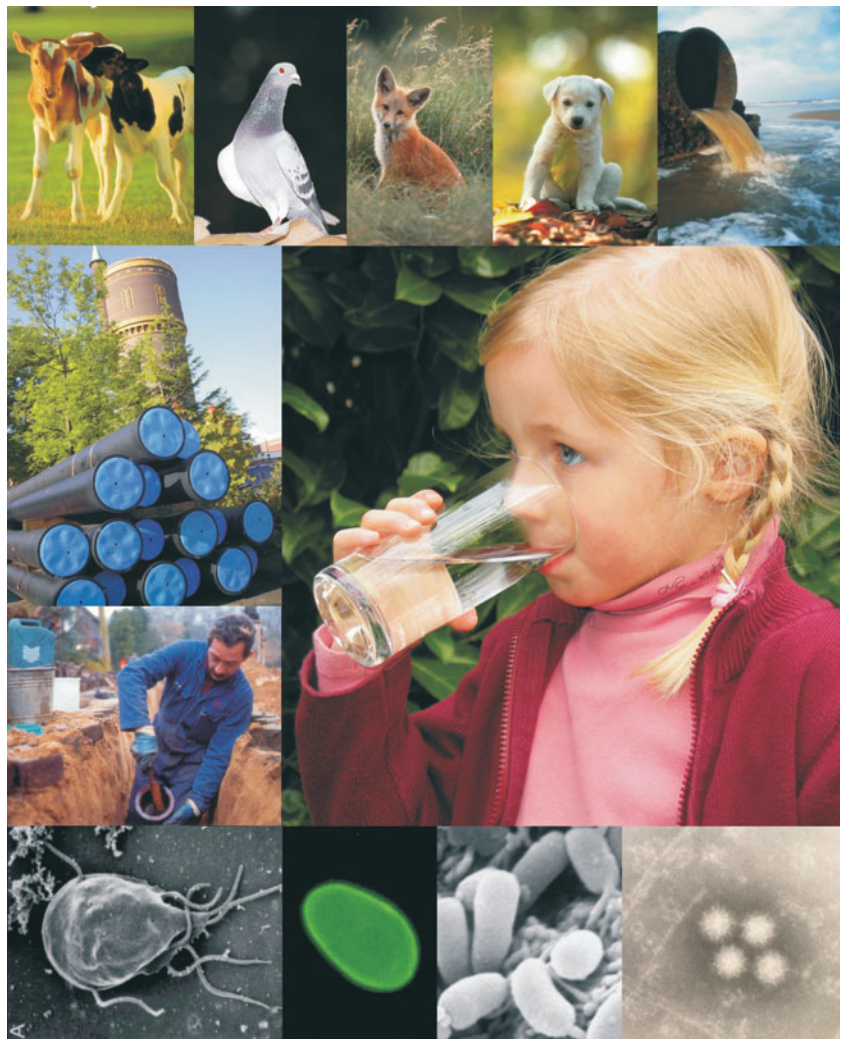


Microbiologische verontreiniging van drinkwater tijdens opslag, transport en distributie

Evaluatie en beheersing van risico's van
incidentele afwijkingen en verontreinigingen



BTO 2002.130 (c)
November 2003

Microbiologische verontreiniging van drinkwater tijdens opslag, transport en distributie

Evaluatie en beheersing van risico's van
incidentele afwijkingen en verontreinigingen

© 2003 Kiwa N.V.
Alle rechten voorbehouden.
Niets uit deze uitgave mag
worden verveelvoudigd,
opgeslagen in een
geautomatiseerd
gegevensbestand, of
openbaar gemaakt, in enige
vorm of op enige wijze,
hetzij elektronisch,
mechanisch, door
fotokopieën, opnamen, of
enig andere manier, zonder
voorafgaande schriftelijke
toestemming van de
uitgever.

Opdrachtgevers

BTO Waterbedrijven, in het bijzonder
Brabant Water, DZH, WLBA, PWN,
TWM, Vitens en WMD

Projectnummer

11.1443.100

Kiwa N.V.
Water Research
Groningenhaven 7
Postbus 1072
3430 BB Nieuwegein

Telefoon 030 60 69 511
Fax 030 60 61 165
Internet www.kiwa.nl

Colofon

Titel

Microbiologische verontreiniging van gedistribueerd drinkwater tijdens opslag, transport en distributie. Evaluatie en beheersing van risico's van incidentele afwijkingen en verontreinigingen

Projectnummer

11.1443.100

Projectmanager

W.J.M.K. Senden

Kwaliteitsborgers

D. van der Kooij, G.J. Medema

Auteurs

J.H.M. van Lieverloo, A. Esveld-Amanatidou,
W.A.M. Hijnen en J.Th. Groennou

Verantwoording

Zoals bij veel van de projecten die Kiwa voor waterbedrijven uitvoert, is er ook in dit project een grote mate van samenwerking geweest met de waterbedrijven. De deelnemende waterbedrijven hebben een bijdrage geleverd door het project te begeleiden en alle gevraagde gegevens over de verontreiniging van geproduceerd en gedistribueerd drinkwater beschikbaar te stellen, alsmede (soms zeer gedetailleerde) beschrijvingen van gebeurtenissen tijdens de grotere verontreinigingsincidenten. Bij de ontwikkeling van de methode voor beheersing van risico's en het hulpmiddel MaRiskA (Managing Risk Assessment & Risk Control) is een belangrijke bijdrage geleverd door ir. D.J.M. Bakker van Kiwa Management Consultants en in een later stadium met name door dr. J. Kroesbergen, dr. W. Hoogenboezem, mevr. ir. J. Zwaagstra en M. Nijman (PWN Waterbedrijf Noord-Holland), onder meer tijdens de toepassing van de conceptmethode in februari 2001. MaRiskA is verder geoptimaliseerd op basis van ervaringen tijdens een risico-inventarisatie bij N.V. Waterleidingmaatschappij Overijssel, thans Vitens Overijssel, in oktober 2001 (begeleid door G.L. Bakker, F.M. van Schaik en J. ter Halle).

De projectgroep die het project heeft begeleid, bestond uit de volgende personen:

- A.G. van Alphen, Brabant Water (vh. WOB)
- G.L. Bakker, Vitens (vh. WMO)
- P. Keijzer, Vitens (vh. WLO)
- Prof.dr.ir. D. van der Kooij, Kiwa Water Research (kwaliteitsborger)
- Dr. J. Kroesbergen, PWN Waterleidingbedrijf Noord-Holland (voorzitter)
- Drs. J.H.M. van Lieverloo, Kiwa Water Research (secretaris)
- Ir. W.J.M.K. Senden, Kiwa Water Research (projectmanager)
- Ing. M.A.J. Smits, Brabant Water (vh. WOB)
- J.W.S. Spiering, Duinwaterbedrijf Zuid-Holland
- Ir. N.M. Veldkamp, Waterleidingmaatschappij Drenthe
- Drs. R.A.G te Welscher, Waterleidingbedrijf Amsterdam (vh. GWA)
- Ing. A. de Wit, Tilburgsche Waterleidingmaatschappij

Samenvatting

Veilig drinkwater zonder desinfectie

Eén van de belangrijkste pijlers van een goede drinkwatervoorziening én van preventie van besmettelijke ziekten is de microbiologische veiligheid van drinkwater. In Nederland voldoet het uitgaande water van de drinkwaterproductiebedrijven aan hoge kwaliteitseisen. Het drinkwater in Nederland wordt vrijwel overal zonder restgehalte aan desinfectiemiddelen gedistribueerd en daar waar nadesinfectie wordt toegepast zijn de restgehalten zeer laag. De belangrijkste overwegingen daarbij zijn dat door uitgebreide behandeling van de grondstof nadesinfectie niet meer nodig is en dat drinkwater zonder desinfectiemiddelen beter van smaak is en geen toxische bijproducten van desinfectie bevat. In een groot aantal andere landen wordt het handhaven van een restgehalte desinfectiemiddel in het distributienet juist voorgeschreven, als aanvullende barrière tegen pathogene micro-organismen die mogelijk door de zuivering heen komen of het distributienet kunnen binnendringen bij lekkages of wanverbindingen. Ook wordt nadesinfectie toegepast voor het bestrijden van nagroei van micro-organismen in het distributienet.

Bij de Nederlandse aanpak moeten in het totale systeem voldoende waarborgen zitten om drinkwater zonder desinfectie te kunnen distribueren. Dat betekent:

- dat de zuivering micro-organismen afdoende moet verwijderen;
- dat het distributienet voldoende beschermd moet zijn tegen het binnendringen van micro-organismen en
- dat het drinkwater en de gebruikte materialen in het net nagroei van micro-organismen niet of nauwelijks bevorderen ('biologische stabiliteit').

Het Nederlands principe is dus: voorkomen is beter dan genezen. Dit principe stelt wel hoge eisen aan de infrastructuur en de beheersmaatregelen ter voorkoming van verontreinigingen en beheersing van nagroei.

Verontreiniging van drinkwater tijdens opslag, transport en distributie

Fecale verontreinigingen worden over het algemeen gedetecteerd door de aanwezigheid van *E. coli* (tot 2002 werd gecontroleerd op thermotolerante bacteriën van de coligroep, afgekort coli44). Aanwezigheid van *E. coli* in het water is een indicatie voor een mogelijke aanwezigheid van ziekteverwekkende micro-organismen in drinkwater waarbij de volksgezondheid in gevaar komt.

Verontreinigingen kunnen binnendringen door verkeerde verbindingen, het onjuiste gebruik van brandkranen of onvoldoende hygiëne tijdens werkzaamheden. Maar ook lekkages en gebrekkige hygiëne tijdens werkzaamheden in reinwaterreservoirs en productiebedrijven worden door de waterbedrijven als belangrijke potentiële oorzaken van verontreinigingen genoemd. De periodieke waterkwaliteitsbeoordeling levert het beeld van een zeer goede kwaliteit van het gedistribueerde drinkwater. Vergelijkingen met het buitenland bevestigen dat het ontbreken van een restgehalte desinfectiemiddel in Nederland niet leidt tot meer ziektegevallen of verontreinigingen van het gedistribueerde water. Zeer incidenteel geeft deze kwaliteitsbewaking aan dat er een fecale verontreiniging van het water in het distributienet is opgetreden, met mogelijke risico's voor de gezondheid van de afnemers. Meestal is dit een individuele meting die aangeeft dat er een of enkele

E. coli in het water aanwezig is; bij een herhalingsmonster wordt geen *E. coli* meer aangetroffen. Door het ontbreken van een restgehalte van desinfectiemiddelen is de kans op detectie van kleine verontreinigingen in Nederland groter dan in veel andere landen.

In zeldzame gevallen (vier tot vijf keer per jaar) is er ergens in Nederland een verontreinigingsincident waar vaker en/of op meer plaatsen *E. coli* wordt aangetroffen in het net. Dergelijke incidenten hebben vaak een grote impact omdat de gezondheid van de afnemers in het geding kan zijn en direct aan VROM-inspectie en afnemers worden gemeld en ze meestal in de pers terechtkomen, ofschoon zeer zelden ziektegevallen worden gerapporteerd. Deze incidenten geven aan dat de maatregelen ter voorkoming van verontreinigingen geen absolute waarborg bieden. In verhouding komen in Nederland ziektegevallen die in verband worden gebracht met de drinkwaterkwaliteit zelden voor (drie gerapporteerde incidenten in 1962, 1981 en 2001).

Naast deze fecale verontreinigingen komen ook niet-fecale verontreinigingen en niet-fecale kwaliteitsverminderingen voor. Deze worden gedetecteerd door de aanwezigheid van bacteriën van de coligroep, afgekort coli37, en leveren vooral voor het waterbedrijf overlast op, want in dergelijke incidenten is de aanwezigheid van ziekteverwekkende micro-organismen zeer onwaarschijnlijk. Deze incidenten leiden echter ook vaak tot negatieve publiciteit, vooral als er onduidelijkheid ontstaat over de gevaren voor de gezondheid van de afnemers.

Kwantitatieve risicoanalyse als basis voor risicomanagement

Verontreiniging en verminderde kwaliteit van drinkwater kan leiden tot: (i) ziekte (alleen bij fecale verontreinigingen), (ii) reputatieschade en (iii) hoge kosten in verband met corrigerende maatregelen en extra PR-activiteiten. Er is geen kwantitatief beeld van de kans op en de effecten van incidentele verontreinigingen, de gevoeligheid van de detectie van dergelijke verontreinigingen door periodieke waterkwaliteitsbeoordeling en de effectiviteit van maatregelen na verontreinigingen. Er is dus ook onvoldoende kennis om een kosten/baten-balans en een prioritering te maken voor investeringen ten behoeve van optimalisatie van infrastructuur, bedrijfsvoering (hygiënisch werken), meetstrategie en corrigerende maatregelen na detectie van verontreinigingen. Dit rapport beschrijft enkele stappen die zijn uitgevoerd op de weg naar systematische kwantificering en beheersing van de risico's voor de microbiologische veiligheid van drinkwater. Deze stappen waren:

- Een evaluatie van de geregistreerde verontreinigingsincidenten¹.
- Een evaluatie van de informatie uit het meetprogramma voor de waterkwaliteitsbewaking over fecale verontreinigingen tijdens distributie.
- Het ontwikkelen van een systematiek voor risicobeheersing.

¹ Als op dezelfde locatie in minimaal twee opeenvolgende monsters *E. coli* en/of bacteriën van de coligroep zijn aangetroffen. Een uitgebreider definitie van de incidenten wordt in hoofdstuk 2 gegeven.

Gezondheidsrisico verhoogd tijdens incidenten

De acht deelnemende waterbedrijven hebben in de periode van mei 1995 tot en met juli 2000 negen fecale verontreinigingsincidenten geregistreerd en achttien incidenten met niet-fecale verontreinigingen of niet-fecale verminderingen van de waterkwaliteit. De evaluatie omvatte 11 oppervlaktewaterverwerkende en 86 grondwaterverwerkende drinkwaterproductiebedrijven en hun voorzieningsgebieden. Door de negen fecale verontreinigingsincidenten zijn in de periode van vijf jaar ca. 454.000 van de ca. 6,7 miljoen inwoners (ca. 1,4% per jaar) gedurende gemiddeld vier tot vijftien dagen² (1% tot 4% van het jaar) blootgesteld aan drinkwater dat mogelijk ziekteverwekkende micro-organismen bevatte. De hoogste concentratie coli44 die hierbij is vastgesteld bedroeg 80 kolonievormende deeltjes (KVD) per 100 ml uitgaand water van het productiebedrijf³. Vijf van deze incidenten waren het gevolg van defecte infrastructuur (waarvan in een geval mogelijk in combinatie met een fout tijdens of na de reparatie). In een geval is een fout gemaakt tijdens werkzaamheden, in drie gevallen was de oorzaak onbekend. Uit ramingen waarbij gebruik is gemaakt van enkele aannamen op basis van de beschikbare kennis en informatie komt naar voren dat in drie of vier van deze incidenten in totaal voor ca. 151.000 inwoners in een van de jaren de voorlopige richtlijn voor het infectierisico van $1 \cdot 10^{-4}$ per persoon per jaar overschreden. Het maximale infectierisico bedroeg volgens deze ramingen $2,5 \cdot 10^{-3}$ per persoon per jaar, 25 maal de voorlopige grenswaarde. Door onvoldoende kennis over de werkelijke blootstellingsduur en werkelijke concentraties pathogene micro-organismen tijdens incidenten, is de betrouwbaarheid van de berekende infectierisico's echter beperkt en zijn de infectierisico's waarschijnlijk onderschat. Deze studie bevestigt dat bij incidenten gezondheidsrisico's op kunnen treden en dat acute beheersmaatregelen zoals dosering van desinfectiemiddelen en kookadviezen, vergezeld van spuien van (delen van) het voorzieningsgebied noodzakelijk zijn.

Incidenten meestal het gevolg van defecte infrastructuur

In tien incidenten (37%) werd als zekere of waarschijnlijke oorzaak de lekkage van pompputten of drinkwaterreservoirs (incl. distributiereservoirs) gerapporteerd. De rest van de oorzaken betrof overige defecten in de infrastructuur (15%, samen 52%), werkzaamheden (11%) en vermoedelijke vermeerdering van bacteriën van de coligroep (coli37) in het voorzieningsgebied (11%). Van zeven incidenten was de oorzaak onbekend (27%, waarvan in 2 gevallen in een drinkwaterreservoir). Opvallend was het grote aantal niet-fecale incidenten bij bedrijf 8; zestien van de in totaal achttien niet-fecale incidenten. Het bedrijf wijt dit deels aan de verminderde kwaliteit van een aantal distributiereservoirs en productiebedrijven. Het aantal incidenten is inmiddels sterk afgenomen door investeringen en het sluiten van een tiental overbodige distributiereservoirs. Een deel van de overige bedrijven concludeerde dat hun onvolledige registratie van incidenten mogelijk heeft bijgedragen aan het relatief hoge aantal niet-fecale incidenten bij bedrijf 8.

² Gewogen voor het aantal inwoners die verontreinigd water ontvingen: gemiddeld 4 dagen tussen detectie en eerste maatregelen, gemiddeld 15 dagen tussen detectie en einde incident.

³ Het monster van 300 ml bevatte 240 KVD. Coli44 / *E. coli* moet afwezig zijn in 300 ml.

Waarschijnlijk verband tussen verontreiniging grondwaterverwerkende drinkwaterproductiebedrijven en stortbuien

Alle dertien incidenten in drinkwaterproductiebedrijven, waarvan vier fecale verontreinigingsincidenten, betroffen drinkwater bereid uit grondwater. Het verschil met de oppervlaktewaterverwerkende drinkwaterproductiebedrijven is statistisch zeer significant ($p < 1.10^{-5}$). In de juli- en augustus-maanden traden significant meer incidenten op die zeker of vermoedelijk het gevolg waren van verontreinigingen in productiebedrijven. Statistisch gezien houdt dit fenomeen verband met de hoge frequentie van stortbuien (> 7 mm/uur) in de zomerperiode. Het is niet onwaarschijnlijk dat gebreken (lekken) in de infrastructuur juist onder dergelijke omstandigheden tot verontreiniging van winputten, behandelingssystemen en/of reinwaterreservoirs leiden. Ook uit de literatuur is bekend dat extreme neerslag tot verontreiniging van drinkwater kan leiden.

Gering deel (0,24%) van het drinkwater (mogelijk) fecaal verontreinigd

De acht deelnemende waterbedrijven hebben de resultaten van de periodieke waterkwaliteitsbeoordeling van het uitgaand water van productiebedrijven en distributiereservoirs en het drinkwater uit percelen van drie jaren uit de periode 1996-1999 ter beschikking gesteld. Van de in totaal 88.079 drinkwatermonsters bevatte gemiddeld 0,96% bacteriën van de coligroep (coli37) en gemiddeld 0,24% thermotolerante bacteriën van de coligroep (coli44 of *E. coli*). Indien deze laatste groep bacteriën wordt aangetroffen, is dit een indicatie voor een mogelijke fecale verontreiniging en daarmee voor de mogelijke aanwezigheid van pathogene micro-organismen. Gemiddeld bevatte 0,095% van de herhalingsmonsters (als fractie van het aantal eerste monsters) coli37, waarvan 0,0057% (vijf monsters) thermotolerant was. Indien bij herhaling coli44 of *E. coli* wordt aangetroffen, is het drinkwater zeker fecaal verontreinigd. De percentages enkelvoudige positieve monsters zijn laag (waarbij ook fouten tijdens monsterneming en analyse niet kunnen worden uitgesloten), de percentages positieve herhalingsmonsters zijn zeer laag. Een gering deel van het gedistribueerde drinkwater is dus fecaal verontreinigd.

Bemonsteringsmethode periodieke kwaliteitbeoordeling beïnvloedt resultaten

Er zijn tussen de waterbedrijven significante verschillen aangetroffen, maar met name het hoge percentage coli44-positieve eerste monsters uit percelen in het voorzieningsgebied van bedrijf 7 (1,5%) was opvallend, des te meer omdat de herhalingsmonsters altijd negatief waren. Het bedrijf wijt dit grotendeels aan de afwijkende methode van monsterneming: eerste monsters werden tot 2000 altijd genomen nadat de kraan en binneninstallatie met slechts 250 ml water was voorgespoeld. Bij het nemen van herhalingsmonsters werd volgens NEN-voorschrift voorgespoeld totdat er geen temperatuurverandering meer optrad en het bemonsterde water daarom waarschijnlijk vers uit de distributieleiding kwam. Deze laatste methode werd en wordt door de andere waterbedrijven tijdens alle monsternemingen toegepast. Deze resultaten zijn een aanwijzing dat (de dienstleiding en) de binneninstallatie mogelijk een bron voor verontreiniging vormt.

Infectierisico onder normale omstandigheden laag

In de periode 1996-1998 was het gemiddelde infectierisico, geraamd op basis van percentages coli44-positieve eerste monsters van drinkwater uit percelen, voor de inwoners van de voorzieningsgebieden van zes⁴ van de deelnemende waterbedrijven $1,8 \cdot 10^{-6}$ per persoon per jaar (0,11% coli44-positief). Dit is ongeveer 55 maal lager dan de voorlopige grenswaarde van $1 \cdot 10^{-4}$ per persoon per jaar. Waterbedrijven 1, 4 en 7 hadden het hoogste infectierisico, resp. $3,1 \cdot 10^{-6}$, $3,5 \cdot 10^{-6}$ en $2,4 \cdot 10^{-5}$ per persoon per jaar. De infectierisico's zijn berekend voor de worst-case situatie, dus inclusief mogelijke verontreinigingen van dienstleidingen en binneninstallaties van de betreffende percelen en artefacten ten gevolge van verontreinigingen tijdens monsterneming en/of analyse. Bij bedrijf 7 werd voorafgaand aan (de eerste) monsterneming met maar 250 ml voorgespoeld, hetgeen het relatief hoge infectierisico kan verklaren.

