van de locatie waarmee de proef werd gedaan is lager. Om die reden is de verwijdering op proefschaal waarschijnlijk beter dan op praktijkschaal.

E. coli-metingen zijn op twee locaties op proefschaal uitgevoerd, maar alle locaties met langzame zandfiltratie beschikken ook over praktijkmetingen, waarvan vier locaties ook verwijdering van *Campylobacter* op praktijkschaal hebben gemeten. Verwijdering van *Campylobacter* is ook op twee locaties op proefinstallatieschaal gemeten. *Campylobacter* wordt even goed of beter dan *E. coli* verwijderd.

Verwijdering van sporen van sulfietreducerende clostridia werd op vijf locaties op praktijkschaal gemeten, waarbij regelmatig concentraties in het effluent werden gemeten die hoger waren dan die in het influent. Op één locatie werd verwijdering van *Cryptosporidium* tegelijk met sporen van sulfietreducerende clostridia op proefinstallatieschaal gemeten (Hijnen et al., 2007), waarbij $5,3 \cdot 10^1$ log-eenheden verwijdering van oöcysten van *Cryptosporidium* werd vastgesteld, veel meer dan de verwijdering van de sporen. Voor twee locaties werd op grond van deze proefinstallatiegegevens, de verwijdering van *Cryptosporidium* en *Giardia* behoudend op $3 \cdot 10^1$ log-eenheden gesteld.

3.2.2.6 Ozon

Voor de verwijdering van *E. coli* (deels bevestiging van thermotolerante bacteriën van de coligroep) en sporen van sulfietreducerende clostridia beschikten vijf van de zes locaties over praktijkmetingen. De metingen gaven een grote variatie in verwijdering aan. Voor twee van de zes locaties waren praktijkmetingen van fagen voorhanden. Dit betroffen lage concentraties en grotendeels nulmetingen.

3.2.2.7 Snelfiltratie

Snelfiltratie wordt op verschillende plaatsen in de drinkwaterzuiveringstreinen toegepast, al dan niet in combinatie met coagulatie en sedimentatie of flotatie. Van de veertien locaties werd slechts op één locatie de verwijdering van F-specifieke bacteriofagen gemeten en geschat op $0,3 \cdot 10^1$ log-eenheden. Aangezien de drinkwaterbedrijven de effectiviteit van snelfiltratie om virussen te verwijderen gering vinden, werd in de risicoschattingen verwijdering van virussen door snelfiltratie niet beschouwd. *E. coli* werd op negen locaties gemeten en de verwijdering varieerde van -0,8 tot $1,7 \cdot 10^1$ log-eenheden. Voor twee locaties werd gerapporteerd dat er na snelfiltratie hogere concentraties *E. coli* werden gemeten dan ervoor. Bij de vijf locaties waarvoor geen gegevens beschikbaar waren, werd of geen aandacht aan snelfiltratie besteed of werd gemeld dat op basis van de lage concentraties (veel nulmetingen) geen betrouwbare schatting kon worden gedaan. Voor sporen van sulfietreducerende clostridia waren voor vijf van de veertien locaties praktijkmetingen beschikbaar met een zeer grote variatie van de verwijdering. Voor de overige locaties werd ook gemeld dat de lage concentraties onvoldoende betrouwbaar werden geacht voor schatting.

3.2.2.8 Ultraviolet (UV) en ultraviolet/waterstofperoxide (UV/H₂O₂)

De locatie met UV heeft deze als laatste zuiveringsstap. De verwijdering van *E. coli* en *Campylobacter* werd gebaseerd op collimated beam-experimenten op de locatie. Verwijdering van virussen en parasitaire protozoa werd gebaseerd op literatuurgegevens. Voor de locatie met UV/H₂O₂ waren gegevens beschikbaar voor schatting van de verwijdering van *E. coli* en sporen van sulfietreducerende clostridia. De schatting van de verwijdering van fagen is gebaseerd op de totale verwijdering door coagulatie, snelfiltratie, UV/H₂O₂ en actief koolfiltratie, waarbij verondersteld werd dat UV/H₂O₂ daarbij het meest belangrijk is.

3.3 QMRA-oppervlaktewater

Om een verdeling van de concentraties van de indexpathogenen in het laatste open water te kunnen schatten moet er ten minste één meting boven de detectiegrens liggen. Hetzelfde geldt voor het schatten van de verdeling van de efficiëntie van een zuiveringsstap.

Tabel 6 geeft een overzicht van het aantal locaties waarvoor de gegevens wel of niet een volledige QMRA mogelijk maakten. Hierbij werden ook de locaties opgenomen waarbij de indexpathogenen in het innamewater waren gemeten. Als een QMRA niet mogelijk was, was dit toe te schrijven aan het ontbreken van gegevens of alleen nulmetingen in de zuiveringsstappen. Voor een deel van de locaties waarvoor wel QMRA mogelijk was, werden deels puntschattingen gedaan voor zuiveringsstappen. Het overzicht in Tabel 6 geeft weer dat er voor negen van de veertien locaties voldoende gegevens waren voor een QMRA voor enterovirussen, en voor twaalf van de veertien locaties voor de overige indexpathogenen.

Tabel 6. Aantal locaties waarvoor de gegevens wel of niet een volledige QMRA mogelijk maken.

	Niet, want geen gegevens of alleen nulmetingen voor de zuiveringsstappen	Wel	Wel, maar (deels) puntschattingen voor de zuiveringsstappen
Enterovirussen	5	9	7
<i>Campylobacter</i>	2	12	6
<i>Cryptosporidium</i>	2	12	10
<i>Giardia</i>	2	12	10

Vervolgens geeft Tabel 7 een overzicht van de locaties die al of niet voldeden aan de eis voor het infectierisico van 10^{-4} per persoon per jaar volgens de VROM-Inspectierichtlijn 5318 op basis van gegevens in de voorlopige risicoanalyses. In een aantal gevallen bleek op basis van puntschattingen het infectierisico veel kleiner dan 10^{-4} per persoon per jaar, zodat een uitgebreide QMRA met schatting van verdelingen niet nodig lijkt. Voor zes locaties is vooralsnog onbekend of voor enterovirussen aan de risico-eis wordt voldaan. Voor vijf van deze locaties waren geen faagmetingen voor de zuiveringsstappen uitgevoerd. Voor de zesde van deze locaties werden er geen enterovirussen in het ruwe water aangetoond en was de verwijdering van F-specifieke bacteriofagen door ozon en langzame zandfiltratie zeer matig, zodat onvoldoende kon worden aangetoond of voldaan werd aan de risico-eis. Aanvullend onderzoek naar enterovirusconcentraties in het ruwe water is reeds gaande. Drie locaties met ozon als belangrijkste zuiveringsstap voldoen niet aan de risico-eis voor *Campylobacter* vanwege onvoldoende zuivering. In het geval van beide duinpassages is het waarschijnlijk dat wordt voldaan aan de risico-eis en betreft het hier een onderschatting.

Voor *Cryptosporidium* en *Giarda* zijn er drie locaties met ozon als belangrijkste zuiveringsstap, waarbij voor twee van deze locaties de zuivering onvoldoende was en voor één locatie onvoldoende aangetoond. Voor de twee locaties met duinpassage is onbekend of aan de risico-eis wordt voldaan, maar is het waarschijnlijk dat hier inderdaad aan wordt voldaan en betreft het een onderschatting. Bij de locaties met duinpassage en langzame zandfiltratie geldt dat voor alle indexpathogenen zeer waarschijnlijk ruim voldoende aan de eis van het infectierisico wordt voldaan, omdat duinpassage veel verwijdering geeft, maar de toepassing van de literatuurgegevens voor verwijdering door duinpassage heeft nog onderbouwing. De metingen van *E. coli* en sulfietreducerende clostridia onderschrijven dat niet, vanwege de detectielimiet en problemen met nabesmetting. Deze constatering vraagt om nader onderzoek.

Tabel 7. Aantal locaties dat wel/niet voldoet aan de eis van een maximum infectierisico van 10⁻⁴ per persoon per jaar.

	Voldoet wel	Voldoet niet	Onbekend
Enterovirussen	8	0	6 ^a
<i>Campylobacter</i>	9	3 ^b	2 ^c
<i>Cryptosporidium</i>	9	2 ^d	3 ^e
<i>Giardia</i>	9	2 ^d	3 ^e

^aOp één locatie met een matig functionerende zuivering werd onvoldoende aangetoond of aan de risico-eis werd voldaan en op vijf locaties werden geen faagmetingen voor de zuiveringsstappen uitgevoerd.

^bDrie locaties met ozon als belangrijkste zuiveringsstap, waarvan de verwijdering onvoldoende is.

^cTwee locaties met duinpassage, waarvan het onbekend is of aan de risico-eis werd voldaan, maar waarschijnlijk betreft het hier een onderschatting.

^dTwee locaties met ozon als belangrijkste zuiveringsstap, waarbij de verwijdering op basis van metingen van sporen van sulfietreducerende clostridia is.