Betrouwbaarheid berekende infectierisico's nog onzeker

Het infectierisico is berekend op basis van de verhoudingen van de concentraties van 4 (groepen) pathogenen en de concentraties van *E. coli* in rioolwater (gemeten in slechts 2 RWZI's). Rioolwater bevat meer pathogenen en een deel van de pathogenen wordt tijdens bodempassage en waterbehandeling minder goed verwijderd dan *E. coli*. Het werkelijke infectierisico is daarom waarschijnlijk onderschat. Tevens is niet bekend in welke mate de geregistreerde incidenten en het monsterprogramma in voorzieningsgebieden representatief zijn voor de kwaliteit van het drinkwater dat door de inwoners wordt geconsumeerd. Voorts duiden de hogere ratio's van coli44/coli37 in het eerste monster bij bedrijf 7 erop dat door incubatie bij 37 °C gevolgd door bevestiging bij 44 °C mogelijk minder coli44 (*E. coli*) worden gedetecteerd. Anderzijds is het infectierisico overschat omdat niet elke aangetroffen coli44 of *E. coli* een indicatie is van verontreiniging met rioolwater. Ook uitwerpselen van wild en landbouwhuisdieren bevatten deze bacteriën en de concentratie menspathogene micro-organismen in deze uitwerpselen is lager dan in rioolwater.

Methode voor systematische risicobeheersing

Op basis van bestaande systemen, in de jaren '60 en '70 van de vorige eeuw ontwikkeld door NASA en op uitgebreide schaal toegepast door de voedingsmiddelenindustrie (HACCP, Hazard Analysis Critical Control Points) en de chemische en technische industrie (FMEA, Failure Mode and Effect Analysis) is een hulpmiddel ontwikkeld voor systematische inventarisatie, evaluatie, registratie en waar nodig beperking van risico's. Dit hulpmiddel MaRiskA[®] (Managing Risk Assessment & Risk Control) blijkt in de praktijk bij waterbedrijven een goede ondersteuning bij risicobeheersing.

Conclusies

Met inachtneming van de onzekerheden in de risicoberekening lijkt het infectierisico door consumptie van drinkwater bij een representatieve selectie van acht waterbedrijven in Nederland onder normale omstandigheden een factor 55 onder de voorlopige grenswaarde van $1 \cdot 10^{-4}$ per persoon per jaar te liggen. Bij verontreinigingsincidenten is het beeld anders. Gemiddeld 1,4% van de inwoners van de voorzieningsgebieden van de deelnemende acht waterbedrijven (40% van de

⁴ Bedrijf 3 bevestigde de eerste monsters niet bij 44 °C en bedrijf 7 is separaat geëvalueerd.

inwoners van Nederland) is in de periode 1995-2000 jaarlijks gedurende gemiddeld 4 tot 15 dagen (1% tot 4% van het jaar) blootgesteld aan fecaal verontreinigd water. Tijdens drie of vier van de negen fecale verontreinigingsincidenten was het infectierisico voor de ca. 151.000 inwoners van de betreffende gebieden (ca. 1% van de inwoners van Nederland) in het betreffende jaar waarschijnlijk groter dan 1.10^{-4} per persoon. De infectierisico's voor afnemers lijken dus vooralsnog beperkt, zeker onder normale omstandigheden. Het risico van reputatieschade door negatieve berichtgeving, ook na niet-fecale verontreiniging van het drinkwater en vermeerdering van bacteriën van de coligroep, blijft echter naast de beperking van de kosten van corrigerende maatregelen een belangrijke stimulans voor verdere beheersing van de risico's van verontreiniging van drinkwater.

Aanbevelingen met betrekking tot risicobeheersing

Degelijke infrastructuur en bedrijfsvoering.

- Meer aandacht voor kwaliteitsbeheersing in grondwaterverwerkende drinkwaterproductiebedrijven en distributiereservoirs, met name wat betreft de kwetsbaarheid voor extreme neerslag (stortbuien).

Gevoelig systeem voor detectie van afwijkende waterkwaliteit.

- Een verhoging van de frequentie van kwaliteitsbeoordeling van uitgaand water van grondwaterverwerkende productiebedrijven (nu eens per week).
- Onderzoek naar de representativiteit van het monsterprogramma van drinkwater uit percelen (is al gestart in BTO Waterbedrijven).
- Onderzoek naar de gevoeligheid van de detectie van *E. coli* in drinkwatermonsters (incubatietemperatuur en vloeibaar vs. vast medium).

Effectief systeem voor correctie van afwijkende waterkwaliteit.

- Een beperking van de responstijd tussen detectie van een fecale verontreiniging en de start van beschermende maatregelen (chloordosering en/of kookadviezen), ter beperking van de infectierisico's voor de inwoners.
- De toepassing van moleculair-biologische identificatiemethoden voor het opsporen van de bron en het achterhalen van de oorzaak van de verontreiniging.

Aanbevelingen met betrekking tot risicobeoordeling

Kwantitatieve informatie over verontreinigingsrisico's is nodig om op efficiënte wijze te bepalen of genomen of te nemen beheersmaatregelen afdoende zijn; ze vormt de basis van kosten/baten-analyses en prioritering van investeringen.

Kwalitatieve evaluatie van verontreinigingsrisico's

- Daar waar kwantitatieve informatie nog onvoldoende beschikbaar is, zullen teams van deskundigen de verontreinigingsrisico's moeten inschatten. MaRiskA blijkt een nuttig hulpmiddel te zijn bij de (periodieke) systematische inventarisatie, evaluatie, registratie en waar nodig beperking van risico's. Naarmate de beschikbaarheid van kwantitatieve informatie over risico's toeneemt, kan ook de risicobeoordeling en de kosten/baten-analyse in het systeem kwantitatiever worden.

Beoordeling en registratie van de kwaliteit van infrastructuur en bedrijfsvoering

- Verdere ontwikkeling van de periodieke inspectie en registratie van de kwaliteit van infrastructuur en bedrijfsvoering, ter kwantificering van de kansen en effecten van defecten, maar ook voor optimalisatie van de risicobeheersing.
- Optimalisatie van de registratie en toegankelijkheid van de gegevens over incidenten is volgens een deel van de deelnemende waterbedrijven aan te bevelen.

Drinkwaterkwaliteit en infectierisico voor consumenten

- Met inachtneming van de in de vorige paragraaf genoemde onzekerheden kan als vuistregel een voorlopige grenswaarde van 23 voor het aantal "*E. coli*-concentratiedagen" (ECCD) worden gebruikt voor het infectierisico van consumenten. "*E. coli*-concentratiedagen" is het product van het aantal dagen en de gemiddelde dagelijkse *E. coli*-concentratie in KVD per 100 ml ten gevolge van fecale verontreinigings-incidenten (minimaal twee achtereenvolgende monsters positief) en eenmalig *E. coli*-positieve monsters (herhalingsmonsters negatief). Indien deze grenswaarde van 23 wordt overschreden, wordt de voorlopige grenswaarde van 1.10^{-4} per persoon voor het infectierisico voor de inwoners in een gebied in dat jaar overschreden. De grenswaarde is lager dan 23 als het achtergrondrisico voor infectie via drinkwater (exclusief eenmalig *E. coli*-positieve monsters) groter dan 0 per persoon per jaar is.
- Waterbedrijven kunnen desgewenst met de in dit rapport beschreven statistische technieken verschillen in percentages positieve monsters tussen de verschillende onderdelen binnen het bedrijf en verschillen tussen waterbedrijven onderling toetsen.
- Waterbedrijven kunnen de percentages coli37- en *E. coli*-positieve monsters van drinkwater desgewenst vergelijken met de referentiewaarden die zijn opgesteld op basis van de gegevens (van percentages coli37- resp. coli44-positieve monsters) die door de 8 deelnemende waterbedrijven zijn aangeleverd (1996-1999).

Onderzoek (kennis en informatie die niet routinematig verzameld kan worden)

- Verhoudingen van aantallen pathogene organismen en aantallen *E. coli* in rioolwater en in uitwerpselen van wild en landbouwhuisdieren.
- Verhouding van de concentratie van pathogene micro-organismen en *E. coli* tijdens productie (winning en behandeling) en distributie van drinkwater.
- Het achtergrondniveau van *E. coli* en daarmee van het infectierisico voor afnemers door onderzoek van grote volumes drinkwater.
- Het deel van de monsters dat coli37- en/of *E. coli*-positief is ten gevolge van verontreiniging van (dienstleidingen en) binneninstallaties. Tevens is het zinvol om te onderzoeken welke gezondheidskundige betekenis fecale verontreiniging van (dienstleidingen en delen van) binneninstallaties heeft.
- Mate van fecale verontreiniging van grond en grondwater op risicolocaties.
- Mogelijkheid van verontreiniging van drinkwater in transportleidingen met leidingverbindingen die bij overdruk niet lekken en bij onderdruk wel, op locaties net na distributiepompen die niet toerengeregeld zijn.

Inhoud

	Verantwoording	1
	Samenvatting	3
	Inhoud	11
1	Inleiding	13
1.1	Veilige distributie van drinkwater zonder chloor	13
1.2	Ziekte door verontreiniging van drinkwater tijdens distributie	14
1.2.1	De Nederlandse ervaring	14
1.2.2	Internationale ervaring	15
1.2.3	Mechanismen waarlangs verontreiniging van het distributienet optreedt	19
1.2.4	Samenvatting	22
1.3	Doel onderzoek	22
1.4	Belang van kwantificering van risico's	23
2	Onderzoeksopzet	25
2.1	Definities van enkele microbiologische incidenten	25
2.2	Analyse van de kwantitatieve structuur van verontreinigingsrisico's	25
2.3	Opzet van het onderzoek	27
2.4	Risicokader	27
3	Evaluatie van incidenten	29
3.1	Aantal en aard van de gerapporteerde incidenten	30
3.2	Spreiding van de incidenten over de onderzoeksperiode	34
3.3	Mogelijk verband tussen verontreinigingen en extreme neerslag	35
3.4	Responstijd na detectie en duur van incidenten	37
3.5	Waargenomen concentraties van indicatorbacteriën	39
3.6	Blootstellingsrisico en infectierisico ten gevolge van geregistreerde fecale verontreinigingsincidenten	43
3.6.1	Infectierisico tijdens de verontreiniging van drinkwater in het Scheepvaartkwartier te Rotterdam in maart 1981	47
3.6.2	Grenswaarde voor product van verontreinigingsduur en concentratie van E. coli	49
3.7	Conclusies en aanbevelingen	49
4	Evaluatie van de waterkwaliteitsgegevens	53
4.1	Percentages positieve monsters	54
4.2	Verschillen tussen waterbedrijven	65
4.3	Veranderingen tijdens transport, opslag en distributie	66

4.4	Referentiewaarden	69
4.5	Infectierisico op basis van percentages positieve monsters	73
4.5.1	Coli44-positieve eerste monsters van drinkwater uit percelen	73
4.5.2	Coli44-positieve herhalingsmonsters van drinkwater	76
4.6	Conclusies en aanbevelingen	77
5	Indicatorbacteriën in grote volumes gedistribueerd drinkwater	81
5.1	Gegevens van de waterbedrijven	83
5.2	Testen van de onderzoeksmethode	83
5.2.1	Filtreerbaarheid van de monsters	83
5.2.2	Aantallen indicatorbacteriën	84
5.2.3	Recovery	85
5.3	Conclusies en aanbevelingen	85
6	Methode en hulpmiddel voor risico-inventarisatie en risicobeheersing	87
7	Conclusies	91
7.1	Evaluatie van de literatuur en andere informatie	91
7.2	Evaluatie van incidenten	92
7.3	Evaluatie van de waterkwaliteitsgegevens	93
7.4	Methode voor onderzoek van grote volumes gedistribueerd drinkwater	94
7.5	Methode en hulpmiddel voor risico-inventarisatie en risicobeheersing	95
8	Aanbevelingen	97
8.1	Risicobeoordeling	97
8.1.1	Periodieke kwalitatieve evaluatie van risico's	98
8.1.2	Beoordeling en registratie van de kwaliteit van infrastructuur en bedrijfsvoering	98
8.1.3	Drinkwaterkwaliteit en infectierisico voor consumenten	99
8.1.4	Onderzoek	99
8.2	Risicobeheersing	100
8.2.1	Degelijke infrastructuur en bedrijfsvoering	101
8.2.2	Gevoelig systeem voor detectie van afwijkende waterkwaliteit	101
8.2.3	Effectief systeem voor correctie van afwijkende waterkwaliteit	101
Literatuur	103	
I	De negen gerapporteerde fecale verontreinigingsincidenten	107
II	De achttien gerapporteerde incidenten met niet-fecale kwaliteitsverminderingen en verontreinigingen	129
III	Statistiek	169
IV	Rapport uit de VS over verontreiniging door drukschommelingen	183
V	Handleiding voor risico-inventarisatie en risicobeheersing met behulp van MaRiskA	185

1 Inleiding

1.1 Veilige distributie van drinkwater zonder chloor

Het drinkwater in Nederland wordt vrijwel overal zonder restgehalte aan desinfectiemiddelen gedistribueerd en daar waar nadesinfectie wordt toegepast zijn de restgehalten zeer laag. De belangrijkste overwegingen daarbij zijn dat drinkwater zonder desinfectiemiddelen veel beter van smaak is en geen toxische bijproducten van desinfectie, zoals trihalomethanen, bevat. In een groot aantal andere landen wordt het handhaven van een restgehalte desinfectiemiddel in het distributienet juist voorgeschreven, als aanvullende barrière tegen pathogene micro-organismen die mogelijk door de zuivering heen komen of het distributienet kunnen binnendringen bij lekkages of wanverbindingen. Ook wordt nadesinfectie toegepast voor het bestrijden van nagroei van micro-organismen in het distributienet [25, 42].

Bij de Nederlandse aanpak moeten in het totale systeem voldoende waarborgen zitten om drinkwater zonder desinfectie te kunnen distribueren. Dat betekent:

- dat de zuivering micro-organismen afdoende moet verwijderen zodat van nadesinfectie geen inactiverende werking uit hoeft te gaan;
- dat het distributienet voldoende beschermd moet zijn tegen het binnendringen van micro-organismen en
- dat het drinkwater en de gebruikte materialen in het net nagroei van micro-organismen niet of nauwelijks moeten bevorderen (biologisch stabiel zijn).

Het Nederlands principe is dus: voorkomen is beter dan genezen. Dit principe stelt wel hoge eisen aan de infrastructuur en de beheersmaatregelen ter voorkoming van verontreinigingen en beheersing van nagroei [64,66]. In de voorschriften voor aanleg van het net, voor reparatiewerkzaamheden in het net e.d. speelt hygiëne daarom een belangrijke rol. Recent is met de waterbedrijven een nieuwe, uitgebreide versie opgesteld van Kiwa-Mededeling 91 [73]: getiteld 'Hygiëncode Drinkwater. Opslag, transport en distributie' (BTO 2001.175c [68]) waarin deze preventieve maatregelen zijn aangegeven. Daarnaast voeren waterbedrijven controle uit op microbiologische verontreinigingen gebaseerd op het wettelijk voorgeschreven meetprogramma van het distributienet. Voor de microbiologische verontreinigingen is daarbij vooral de controle op afwezigheid van *E. coli* (vroeger thermotolerante bacteriën van de coligroep) en eventueel enterococci relevant. Afwezigheid van deze indicatororganismen voor fecale verontreiniging is een verificatie van de integriteit van het net en het hygiënisch werken daaraan [53].

Incidenteel geeft deze kwaliteitsbewaking aan dat er mogelijk een verontreiniging van het water in het distributienet is opgetreden, met mogelijke risico's voor de gezondheid van de afnemers. Meestal is dit een individuele meting die aangeeft dat er een of enkele *E. coli* in het water aanwezig is; bij een herhalingsmonster wordt geen *E. coli* meer aangetroffen. In zeldzame gevallen (een tot twee per jaar) is er ergens in Nederland een verontreinigingsincident waar vaker en/of op meer plaatsen *E. coli* wordt aangetroffen in het net. Dergelijke incidenten hebben vaak een grote impact omdat de gezondheid van de afnemers in het geding is en direct aan VROM-Inspectie en afnemers worden gemeld en ze meestal in de pers terechtkomen. Deze incidenten geven aan dat de maatregelen ter voorkoming van

verontreinigingen geen absolute waarborg bieden. De vraag is wat de incidenten en individuele verontreinigingen betekenen in termen van gezondheidsrisico voor de afnemers. Daarnaast leveren de incidenten natuurlijk schade aan het veilige imago van drinkwater en de waterbedrijven. Tijdens een workshop over de risico's en preventie van verontreiniging van drinkwater in het distributiesysteem in 1999 werd om deze redenen het belang van kwantificering van deze risico's door de waterbedrijven onderschreven [52].

Deze studie beoogt een inventarisatie te maken van het risico op binnendringen van verontreinigingen in het distributienet op basis van historische gegevens over verontreinigingsincidenten en het microbiologisch meetprogramma van het distributienet. De studie richt zich uitsluitend op risico's van fecale verontreinigingen en niet op preventie van nagroei.

1.2 Ziekte door verontreiniging van drinkwater tijdens distributie

Verontreinigingsincidenten van het distributienet die tot ziektegevallen hebben geleid (*uitbraken*, in het Engels *outbreaks*) zijn meestal beschreven in rapporten of publicaties. Deze uitbraken, die in Nederland heel zeldzaam zijn, zijn een belangrijke bron van informatie over de gezondheidsrisico's van verontreinigingen van drinkwater tijdens distributie, de ziekteverwekkers die daarbij een rol spelen en de oorzaken van verontreiniging van het net. Naast de ervaringen uit Nederland is ook de literatuur over uitbraken in andere geïndustrialiseerde landen weergegeven. De ervaringen van de aan dit onderzoek deelnemende waterbedrijven met verontreinigingen die geen (gerapporteerde) gezondheidseffecten hebben gehad, worden beschreven in hoofdstuk 3.

1.2.1 De Nederlandse ervaring

In de periode 1962-1999 zijn er in Nederland twee grote incidenten geweest door verontreiniging van het drinkwater tijdens distributie. Daarbij zijn in totaal 614 ziektegevallen gerapporteerd.

Bij het eerste incident in 1962 is door een ernstige verontreiniging een deel van het distributienet van Amsterdam verontreinigd. Vijf tyfusgevallen werden daarbij geconstateerd in de betrokken wijk die aan drinkwater werden toegeschreven. De Nederlandse pers werd gealarmeerd en ook in de buitenlandse pers werd de besmetting vermeld [6].

Bij het tweede incident, in Rotterdam in 1981 (in het Scheepvaartkwartier), is als gevolg van een verkeerde aansluiting (wanverbinding) fecaal verontreinigd afvalwater en rivierwater in het distributienet geperst. Er werden 609 ziektegevallen gerapporteerd, in het merendeel maagdarmklachten. Specifieke ziekteverwekkers werden gevonden bij 44 van de 255 onderzochte patiënten. De bij dit incident geïsoleerde specifieke ziekteverwekkers waren: *Giardia* (8%), *Entamoeba histolytica* (2.3%), *Campylobacter* (5%) en *Salmonella* (1,2%) [32].

In 2001 zijn darminfecties toegeschreven aan een fecale verontreiniging van het distributienet in Leidsche Rijn. De verontreiniging is in het drinkwater terecht gekomen door een koppeling tussen het drinkwaternet en huishoudwaternet in deze nieuw gebouwde wijk. Die koppeling was gemaakt om het nog nieuwe huishoudwaternet te testen op lekkage en werd later per abuis niet weggehaald.

Hierdoor kon het kwalitatief mindere huishoudwater in het drinkwaternet terecht komen. Er is geen duidelijk beeld van de ziekteverwekker, hoewel op basis van ziektebeeld en waterkwaliteitsmetingen wordt vermoed dat Norovirus (voorheen Norwalk-like calicivirus genoemd) een belangrijk aandeel had.

1.2.2 *Internationale ervaring*

Verenigde Staten

De *US Environmental Protection Agency* (USEPA), het *Center for Disease Control and Prevention* (CDC) en de *Council of State and Territorial Epidemiologists* hebben samen een observatieprogramma ontwikkeld om data te verzamelen en te evalueren over de aanwezigheid van water-gerelateerde uitbraken en individuele ziektegevallen. Tussen 1971 en 2001 zijn er meer dan 619 uitbraken van ziekte via drinkwater gerapporteerd in de VS. Hiervan hebben 113 (18%) te maken met verontreinigingen van het distributienet, met naar schatting 21.000 ziektegevallen en 13 doden tot gevolg [2]. Het observatieprogramma in de VS is op vrijwillige basis en naar schatting wordt slechts 10% tot 30% van de drinkwater gerelateerde ziektegevallen gerapporteerd [19,20]. Incidentele gevallen van beperkte omvang worden niet gerapporteerd in de CDC database. In een recent document van EPA [3] is een vergelijking gemaakt met de CDC data tussen 1981-1999. De conclusie was dat hoewel de CDC database betrouwbaar is, het zelfs de bekende gevallen onderrapporteert die waren veroorzaakt door terugstroom en kruisbesmettingen etc. in het distributienet.

Slechts de grote uitbraken zijn gerapporteerd met een gemiddelde van 186 ziektegevallen per uitbraak. Een overzicht van de grootste uitbraken van ziekte in de VS via verontreinigingen van het distributie staat weergegeven in tabel 1.

De ziekteverwekkers

Het ziektebeeld is meestal een maagdarminfectie (acute gastro-enteritis, tabel 1). De ziekteverwekkers die in de VS met ziektegevallen door verontreinigingen in het net zijn geassocieerd zijn in 22% van de gevallen protozoa, 14% bacteriën en 8% virussen. In 56% werd geen ziekteverwekker geïdentificeerd. De meest frequent voorkomende pathogenen zijn: *Giardia*, *Salmonella*, Norwalk-like calicivirussen (nieuwe naam is Norovirussen), *Shigella*, *Campylobacter*, Hepatitis A en *Escherichia coli* 0157:H7 (tabel 2). In dit overzicht uit 2001 [21] ontbreekt een verontreiniging ten gevolge van een wanverbinding in Florida die 72 gevallen van cryptosporidiose tot gevolg had.

Europa

De meeste Europese landen kennen niet de frequentie en omvang van de uitbraken in de VS. Echter, in de VS bestaat een goed monitoringsysteem voor water gerelateerde ziekten, terwijl dat in Europa maar voor enkele landen geldt. De vergelijking van Europa met de VS is daarom moeilijk [38]. Een gestandaardiseerd bewakingsprogramma in Europa zou het inzicht op drinkwater gerelateerde ziekten aanmerkelijk kunnen verbeteren en een vergelijking mogelijk maken tussen die Europese landen en de VS, die soortgelijke normen voor drinkwater kwaliteit hebben. Omdat er geen gegevens beschikbaar zijn uit een bewakingsprogramma, is er een up-to-date literatuur onderzoek uitgevoerd op incidenten en uitbraken in het distributie systeem van individuele Europese landen.