^eTwee locaties met duinpassage, waarbij duinpassage zeer waarschijnlijk werd onderschat en wel aan de risico-eis wordt voldaan. Eén locatie met ozon als belangrijkste zuiveringsstap, waarbij onvoldoende werd aangetoond of aan de risico-eis werd voldaan.

3.4 Grondwater

Tabel 8 geeft het overzicht van de kwetsbaarheidsanalyse van de gerapporteerde grondwaterproductielocaties. Hierbij werden de freatische winningen (A) en de freatische kalksteenwinningen met weinig lössleemdeklaag (K) relatief als meest kwetsbaar gerapporteerd. Volgens de VROM-Inspectierichtlijn worden deze types winningen altijd als kwetsbaar beschouwd. Echter, in de meeste AMVD-dossiers werd voor wat betreft de freatische winningen ook rekening gehouden met de diepte van de winning, waarbij dan diepe winningen meestal niet als kwetsbaar werden gerapporteerd.

Door drie grondwaterbedrijven werd de systematiek van de VROM-Inspectierichtlijn gevolgd, door drie andere grondwaterbedrijven werd gewerkt met de kwetsbaarheidsindex, zoals beschreven in Van der Wielen et al. (2006). Volgens de systematiek met de kwetsbaarheidsindex wordt er voor de A-winningen onderscheid gemaakt in ondiepe A1- en diepe A2-winningen, waarbij de A2-winningen als minder kwetsbaar scoren.

Uit Tabel 8 blijkt dat 5% van de locaties een besmettingshistorie heeft voor fecale streptococci of enterococci en 6% voor *E. coli* of thermotolerante bacteriën van de coligroep. Deze besmettingen traden zelfs relatief wat vaker op bij (semi)spaningswinningen (B) dan bij freatische winningen (A), hetgeen als aanwijzing kan worden gezien van besmetting van de winput ten gevolge van onvoldoende integriteit van die put of onvoldoende gedocumenteerde werkzaamheden aan een put, en niet zozeer van een besmetting van het grondwater door een fecale besmettingsbron op enige afstand van de winput.

Over het algemeen waren in de dossiers gedetailleerde beschrijvingen opgegeven van de grondwaterwinningen, maar niet op uniforme wijze. Men was het er over het algemeen mee eens om in het vervolg per grondwaterwinning ook aan te geven hoe dik afdekkende lagen zijn, wat de diepte en dikte van de watervoerende pakketten zijn, alsmede de diepte en lengte van de putfilters.

Tabel 8. Kwetsbaarheidsanalyse van de gerapporteerde grondwaterproductielocaties.

	A	B	K	U	Totaal
Aantal bedrijven	5	6	1	3	6
Aantal productielocaties	79 (100%)	98 (100%)	7 (100%)	13 (100%)	197 (100%)
Aantal productielocaties...					
...gerapporteerd als kwetsbaar	23 (29%)	4 (4%)	3 (43%)	1 (8%)	31 (16%)
...gerapporteerd als mogelijk kwetsbaar of beheerst risico	10 (13%)	14 (14%)	0 (0%)	0 (0%)	24 (12%)
...met besmettingshistorie van <i>E. coli</i> of thermotolerante bacteriën van de coligroep	2 (9%)	8 (8%)	1 (14%)	1 (8%)	12 (6%)
...met besmettingshistorie van fecale streptococci of enterococci	0 (0%)	1 (1%)	0 (0%)	10 (77%)	10 (5%)
...met niet hermetisch afgesloten putten en/of lekkages in de putten	2 (3%)	15 (15%)	1 (14%)	0 (0%)	18 (9%)
...zonder voorziening ter voorkoming van toestroming water vanaf maaiveld	3 (4%)	13 (13%)	3 (43%)	0 (0%)	19 (10%)
...waar mensen of dieren dichtbij kunnen komen	1 (1%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (0,5%)
...met riolen/septic tanks/mestopslag binnen de 60-dagenzone	52 (66%)	46 (46%)	3 (43%)	3 (23%)	104 (53%)
...met overstroming door oppervlaktewater	0 (0%)	7 (7%)	2 (28%)	1 (8%)	10 (5%)
...met infiltratie van oppervlaktewater	1 (1%)	2 (2%)	0 (0%)	1 (8%)	4 (2%)

A-freatisch grondwater; B-(semi)spanningsgrondwater; K-grondwater uit kalksteen; U-oeverfiltraat