Tabel 1 De grootste uitbraken van infectieziekte in de VS (1970-2002) door verontreiniging van distributiesystemen.

Jaar	Diagnose	Ziekte gevallen	Oorzaak	Locatie	Ref.
1975	Acute gastro-enteritis	5.000	Verontreiniging distributiereservoir	Pennsylvania, open reservoir	SDWIS ¹
1975	Acute gastro-enteritis	1.400	Verontreiniging distributiereservoir	Indiana	SDWIS
1975	Acute gastro-enteritis	550	Verontreiniging distributiereservoir	Puerto Rico	SDWIS
1976	Salmonellose	750	Wanverbinding	New York catering faciliteit	SDWIS
1978	Norovirus	465	Wanverbinding	Washington, school	SDWIS
1979	Giardiase	2.000	Wanverbinding	Arizona, restaurant	SDWIS
1980	Norovirus	1.500	Wanverbinding	Georgia	SDWIS
1983	Giardiase	1.272	Verontreiniging door leidingbreuk	Utah	SDWIS
1983	Salmonellose	750	Wanverbinding	Washington, restaurant	SDWIS
1993	Salmonellose	625	Vogeluitwerpselen distributiereservoir	Missouri	[16]
1994	Acute gastro-enteritis	9.847	Operationele onderbreking door droogte	Puerto Rico	[50]
1994	Giardiase, <i>Entamoeba histolytica</i> -infectie	304	Wanverbinding, drukval	Tennessee, gevangenis	[37]

¹SDWIS: USEPA Safe Drinking Water Information System

Tabel 2 Pathogene micro-organismen die uitbraken via verontreinigd water in het distributienet hebben veroorzaakt in de VS in de periode 1978-1998 [21].

Type verontreiniging	aantal (%) uitbraken	
	Openbaar	Eigen winningen
Chemisch	35 (39%)	3 (12,5%)
Onbekende maagdarmstoornissen	29 (33%)	11 (46%)
<i>Giardia</i>	8 (9%)	4 (17%)
<i>Norovirus</i>	3 (3%)	1 (4%)
<i>Shigella</i>	3 (3%)	1 (4%)
<i>Campylobacter</i>	3 (3%)	1 (4%)
Hepatitis A	1 (1%)	1
<i>Salmonella</i>	4 (4,5%)	1 (4%)
<i>Salmonella typhimurium</i>	1 (1%)	
<i>Cyclospora</i>	1 (1%)	
<i>Escherichia coli</i> 0157:H7	1 (1%)	

Frankrijk

Voor Frankrijk zijn er sommige gegevens over drinkwater gerelateerde uitbraken met diagnoses beschikbaar [18]. De helft van de populatie van Isle en Dodon (1979) heeft shigellose opgelopen toen het water van een slachthuis door een anti-terugslagtank stroomde en de reservoirs van de stad verontreinigde. Een opvallende uitbraak van gastro-enteritis met meer dan 1000 ziektegevallen heeft plaatsgevonden in Chatel St. Germain (1981), nadat na extreme regenval fecaal materiaal de waterreservoirs van de stad in spoelde.

Verenigd Koninkrijk

In de UK hebben Galbraith *et al.* [23] een overzicht gemaakt van alle uitbraken tussen 1937 and 1986. dat waren in totaal 21 uitbraken gerelateerd aan de openbare drinkwatervoorziening met een totaal van 9890 ziektegevallen. Tien incidenten werden veroorzaakt door een defect in het distributiesysteem. In North Kerry, Noord Ierland (1959) heeft een lekkage van het riool het distributiesysteem verontreinigd, met 50 gevallen van buiktyfus tot gevolg [24]. Een *Campylobacter* uitbraak met meer dan 150 zieken was het resultaat van een lekke waterleiding nabij een defect riool in Sussex (1983). 257 studenten zijn ziek geworden na besmetting van drinkwater gedurende reparaties van het waterleidingsysteem van een school in Hertfordshire [23].

Ook is een aantal van de gerapporteerde uitbraken van cryptosporidiose in de UK gerelateerd aan het distributie systeem. Het eerste geval vond plaats in Ayrshire (1988) met tenminste 27 ziekte gevallen. *Cryptosporidium* oöcysten konden tijdens hevige regenval een breek tank met binnendringen via een oude buis die in open verbinding stond met het maaiveld (met grazende koeien) [57,8]. *Cryptosporidium* oöcysten kunnen het net binnendringen via verontreinigd grondwater (via lekke riolen), als de waterdruk in het net verlaagd wordt [8]. Een defect in het distributiesysteem was vermoedelijk ook de oorzaak van een andere cryptosporidiose-uitbraak met 64 zieken [51]. Een uitbraak van 58 cryptosporidiose-gevallen via drinkwater trad op in maart 2000 in de omgeving van Clitheroe, noordwest Engeland. Omgevingsonderzoek suggereerde dat binnendringen van dierlijke feces in het net de waarschijnlijke oorzaak van de uitbraak was. Opvallend was is dat ook na omschakeling naar een andere bron, de verontreiniging zo hardnekkig bleek. Waarschijnlijk bevonden zich in de biofilm nog oöcysten. Omdat oöcysten zo resistent zijn tegen chemische desinfectiemiddelen waren ze ook moeilijk te elimineren en moesten met spuien uitgespoeld worden [30].

In Schotland zijn in de periode 1983-1991 18 van de totaal 57 gerapporteerde uitbraken (met meer dan 15.305 zieken) veroorzaakt door verontreiniging van het distributienet of de onjuiste opslag van drinkwater. Van de besmettingsgevallen komt 11% door wanverbindingen en reparaties in het distributiesysteem en 34% door onjuiste opslag [15].

Zweden

In Zweden zijn over de periode 1980-1999 116 gevallen gerapporteerd met 57.500 zieken [4]. In het merendeel van de incidenten leidde een technische of communicatie storing tot een wanverbinding met een verontreinigingsbron. Wanverbindingen zijn de meest voorkomende oorzaak van uitbraken in de Scandinavische landen [58]. Een aantal belangrijke incidenten in Zweden zijn in tabel 3 weergegeven. In zijn algemeenheid zijn 20% van de incidenten in Zweden veroorzaakt door verontreiniging in het distributie netwerk. In 2001 zijn tenminste 40 gevallen van verontreiniging in het distributienetwerk gerapporteerd (Stenström, pers. com.).

Tabel 3 Voorbeelden van uitbraken in Zweden door verontreiniging van het distributiesysteem.

Determinatie	Ziekte gevallen	Storing	Locatie	Referentie
<i>Giardia, Entamoeba histolytica</i>	3.600	Drinkwaterreservoir besmet met rioolwater door een leiding verbonden met een overstort	Skioord	[5]
<i>Campylobacter</i>	10	Beschadigde septic tank	Restaurant	[62]
<i>Campylobacter, Giardia, Cryptosporidium</i>	600	Via een illegale wanverbinding werd oppervlaktewater in de lokale voorziening gepompt		[62]

Finland

Lahti and Hiisvirta (1995)[40] hebben twee grote uitbraken gerapporteerd in Finland. De eerste is veroorzaakt door een wanverbinding van een rioolpijp op een drinkwater leiding wat leidde tot binnendringen van afvalwater in het drinkwater distributiesysteem. Het tweede geval vond plaats in een havengebied waar zeewater opgeslagen werd als bluswater en dit per ongeluk naar een drinkwaterleiding werd gepompt. Het fecaal verontreinigde bluswater was de oorzaak van een uitbraak van darminfecties in het voorzieningsgebied.

Denemarken

Twee grote uitbraken gerelateerd aan de distributiesysteem zijn de laatste 25 jaar gerapporteerd in Denemarken. Bij de eerste uitbraak werden 2.000 tot 3.000 mensen ziek. De contaminatie van het drinkwater was het resultaat van drie factoren: (a) zware neerslag veroorzaakte een overstroming van het rioolsysteem en vulde een installatieput; (b) het afvalwater van de put stroomde via een gewoonlijk gesloten afsluitklep naar een drinkwater tank en (c) het waterniveau in de drinkwater tank was buitengewoon laag.

De tweede uitbraak trad op in een militair kamp en veroorzaakte gastro-enteritis onder 200-300 soldaten en burgers na een technische storing in een nabijgelegen afvalwaterzuiveringsinstallatie wat tot een direct introductie van het rioolwater in het drinkwatersysteem leidde [41].

Israël

In Israël zijn in de periode tussen 1976 en 1992 tenminste 78 incidenten met 3.000 ziekte gevallen bij eigen winningen gerapporteerd en meer dan 60 incidenten met meer dan 19.000 zieken als gevolg via de openbare drinkwatervoorziening. Verontreiniging van het distributienet was gedeeltelijk de oorzaak in 45% van de gevallen. Reparatiewerkzaamheden (zonder te spuien of chloren) waren de oorzaak in drie gevallen [63]. Over een periode van vier dagen in 1998, is een uitbraak van ernstige diarree waargenomen door enterotoxigene *Escherichia coli* (ETEC) met 175 zieke soldaten en 54 burgers in de Golan hoogvlakte. Onderzoek wees uit dat alle getroffen militaire posten en burger gemeenschappen werden voorzien door een gemeenschappelijke waterleiding welke onvoldoende was gechloord en fecaal verontreinigd was met hoge concentraties *E. coli* [31].

Andere Europese landen.

Zoals eerder vermeld leidt het gebrek van een systematisch bewakingsprogramma in Europa tot erg weinig informatie over defecten in de distributie in relatie tot uitbraken van infectieziekten via drinkwater. De informatie over de drinkwater distributiesystemen in veel landen, met name in Oost Europa, wijst erop dat de staat van het huidige systeem tot gezondheidsproblemen kan leiden. Veel waterbedrijven (zowel publiek als privaat) zijn niet in staat om een voortdurende levering te waarborgen vanwege a) een tekort aan water, b) door lekkage of c) als gevolg van storingen in de elektriciteitsvoorziening van de pompen. Deze discontinuïteiten, met periodes van lage waterdruk, vergemakkelijken het binnendringen van verontreinigingen en vormen een risico voor de volksgezondheid [39].

1.2.3 Mechanismen waarlangs verontreiniging van het distributienet optreedt

Wanverbindingen en terugslag

Wanverbindingen zijn soms structurele verbindingen, maar meestal tijdelijke connecties tussen het drinkwater en een bron van (fecale) verontreiniging.

Verontreiniging bij wanverbindingen kan plaats vinden bij onderdruk (terugheveling) of in het geval dat druk van de bron hoger is dan de druk in het distributie systeem (terugslag). Terugstroombeveiliging beschermt tegen dergelijke processen, maar is zeker niet feilloos.

Terugslag kan voorkomen als de druk in de hoofdleiding lager is dan de druk op het penetratiepunt. Bijvoorbeeld in het geval van een breuk, bij een piek in de vraag of wanneer de verontreinigingsbron onder druk wordt gezet. Terugslag en wanverbindingen zijn de meest voorkomende oorzaken van watergerelateerde uitbraken via het distributienet.

Tussen 1991-1998, was in 36% van de 47 gerapporteerde uitbraken gerelateerd aan verontreiniging van het distributiesysteem. Oorzaken van de verontreiniging die werden gevonden waren wanverbindingen, terugslag of verontreiniging tijdens leidingbreuk, aanleg en reparaties. Volgens een AWWA rapport [11] zijn wanverbindingen en terugslag oorzaken die vaak tot verontreiniging leiden: 78% van alle gerapporteerde incidenten van de laatste 40 jaar.

Ook Craun and Calderon (2001)[21] schatten dat de oorzaak van 30% van de alle uitbraken in watersystemen tussen 1971- 1998 werd veroorzaakt door een verontreiniging tijdens de distributie, waarvan 51% door wanverbindingen en terugslag. Tabel 4 geeft een overzicht van een aantal belangrijke uitbraken door wanverbindingen of terugslag.

Tabel 4 Door terugslag en wanverbindingen veroorzaakte verontreiniging van het distributienet in de VS.

Jaar	Ziekte-verwekker	Ziekte-gevallen	Incident
1977	<i>Shigella</i>	4	Chicago, Illinois, wanverbinding in appartement [9]
1979	<i>Giardia</i>	2.000	Arizona State park, Terugslag door onderdruk in een vertakt bellenbeluchtingsysteem [9]
1980	<i>Giardia</i>	189	Wanverbinding aan boord van krabverwerkend schip uit Alaska, resulterend in een terugslag van afvalwater. Veroorzaakte ziekte en \$35 miljoen schade aan mogelijk verontreinigde krab [9]
1980	Niet bekend	1.500	Lindale, Georgia, Norovirus-type acute maag- en darmaandoeningen door verontreiniging [7]
1992	Cyanobacteriën		Ritzville, Washington. Terugslag in een nieuw reservoir uit een gedempt moeras [10]
1994	<i>Giardia</i>	>1.000	Colombus, Ohio. Wanverbinding tussen een afvoer en een ijsmachine op een conferentie [10]
1995	<i>Giardia</i>	11	Yakima, Washington DC. Een bedrijf tapte uit een irrigatie leiding met onbehandeld water zonder een terugstroombeveiliging [10]
2000	<i>E. coli</i>	300	Cleveland, Ohio. Verontreinigd water werd geleverd aan een evenemententerrein in Ohio [12]

Ook vermeldenswaard is de eerste en grootste uitbraak van *E. coli* O157:H7 in Missouri (1989) met 240 zieken en 4 doden. De bron van de uitbraak is niet met zekerheid geïdentificeerd, maar terugstroming tijdens een leidingbreuk was vermoedelijk de oorzaak van de verontreiniging en de uitbraak [60]. *E. coli* (ook serotype O157:H7) zijn gevoelig voor de effecten van chloor, en daarom zou een verhoging van het chloorniveau tijdens de reparatie werkzaamheden deze uitbraak kunnen hebben voorkomen [60].

Onvoldoende gesloten reservoirs

In open (of onvoldoende afgesloten) reservoirs, lekke reservoirs kan verontreiniging optreden via de lucht (aerosolen, stof), via vogels die dragers kunnen zijn van ziekteverwekkers als *Campylobacter* en *Cryptosporidium*, en via inspoeling van feces tijdens regenval (bijvoorbeeld via lekken in het dak van een watertoren of van een reservoir in het leidingnet).

Onvoldoende hygiëne bij aanleg en reparaties

Op een bouwplaats kunnen leidingen die niet zijn afgesloten door beschermende doppen, makkelijk worden vervuild met vuil en modder [56,26]. Een andere verontreinigingsbron bij aanleg is een putoverstroming door water afvoer van de straat. Vochtige, verontreinigde grond naast een lekkende hoofdleiding is een potentiële bron van besmetting gedurende reparaties [26]. Ook een gecombineerde breuk van drink- en rioolwaterleiding kan aanleiding zijn tot fecale verontreiniging van het drinkwater.

Voor meer informatie over deze aspecten en hygiëne tijdens werkzaamheden in het distributiesysteem wordt verwezen naar de recent verschenen Hygiënecode Drinkwater (Opslag, transport en distributie) [68].

Lekkage

De kansen op lekkage kunnen toenemen bij bijvoorbeeld sterke buiging van leidingen en met name flexibele koppelingen, bijvoorbeeld door beweging van de bodem. Overige oorzaken zijn het vergaan van een pakking door biologische afbraak of chemicaliën, maar ook het binnendringen van boomwortels, ondermeer langs de pakkingen. De waterbedrijven in Nederland kunnen bogen op een laag lekverlies [70] en elk bedrijf neemt direct maatregelen als er een lek is gedetecteerd. Het drukloos worden van leidingen is een bekend risico op binnendringen van verontreinigingen door (kleine) lekken⁵. Een hoge grondwaterstand is in dergelijke gevallen een extra risicofactor.

AWWSCo (een onderzoeksinstituut van ca. 100 waterbedrijven in de VS) heeft een onderzoek uitgevoerd naar verontreiniging van drinkwater via lekkages in leidingen *die onder druk staan* als een serieus verontreinigingsrisico wordt onderkend. Er bestaan sterke vermoedens dat drukstoten (pressure surges) tot tijdelijke onderdruk in de leidingen kan leiden, waardoor omgevingsmateriaal via lekkages het leidingnet kan binnendringen [34,43,35]. Uit datzelfde onderzoek bleek dat grond en grondwater in de omgeving van het net in ca. de helft van de onderzochte gevallen fecaal verontreinigd was (zie ook Bijlage IV). Drukstoten kunnen worden veroorzaakt door een aan-/uitzetten van pompen, door een stroomstoring, aan- en afsluiten van brandkranen, spui operaties, bezinktank drainage, resonantie, plotselinge veranderingen in de vraag enz. Mede gelet op het minder heuvelachtige karakter van het landschap in grote delen van Nederland, zullen lage drukken of onderdrukken in distributieleidingen ten gevolge van pompschakelingen niet vaak voorkomen. Naar verwachting zal de duur van een dergelijke situatie ook zo kort zijn, dat het water dat uit de omgeving van een eventueel lek naar binnen wordt gezogen, lijkt op drinkwater (het grootste deel van de tijd stroomt drinkwater via de lek naar buiten). In transportleidingen zou de situatie anders kunnen zijn, met name net na distributiepompen die niet toerengeregeld zijn (dus ofwel aan ofwel uit staan). Met name indien de leidingverbindingen bij overdruk niet lekken en bij onderdruk wel, bestaat er een kans op verontreiniging bij pompschakelingen. Vergelijkbaar onderzoek in Nederland zou zich eerst moeten concentreren op dergelijke risicolocaties (zoals in de omgeving van kruisingen onder oude rioleringen).

Er zijn geen uitbraken direct toegeschreven aan deze route van verontreiniging. Wel wordt aan dergelijke verontreinigingen gerefereerd als mogelijke verklaring voor de relatief hoge bijdrage (10-30%) van drinkwater aan het totaal van darminfecties in de Canadese studies van Payment *et al.* (1997) [55].

⁵ Vaak worden (onterecht) niet in alle drukloos geworden leidingen monsters genomen om mogelijke verontreinigingen te detecteren. Optimalisatie van de werkprocedures hieromtrent conform de Hygiënecode Drinkwater [68] is aan te bevelen.

Ervaring projectgroep

In de projectgroep is een brainstorm gehouden over de verontreinigingsrisico's tijdens productie en distributie van drinkwater. De volgende risico's werden het belangrijkste geacht:

- Het onjuist gebruik van brandkranen
- Onvoldoende opleiding van medewerkers
- Onvoldoende bewustzijn van de risico's bij medewerkers
- Werkzaamheden (aanleg, reconstructie, reparatie, onderhoud, schoonmaken)
- Onvoldoende beveiliging van aansluitingen
- Lekkage in combinatie met het optreden van lage druk of onderdruk
- Verontreiniging van reinwaterkelders en productiebedrijven

1.2.4 Samenvatting

Dit overzicht maakt duidelijk dat er in geïndustrialiseerde landen nog steeds met enige regelmaat uitbraken van infectieziekten (met name darminfecties) via het distributienet plaatsvinden. De uitbraken zijn een belangrijke bron van informatie. Ze geven informatie over de bron van de verontreiniging, de micro-organismen die ziektegevallen veroorzaken in die situatie en de routes waarlangs verontreinigingen het net kunnen binnendringen. De bron van de verontreiniging is meestal feces van menselijke (riool) of dierlijke herkomst. Met deze feces kunnen zowel ziekteverwekkende bacteriën, virussen en parasieten het net worden ingebracht. Via dierlijke mest treden vaak uitbraken met *Campylobacter*, enteropathogene *E. coli* en *Cryptosporidium* op. Via rioolwater zijn daarnaast ook andere bacteriën (*Shigella*, *Salmonella*) en virussen (hepatitis A, Norovirussen (de nieuwe naam voor Norwalk-like calicivirussen) en andere parasieten m.n. *Giardia*) veroorzaker van uitbraken. Belangrijke oorzaken van verontreiniging van het drinkwater in het distributienet die tot uitbraken hebben geleid zijn wanverbindingen en terugslag. Andere routes zijn onvoldoende gesloten reservoirs en onvoldoende hygiëne bij aanleg en ingrepen. In de afgelopen jaren wordt gesuggereerd dat via lekken/lekjes in het distributienet tijdens korte momenten van lage of zelfs onderdruk ook fecale verontreiniging van het water in het net kan optreden. In hoeverre dit werkelijk een rol speelt is nog niet goed vast te stellen.

1.3 Doel onderzoek

Het doel van dit onderzoek is in te schatten of afnemers voldoende beschermd zijn tegen gezondheidsrisico's als gevolg van fecale verontreinigingen van drinkwater tijdens transport in het distributienet. Daarvoor zijn, van een selectie van waterbedrijven, historische gegevens over verontreinigingsincidenten en uit het meetprogramma geïnventariseerd. De onderzoeksvragen waren:

Verontreinigingsincidenten

- Hoe vaak treden verontreinigingsincidenten op?
- Hoe ernstig (duur, concentratie) is het net verontreinigd bij dergelijke incidenten?
- Welke bronnen en oorzaken van de verontreiniging zijn geïdentificeerd?
- Is er een relatie met regenval?

Distributiemeetprogramma

- Hoe vaak geeft het distributiemeetprogramma aan dat een (mogelijk) fecale verontreiniging optreedt?
- Hoe ernstig (concentratie) is het net verontreinigd in deze gevallen?

Vertaling naar infectierisico

De informatie over aard, frequentie en ernst van verontreinigingen is relevant, maar een belangrijke vraag is in hoeverre dit een gezondheidsrisico met zich meebrengt. Daarom is, zowel vanuit de informatie over de incidenten als het meetprogramma, een eerste analyse gemaakt van het infectierisico van de afnemers. Daarbij moesten een aantal aannames worden gedaan, waarvan de vertaling van de meetgegevens over indicatororganismen naar het gehalte ziekteverwekkende micro-organismen in het distributienet de belangrijkste is. De inschatting van het infectierisico moet daarom als oriënterend worden gezien, waarbij in dit rapport wordt aangegeven welke aannames zijn gebruikt en welke factoren deze inschatting beïnvloeden.

1.4 Belang van kwantificering van risico's

Over een groot deel van de kansen op en effecten van verontreinigingen is geen kwantitatieve informatie beschikbaar, deels omdat veel informatie over (de kwaliteit van) infrastructuur en bedrijfsvoering niet wordt vastgelegd. Inschatting van de risico's en de noodzaak van verdere beperking van de risico's is dus veelal afhankelijk van ervaringen van de medewerkers die verantwoordelijk zijn voor de kwaliteit- en risicobeheersing. Bij voorkeur worden beslissingen hierover daarom zo veel mogelijk door multidisciplinaire samenwerking onderbouwd. Door het ontbreken van kwantitatieve informatie kunnen echter geen kwantitatieve kosten/baten-analyses gemaakt worden van maatregelen voor verdere beperking van de risico's en bestaat de mogelijkheid dat teveel of te weinig maatregelen worden genomen, waardoor óf de risico's óf de kosten te hoog zijn. In het kader van het Bedrijfstakonderzoek Waterbedrijven wordt daarom onderzoek worden uitgevoerd om meer kwantitatieve informatie over de veiligheid van drinkwater tijdens distributie en de verontreinigingsrisico's te verzamelen.

2 Onderzoeksopzet

2.1 Definities van enkele microbiologische incidenten

In dit rapport zijn de volgende definities gebruikt:

Fecaal verontreinigingsincident

Een microbiologische verontreiniging van drinkwater, waarbij tenminste in twee opeenvolgende monsters op dezelfde locatie bacteriën van de coligroep (coli37) en/of Escherichia coli⁶ en/of enterococcon⁷ en/of (sporen van) Clostridium perfringens⁸ zijn aangetroffen en in tenminste één van deze monsters E. coli en/of enterococcon en/of C. perfringens is aangetroffen.

Incident met een niet-fecale kwaliteitsvermindering

Een microbiologische kwaliteitsvermindering van drinkwater, waarbij tenminste in twee opeenvolgende monsters op dezelfde locatie bacteriën van de coligroep (coli37), maar in geen van beide monsters Escherichia coli en/of enterococcon en/of (sporen van) Clostridium perfringens zijn aangetroffen.

Er zijn in de Verenigde Staten aanwijzingen gevonden dat sommige soorten bacteriën van de coligroep (coli37) zich kunnen vermeerderen in systemen voor distributie van drinkwater, zodat het herhaald aantreffen van coli37 geen indicatie van een verontreiniging van drinkwater hoeft te zijn. In ieder geval is de aanwezigheid van coli37 alleen geen indicatie van een *fecale* verontreiniging van drinkwater en is de aanwezigheid van pathogene (micro-)organismen in het drinkwater in deze gevallen zeer onwaarschijnlijk.

De definities zijn afgestemd op de Landelijke Inspectierichtlijn Harmonisatie Meetprogramma Drinkwaterkwaliteit [33], met daarin de eis dat waterbedrijven bij herhaling vastgestelde verontreinigingen⁹ van drinkwater direct melden aan VROM-Inspectie. Enkelvoudige verontreinigingen, waarbij het herhalingsmonster vrij is van indicatorbacteriën, hoeven niet te worden gemeld. De Waterleidingwet schrijft wel voor dat *E. coli* en enterococcon (beide kwaliteitseisen) dienen te ontbreken in monsters van 100 ml en dat coli37 en (sporen van) *C. perfringens* ook dienen te ontbreken in 100 ml (beide bedrijfstechnische eisen).

2.2 Analyse van de kwantitatieve structuur van verontreinigingsrisico's

Een verontreinigingsrisico bestaat altijd uit de kans op het optreden van een verontreiniging en het effect van deze verontreiniging. Het risico kan daarom groot

⁶ Voorheen thermotolerante bacteriën van de coligroep (coli44)

⁷ Voorheen fecale streptococcon

⁸ Voorheen (sporen van) sulfietreducerende clostridia

⁹ Indien niet alleen in het eerste monster, maar ook in het herhalingsmonster (binnen 24 uur te nemen) genoemde indicatoren van een (fecale) verontreiniging van het drinkwater zijn aangetroffen

zijn terwijl de kans klein is. Een voorbeeld hiervan is het risico van nucleaire verontreiniging van het drinkwater. Ondanks de zeer kleine kans op een kernexplosie, wordt het effect door veel bedrijven zo onaanvaardbaar geacht, dat luchtfilters beschikbaar zijn om verontreiniging van het drinkwater in een dergelijke situatie te voorkomen. Er zijn echter ook situaties die relatief vaak voorkomen, zoals leidingbreuken, waarbij de kans op een verontreiniging van de leiding relatief groot is, ondanks preventieve maatregelen. Het effect van zowel de niet-fecale als de fecale verontreinigingen op de kwaliteit van het drinkwater wordt echter beperkt door het spuien van de leidingen na reparatie. De leiding wordt vaak noodgedwongen direct na reparatie en spuien weer in dienst genomen, hoewel pas na tenminste 24 uur duidelijk in welke mate de leiding verontreinigd is: het *effect* van een niet-fecale verontreiniging en de *kans* op een fecale verontreiniging worden over het algemeen zo gering geacht (tenzij er aanwijzingen zijn voor fecale verontreiniging) dat de positieve effecten van risicobeperkende maatregelen (een kookadvies voor aangesloten afnemers) niet opwegen tegen de negatieve effecten (onrust bij de aangesloten afnemers). Hoewel het zeer wel mogelijk is dat deze procedure juist is, ligt aan de keuze geen kwantitatieve informatie over de risico's ten grondslag.

$$\text{Risiko} = \text{Kans} \times \text{Effect}$$

Verontreinigingsrisico's tijdens distributie van drinkwater kunnen in grote lijnen als volgt kwantitatief worden ontleed:

1. Kans op verontreiniging
 - Kans op verminderde integriteit van de infrastructuur (bijvoorbeeld lekkage, breuk, onderhoudswerkzaamheden).
 - Kans op het binnendringen van omgevingsmateriaal (bijvoorbeeld grond, oppervlaktewater, effecten van gezondheid werknemers).
 - Effecten van bestaande kansbeperkende bedrijfsvoering (bijvoorbeeld periodieke controle op de kwaliteit van de infrastructuur).
2. Effect van verontreiniging
 - Hoeveelheid omgevingsmateriaal.
 - Microbiologische samenstelling omgevingsmateriaal .
 - Overleving van pathogene organismen in water en infrastructuur.
 - Effecten van bestaande effectbeperkende infrastructuur (bijvoorbeeld volgende behandelingsstappen) en bedrijfsvoering.
 - Aantal afnemers dat verontreinigd water ontvangt.
 - Duur van de verontreiniging (snelheid van uitspoeling).
 - Infectieuze dosis (verschilt per pathogeen en per type afnemer).
3. Detectie van verontreinigingen
 - Periodieke waterkwaliteitsbeoordeling ('routinemonsters').
 - Waterkwaliteitsbeoordeling na werkzaamheden.
 - Monsterprogramma: locatie (aantal, plaats) en frequentie.
 - Monstervolume.
 - Bepalingsmethode voor indicatoren voor (fecale) verontreiniging.
 - Overleving van indicatororganismen (in vergelijking met de pathogene organismen).

4. Curatieve maatregelen tegen een verontreiniging
 - Snel en afdoende veiligstellen van de gezondheid van afnemers.
 - Vaststellen van omvang van de verontreinigingen de bron.
 - Voorkómen van uitbreiding van de verontreiniging.
 - Herstellen van de integriteit van de leiding.
 - Schoonmaken van de leidingen (inclusief waterkwaliteitsbeoordeling).
 - Informeren van afnemers en overheid (en zonodig de media).

2.3 Opzet van het onderzoek

Het contractonderzoek dat in 2000 voor de acht opdrachtgevers in het kader van het Bedrijfstakonderzoek Waterbedrijven is uitgevoerd, omvatte de volgende onderdelen:

- Inventarisatie en evaluatie van gedetecteerde verontreinigingsincidenten bij de deelnemende waterbedrijven. Op basis van deze informatie kunnen veel voorkomende oorzaken van en maatregelen tegen verontreinigingen worden vastgesteld. Er is een analyse gemaakt van de relatie tussen de incidenten en regenval in de voorafgaande periode. Uit de gegevens over frequentie, duur en concentratie van de verontreiniging is een inschatting gemaakt van het infectierisico als gevolg van deze verontreinigingsincidenten (hoofdstuk 3).
- Inventarisatie en evaluatie van de informatie uit het kwaliteitsbewakingsprogramma van het distributienet van de deelnemende waterbedrijven. Ook hier is uit de gegevens over frequentie en concentratie een inschatting gemaakt van het infectierisico (hoofdstuk 4).
- Oriënterende evaluatie van een methode voor bepaling van indicatorbacteriën in grote volumes gedistribueerd water (hoofdstuk 5).
- Ontwikkeling van een methode voor systematische inventarisatie en evaluatie van verontreinigingsrisico's (hoofdstuk 6).

2.4 Risicokader

Om vast te stellen of de infectierisico's die in deze studie zijn berekend toelaatbaar laag zijn, moeten ze worden vergeleken worden met een maat voor toelaatbaar infectierisico via drinkwater in Nederland. Voor drinkwater in het distributienet is daar geen norm voor opgesteld. Wel is in het nieuwe Waterleidingbesluit van 9 januari 2001 [72] een toelaatbaar infectierisico opgenomen voor drinkwater bereid uit oppervlaktewater. Op basis van metingen van virussen en protozoa in het ruwe water en gegevens over de eliminatiecapaciteit bij de verschillende behandelingsprocessen (inclusief eventuele bodempassages) in overleg met de toezichthouder (VROM-Inspectie) een kwantitatieve risicoanalyse voor het betreffende leidingwater opgesteld moet worden. Voor het door middel van deze risicoanalyse berekende theoretische infectierisico geldt een voorlopige grenswaarde van 1.10^{-4} per persoon 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 1.10^{-4} per persoon per jaar, dient het waterleidingbedrijf met de VROM-Inspectie te overleggen over te nemen maatregelen. De VROM-Inspectie kan bepalen dat voor kwetsbare grondwaterwinningen eenzelfde risicoanalyse wordt uitgevoerd. De term

'voorlopige grenswaarde' wordt in de wet gebruikt om aan te geven dat het hier om een toetsingswaarde gaat die in de praktijk nog nader wordt getoetst. Aanpassing van deze waarde is daarom niet uitgesloten.

Het ligt voor de hand om dezelfde norm (infectierisico van 10^{-4} per persoon per jaar) te hanteren als richtwaarde voor infectierisico's als gevolg van verontreinigingen in het distributienet.

3 Evaluatie van incidenten

De deelnemende waterbedrijven hebben de beschikbare informatie over verontreinigingsincidenten en incidenten met verminderde waterkwaliteit in de periode mei 1995 - juli 2000 ter beschikking gesteld om een kwantitatief beeld te krijgen van de oorzaken van, de kans op en het effect van verontreiniging van het drinkwater bij deze waterbedrijven. Het betrof drinkwater van 97 productiebedrijven (waarvan 11 oppervlaktewaterverwerkend) en hun voorzieningsgebieden.

De gegevens over verontreinigingsincidenten zijn als volgt opgevraagd:

- Een overzicht van kleine incidenten (minimum incident¹⁰)
 - per locatietype
 - per jaar
 - per aard van de verontreiniging (fecaal/niet-fecaal)Het betreft incidenten die worden gedetecteerd tijdens de periodieke waterkwaliteitsbeoordeling, dus niet de incidenten na werkzaamheden in de watervoerende infrastructuur (tenzij deze langer duurden dan een minimumincident).
- Een korte beschrijving per incident dat groter is dan minimaal, ingevuld in een gerubriceerd standaardformulier in MS Excel (zie bijlagen I en II). Gelet op het relatief grote aantal kortdurende verontreinigingen (maximaal 2 opeenvolgende positieve monsters) waarover (vrijwel) geen informatie over oorzaak of de omvang van het verontreinigde gebied bekend is, is ervoor gekozen om de minimumincidenten niet op dezelfde wijze te evalueren.
- Een uitgebreide beschrijving van drie incidenten per bedrijf om een meer gedetailleerde indruk te krijgen van de achtergronden van de oorzaken en de corrigerende maatregelen.

De verwerkingsmethode is beschreven bij de resultaten en in de bijlagen.

Tijdens de verzameling van de gegevens over verontreinigingsincidenten bleek dat informatie over verontreinigingsincidenten niet altijd systematisch wordt geregistreerd. Bij een deel van de waterbedrijven worden alleen de grote verontreinigingsincidenten geregistreerd, voornamelijk in rapporten. Uiteraard wordt het herhaaldelijk aantreffen van bacteriën van de coligroep of *E. coli*¹¹ wel gemeld aan de VROM-Inspectie, maar indien de verontreiniging van korte duur is, wordt deze niet bij alle waterbedrijven als een verontreinigingsincident geregistreerd. In het laboratoriuminformatie- en managementsysteem (LIMS) kunnen deze verontreinigingen wel worden teruggevonden. Voor de evaluatie zijn alleen de gegevens gebruikt van incidenten die door de waterbedrijven in het kader van dit project aan Kiwa zijn doorgegeven en die strikt aan de definitie van een verontreinigingsincident voldoen (van enkele incidenten zijn geen resultaten van waterkwaliteitsbeoordeling doorgegeven over de aard en mate van verontreiniging).

¹⁰ Twee opeenvolgende monsters met indicatorbacteriën ('positief'), derde monster vrij van indicatorbacteriën ('negatief')

¹¹ En voorheen ook thermotolerante bacteriën van de coligroep

3.1 Aantal en aard van de gerapporteerde incidenten

De deelnemende 8 waterbedrijven hebben over de rapportageperiode (mei 1995- juli 2000) 27 incidenten¹² gerapporteerd, waarvan 8 incidenten waarbij indicatoren voor fecale verontreiniging zijn aangetroffen en 1 vermoedelijk fecale verontreiniging (zie tabel 5)¹³. De overige 18 incidenten betroffen niet-fecale afwijkingen van de waterkwaliteit, waarvan 9 verontreinigingen, 3 vermoedelijke verontreinigingen en 3 vermoedelijke gevallen van vermeerdering van bacteriën van de coligroep (zie tabel 6). De oorzaken lagen 14 maal in het distributiegebied en 13 maal in een (grondwaterverwerkend) productiebedrijf (zie tabel 7). Het ontbreken van incidenten in de 11 oppervlaktewaterverwerkende productiebedrijven is zeer sterk significant op basis van het aantal onderzochte monsters van uitgaand water (χ^2 -toets, $p < 1.10^{-5}$). Bij 8 incidenten speelde een (distributie)reservoir een rol, waarvan in 6 gevallen een verontreiniging door de slechte staat van infrastructuur (lekkage of verstopping van hemelwaterafvoer). Van 7 gevallen is de oorzaak onbekend¹⁴, in 8 gevallen werd een mogelijke, vermoedelijke of waarschijnlijke oorzaak gevonden. Van de verontreinigingen werden 17 door bedrijf 8 gerapporteerd (waarvan 1 fecaal), 4 door bedrijf 2 (alle 4 fecaal), 3 door bedrijf 5 (waarvan 2 fecaal), 2 door bedrijf 4 (beide fecaal) en 1 door bedrijf 3 (niet fecaal). De andere bedrijven (1, 6 en 7) hebben in deze periode geen verontreiniging van het drinkwater geregistreerd.

Tabel 5 Samenvatting van de 9 gerapporteerde fecale verontreinigingsincidenten (details in bijlage I)

Datum detectie	Waar*	Oorzaak*		Veront. gebied # aansl.	E. coli/coli44 KVD/100 ml			Maatregelen***		Datum water goed
		wat?	hoe?		1**	2**	h**	Datum	Aard	
31-5-'95	2 VGg	riool?	i: keerklep?	15.000	2	2	22	7-6-'95	s,cp,cv	24-6-'95
3-8-'95	2 PBg	wild?	? (reservoir)&	2.900	0	1	1	6-8-'95	cp,cv,pu,iv	26-8-'95
11-8-'97	2 PBg	wild?	i: lek reservoir?&	2.900	0	1	0	15-8-'97	cp,cv	17-9-'97
8-6-'98	8 PBg	vee?	?	1.700	+	1		10-6-'98	pu	13-7-'98
29-9-'98	4 VGo	vee	h: open spui	30.000	0,2	0,2	0,2	7-10-'98	s	26-10-'98
11-3-'99	5 VGo	riool	h: leidingbreuk	27	?@	?@		11-3-'99	s,cv,iv	13-3-'99
10-9-'99	2 VGg	vee?	h: leidingbreuk%	50	1	56	69	14-9-'99	s,cv,iv,ka	27-9-'99
13-5-'00	4 VGo	riool?	?	140	54	8	3,2	14-5-'00	s,iv,ka	20-6-'00
10-7-'00	5 PBg	wild?	i: lek reservoir?	48.000	80	3	1	13-7-'00	s,cp,pu,ka	27-7-'00

* Waar: nummer waterbedrijf, PB = productiebedrijf, VG = voorzieningsgebied, o = drinkwater uit oppervlaktewater, g = drinkwater uit grondwater
 Wat: inschatting op basis van locatie en bron (herkomst 10-7-'00 is onderzocht).
 Hoe: onvoldoende kwaliteit van infrastructuur (i) en/of handelingen (h); ? = onbekend/onzeker, & Op 3-8-'95 en 11-8-'97 bleek deze (zelfde) reinwaterkelder verontreinigd, % Bij een mestvaalt. De reparatie is door een aannemer uitgevoerd.

** 1 = 1e monster, 2 = herhalingsmonster, h = maximum na het herhalingsmonster, + = bedrijf 8 bepaalt in het eerste monster slechts aan- of afwezigheid, @ bij leidingbreuk tijdens rioolwerkzaamheden, corrigerende acties genomen vóór bemonstering (afnemers kregen een preventief kookadvies vóór ingebruikname).

*** Datum = datum eerste maatregelen. Aard: s = spuien; cp = chloordosering in productiebedrijf; cv = chloordosering in voorzieningsgebied; ka = kookadvies; pu = productiebedrijf uit; iv = isolatie voorzieningsgebied; wpu = winput uit

¹² Exclusief korte verontreinigingen waarvan het 2e herhalingsmonster niet positief was. Een beeld van de frequentie van deze kleine verontreinigingen wordt gegeven in hoofdstuk 4.

¹³ Zie bijlage I voor de gerapporteerde registratieformulieren van fecale verontreinigingen.

¹⁴ De locatie en waarschijnlijke bron (rioolwater, slootwater, regenwater) van de verontreiniging is meestal wel met enige zekerheid bekend.

Tabel 6 Samenvatting van de 18 gerapporteerde niet-fecale incidenten met waterkwaliteitsvermindering (details in bijlage II)

Datum detectie	Waar*	Oorzaak*		Gebied kwalit. verm.**	coli37***				Maatregelen*		Datum water goed
		wat	hoe?		# aansl.	1	2	h	API	Datum	
23-1-'96	8 VGg	?	? (reservoir)	3.300	+	1		EA KP	31-1-'96	dru	31-1-'96
2-8-'96	8 PBg	vo	i: pompput	13.000	+	1		CF	?	wpu	7-8-'96
27-8-'96	8 PBg	vo	h: werk in filters	20.000	+	1	1	CF EA			11-9-'96
14-7-'97	8 PBg	vo	i: pompputten	5.000	+	1	4	C EM KP	17-7-'97	pu,wpu	5-8-'97
21-7-'97	8 PBg	vo	i: pompput@	10.000	+	2	1	CF	25-7-'97	pu,wpu	29-7-'97
24-7-'97	8 VGo	vo	i: lek reservoir	10.000	+	3	7		25-8-'97	cp,dru	9-10-'97
19-8-'97	8 PBg	vo?	?@	10.000	+	1	0	CF			21-8-'97
27-4-'98	8 PBg	vo	i: verstopping	12.000	+	5	6	CF KP			5-5-'98
10-11-'98	8 VGg	vm?	h: spuistop?	100	+	7	16	HA	13-11-'98	s,iv	3-12-'98
17-4-'99	5 VGo	vm?	h: groene zeep?	?	33	2	0		18-4-'99	s	22-4-'99
29-6-'99	8 VGg	vo	h: afsluiterfout	4.000	+	1	1	CF CY Kl	?	dru	13-7-'99
22-7-'99	8 PBg	?	?	3.500	+	1	0	KP			
11-8-'99	8 PBg	vo?	i: vacuümontgass?	4.800	+	2	2	CF	27-8-'99	uv	27-8-'99
31-8-'99	8 VGg	vm?	h: spuistop?	20	+	9	0	CF	5-9-'99	s	8-9-'99
10-9-'99	8 VGg	vo	i: lek reservoir	3.000	+	1		CY	15-9-'99	dru	16-9-'99
16-9-'99	8 VGo	vo	i: lek reservoir	10.000	+	1	50	C E	28-9-'99	dru	28-9-'99
14-10-'99	8 VGg	?	?	2.500	+	1	1	CY KT			10-11-'99
20-10-'99	3 PBg	vo?	i: pompputten?	10.000	1	1	18	CB CF	26-10-'99	s,pu,ka	14-12-'99

* Waar: nummer waterbedrijf, PB = productiebedrijf, VG = voorzieningsgebied, o = drinkwater uit oppervlaktewater, g = drinkwater uit grondwater
 Wat: oorzaak zeker, behalve indien ? vermeld; vm = vermeerdering; vo = verontreiniging
 Hoe: onvoldoende kwaliteit van infrastructuur (i) en/of handelingen (h); ? = onbekend/onzeker
 @ zelfde PB, pompput op 25-7-'97 rest van het jaar uit bedrijf, op 19-8-'97 weer *C. freundii* gevonden
 Een enigszins uitgebreide beschrijving van de oorzaak wordt in de tekst gegeven.

** Aantal aansluitingen in het gebied met verminderde waterkwaliteit

*** 1 = 1e monster, 2 = herhalingsmonster, h = maximum na herhalingsmonster
 + = bedrijf 8 bepaalt in het eerste monster slechts aan- of afwezigheid.