Alle grondwaterbedrijven besteedden veel aandacht aan risico-inventarisatie. Dit hield in een inventarisatie van potentiële besmettingsbronnen in de nabije omgeving van de winputten en een inventarisatie van de integriteit van de winputten. Voor wat betreft inventarisatie van potentiële besmettingsbronnen werd door de meeste bedrijven de 60-dagenzone en de 1-jaarszone beschouwd. Door één bedrijf werd een 200-meterzone en een 500-meterzone gehanteerd. Tabel 8 laat zien dat voor 104 van de 197 productielocaties (53%) er sprake was van fecale besmettingsbronnen binnen de 60-dagenzone. Riolen die de 60-dagenzone doorkruisen zijn deels persriolen. Het betreffende bedrijf heeft gepland enkelwandige persriolen te vervangen door dubbelwandige riolen, of door een controlesysteem, zodat hier sprake zal zijn van een beheerst risico. In een aantal gevallen gaat het om riolering van bebouwing, zoals een woonwijk. In de meeste gevallen betreft het een rioolpijp naar het bedrijfsgebouw van de winning zelf, wat niet als risico wordt gezien door het bedrijf, indien er weinig gebruik van wordt gemaakt.

De besmettingshistorie van *E. coli* of thermotolerante bacteriën van de coligroep geeft aan dat er een besmettingsbron aanwezig was in het watervoerende pakket en/of dat er sprake was van besmetting van de winput. Besmetting van het opgepompte grondwater door *E. coli* of thermotolerante bacteriën van de coligroep werd vaker gerapporteerd voor (semi)spanningswinnings (B) dan voor freatische (A) winningen. Dit kan als aanwijzing worden gezien van putbesmetting door integriteitproblemen of werkzaamheden aan de put. Bij werkzaamheden aan de winputten worden deze altijd buiten werking gesteld en gecontroleerd op besmetting, voordat ze weer in bedrijf worden genomen. Dit is echter in het verleden niet altijd vermeld, zodat niet altijd bekend is of de besmetting samenhangt met werkzaamheden. Naar de werkelijke oorzaak van een opgetreden besmetting is nooit onderzoek gedaan.

De gerapporteerde historie van besmetting door fecale streptococci of enterococci beperkt zich uitsluitend tot oeverfiltratielocaties (U) en tot één B-winning. In het geval van de oeverfiltratielocaties is niet door onderzoek bekend of deze afkomstig zijn van het infiltrerende oppervlaktewater.

De uitgebreide aandacht die was gegeven aan de integriteit van de winputten, heeft geleid tot plannen van aanpak ter verbetering van de putintegriteit, zoals het aanbrengen van hermetische afsluitingen, die grotendeels al zijn uitgevoerd. In de plannen van aanpak zijn over het algemeen kwetsbare momenten beschreven waardoor (indien besmettingsbronnen aanwezig zijn) piekconcentraties zouden kunnen optreden.

4 Discussie

4.1 Discussiepunten

De belangrijkste conclusie die kan worden getrokken na de eerste ronde van risicoanalyses op basis van historische gegevens, is dat deze voorlopige risicoanalyses veelal hebben geleid tot volledige risicoanalyses.

Van de veertien locaties voldeden er respectievelijk acht, negen, negen en negen aan de risico-eis voor enterovirussen, *Campylobacter*, *Cryptosporidium* en *Giardia*. Voor enterovirussen was van vijf locaties onbekend of ze aan de risico-eis voldeden door het ontbreken van metingen en voor één locatie werd dit onvoldoende aangetoond. Voor *Campylobacter* werd voor twee locaties onvoldoende aangetoond of aan de risico-eis werd voldaan en drie locaties voldeden niet. Voor *Cryptosporidium* en *Giardia* werd voor drie locaties onvoldoende aangetoond of aan de risico-eis werd voldaan en twee locaties voldeden niet.

In alle AMVD-dossiers waren de voorgestelde meetprogramma's conform de VROM-Inspectierichtlijn met betrekking tot de aantallen te onderzoeken monsters van het laatste open water in relatie tot de productiecapaciteit. Met name voor wat betreft de keuze van het laatste open water is er nog discussie. Indien men zich strikt houdt aan de richtlijn dat gemeten moet worden in het laatste open water, dan betekent dat met name voor bedrijven met veel infiltratievijvers, dat er veel locaties te bemonsteren zijn. Daarom wordt voor deze locaties nu in eerste instantie het gezamenlijke innamewater in combinatie met de laatste open waters onderzocht die het meest onder invloed staan van aanwezige besmettingsbronnen, en wordt door vergelijking onderzocht in welke mate het innamewater en het meeste kwetsbare laatste open water representatief zijn voor de overige laatste open wateren.