API: C = *Citrobacter* sp.; CB = *C. braakii*; CF = *C. freundii*; CY: *C. youngae*; E = *Enterobacter*; EA = *E. aerogenes*;
 EM = *E. amigenus*; HA: *Hafnia alvei*; KP = *Klebsiella pneumoniae*; KT = *K. terrigena*; Kl = *Kluyvera* sp.

& Datum = datum eerste maatregelen. Aard: s = spuien; cp = chloordosering in productiebedrijf;
 dru = distributiereservoir uit; ka = kookadvies/-gebod; pu = productiebedrijf uit;
 iv = isolatie voorzieningsgebied; uv = ingebouwde uv-desinfectie uitgaand water; wpu = winput uit

De volgende oorzaken voor de incidenten zijn gemeld (details in bijlage II, een overzicht van de frequentie van oorzaken is gegeven in tabel 7)

Fecale verontreinigingsincidenten productiebedrijven

3-8-'95 In reinwaterkelders met **onbekende** oorzaak
 11-8-'97 In reinwaterkelders (zelfde als op 3-8-'95) **vermoedelijk** door lekkage dak
 8-6-'98 **Onbekende** oorzaak.
 10-7-'00 **Waarschijnlijk** in reinwaterkelders door binnendringen fecaal verontreinigd regenwater (uitwerpselen vossen) via lek naast mangat.

Fecale verontreinigingsincidenten voorzieningsgebieden

31-5-'95 **Vermoedelijk** terugstroming vanuit een zwembad via een slecht functionerende keerklep in het voorzieningsgebied van een ander waterleidingbedrijf

- 29-9-'98 Sloopwater is via een open spui in een gerepareerde transportleiding terechtgekomen door onverwachte stijging waterniveau in de sloot.
- 11-3-'99 Aangenomen verontreiniging met rioolwater tijdens leidingbreuk.
- 10-9-'99 Tijdens een reparatie van een leiding door een aannemer, zeer waarschijnlijk verontreiniging met mest van een nabij gelegen mestvaalt.
- 13-5-'00 **Onbekend.** Mogelijk heeft een schip de aanvoerslang voor drinkwater aangesloten op de afvalwatertank.

Tabel 7 Oorzaken van de 27 incidenten

Locatie en type oorzaak	Aantal incidenten (% van totaal)		
	Fecaal	Niet-fecaal	Totaal
Productiebedrijven	4 (15%)	9 (33%)	13 (48%)
- lekkage pompput(ten)	0	4 (15%)	4 (15%)
- lekkage reinwaterreservoir	2 (7%)	1 (3%)	3 (11%)
- overig reservoir (oorzaak onbekend)	1 (4%)	0	1 (4%)
- defect vacuümontgasser	0	1 (4%)	1 (4%)
- werkzaamheden	0	1 (4%)	1 (4%)
- vermoede vermeerdering coli37	n.v.t.	0	0
<i>Oorzaak bekend?</i>			
- zeker	0	5 (19%)	5 (19%)
- mogelijk / vermoed / waarschijnlijk	2 (7%)	2 (7%)	4 (15%)
- onbekend	2 (7%)	2 (7%)	4 (15%)
Voorzieningsgebieden	5 (19%)	9 (33%)	14 (52%)
- lekkage distributiereservoir	0	3 (11%)	3 (11%)
- overig reservoir (oorzaak onbekend)	0	1 (4%)	1 (4%)
- leidingbreuk	2 (7%)	0	2 (7%)
- terugstroming uit aansluiting	1 (4%)	0	1 (4%)
- werkzaamheden	1 (4%)	1 (4%)	2 (7%)
- vermoede vermeerdering coli37	n.v.t.	3 (11%)	3 (11%)
<i>Oorzaak bekend?</i>			
- zeker	3 (11%)	4 (15%)	7 (25%)
- mogelijk / vermoed / waarschijnlijk	1 (4%)	3 (11%)	4 (15%)
- onbekend	1 (4%)	2 (7%)	3 (11%)
Totaal	9 (33%)	18 (67%)	27 (100%)
- lekkage drinkwaterreservoir	2 (7%)	4 (15%)	6 (22%)
- overig reservoir (oorzaak onbekend)	1 (4%)	1 (4%)	2 (7%)
- lekkage pompput(ten)	0	4 (15%)	4 (15%)
- overige defecten infrastructuur	3 (11%)	1 (4%)	4 (15%)
- werkzaamheden	1 (4%)	2 (7%)	3 (11%)
- vermoede vermeerdering coli37	n.v.t.	3 (11%)	3 (11%)
<i>Oorzaak bekend?</i>			
- zeker	3 (11%)	9 (33%)	12 (44%)
- mogelijk / vermoed / waarschijnlijk	3 (11%)	5 (19%)	8 (30%)
- onbekend	3 (11%)	4 (15%)	7 (27%)

Niet-fecale incidenten in productiebedrijven

- 2-8-'96 Verontreiniging tijdens werkzaamheden aan filters.
- 27-8-'96 Verontreiniging pompput, waarna buiten bedrijf.
- 14-7-'97 Verontreiniging pompputten, rest van het jaar buiten bedrijf.
- 21-7-'97 Verontreiniging pompput, rest van het jaar buiten bedrijf.
- 19-8-'97 **Onbekend**, mogelijk verband met eerdere verontreiniging op 21-7-'97
- 27-4-'98 Verontreiniging reinwaterkelder door verstopte hemelwaterafvoer.
- 22-7-'99 **Onbekend**.
- 11-8-'99 **Waarschijnlijk** een verontreiniging van twee voorfilters door een vacuümontgasser. Onder druk van de VROM-Inspectie uv-desinfectie ingebouwd op uitgaand water.
- 20-10-'99 **Vermoedelijk** verontreiniging van 3 pompputten, maar er was ook veel biofilmvorming, schilfers en betonrot in een nafilter.

Niet-fecale incidenten in voorzieningsgebieden

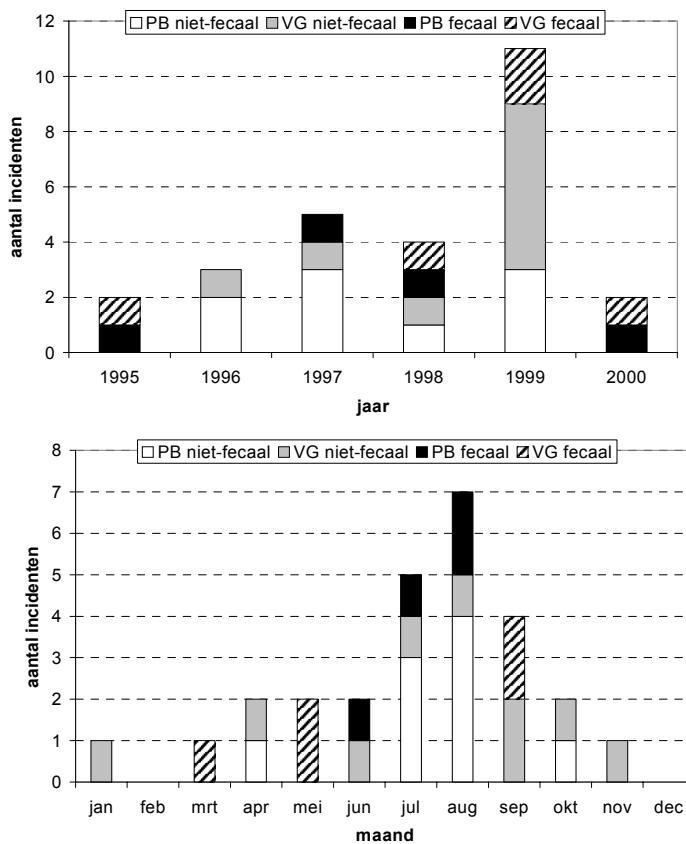
- 23-1-'96 **Onbekende** oorzaak in reservoir, uit bedrijf genomen.
- 24-7-'97 Verontreiniging via gescheurde vulleiding reservoir, lichte chloordosering had niet veel effect.
- 10-11-'98 **Onbekend**, mogelijk vermeerdering in leidingnet omdat dit gedeelte van het leidingnet lange tijd niet gespuid was. Hardnekkige aanwezigheid van *Hafnia alvei*, welke met spuien moeilijk te verminderen was.
- 17-4-'99 **Vermoedelijk** vermeerdering in een leiding na relining, waarbij vloeibare zeep is gebruikt. Er is intern in het bedrijf echter discussie over de oorzaak.
- 29-6-'99 Verontreiniging van een distributiereservoir na werkzaamheden aan leidingen in de omgeving door verkeerde afsluiterbediening.
- 31-8-'99 **Vermoedelijk** vermeerdering omdat eindpunten niet meer gespuid werden. Het spuien van de eindpunten leverde snel resultaat op.
- 10-9-'99 Verontreiniging door een grote scheur in de wand van het reservoir.
- 16-9-'99 Verontreiniging door de ontluchtingspijpen van de reservoirs.
- 14-10-'99 Waterkwaliteitsvermindering in reservoir door **onbekende** oorzaak.

Bedrijf 8 rapporteerde duidelijk meer incidenten dan de overige waterbedrijven. Tijdens overleg in de projectgroep bleek dat bedrijf 8 een goed systeem voor incidentenregistratie heeft. De andere waterbedrijven hebben niet de indruk dat er bij hen minder incidenten optreden, hetgeen deels wordt bevestigd door de evaluatie van de periodieke waterkwaliteitsbeoordelingen in hoofdstuk 4. Deze waterbedrijven zijn van mening dat niet alle incidenten door hen zijn geregistreerd en daarom niet meer te achterhalen zijn. Natuurlijk zijn altijd wel direct corrigerende maatregelen genomen. Sindsdien is een aantal distributiereservoirs en productiebedrijven gesloten of gerenoveerd. Mogelijk speelt ook de afwijkende bepalingmethode een rol: bedrijf 8 incubeert als enige bedrijf monsters in een vloeibaar medium, waarmee de aanwezigheid van bacteriën van de coligroep mogelijk beter gedetecteerd wordt dan op agarplaten, waarop de bacteriën in korte tijd tot zichtbare kolonies moeten uitgroeien.

3.2 Spreiding van de incidenten over de onderzoeksperiode

In figuur 1 is weergegeven wanneer de verontreinigingsincidenten en incidenten met verminderde waterkwaliteit zijn gedetecteerd. Opvallend zijn de significant afwijkende spreidingen die zijn gevonden met de χ^2 -test (methode: zie bijlage III):

1. *Het groter aantal niet-fecale incidenten in voorzieningsgebieden in 1999 ($p = 0,005$)*
Het betreft 6 incidenten bij bedrijf 8 waarvan in 2 gevallen een verontreiniging door lekkage van een reservoir. Sindsdien heeft het bedrijf een tiental reservoirs in het voorzieningsgebied gesloten omdat deze overbodig bleken. Een verklaring voor de hoge frequentie in 1999 is uit de rapportages niet te achterhalen.
2. *Het groter aantal verontreinigingen in productiebedrijven in juli en augustus ($p < 0,001$)*
Van de in totaal 13 incidenten in (grondwaterverwerkende) productiebedrijven, traden er 10 op in juli en augustus, 9x (waarvan 7x zeker) door verontreinigingen van putten (4x), behandelingssystemen (2x), lekkages van reinwaterkelders (3x, alle fecaal). Dit houdt waarschijnlijk verband met de hoge frequentie van stortbuizen in de maanden van juni t/m augustus (zie paragraaf 3.3).
3. *Fecale verontreinigingen zijn niet aangetroffen in de periode oktober - februari*
Het verschil houdt waarschijnlijk verband met het groter aantal verontreinigingen door stortbuizen in juli en augustus, maar is alleen significant ($p = 0,01$) als de periode oktober - februari met de rest van het jaar wordt vergeleken, net niet als twee perioden van 6 maanden (oktober - maart vs. april - september of november - april vs. mei - oktober) worden vergeleken ($p = 0,06$).



Figuur 1 Spreiding van de 27 incidenten (waarvan 9 fecale verontreinigingsincidenten) over de periode 1995-2000 (PB = productiebedrijf, VG = voorzieningsgebied)

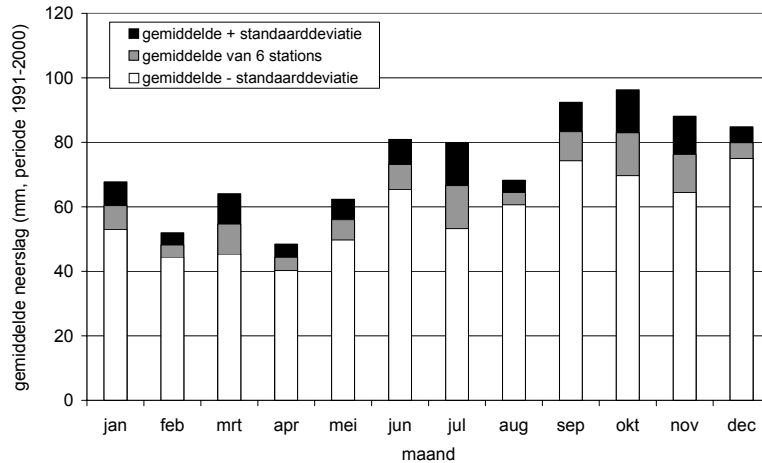
3.3 Mogelijk verband tussen verontreinigingen en extreme neerslag

De evaluatie in paragraaf 3.2 maakt duidelijk dat er een mogelijke seizoensinvloed is op de kans op verontreinigingen. Uit de literatuur is bekend dat neerslag een belangrijke rol kan spelen bij verontreinigingen (zie hoofdstuk 1). Daarom zijn de dagelijkse neerslaggegevens van het KNMI van de periode 1991-2000 geëvalueerd. De frequenties van de totale maandelijkse neerslag en extreme dagelijkse neerslag zijn weergegeven in figuren 2 t/m 4. Evaluaties met de χ^2 -toets maken aannemelijk¹⁵ dat er een (statistisch) verband is tussen het optreden van de 9 incidenten die zeker het gevolg waren van (fecale en niet-fecale) verontreinigingen in grondwaterverwerkende productiebedrijven (zie tabel 5 en 6) en het optreden van extreme neerslagvolumestromen ('stortbuien', figuur 4). Ook theoretisch kunnen stortbuien (fecale) verontreinigingen in de omgeving van winputten en op de daken van behandelingsystemen en reinwaterkelders in productiebedrijven door lekken spoelen die onder normale weersomstandigheden niet (in detecteerbare hoeveelheden) door deze lekken spoelen. In de beschrijvingen van een aantal incidenten wordt lekkage van daken, ontluchtingen etc. ook als (vermoedelijke) oorzaak van de verontreinigingen genoemd en soms worden de extreme neerslaghoeveelheden als medeoorzaak genoemd. Ook verontreinigingen in distributiereservoirs zouden op deze wijze kunnen samenhangen met stortbuien. Daarnaast kan langdurige of extreme neerslag de hygiëne tijdens werkzaamheden aan transport- en distributieleidingen bemoeilijken. In bijlage I en II zijn na elke beschrijving van een incident de neerslagomstandigheden in min of meer nabijgelegen KNMI-meetstations weergegeven en is een inschatting gemaakt van de mogelijkheid van een verband. In tabel 8 zijn de belangrijkste gegevens over neerslag in de weken voorafgaand aan de incidenten en de ingeschatte invloed daarvan op de risico's samengevat.

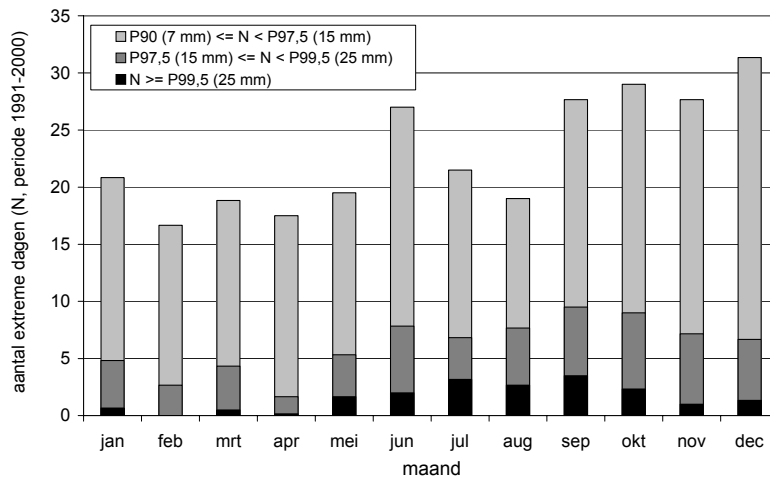
Van de 12 zekere, waarschijnlijke en mogelijke verontreinigingen van grondwaterverwerkende productiebedrijven blijken er 10 waarschijnlijk of mogelijk verband te houden met stortbuien. Ook het incident op 22 juli 1999 (niet-fecaal, productiebedrijf) hield mogelijk verband met stortbuien. Van de 14 incidenten in de voorzieningsgebieden (reservoirs en leidingen) speelden stortbuien 4 maal zeker, waarschijnlijk of mogelijk een rol en speelden 4 maal waarschijnlijk of mogelijk de neerslaghoogte in de voorafgaande periode een rol. In totaal hebben stortbuien in 12 van de 21 zekere, waarschijnlijke en mogelijke verontreinigingen een zekere, waarschijnlijke of mogelijke rol gespeeld. Neerslagomstandigheden in het algemeen en stortbuien in het bijzonder kunnen dus een belangrijke rol te kunnen spelen bij verontreinigingen, met name in grondwaterverwerkende productiebedrijven.

¹⁵ De χ^2 -toets verwerpt de nulhypothese dat de waargenomen frequenties van zekere verontreinigingen per kalendermaand niet verschillen van een constante frequentie (de kans dat deze nulhypothese onterecht wordt verworpen is kleiner dan 0,05 namelijk $p = 0,005$). Als de verwachte frequentie niet constant is, maar gebaseerd wordt op neerslaggegevens in de periode 1991-2000, dan zijn deze kansen als volgt:

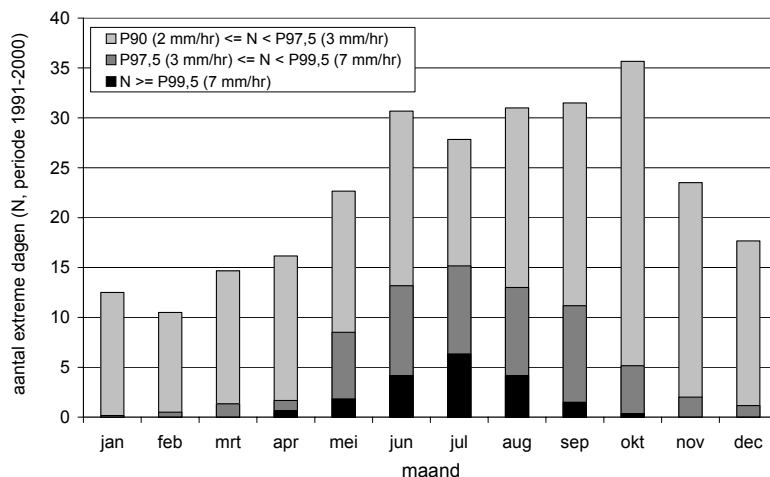
- Gemiddelde neerslaghoogte per kalendermaand (figuur 2): $p = 0,003$ (blijft dus significant).
- Extreme neerslaghoogte per kalendermaand (figuur 3): $p = 0,016$ voor extremen boven P99,5 en $p = 0,010$ voor extremen boven P97,5).
- Extreme neerslagvolumestromen (figuur 4): $p = 0,89$ voor extremen boven P99,5 en $p = 0,42$ voor extremen boven P97,5). Een statistisch verband met 'stortbuien' wordt niet verworpen.



Figuur 2 Gemiddelde maandelijkse neerslaghoogten (met standaarddeviatie)*



Figuur 3 Totaal aantal dagen met extreme neerslaghoogten (1991-2000), boven resp. de 90-percentiel (P90), de 97,5-percentiel (P97,5) en de 99,5-percentiel (P99,5)*



Figuur 4 Totaal aantal dagen met extreme volumestromen (1991-2000), boven resp. de 90-percentiel (P90), de 97,5-percentiel (P97,5) en de 99,5-percentiel (P99,5)*

* Waargenomen in 6 stations van het KNMI (Den Helder, De Bilt, Eelde, Twente, Vlissingen en Maastricht) van 1991 t/m 2000 (bron dagelijkse gegevens: www.knmi.nl/voorl/kd).

Tabel 8 Neerslagomstandigheden in de weken voor de 27 gerapporteerde fecale en niet-fecale verontreinigingsincidenten en incidenten met niet-fecale waterkwaliteitsvermindering (details in bijlage I en II, bron dagelijkse neerslaggegevens: www.knmi.nl/voorl/kd)

Datum detectie	Waar*	Oorzaak*		K S [§]	Neerslagextremen [#] in voorafgaande weken			Neerslaghoogte ⁺ in voorafgaande		Verband ⁺⁺ extremen of hoogte neerslag?
		wat	hoe?		Datum of data	hoogte mm	vol.str. mm/hr	2 wk. mm (%)	week mm (%)	
31-5-'95	2 VGg	fvo	i: keerklep?	T	25-5	26 **	9,2 ***	61 (8,0)	59 (7,6)	?
3-8-'95	2 PBg	fvo	? (reservoir)*	T	27-7	27 **	3,9 **	37 (4,9)	0	e: mogelijk
23-1-'96	8 VGg	?	? (reservoir)	T				1 (0,1)	0	onwaarsch.
2-8-'96	8 PBg	vo	i: pompput	T	23+24-7	13 *	5,8 **	27 (4,4)	0	e: mogelijk
27-8-'96	8 PBg	vo	h: werk in filters	T	27-8	7,3 *	3,5 **	9 (1,5)	9 (1,5)	onwaarsch.
14-7-'97	8 PBg	vo	i: pompputten	T	13-7	29 ***	12 ***	39 (5,5)	30 (4,2)	e: waarsch.
21-7-'97	8 PBg	vo	i: pompput [@]	T	^A 21-7	^A 24 **	^A 2,4 **	72 (10)	42 (5,9)	e: waarsch.
24-7-'97	8 VGg	vo	i: lek reservoir	T	13+21-7 ^A	^A	^A	73 (10)	29 (4,0)	h: waarsch.
11-8-'97	2 PBg	fvo	i: lek reservoir* ^{&}	T	28-7	30 ***	20 ***	7 (1,0)	0	e: mogelijk
19-8-'97	8 PBg	vo?	? [@]	T	17-8	8,4 *	9,3 ***	9 (1,2)	9 (1,2)	e: mogelijk
27-4-'98	8 PBg	vo	i: verstopping	B	25-4	13 *	1,6 *	42 (3,4)	22 (1,8)	e: mogelijk
8-6-'98	8 PBg	fvo	?	B	6-6	48 ***	14 ***	106 (9)	70 (5,7)	e: mogelijk
29-9-'98	4 VGo	fvo	h: open spui	B	29-9	5,7	5,2 **	23 (1,8)	6 (0,5)	e: ja
10-11-'98	8 VGg	vm?	h: spuistop?	T	28-10	28 ***	2,7 *	115 (11)	36 (3,5)	onwaarsch.
11-3-'99	5 VGo	fvo	h: leidingbreuk	B	1 .. 3-3	30 ***	4,8 **	66 (7,0)	11 (1,1)	h: mogelijk
17-4-'99	5 VGo	vm?	h: vloeibare zeep?	B	12 .. 17-4	10 *	2,3 *	36 (3,8)	29 (3,1)	h: mogelijk
29-6-'99	8 VGg	vo	h: afsluiterfout	T	27-6	20 **	5,3 **	30 (3,4)	21 (2,3)	h: mogelijk
22-7-'99	8 PBg	?	?	T	12-7	8,7 *	7,3 **	28 (3,1)	15 (1,7)	e: mogelijk
11-8-'99	8 PBg	vo?	i: vacuümontgass?	T	10-8	16 **	3,2 *	24 (2,6)	24 (2,6)	e: mogelijk
31-8-'99	8 VGg	vm?	h: spuistop?	T	18 .. 20-8	11 *	2,6 *	30 (3,4)	1 (0,1)	onwaarsch.
10-9-'99	2 VGg	fvo	h: leidingbreuk	T	30-8	1,2	3,0 *	1,2 (0,1)	0	onwaarsch.
10-9-'99	8 VGg	vo	i: lek reservoir	T	^A	^A	^A	^A	^A	onwaarsch.
16-9-'99	8 VGg	vo	i: lek reservoir	T	15-9	32 ***	8,5 ***	35 (3,8)	35 (3,8)	e: waarsch.
14-10-'99	8 VGg	?	? (reservoir)	E	30-9	22 **	7,2 ***	33 (3,5)	7 (0,7)	e: mogelijk
20-10-'99	3 PBg	vo?	i: pompputten?	E				9 (1,0)	0	onwaarsch.
13-5-'00	4 VGo	fvo	?	B				0,6 (0,1)	0,6 (0,1)	onwaarsch.
10-7-'00	5 PBg	fvo	i: lek reservoir?	T	10-7	13 *	6,4 **	38 (4,5)	29 (3,4)	e: waarsch.
				V	10-7	25 ***	3,3 *	62 (7,9)	56 (7,1)	

* Waar: nummer waterbedrijf, PB = productiebedrijf, VG = voorzieningsgebied, o = drinkwater uit oppervlaktewater, g = drinkwater uit grondwater

Wat: oorzaak zeker, behalve indien ? vermeld; vm = vermeerdering; vo = verontreiniging; fvo = fecale vo

Hoe: onvoldoende kwaliteit van infrastructuur (i) en/of handelingen (h); ? = onbekend/onzeker
& zelfde reservoir; @ zelfde productiebedrijf

§ KNMI-station: B = De Bilt; E = Eelde; H = Den Helder; T = Twente; V = Vlissingen. Buien kunnen zeer plaatselijk zijn en daarom zijn gegevens van meerdere stations bekeken als dichtstbijzijnde station geen extremen waarnam.

vol.str. = volumestroom; * boven P90; ** boven P97,5; *** boven P99,5 van periode van 1991-2000

^A = zie voorgaande regel

+ 2 wk. = 2 weken; mm (%) = neerslag in mm en in % van dat jaar (gemiddeld per 2 weken = 3,8%, per week = 1,9%)

++ met e: = extremen; h = hoogten in voorgaande periode; waarsch. = waarschijnlijk; onwaarsch. = onwaarschijnlijk

3.4 Responstijd na detectie en duur van incidenten

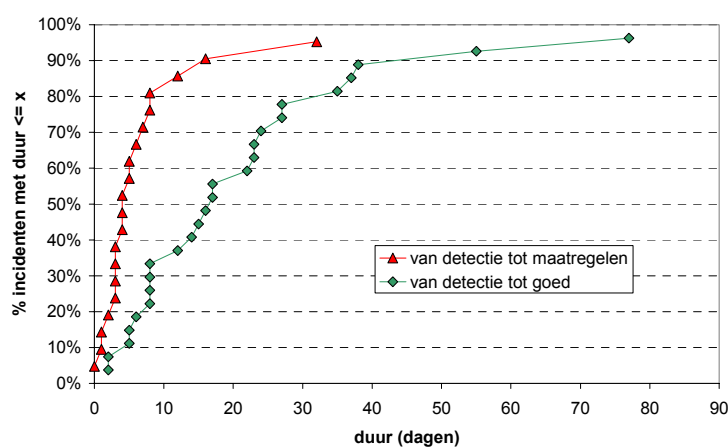
Uit figuur 5¹⁶ blijkt dat het in 50% van alle incidenten vier dagen tot een maand duurde voordat na de eerste tekenen van een (op dat moment nog niet zekere) verontreiniging of kwaliteitsvermindering maatregelen werden genomen.

¹⁶ In bijlage II is de grafiekvorm (cumulatieve frequentieverdeling) uitgelegd

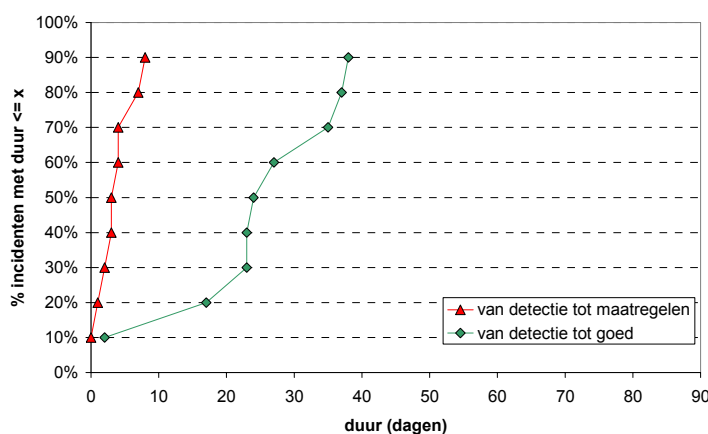
De gemiddelde responstijd tijdens alle incidenten was 6,5 dag, gewogen voor het aantal inwoners 8 dagen, in 50% van de incidenten 4 dagen of meer. Tijdens 3 van de 11 incidenten met niet-fecale vermindering van de waterkwaliteit waarvan een startdatum bekend is, duurde het 12 tot 32 dagen voordat de eerste maatregelen genomen werden (de concentraties van bacteriën van de coligroep waren tijdens deze 2 van de 3 incidenten niet hoger dan 7 KVD per 100 ml, tijdens het derde incident maximaal 50 KVD per 100 ml).

Bij fecale verontreinigingen (figuur 6) duurde het in 6 van de 9 van de incidenten drie dagen tot maximaal 8 dagen voordat maatregelen werden gestart. De maximale concentratie coli44 kwam in twee van de incidenten boven 20 KVD per 100 ml.

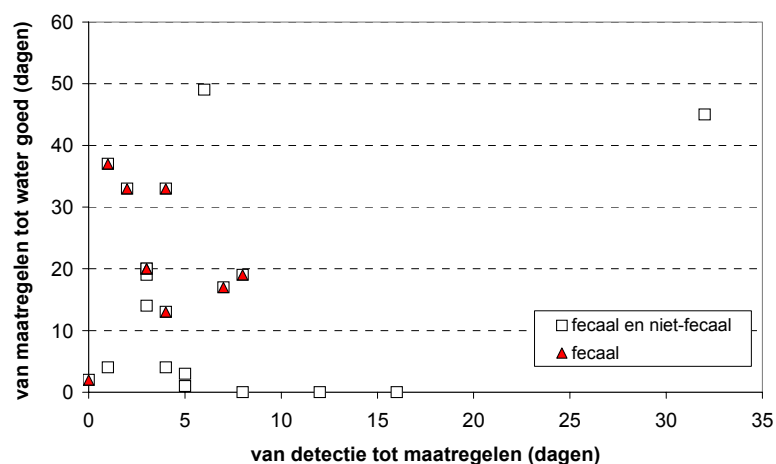
De gemiddelde responstijd tijdens alle fecale incidenten was 3,5 dag, gewogen voor het aantal inwoners 4 dagen, in 50% van de incidenten 3 dagen of meer.



Figuur 5 Tijd tussen het eerste moment van detectie van verontreinigingen (*fecaal en niet-fecaal*) of niet-fecale kwaliteitsverminderingen en het nemen van corrigerende maatregelen ('van detectie tot maatregelen') en de tijd totdat het drinkwater weer vrij is van indicatorbacteriën ('van detectie tot goed').



Figuur 6 Tijd tussen het eerste moment van detectie van een *fecale* verontreiniging en het nemen van corrigerende maatregelen ('van detectie tot maatregelen') en de tijd totdat drinkwater weer vrij is van indicatorbacteriën ('van detectie tot goed').

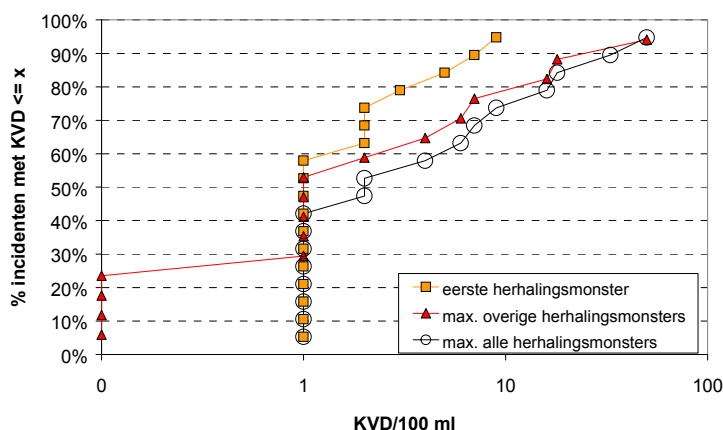


Figuur 7 *Tijd totdat drinkwater weer vrij is van indicatorbacteriën na het nemen van corrigerende maatregelen ('van maatregelen tot water goed') uitgezet tegen de tijd tussen het eerste moment van detectie van een verontreiniging of verminderde waterkwaliteit en het nemen van corrigerende maatregelen ('van detectie tot maatregelen').*

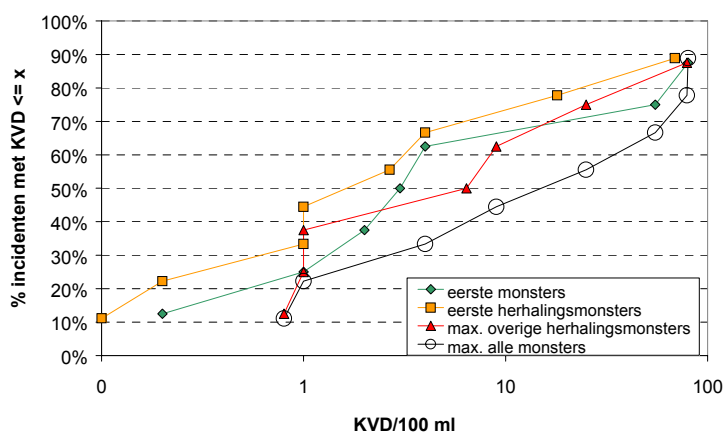
In de helft van alle incidenten was de verontreiniging een paar weken na de start van de maatregelen weer voorbij, maar het kon ook bijna drie maanden duren (gemiddeld 20 dagen). De fecale verontreinigingen duurden in 50% van de gevallen nog 24 dagen of langer (gemiddeld 25 dagen), maar zelden langer dan vijf weken. Bij piekverontreinigingen is theoretisch te verwachten dat maatregelen om het drinkwater weer veilig te maken (vrij van indicatorbacteriën en bij fecale verontreinigingen daarmee ook van pathogene organismen) sneller effectief zijn naarmate de tijd tussen detectie van het incident en corrigerende maatregelen langer is (de infrastructuur spoelt ook in deze tijd al schoon). Dit verband kan niet worden gevonden (zie figuur 7). De zeer effectieve maatregelen (tijd van maatregelen tot water goed = 0) betreffen het uitschakelen van reservoirs waarvan het uitgaande water van (niet-fecaal) verminderde kwaliteit is. Als dus door omstandigheden pas laat corrigerende maatregelen genomen kunnen worden, dan kan dus niet verwacht worden dat de maatregelen door het gedwongen uitstel snel effectief zullen zijn. De kans is groter indien men de infrastructuur die de verontreiniging of waterkwaliteitsvermindering veroorzaakt, kan isoleren van het distributiesysteem, maar ook dan kan het nog lang duren voordat het drinkwater in het distributiesysteem weer vrij van indicatorbacteriën is.

3.5 Waargenomen concentraties van indicatorbacteriën

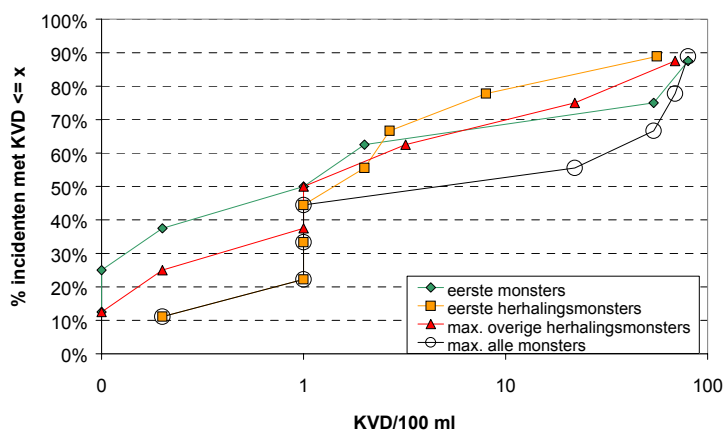
In figuren 8, 9 en 10 zijn de cumulatieve frequentieverdelingen van concentraties van bacteriën van de coligroep resp. thermotolerante bacteriën van de coligroep (of *E. coli*) in de eerste monsters en herhalingsmonsters weergegeven. Omdat bedrijf 8 in de eerste monsters alleen de aan- of afwezigheid van coli37 bepaalt (en zonodig bevestigt bij 37 °C en bij 44 °C), zijn de concentraties in de eerste monsters van dit bedrijf niet bekend en ook niet weergegeven. Omdat dit bedrijf 16 van de 18 niet-fecale incidenten heeft gerapporteerd, zijn de frequentieverdelingen van coli37 (figuur 8) in eerste monsters achterwege gelaten.



Figuur 8 Concentraties van *bacteriën van de coligroep* in drinkwatermonsters genomen tijdens incidenten met niet-faecal verminderde waterkwaliteit. Waarnemingen < detectiegrens zijn weergegeven als 0 (0.1 in de log-schaal).



Figuur 9 Concentraties van *bacteriën van de coligroep* in drinkwatermonsters genomen tijdens fecale verontreinigingsincidenten. Waarnemingen < detectiegrens zijn weergegeven als 0 (0.1 in de log-schaal).



Figuur 10 Concentraties van *thermotolerante bacteriën van de coligroep* (of *E. coli*) in drinkwatermonsters genomen tijdens fecale verontreinigingsincidenten. Waarnemingen < detectiegrens zijn weergegeven als 0 (0.1 in de log-schaal).

Tijdens incidenten met een niet-fecale vermindering van de waterkwaliteit komen de concentraties bacteriën van de coligroep (coli37) in het eerste monster en het eerste herhalingsmonster zelden boven 10 KVD/ml uit terwijl in ca. 25% van de incidenten de maximum concentratie coli37 boven 10 KVD/ml uit komt, met name in de periode na het eerste herhalingsmonster dus.

Tijdens ca. 50% van de fecale verontreinigings-incidenten komen de maximum concentraties indicatorbacteriën (zowel coli37 als coli44 of *E. coli*) boven 10 KVD/ml, maar nooit boven 100 KVD/ml. In figuur 11 is per fecaal verontreinigingsincident de concentratie indicatorbacteriën weergegeven. Hieruit kan worden opgemaakt dat de concentraties coli44 of *E. coli* tijdens de 4 incidenten bij 3 verschillende waterbedrijven na 31 mei 1995 en tot 10 september 1999 (gedurende 4,5 jaar dus) zeer laag waren (≤ 1 KVD per 100 ml), waarna zich binnen 9 maanden 3 incidenten bij 3 verschillende waterbedrijven voordeden waarbij de concentraties coli44 of *E. coli* boven 50 KVD per 100 ml kwamen. Er zijn geen redenen gevonden om aan te nemen dat dit geen toeval is.

In figuur 12 is het aandeel van coli44 of *E. coli* in de concentratie van coli37 per fecaal verontreinigingsincident weergegeven. Bij de fecale verontreinigingsincidenten was de concentratie niet-thermotolerante bacteriën van de coligroep altijd laag (de concentratie coli37 verminderd met de concentratie coli44 of *E. coli* was maximaal 13 KVD per 100 ml). De logaritmische trendlijn bij concentraties coli37 boven 4 KVD per 100 ml geeft de indruk dat het aandeel van coli44 toeneemt naarmate de concentratie coli37 toeneemt. Bij het aantreffen van hoge concentraties coli37 is de kans dus groot dat een deel van deze bacteriën van de coligroep *E. coli* betreft.

Fecale streptococci

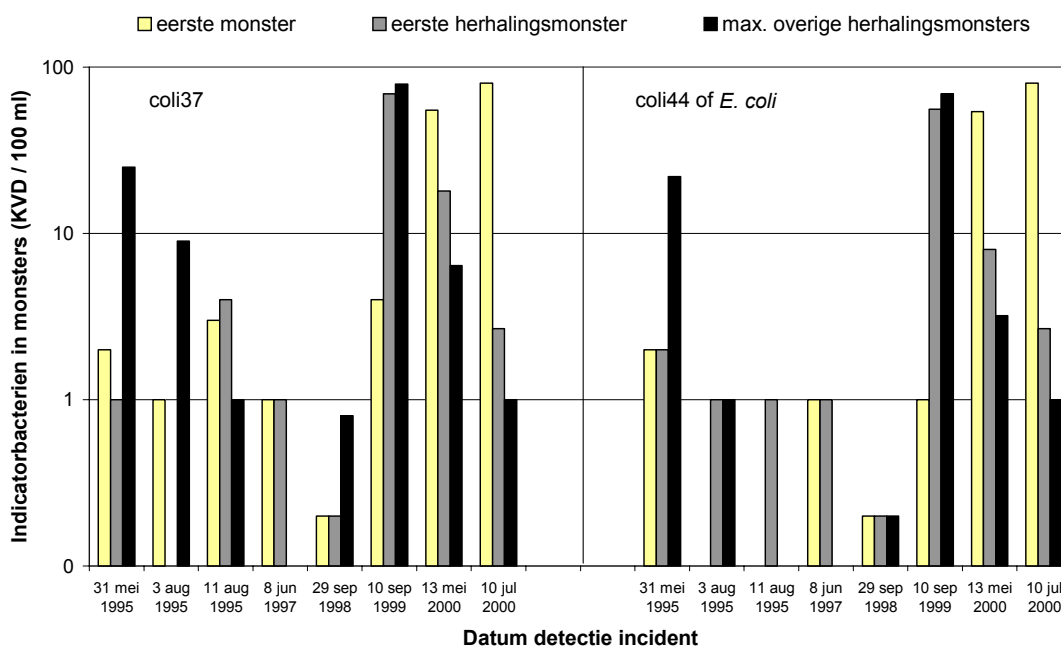
In 4 van de fecale verontreinigingsincidenten zijn de concentraties fecale streptococci (FS, tegenwoordig enterococci) in het eerste monster gerapporteerd als onderzocht (3 monsters uit voorzieningsgebieden: 8 juni 1998, 29 september 1998 en 13 mei 2000 en 1 monster uit een grondwaterverwerkend productiebedrijf: 3 augustus 1995), maar in geen van de gevallen zijn FS aangetroffen.

Van de eerste herhalingsmonsters zijn alleen bij dezelfde 4 incidenten gegevens over FS gerapporteerd en tijdens 1 van de incidenten is 1 FS per 100 ml in het herhalingsmonster gevonden (8 juni 1998), naast 1 coli44 per 100 ml.

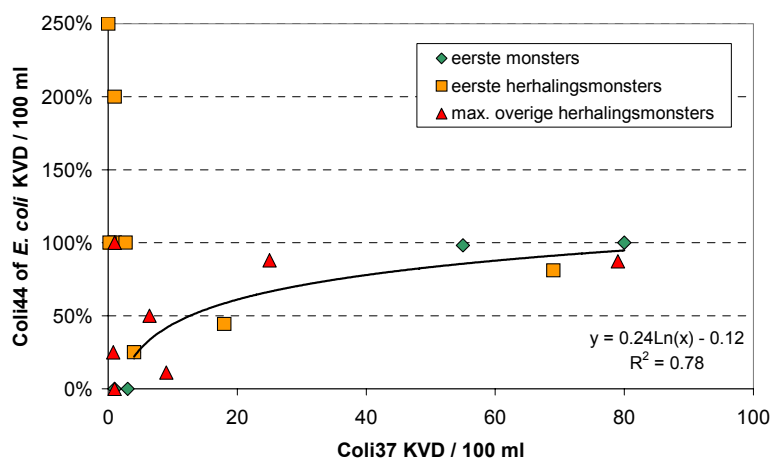
Bij 5 incidenten zijn gegevens over de maximale concentratie FS in de overige herhalingsmonsters gerapporteerd: 31 mei 1995 (9 KVD per 100 ml naast 22 KVD coli44 per 100 ml), 3 augustus 1995 (2 naast 1 KVD coli44 per 100 ml), 11 augustus 1997 (0 naast 0 KVD coli44 per 100 ml), 29 september 1998 (0 naast 0,2 *E. coli* per 100 ml) en 13 mei 2000 (0 naast 0 KVD coli44 per 100 ml).