Ondanks dat de dossiers overzichtelijk waren, vergde de evaluatie ervan veel inspanning, met name door de omvang van de informatie en ook door de verschillende wijzen waarop de gegevens werden aangeleverd. Voor de volgende ronde bereidt RIVM een tabel voor waarin onderdelen in een vaste volgorde worden 'afgevinkt', eventueel met verwijzing naar aanvullende informatie. Ook werkt het RIVM met de drinkwaterbedrijven aan een verbetering om de gewenste gegevens (bijvoorbeeld tellingen en volumes in plaats van concentraties) in de juiste vorm aangeleverd te krijgen, afgestemd op de locatiespecifieke kenmerken van de drinkwaterbedrijven.

Met betrekking tot de vraag of de huidige indexpathogenen de risico's van alle pathogenen dekken, kan worden geantwoord dat de huidige indexpathogenen vooralsnog de basis blijven voor de risicoanalyse. De WIR heeft de taak op de hoogte te blijven van nieuwe ontwikkelingen die zouden aangeven dat de indexpathogenen niet voldoen. Alternatief is het in de berekeningen gebruiken van een 'superpathogeen' die de meest ongunstige kenmerken van (pathogene) micro-organismen combineert (lage verwijdering en inactivatie, hoge dosis-respons). Dit zou echter tot een te grote overschatting van het risico kunnen leiden.

Er is een aantal discussiepunten met betrekking tot de waarde van de indicatororganismen.

In een aantal dossiers werden thermotolerante bacteriën gerapporteerd in plaats van en/of in aanvulling op *E.coli*. Er moet in dezen echter vastgehouden worden aan *E. coli*, zoals de VROM-Inspectierichtlijn aangeeft.

Men mag natuurlijk ook het indexpathogeen in de zuivering meten, zoals het geval was voor *Campylobacter*. Echter, *Campylobacter* dient niet als indicator voor andere bacteriën, daarom moet daarnaast nog steeds *E. coli* als indicatororganismen worden gemeten.

Voor wat betreft SSRC is deze situatie echter anders. Uit het onderzoek naar langzame zandfiltratie (Dullefont et al., 2004; Hijnen et al., 2007; Schijven et al., 2008), maar ook uit de gegevens van hyper- en ultrafiltratie blijkt dat SSRC als indicator voor verwijdering van *Cryptosporidium* en *Giardia* in filtratie ongeschikt is. Vooralsnog is er geen beter alternatief, behalve dan de indexpathogenen zelf.

Met betrekking tot het meten van bacteriofagen in grondwater, is het standpunt om de meetverplichting uit het Waterleidingbesluit te halen aangezien de frequentie te laag is voor een zinvolle evaluatie. Deze metingen komen wel terug voor de risicoschatting, daar waar deze relevant zijn. Dit volgt uit de overleggen met de waterleidingbedrijven. Het RIVM kan op voorhand aangeven wat een zinnige meetinspanning zou zijn.

De bedrijven zouden graag een waardesysteem zien voor literatuurgegevens over effectiviteit van de zuivering. De VROM-Inspectierichtlijn geeft een sterke voorkeur aan het gebruik van locatiespecifieke gegevens. WIR realiseert zich dat locatiespecifieke gegevens op een zeker punt in de zuivering geen informatie meer bieden (nullen). Aanbevolen wordt om literatuurwaarden slechts in die gevallen conservatief te gebruiken.

Verdere standaardisering van checklists voor de inventarisatie van besmettingsbronnen van grondwaterwinningen op basis van dossiergegevens is gewenst. De drinkwaterbedrijven waren het er over het algemeen mee eens om in het vervolg per grondwaterwinning ook aan te geven hoe dik afdekkende lagen zijn, wat de diepte en dikte van de watervoerende pakketten zijn en wat de diepte en lengte van de putfilters zijn.

De VROM-Inspectierichtlijn stelt dat freatische grondwaterwinningen (type A) kwetsbaar zijn. Diverse waterbedrijven zijn het daar niet mee eens en vinden dat ook gekeken moet worden naar de diepte van de winningen. Het kan dus zijn dat een A-winning niet kwetsbaar is als de winning maar diep genoeg is. Het criterium voor diepte is echter ook niet duidelijk.

De VROM-Inspectierichtlijn maakt geen duidelijke scheiding tussen kwetsbaarheid en risico's. Voorstel naar WIR: kwetsbaarheid wordt bepaald door intrinsieke eigenschappen van een winning (hoe gemakkelijk een besmetting kan doordringen). Deze kwetsbaarheid in combinatie met de aanwezigheid van besmettingsbronnen leidt tot een risico. Risico is dus kwetsbaarheid en de aanwezigheid van een besmettingsbron.