Over sporen van sulfietreducerende clostridia (SSRC) is bij dezelfde incidenten gerapporteerd waarbij ook over FS is gerapporteerd. Alleen bij het incident van 3 augustus 1995 zijn SSRC aangetroffen in de overige herhalingsmonsters (maximaal 1 KVD per 100 ml naast maximaal 1 KVD coli44 en 2 KVD FS per 100 ml).

Er is te weinig informatie gerapporteerd over het voorkomen van FS en SSRC om deze gegevens te evalueren.



Figuur 11 Verloop van de concentraties van bacteriën van de coligroep (coli37) en thermotolerante bacteriën van de coligroep of *E. coli* (coli44 of *E. coli*) tijdens fecale verontreinigingsincidenten.



Figuur 12 Relatieve concentraties van thermotolerante bacteriën van de coligroep of *E. coli* (coli44 of *E. coli*) vs. de concentraties van bacteriën van de coligroep (coli37) tijdens fecale verontreinigingsincidenten (waarbij 1 incident met coli37 = 0 en coli44 = 0 in eerste herhalingsmonster aangeduid met coli44 of *E. coli* = 250%). De trendlijn is weergegeven voor concentraties coli37 \geq 4 KVD / 100 ml).

3.6 Blootstellingsrisico en infectierisico ten gevolge van geregistreerde fecale verontreinigingsincidenten

De deelnemende waterbedrijven hebben samen ongeveer 2,5 miljoen aansluitingen (~ 6,7 miljoen inwoners, uitgaande van het huidige aantal inwoners van 2,4 per woning¹⁷). Het totaal aantal personen dat tijdens de 9 geregistreerde incidenten aan fecaal verontreinigd drinkwater blootgesteld is, wordt over de periode van 5 jaar geschat op ca. 454.000. Indien de steekproef representatief is voor Nederland (16 miljoen inwoners), dan zijn er in dezelfde periode ca. 1,1 miljoen mensen aan fecaal verontreinigd drinkwater blootgesteld, dat wil zeggen ca. 217.000 per jaar. Voor de geregistreerde verontreinigingsincidenten lagen tussen de detectie van een verontreiniging en de eerste maatregelen 3 tot 4 dagen¹⁸. Ongeveer 1,4% van de inwoners ontving gemiddeld dus tenminste ca. 1% van de tijd fecaal verontreinigd drinkwater (aangenomen wordt dat inwoners op de dag dat de corrigerende maatregelen gestart worden geen fecaal verontreinigd drinkwater meer consumeren). Pas na ca. 25 dagen (zowel mediane als gemiddelde waarde) na de start van corrigerende maatregelen was het water weer vrij van indicatorbacteriën.

In geen van de geëvalueerde jaren heeft in hetzelfde gebied meer dan eens een (geregistreerd) fecaal verontreinigingsincident plaatsgevonden. Dat betekent dat het blootstellingsrisico en het infectierisico ten gevolge van verontreinigingsincidenten voor de inwoners van deze gebieden geheel wordt bepaald door deze incidenten. Hoe hoger de concentratie van pathogenen en hoe langer de periode tot de start en succes van corrigerende maatregelen, des te hoger zijn het blootstellings- en infectierisico. De kans op blootstelling (blootstellingsrisico) wordt als volgt berekend:

$$p(\text{bs}) = \text{cons} \cdot \text{coli} \cdot 10 \cdot \text{path} \cdot \text{tijd}$$

waarbij:

- $p(\text{bs})$ = blootstellingsrisico¹⁹ (pppj²⁰, bijdrage per incident) voor inwoners in het verontreinigde gebied, voor het jaar waarin het incident plaatsvindt
- cons = ongekookte consumptie per persoon per dag (0,25 liter)
- coli = gemiddelde concentratie coli44 (of *E. coli*) in 100 ml, berekend door het gemiddelde te nemen van het 1e monster, het 2e monster en het maximum van de concentraties in de daarop volgende herhalingsmonsters
- path = gemiddelde verhouding pathogenen / coli44 in rioolwater²¹. Gebruikte waarden: *Cryptosporidium*: $1,7 \cdot 10^{-5}$ (48); *Giardia*: $7,3 \cdot 10^{-5}$ [48]; enterovirus: $7,7 \cdot 10^{-7}$ (48) en *Campylobacter*: $3,6 \cdot 10^{-7}$ [36].
- tijd = blootsteldingsduur (dagen) tussen detectie en 1) de start van de eerste maatregelen of 2) het moment van goedkeuring van het drinkwater

¹⁷ Voor GWA op een factor 3 hoger gesteld omdat 1 aansluiting meestal meerdere woningen voorziet van drinkwater

¹⁸ Mediaan 3 dagen, gemiddeld 3,5 dagen, gemiddeld gewogen voor aantal inwoners 4 dagen

¹⁹ Aangenomen wordt dat de pathogene organismen goed verdeeld zijn in het water, zodat de kans groot is dat de maximum consumptie per persoon een pathogeen organisme is

²⁰ pppj = per persoon per jaar

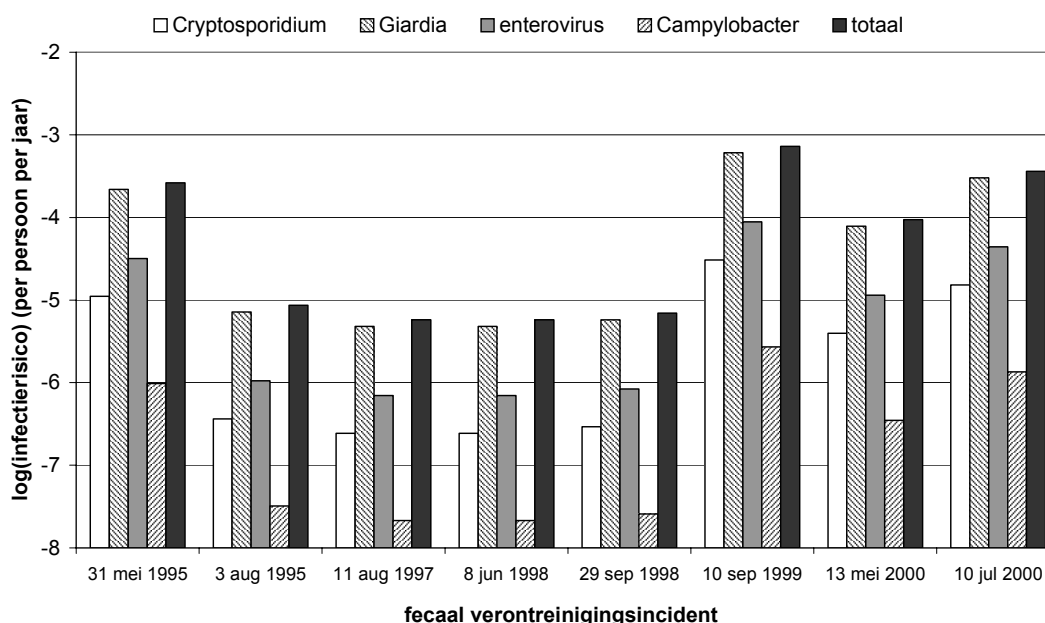
²¹ Om een veiligheidsmarge te hanteren en omdat over uitwerpselen van vee en wild minder bekend is, is gekozen voor het meest besmettelijke materiaal, rioolwater (47).

Het infectierisico²² wordt als volgt berekend:

voor <i>Campylobacter</i>	$p(\text{inf}) = 1 - (1 + (p(\text{bs})/7,59))^{-0,145}$	[46]
voor <i>Cryptosporidium</i>	$p(\text{inf}) = 1 - e^{-0,004202 * p(\text{bs})}$	[61]
voor rotavirus ²³	$p(\text{inf}) = 1 - (1 + (p(\text{bs})/0,42))^{-0,26}$	[61]
voor <i>Giardia</i>	$p(\text{inf}) = 1 - e^{-0,0199 * p(\text{bs})}$	[61]

waarbij

$p(\text{inf})$ = infectierisico (pppj, bijdrage per incident) voor inwoners in het verontreinigde gebied, voor het jaar waarin het incident plaatsvindt
 $p(\text{bs})$ = blootstellingsrisico (pppj, bijdrage per incident).



Figuur 13 Op basis van een aantal aannames en met onzekerheden berekende 10-logaritmes van de infectierisico per persoon per jaar voor inwoners van de verontreinigde gebieden in het betreffende jaar, indien de blootstellingsduur berekend wordt als de periode tussen detectie en de start van maatregelen

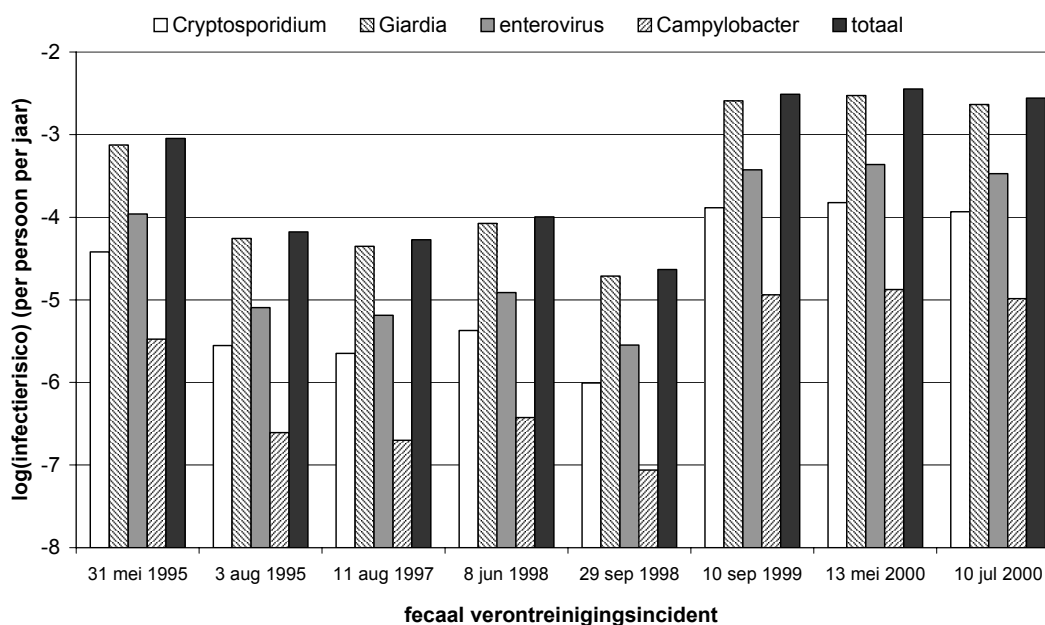
In figuur 13 is per geregistreerd verontreinigingsincident (periode van mei 1995 t/m juli 2000) het met aannames en onzekerheden berekende infectierisico in de betreffende jaren weergegeven voor de inwoners in de verontreinigde gebieden,

²² Als iemand geïnfecteerd is, dan treedt vermenigvuldiging van het pathogene organisme in zijn lichaam op. De pathogene organismen worden in dit geval dan in de ontlasting van de persoon aangetroffen. Dit is de eerste stap van het proces van ziekteverwekking, maar slechts een deel van de geïnfecteerde personen wordt in meerdere of mindere mate ziek. Dat heeft o.a. te maken met het soort pathogeen en de gevoeligheid en immuniteit van de geïnfecteerde personen. De relaties tussen blootstelling (consumptie) en infectie zijn bekend uit dosis-respons onderzoek (de bronnen staan vermeld achter de formules).

²³ Rotavirussen worden op dit moment beschouwd als de meest infectieuze virussen. Bij gebrek aan betrouwbare kwantitatieve gegevens over de concentraties van levende, infectieuze rotavirussen in rioolwater, zijn de concentraties van enterovirussen gebruikt als beste schatter van de blootstellingsrisico's bij fecale verontreinigingen

zowel per pathogeen organisme als totaal, uitgaande van een beperking van de blootstelling tussen detectie en de eerste maatregelen. Tijdens het incident op 11-3-'99 (leidingbreuk bij rioolwerkzaamheden) is de drinkwatervoorziening pas weer gestart nadat de bewoners van de 27 aansluitingen een kookadvies is gegeven. Het infectierisico voor dat gebied voor dat jaar was dus 0 per persoon en is daarom niet in de figuur opgenomen.

Door de combinatie van het relatief hoge gehalte in rioolwater en de hoge infectiviteit van *Giardia* bepaalt dit organisme het grootste deel van de infectiekans.



Figuur 14 Op basis van een aantal aannames en met onzekerheden berekende 10-logaritmes van de infectierisico per persoon per jaar voor inwoners van de verontreinigde gebieden in het betreffende jaar, indien de blootstellingsduur berekend wordt als de periode tussen detectie en goedkeuring van het water

In figuur 14 zijn de infectierisico's per incident weergegeven, uitgaande van een blootstelling tussen detectie en de datum waarop het drinkwater weer goed was. Omdat onbekend is in welke mate gedoseerde desinfectiemiddelen effectief zijn en in welke mate kookadviezen worden opgevolgd, zijn de infectierisico's ook voor de uitgebreide periode berekend. Omdat de periode tussen het ontstaan en de detectie van de verontreiniging onbekend is, is deze niet in de blootstellingsduur meegerekend, dus de worst-case situatie (voor wat betreft blootstellingsduur) is niet bekend. Indien de infectierisico's worden vergeleken met de voorlopige richtlijn van 1.10^{-4} per persoon, dan zijn de conclusies als volgt:

Bij een veronderstelde beperkte blootstellingsduur (tussen detectie en maatregelen):
 Door de verontreinigingsincidenten van 31 mei 1995 (± 36.000 personen), 10 september 1999 (± 120 personen) en 10 juli 2000 (± 115.000 personen) was het infectierisico in de verontreinigde gebieden in de betreffende jaren ca. 3x tot 7x hoger dan 1.10^{-4} per persoon. Voor het incident van 13 mei 2000 lag deze kans in 2000 daar net onder ($9,4 \cdot 10^{-5}$ per persoon).

Bij een veronderstelde uitgebreide blootstellingsduur (tussen detectie en drinkwater goed):
Door de verontreinigingsincidenten van 31 mei 1995 (± 36.000 personen), 10 september 1999 (± 120 personen), 13 mei 2000 (± 1.000 personen) en 10 juli 2000 (± 115.000 personen) was het infectierisico in de verontreinigde gebieden in de betreffende jaren ca. 9x tot 36x hoger dan 1.10^{-4} per persoon. Door het verontreinigingsincident van 8 juni 1998 was het infectierisico voor de inwoners van het verontreinigde gebied (± 4.000 personen) ca. 1.10^{-4} per persoon (de voorlopige grenswaarde).

Niet alleen de blootstellingsduur en de spreiding daarvan in de voorzieningsgebieden is echter onbekend. Ook van andere factoren is onvoldoende bekend om een heel betrouwbare schatting te maken van de werkelijke infectierisico's tijdens fecale verontreinigingsincidenten.

De infectierisico's ten gevolge van incidenten zijn waarschijnlijk **overschat** door:

- Bij elke incident voor de berekening van de aantallen pathogenen in het drinkwater de gegevens over verhoudingen tussen aantallen *E. coli* en aantallen pathogenen in rioolwater te gebruiken. Waarschijnlijk is het aantal pathogenen lager indien een verontreiniging met mest van vee of uitwerpselen van wild heeft plaatsgevonden, zoals in zeven van de tien geregistreerde incidenten waarschijnlijk het geval was. Bij gebrek aan betrouwbare gegevens over de verhoudingen tussen aantallen *E. coli* en aantallen pathogenen in deze materialen, zijn gegevens over verhoudingen in rioolwater gebruikt, een worst-case benadering omdat in uitwerpselen van wild en landbouwhuisdieren (vee) minder menspathogene organismen voorkomen [47].

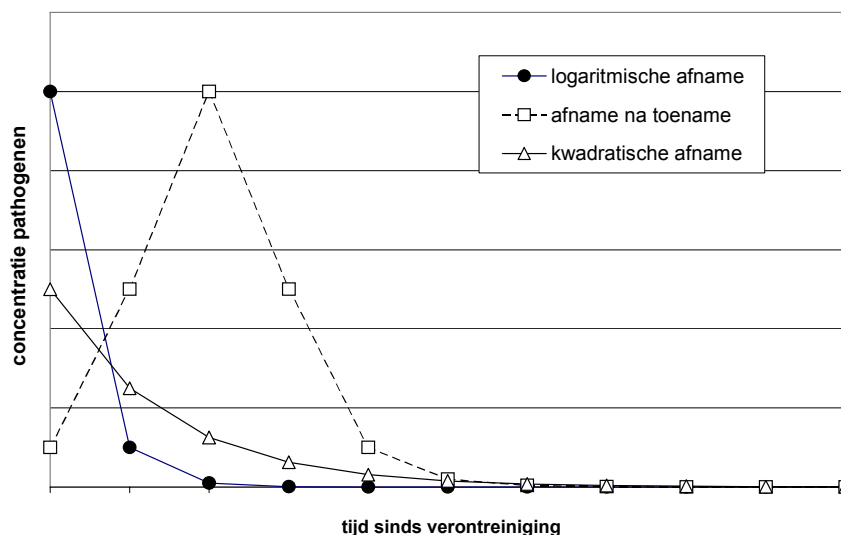
De infectierisico's ten gevolge van incidenten zijn waarschijnlijk **onderschat** door:

- De beperkte registratie van verontreinigingsincidenten bij de deelnemende waterbedrijven. Met name van kortdurende incidenten en van incidenten in kleine gebieden worden waarschijnlijk niet altijd evaluaties vastgelegd.
- De onbekende tijd tussen de werkelijke start van de verontreiniging en de detectie ervan. De maximale tijd is afhankelijk van de monsterfrequentie en die was volgens het Waterleidingbesluit van 1984 [71]:
 - minder dan een dag voor uitgaand water van oppervlaktewaterverwerkende productiebedrijven (vaak wordt meerdere keren per dag bemonsterd);
 - minder dan een week voor uitgaand water van grondwaterverwerkende productiebedrijven;
 - minder dan 14 dagen op vaste monsterlocaties in het voorzieningsgebied, in de rest van het gebied is de tijd afhankelijk van de monsterfrequentie (samen met vaste locaties 1 per 10.000 inwoners per 14 dagen) en de representativiteit van de monsterlocaties.

De vorm van de curve van de concentratie van pathogene organismen in het water bepaalt de ernst van deze onderschatting. In figuur 15 is een drietal hypothetische curven weergegeven. Bij een kortdurende piekverontreiniging, welke in de meeste gevallen zullen voorkomen, is een momentane toename en een snelle (bijvoorbeeld logaritmische) afname van de concentratie pathogenen te verwachten (mogelijk bij de incidenten op 31 mei en 10 juli 2000, zie figuur 8). Indien een verontreiniging als piek start, maar daarna voortduurt en de concentratie pathogenen in de verontreinigingsbron afneemt (bijvoorbeeld door

verdunding met regenwater) dan is een momentane toename en een langzame (bijvoorbeeld kwadratische) afname van de concentratie pathogenen te verwachten. Theoretisch kan de piek ook later komen, als de concentratie pathogenen in de verontreinigingsbron eerst toeneemt, bijvoorbeeld door de transporttijd tussen hoge concentraties fecaal materiaal en de opening in de drinkwaterinfrastructuur (bijvoorbeeld materiaal van uitwerpselen in een weiland dat tijdens een lange regenperiode naar een lekke pompput spoelt).

- De onzekere duur van de periode tussen de eerste maatregelen en het einde van consumptie van verontreinigd drinkwater door de inwoners.
- Het beperkte aantal pathogene organismen waarvoor gegevens over de verhouding tussen het aantal *E. coli* bacteriën en het aantal pathogenen in rioolwater beschikbaar zijn: *Cryptosporidium*, *Giardia*, enterovirussen en *Campylobacter*. Er kunnen ook andere pathogenen in het rioolwater voorkomen, waaronder Norovirussen, Hepatitis A virus, rotavirussen, *Entamoeba histolytica*, *Salmonella* spp., *E. coli* O157 etc.
- Een belangrijk aantal van deze pathogenen overleeft langer in het milieu dan *E. coli* of wordt beter door de bodem getransporteerd dan *E. coli*.



Figuur 15 Theoretische mogelijkheden van het verloop van een verontreiniging van drinkwater

3.6.1 Infectierisico tijdens de verontreiniging van drinkwater in het Scheepvaartkwartier te Rotterdam in maart 1981

In maart 1981 heeft zich één van de twee drinkwaterverontreinigingen voorgedaan waarbij inwoners van Nederland aantoonbaar ziek zijn geworden door de consumptie van drinkwater [32]. In de periode van 20 tot 23 maart 1981 is bij de levering van drinkwater aan een viertal marineschepen waarschijnlijk een foutieve aansluiting gemaakt, waardoor (fecaal) verontreinigd afvalwater en mogelijk ook rivierwater in het distributiesysteem is geperst. Op de avond van 20 maart en in de

morgen van 21 maart werd door bewoners van het Scheepvaartkwartier al geklaagd over vervuiling van het drinkwater. Direct daarop is op een tiental punten het distributiesysteem gespuid om het drinkwater verschillende keren te verversen. Op 23 maart kwamen de eerste ziekmeldingen uit deze stadswijk binnen. Op die dag zijn direct door het waterbedrijf monsters genomen waaruit op 24 maart bleek dat inderdaad een fecale verontreiniging van het drinkwater had plaatsgevonden: > 100 KVD coli37 / 100 ml, waarvan 20-60% coli44 bleek te zijn. Op 25 maart is chloordosering gestart op de aanvoerleiding voor deze wijk tot 1 mg/l vrij chloor. Op 27 maart werd op aanwijzing van de Inspectie Volksgezondheid uit extra veiligheidsoverwegingen de chloordosis verhoogd tot 2 mg/l vrij chloor.

Met deze gegevens kan het blootstellingsrisico berekend worden op dezelfde wijze als voor de 9 in paragraaf 3.6 geëvalueerde fecale verontreinigingsincidenten (van detectie tot maatregelen). De ongekookte consumptie (*cons* in de formule) zal net als nu ca. 0,25 l/dag zijn geweest. De concentratie coli37 was op 23 maart (na het spuien op 21 maart dus) nog steeds > 100 KVD/l. Het percentage coli44 was 20%-60% van coli37, dus ca. 40% van > 100 coli37, dus > 40. Dit is een onderschatting voor die dag en de 3 dagen ervoor, maar de beste schatting op basis van de beschikbare gegevens.

De blootstellingsrisico's waren dan (per persoon in 1981 door dat incident):

voor <i>Campylobacter</i>	$p(\text{bs}) = 0,25 \cdot 40 \cdot 10 \cdot 3,6 \cdot 10^{-7} \cdot 5 = 1,9 \cdot 10^{-4}$
voor <i>Cryptosporidium</i>	$p(\text{bs}) = 0,25 \cdot 40 \cdot 10 \cdot 1,7 \cdot 10^{-5} \cdot 5 = 8,5 \cdot 10^{-3}$
voor enterovirus	$p(\text{bs}) = 0,25 \cdot 40 \cdot 10 \cdot 7,7 \cdot 10^{-7} \cdot 5 = 3,9 \cdot 10^{-4}$
voor <i>Giardia</i>	$p(\text{bs}) = 0,25 \cdot 40 \cdot 10 \cdot 7,3 \cdot 10^{-5} \cdot 5 = 3,7 \cdot 10^{-2}$

De infectierisico's waren dan (per persoon in 1981 door dat incident):

voor <i>Campylobacter</i>	$p(\text{inf}) = 1 - (1 + (1,9 \cdot 10^{-4} / 7,59))^{-0,145} = 3,3 \cdot 10^{-6}$
voor <i>Cryptosporidium</i>	$p(\text{inf}) = 1 - e^{-0,004202 \cdot 8,5 \cdot 10^{-3}} = 3,6 \cdot 10^{-5}$
voor rotavirus	$p(\text{inf}) = 1 - (1 + (3,9 \cdot 10^{-4} / 0,42))^{-0,26} = 1,0 \cdot 10^{-4}$
voor <i>Giardia</i>	$p(\text{inf}) = 1 - e^{-0,0199 \cdot 3,7 \cdot 10^{-2}} = 7,2 \cdot 10^{-4}$

Het totale infectierisico door deze 4 pathogenen was dan door het incident voor de inwoners van het Scheepvaartkwartier $8,6 \cdot 10^{-4}$ per persoon in 1981. Dit is vergelijkbaar met het infectierisico voor de 50 personen die tijdens het incident van 10 september 1999 bij bedrijf 2 gedurende 4 dagen zijn blootgesteld aan fecaal verontreinigd ($7,3 \cdot 10^{-4}$ per persoon voor 1999) en ongeveer 3x zo hoog als de twee andere verontreinigingsincidenten waarbij het infectierisico boven 10^{-4} pppj uitkwam ($2,6 \cdot 10^{-4}$ voor 36.000 personen in 1995 en $3,6 \cdot 10^{-4}$ voor 115.000 personen in 2000). Gelet op de klachten van inwoners van het Scheepvaartkwartier op 20 en 21 maart 1981 en de daarop volgende spuiwerkzaamheden van het waterbedrijf is het echter vrijwel zeker dat de concentraties van pathogene organismen in de eerste dagen na de verontreiniging, voor het spuien en voor het bacteriologisch onderzoek, vele malen hoger zijn geweest dan de gegevens die beschikbaar zijn voor bovenstaande berekeningen. Hoewel dit in mindere mate ook zal gelden voor de geëvalueerde verontreinigingsincidenten in de periode 1995-2000 (de tijd en omstandigheden tussen verontreiniging en detectie was meestal niet bekend), is het infectierisico in het Scheepvaartkwartier, gelet op de duidelijk waarneembare gevolgen voor de volksgezondheid, ongetwijfeld vele malen hoger geweest dan in de geëvalueerde verontreinigingsincidenten.

3.6.2 Grenswaarde voor product van verontreinigingsduur en concentratie van *E. coli*

Op basis van de beschikbare gegevens over de verhouding van de concentratie van *E. coli* en de concentratie en infectiviteit van 4 pathogenen (*Campylobacter*, *Cryptosporidium*, enterovirussen/rotavirussen en *Giardia*) in rioolwater, kan een grenswaarde worden berekend voor het product van de verontreinigingsduur en de gemiddelde concentratie van *E. coli* in KVD/100 ml tijdens fecale verontreinigingsincidenten (afgekort: *E. coli* -concentratiedagen of ECCD). Deze grenswaarde wordt berekend door de constante verhouding van het aantal *E. coli* -concentratiedagen met het infectierisico. De voorlopige grenswaarde voor het infectierisico van 1.10^{-4} pppj voor uitgaand water van oppervlaktewaterverwerkende productiebedrijven wordt in ieder geval overschreden zodra *E. coli* -concentratiedagen hoger dan 23 is en dat getal is lager als het achtergrondinfectierisico via drinkwater groter dan 0 pppj is. Dat betekent dat de grenswaarde voor het infectierisico in een voorzieningsgebied in dat jaar wordt overschreden indien een of meerdere verontreinigingsincidenten meer dan 23/c dagen (≥ 2 dagen, zie definitie in paragraaf 2.1) duren bij een gemiddelde concentratie van c KVD *E. coli* per 100 ml drinkwater. De grenswaarde is afhankelijk van de beschikbare informatie beschikbaar is over aantallen pathogenen in rioolwater en ander fecaal materiaal.

3.7 Conclusies en aanbevelingen

- Door de negen fecale verontreinigingsincidenten zijn in de periode van vijf jaar ca. 454.000 van de ca. 6,7 miljoen inwoners (ca. 1,4% per jaar) gedurende gemiddeld vier tot vijftien dagen²⁴ (1% tot 4% van het jaar) blootgesteld aan drinkwater dat waarschijnlijk ziekteverwekkende micro-organismen bevatte.
- In de periode mei 1995 t/m juli 2000 hebben ca. 151.000 inwoners van de voorzieningsgebieden van de deelnemende waterbedrijven gedurende één van de jaren een infectierisico van meer dan 1.10^{-4} per persoon gelopen. Het maximale infectierisico bedroeg $3,6.10^{-3}$ per persoon per jaar, 36 maal de voorlopige grenswaarde. Door onvoldoende kennis over de werkelijke blootstellingsduur en werkelijke concentraties pathogene micro-organismen tijdens incidenten, is de betrouwbaarheid van de berekende infectierisico's echter beperkt en zijn de infectierisico's waarschijnlijk onderschat.
- Onder meer door het ontbreken van betrouwbare gegevens over de verhouding van aantallen pathogene organismen en aantallen *E. coli* in uitwerpselen van wild en landbouwhuisdieren en de beperkte hoeveelheid gegevens over deze verhoudingen in rioolwater, kan niet voldoende betrouwbaar ingeschat worden wat de werkelijke infectierisico's zijn ten gevolge van incidenten die het gevolg zijn van fecale verontreinigingen. Nader onderzoek van de verhoudingen van aantallen pathogenen en aantallen *E. coli* in uitwerpselen van wild en landbouwhuisdieren is daarom aan te bevelen. Ook is het aan te bevelen om tijdens incidenten nader onderzoek naar de aanwezigheid van pathogenen in het drinkwater uit te voeren om het infectierisico te kunnen inschatten.

²⁴ Gewogen voor het aantal inwoners die verontreinigd water ontvingen: gemiddeld 4 dagen tussen detectie en eerste maatregelen, gemiddeld 15 dagen tussen detectie en einde incident.

- Gelet op de onzekerheid bij een groot deel van de deelnemende waterbedrijven over de volledigheid van de gerapporteerde incidenten, is een onderschatting van de frequentie van incidenten waarschijnlijk. Optimalisatie van de registratie en toegankelijkheid van gegevens over incidenten is daarom aan te bevelen. Zeker bij langduriger incidenten is uitgebreide vastlegging van gegevens nodig, waaronder een gedetailleerde vastlegging van waterkwaliteitsgegevens, inclusief locatie en tijdstippen van monsterneming.
- Alleen in de 86 deelnemende grondwaterverwerkende productiebedrijven zijn incidenten geregistreerd (13 incidenten, waarvan 11 zeker of vermoedelijk door verontreinigingen, waarvan 4 fecaal), in de 11 oppervlaktewaterverwerkende productiebedrijven niet. Dit verschil is statistisch zeer sterk significant op basis van het aantal onderzochte drinkwatermonsters en het infectierisico door incidenten in grondwaterverwerkende productiebedrijven is daarom waarschijnlijk groter dan door incidenten in oppervlaktewaterverwerkende productiebedrijven. Meer aandacht voor de kwaliteit van de infrastructuur van en bedrijfsvoering in grondwaterverwerkende productiebedrijven lijkt daarmee gerechtvaardigd, met name voor hun gevoeligheid voor de invloed van extreme neerslag (stortbuien). Ook een verhoging van de frequentie van het onderzoek van uitgaand water van grondwaterverwerkende productiebedrijven (nu eens per week) is aan te bevelen. Het infectierisico van de inwoners van de voorzieningsgebieden wordt immers bepaald door de blootstellingsduur en de concentratie van de pathogene organismen in het drinkwater. Hoe eerder een verontreiniging wordt gedetecteerd, des te eerder kunnen corrigerende maatregelen worden getroffen om het infectierisico ten gevolge van de verontreiniging te beperken. Dit was ook een van de belangrijkste conclusies betreffende een verontreiniging van drinkwater bereid uit grondwater met *E. coli* O157:H7 en *Campylobacter jejuni* in Walkerton (Canada) in mei 2000, waarbij 7 doden en 2.300 ziektegevallen te betreuren waren [54]. De betrouwbaarheid van het berekende infectierisico ten gevolge van een opgetreden fecale verontreiniging van uitgaand water van een grondwaterproductiebedrijf zal door een hogere frequentie van waterkwaliteitsbeoordeling ook toenemen omdat de blootstellingsduur en de ernst van een verontreiniging beter kan worden ingeschat.
- Gelet op het grote aantal incidenten door verontreiniging als gevolg van een verminderde staat van (distributie)reservoirs lijkt ook meer aandacht voor periodieke inspectie van deze infrastructuur gerechtvaardigd.
- De periode tussen detectie en eerste maatregelen tijdens fecale verontreinigingsincidenten was soms lang (tot 8 dagen). Vanuit het oogpunt van bescherming van de volksgezondheid is het sneller nemen van maatregelen aan te bevelen.
- Voor het gemak kan voorlopig als vuistregel een grenswaarde van 23 worden aangehouden voor “*E. coli* - concentratiedagen” (ECCD; aantal dagen x gemiddelde *E. coli* -concentratie in KVD per 100 ml) tijdens een of meerdere fecale verontreinigingsincidenten. Indien deze grenswaarde wordt overschreden, wordt de voorlopige grenswaarde van 1.10^{-4} per persoon in dat jaar voor het infectierisico voor de inwoners in een gebied overschreden. De grenswaarde wordt lager dan 23 als het achtergrondrisico voor infectie via drinkwater groter dan 0 per persoon per jaar is.

- De herkomst van de verontreiniging was in de helft van de gevallen onzeker of onbekend. Door een toenemende beschikbaarheid van moleculair-biologische identificatiemethoden zijn de mogelijkheden voor het achterhalen van de bron en de oorzaak van de verontreiniging tegenwoordig groter geworden. Het valt aan te bevelen om bij onzekerheid over de bron en de oorzaak van een vastgestelde verontreiniging de monsters met bacteriën van de coligroep en/of *E. coli* te laten onderzoeken op de waarschijnlijke herkomst van de verontreiniging en zelfs van de herkomst (diersoort) van de fecaliën. Tevens is het van belang om zo spoedig mogelijk grond, grondwater, oppervlaktewater of fecaal materiaal (afhankelijk van de aard van de verontreiniging) te verzamelen in de omgeving van de locatie waar de verontreiniging (waarschijnlijk) heeft plaatsgevonden. Van de *E. coli* bacteriën of bacteriën van de coligroep in dit materiaal kan dan met een grote mate van zekerheid vastgesteld worden of ze identiek zijn aan de *E. coli* bacteriën of bacteriën van de coligroep die zijn aangetroffen in het drinkwater.
- Er zijn aanwijzingen gevonden dat de gevoeligheid van de methode voor detectie van coli44 (vergelijkbaar met de huidige methode voor detectie van *E. coli*) nadere evaluatie behoeft. Aanbevolen wordt om te evalueren of nader onderzoek nodig is naar de gevoeligheid van kweken in vloeibare media voor de detectie van de aanwezigheid van coli37 in vergelijking met de gevoeligheid van kweken op agarplaten na membraanfiltratie.

4 Evaluatie van de waterkwaliteitsgegevens

N.B. In dit rapport wordt gebruik gemaakt van de bij waterbedrijven gebruikelijke termen 'positief monster' en 'negatief monster' omdat deze termen korter en gemakkelijker te lezen zijn dan de correcte termen 'monster met indicatorbacteriën' resp. 'monster zonder indicatorbacteriën'. In de communicatie met derden moeten deze termen echter vermeden worden omdat het noch voor de klant noch voor het bedrijf positief is als een drinkwatermonster indicatorbacteriën bevat.

De kwaliteit van het geproduceerde en gedistribueerde drinkwater van de deelnemende waterbedrijven is geëvalueerd om vast te stellen:

1. De (spreiding van) de aanwezigheid van indicatorbacteriën.
 2. De verschillen hierin tussen waterbedrijven
 3. De verschillen (veranderingen) tussen fasen van transport en distributie
 4. Referentiewaarden voor aantallen indicatorbacteriën
 5. De infectierisico's tijdens normale bedrijfsvoering en kleine incidenten
- Nevendoel was het ontwikkelen en beschikbaar maken van methoden voor evaluatie van deze gegevens, met name voor doelen 1 t/m 3.

Voor de evaluatie van de waterkwaliteit is gebruik gemaakt van de gegevens aangeleverd door de waterbedrijven die aan dit onderzoek hebben deelgenomen. De aangeleverde gegevens betreffen:

- Totaal aantal onderzochte monsters.
- Aantal positieve eerste monsters van zowel coli 37, coli44²⁵, FS (fecale streptococci) en SSRC (sporen van sulfietreducerende clostridia).
- Aantal positieve herhalingsmonsters van zowel coli 37, coli44, FS (fecale streptococci) en SSRC (sporen van sulfietreducerende clostridia).
- Productiebedrijven, aansluitingen op distributieleidingen en distributiereservoirs.
- Voor de jaren 1996, 1997 en 1998 (van bedrijf 2 voor de jaren 1997, 1998 en 1999)

Deze gegevens zijn als volgt weergegeven en statistisch getoetst:

- Paragraaf 4.1: presentatie en evaluatie van de percentages positieve monsters van
 - uitgaand water van productiebedrijven;
 - uitgaand water van distributiereservoirs;
 - drinkwater uit percelen in voorzieningsgebieden.
- Paragraaf 4.2: toetsing op verschillen tussen de waterbedrijven.
- Paragraaf 4.3: toetsing op verschillen tussen uitgaand water van productiebedrijven, uitgaand water van distributiereservoirs en drinkwater uit percelen (per bedrijf) die duiden op kwaliteitsveranderingen tijdens transport, opslag en/of distributie.
- Paragraaf 4.4 : cumulatieve frequentieverdelingen voor percentages positieve monsters en de daaruit resulterende referentiewaarden.

²⁵ Sommige bedrijven bepalen in (een deel van) de monsters *E. coli* i.p.v. coli44. In dit hoofdstuk zijn deze gegevens samengevoegd en gepresenteerd als coli44. Met ingang van 2002 wordt drinkwater onderzocht op *E. coli* i.p.v. op coli44.

In bijlage III zijn de statistische bewerkingen uitgelegd, zodat waterbedrijven deze vergelijkingen intern (tussen productiebedrijven en voorzieningsgebieden), maar ook onderling kunnen uitvoeren.

Tenslotte zijn de infectierisico's voor afnemers in de voorzieningsgebieden van de deelnemende waterbedrijven berekend op basis van het percentage monsters waarin coli44 is aangetroffen (paragraaf 4.5).

4.1 Percentages positieve monsters

Voor zowel de eerste monsters als de herhalingsmonsters zijn de percentages positieve monsters berekend op basis van het aantal *eerste* monsters dat is verzameld (in beide grafieken zijn deze aantallen weergegeven boven de kolommen). Indien het percentage positieve monsters van herhalingsmonsters zou worden berekend op basis van het aantal *herhalingsmonsters*, zou dit een relatief hoog percentage opleveren dat geen zinvolle informatie geeft over de waterkwaliteit.

De volgende figuren zijn opgenomen:

Bacteriën van de coligroep

- figuur 16: eerste monsters (linker bladspiegel)
- figuur 17: herhalingsmonsters (rechter bladspiegel)

Thermotolerante bacteriën van de coligroep

- figuur 18: eerste monsters (linker bladspiegel)
- figuur 19: herhalingsmonsters (rechter bladspiegel)

Per figuur zijn weergegeven de percentages positieve monsters van:

- uitgaand water van productiebedrijven
- uitgaand water van distributiereservoirs²⁶
- drinkwater uit percelen in het voorzieningsgebied²⁷

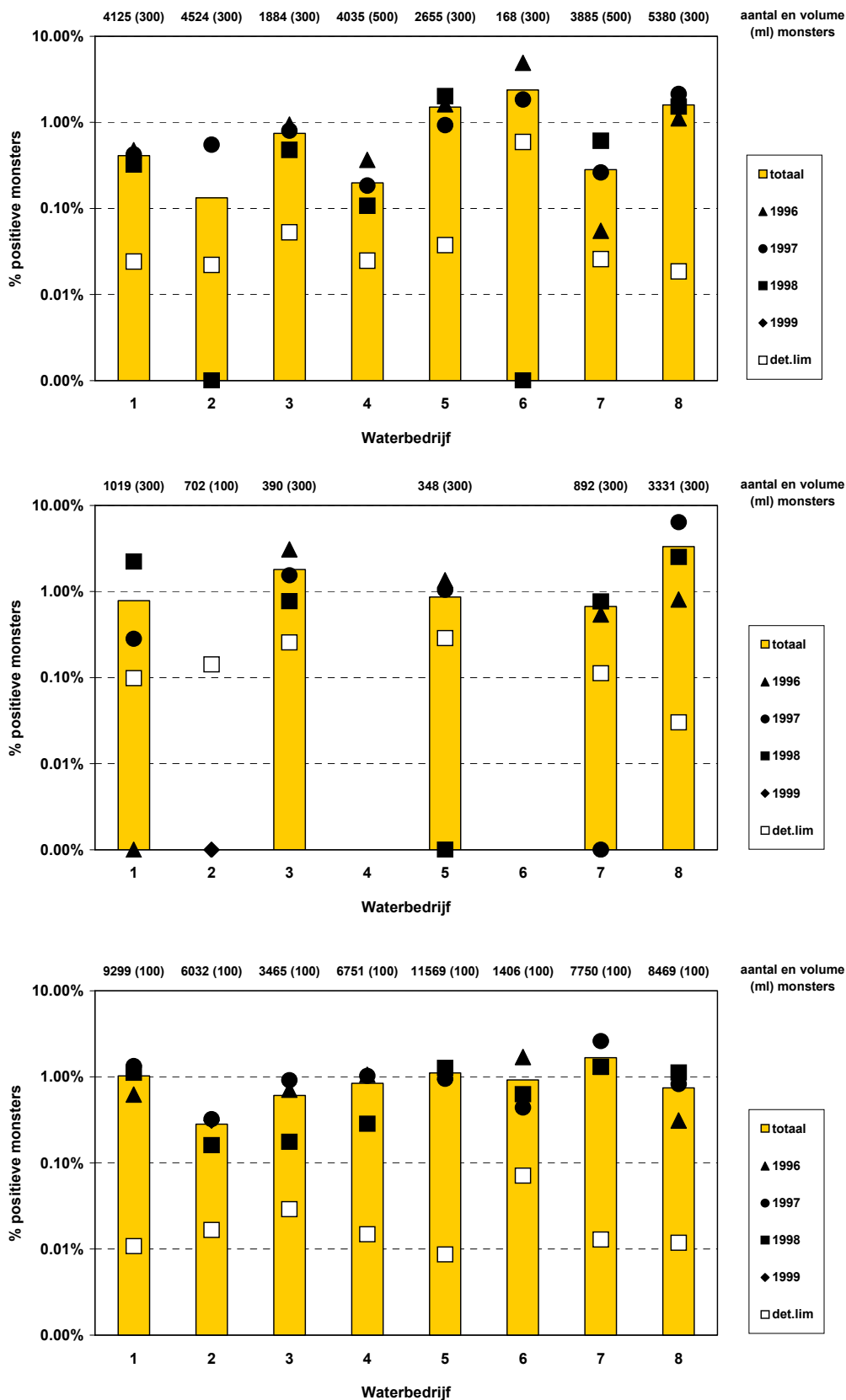
In alle figuren is de detectielimiet ($1/n$, waarbij n het aantal verzamelde monsters is) van het gemiddelde percentage positieve monsters over de drie jaren weergegeven als een open vierkantje (in de legenda afgekort als det.lim.). Deze detectielimiet is van belang om de weergegeven percentages van positieve monsters op hun waarde te kunnen beoordelen. Als de detectielimiet hoog is (omdat de monsterfrequentie laag is), dan kan één positief monster al een hoog percentage positieve monsters tot gevolg hebben. Statistisch gezien is de betrouwbaarheid van percentages in de buurt van de detectiegrens laag. Waarnemingen lager dan de detectiegrens zijn als 0 weergegeven, in grafieken met een logaritmische schaal op de ondergrens van de schaal. De staven in de grafieken geven de gemiddelde percentages over de drie jaren weer, terwijl de tekens (open driehoek, zwart vierkant, zwart rondje) de percentages per jaar weergeven.

²⁶ Bedrijven 4 en 6 verwerken monsters van distributiereservoirs niet gescheiden van drinkwater uit percelen, bedrijf 2 heeft alleen gescheiden gegevens over 1999