4.2 Samenvatting workshop

Op 14 februari 2008 werd bij het RIVM een workshop gehouden, waarin de drinkwaterbedrijven, VROM en RIVM door middel van presentaties en discussie hun ervaringen met de uitvoering van de voorlopige microbiologische risicoschattingen voor drinkwater volgens VROM-Inspectierichtlijn 5318 uit konden wisselen. Hieronder volgt een samenvatting van deze workshop.

De VROM-Inspectierichtlijn Analyse microbiologische veiligheid drinkwater trad in werking op 1 februari 2006. Volgens deze richtlijn werd begonnen met de QMRA voor drinkwater op basis van alle beschikbare meetgegevens van de indexpathogenen en de indicatororganismen, de zogenoemde voorlopige risicoanalyse.

In de periode van 13 juli 2006 tot en met 31 januari 2008 werden door het RIVM 29 dossiers van elf drinkwaterbedrijven ter beoordeling ontvangen. Van de elf drinkwaterbedrijven zijn er vijf bedrijven met in totaal vier productielocaties die gebruikmaken van oppervlaktewater. De overige bedrijven maken (uitsluitend) gebruik van grondwater als grondstof.

Wennemar Cramer (VROM/Duurzame Productie) lichtte toe dat de normwaarden en de monitoring van de Europese drinkwaterrichtlijn elke vijf jaar aan revisie toe zijn. Deze richtlijn stamt uit 1998 en is dus toe aan de tweede revisie. In het kader van de eerste revisie werd tijdens de EU-drinkwaterconferentie van 2003 gekozen voor een integrale benadering van bron tot kraan. In de Bonn Charter van 2004 werd vormgegeven aan die integrale benadering naar analogie met Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP) en Total Quality Management (TQM). Basisprincipes en een raamwerk werden geformuleerd met het oog op de drinkwaterkwaliteit in de 21ste eeuw. Dit wordt dan verder ingevuld volgens de door de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) geïntroduceerde waterveiligheidsplannen als onderdeel van de derde editie van de WHO Guidelines for Drinking-water Quality. Kenmerk van de waterveiligheidsplannen is de verschuiving van eindcontrole naar procescontrole. In Nederland kennen we verschillende kwaliteitssystemen, de risicobenadering voor pathogene micro-organismen, de aanpak tegen *Legionella*, leveringsplannen en crisismanagement. Deze onderdelen kunnen samenkomen in waterveiligheidsplannen.

In mei 2007 was er een bijeenkomst van de subgroepen microbiologie en monitoring/monsternamen van de EU-drinkwatercommissie. Gediscussieerd werd over de samenhang met andere richtlijnen, zoals de Kaderrichtlijn Water (KRW). Er zal advies van European Network of Drinking Water Regulators (ENDWARE) worden gevraagd met betrekking tot chemische parameters in waterveiligheidsplannen en welke invloed deze kunnen hebben. De WHO/EC-groep beschouwde acht cases met betrekking tot de mogelijkheid om waterveiligheidsplannen op te nemen in de drinkwaterrichtlijn. Maar op dit moment is het nog onduidelijk hoe de EC verder wil. Er is nog weinig aandacht voor de juridische aspecten en de waterveiligheidsplannen zijn vooral technisch. Mogelijk is er eind 2008 een voorstel van de EC omtrent de revisie van de Europese drinkwaterrichtlijn.

De EC heeft nog geen mening over de opname van health based targets in waterveiligheidsplannen. Waterveiligheidsplannen moeten voldoen aan het Drinkwaterbesluit en zouden in 2008 klaar moeten zijn. De datum voor leveringsplannen ligt nog niet vast.

In de presentatie van Frans Wetsteijn van de VROM-Inspectie werd de procedure en voortgang in de microbiologische risicoschattingen volgens de VROM-Inspectierichtlijn Analyse microbiologische veiligheid drinkwater 5318 aan de orde gesteld. Na het insturen van de conceptdossiers naar de VROM-Inspectie met afschrift naar het RIVM volgt een bevestigingsbrief aan de VROM-Inspectie en waterleidingbedrijf, gevolgd door een kwalitatieve evaluatie. De bevindingen worden besproken met de betrokken partijen waarna het definitieve rapport wordt rondgestuurd. De evaluatie van de productie van veilig drinkwater is een doorlopend proces, dus na het verzamelen van aanvullende gegevens wordt het proces volgens VROM-Inspectierichtlijn Analyse microbiologische veiligheid drinkwater 5318 opnieuw gevolgd.

In de presentaties van vijf drinkwaterbedrijven kwam steeds naar voren dat de risicoanalyse een integrale beschrijving geeft van het drinkwaterbedrijf en als zodanig een positieve ervaring was. Door het geheel te bekijken wordt beter duidelijk waar de sterke en zwakke punten liggen. De efficiëntie van de bedrijfsvoering is nu goed onderbouwd en doorgevoerd en men ervoer dat op basis van een (AMVD-)dossier ook de directie van het betreffende bedrijf goed kan worden ingelicht en het daardoor direct eens was met aanbevolen maatregelen. Een dossier wordt ook gezien als een belangrijk naslagwerk. Tevens werd het belang van waterveiligheidsplannen ingezien, vooral met betrekking tot mogelijke herbesmettingen in het zuiveringssysteem.

Eenzijds werd geschat dat de kosten voor het onderzoek en de activiteiten in het kader van de risicoschattingen omgerekend naar kubieke meters drinkwater verwaarloosbaar zijn, anderzijds merkte een aantal bedrijven op dat de kosten voor uitvoering van de meetprogramma's hoog zijn. Met name het bepalen van wat de juiste momenten zijn voor piekmetingen werd lastig gevonden en de vraag rees

om hiervoor meer richtlijnen te ontwikkelen. De lokale situatie moet daarin centraal staan. Piekmetingen zijn nodig. Een waterveiligheidsplan geeft beter aan waar het mis kan gaan. Een aantal bedrijven meldde weinig vertrouwen te hebben in de betekenis van sporen van sulfietreducerende clostridia als indicatororganisme bij filtratieprocessen.

Bij grondwaterwinningen worden af en toe fagen aangetroffen in grote volumemonsters. Gevraagd werd naar de betekenis daarvan. Als fagen worden aangetroffen, is er sprake van een fecale bron waarnaar gezocht moet worden. De ABIKOU-indeling werd als lastig ondervonden, met name voor wat betreft de toekenning A1 of A2 en A2 of B1.

Ook werd opgemerkt dat de VROM-Inspectierichtlijn geen goede scheiding maakt tussen kwetsbaarheid van grondwater en infrastructurele problemen. De criteria zijn onduidelijk en de uitkomst van kwetsbare winningen arbitrair.

5 Aanbevelingen

- Nader locatiespecifiek onderzoek moet uitwijzen of er sprake is van toe- of afname van de indexpathogenen in het laatste open water ten opzichte van het innamewater. Op basis daarvan kan een beslissing genomen worden voor het, voor de risicoschatting, meest relevante bemonsteringspunt van die locatie.
- Voor een aantal zuiveringsstappen, zoals microzeven, ontharding en beluchting en deels ook snelfiltratie en actief koolfiltratie werden geen verwijderinggegevens gerapporteerd. Wanneer een systeem niet voldoet, kan aanvullend onderzoek naar deze stappen om een (lage) verwijdering aan te tonen, voordeliger zijn dan het aanpassen van het systeem.
- In nieuwe dossiers zullen maatregelen die genomen zijn aan de hand van de bevindingen in de eerste AMVD-dossiers, zoals putintegriteit, worden geëvalueerd.
- Voor de nieuwe AMVD-meetprogramma's is goedkeuring door VROM nodig.
- Een deel van de grondwaterbedrijven paste voor de kwetsbaarheidanalyse de systematiek van de VROM-Inspectierichtlijn toe en het andere deel die van Van der Wielen et al. (2006). Voor de volgende ronde dient meer eenvormigheid in deze systematiek te worden gebracht. Daartoe moet eerst de systematiek nader worden uitgewerkt. Daaronder valt ook een duidelijke scheiding van kwetsbaarheid in de betekenis van de intrinsieke eigenschappen van het systeem en inventarisatie van aanwezige besmettingsbronnen. Het risico wordt bepaald door de combinatie van kwetsbaarheid en de aanwezigheid van besmettingsbronnen.
- Een diepere freatische grondwaterwinning is minder kwetsbaar dan een minder diepe. Om het effect van diepte op de kwetsbaarheid te bepalen, is berekening van het transport van een besmetting nodig. Het RIVM ontwikkelt daartoe in samenwerking met de Universiteit van Utrecht reeds een model voor.
- Voor aanlevering van nieuwe gegevens voor QMRA stelt het RIVM een voorgeformatteerd Excelspreedsheet ter beschikking aan de drinkwaterbedrijven. De spreadsheet is zodanig opgemaakt, dat alle gegevens voor QMRA op een standaard manier kunnen worden ingelezen in een Mathematica-notebook, waarmee de risicoschattingen kunnen worden gedaan. Essentieel voor het uitvoeren van de risicoschattingen is dat tellingen van micro-organismen (indexpathogenen en indicatororganismen) en de volumes van de onderzochte monsters moeten zijn ingevoerd. In het geval van meest waarschijnlijke aantallen van *Campylobacter* moeten de ingezette volumes met bijbehorende aan- of afwezigheid worden gerapporteerd. De spreadsheet wordt zodanig opgezet in overleg met de drinkwaterbedrijven, dat het passend is voor elk bedrijf. Dat kan inhouden dat per bedrijf een specifieke opmaak nodig is.
- Het is van belang om de variatiebronnen te kennen die het rendement van de metingen bepalen. Dit speelt met name bij lage en variabele rendementen. Vooralsnog verdient het de voorkeur om bij elke analyse het rendement te bepalen. In de toekomst kan mogelijk een uitspraak worden gedaan over de relatie tussen rendement en watertype, laboratorium, analist enzovoorts.
- Veranderingen in het systeem of de bedrijfsvoering zullen niet altijd uit de (analyse)gegevens blijken, maar kunnen wel van belang zijn voor de risicoanalyse. Waterleidingbedrijven dienen daarom wijzigingen nauwkeurig bij te houden en bij de dossiers te voegen.
- SSRC en *Clostridium perfringens* staan beide in de richtlijn; dit moet worden aangepast.
- Tijdens de bijeenkomst van de WIR in november 2008 kwam aan de orde om modellering voor bepaalde zuiveringsstappen toe te staan om de verwijdering te bepalen en om modellen ook te kunnen gebruiken bij veranderende bedrijfsomstandigheden als alternatief voor metingen. Vooral zuiveringsstappen als UV en LZF zijn zeer lastig te meten.
- Nieuwe inzichten in de methodiek van QMRA moeten worden geïmplementeerd en vastgelegd in een latere herziene versie van de richtlijn. Dit betreft onder meer berekening van de efficiëntie van de zuiveringsstappen en dosisresponsrelaties, onderscheid in variatie, en onzekerheid over hoe verschillende gegevensbronnen voor een zuiveringsstap te combineren zijn.

- Nieuwe methoden moeten worden ontwikkeld om de resultaten van piekmetingen (risicovolle momenten) mee te nemen in de QMRA.
- Nieuwe AMVD-dossiers dienen te worden gestuurd naar de VROM-Inspectie, en een kopie naar het RIVM (secretariaat WIR, wir@rivm.nl).

Literatuur

- Anoniem, Besluit van 9 januari tot wijziging van het Waterleidingbesluit in verband met de richtlijn betreffende de kwaliteit van voor menselijke consumptie bestemd water. Staatsblad van het Koninkrijk der Nederlanden, 2001, 31,1-53.
- Anoniem, VROM-Inspectierichtlijn Analyse microbiologische veiligheid drinkwater, VROM-Inspectie, 2005, Artikelcode 5318.
- Dullemont Y, Visser A, Schijven J, Hijnen W, Eliminatiecapaciteit van langzame zandfiltratie voor micro-organismen bepaald met doseerproeven, H20, 2004, 13, 22-24.
- Hijnen WAM, Dullemont YJD, Schijven JF, Hanzens-Brouwer AJ, Rosielle M en Medema G. Removal and fate of *Cryptosporidium parvum*, *Clostridium perfringens* and small-sized centric diatoms (*Stephanodiscus hantzschii*) in slow sand filters. Water Res, 2007, 41, 2151-2161.
- Schijven JF, Hoogenboezem W, Hassanizadeh SM, Peters JH. Modelling removal of bacteriophages MS2 and PRD1 by dune recharge at Castricum, Netherlands. Wat Resourc Res, 1999; 35: 1101-1111.
- Schijven JF, Colin M, Dullemont Y, Hijnen WAM, Magic-Knezev A, Oorthuizen W. Verwijdering van micro-organismen door langzame zandfiltratie, 2008. RIVM-rapport 330204001.
- Wielen PJJ van der, Senden WJMK, Medema GM, Presumptive classification of the Dutch phreatic sandy groundwater well systems using a microbiologically vulnerability index, revisited, BTO, 2006015, 2006, Nieuwegein.

RIVM

Rijksinstituut
voor Volksgezondheid
en Milieu

Postbus 1
3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl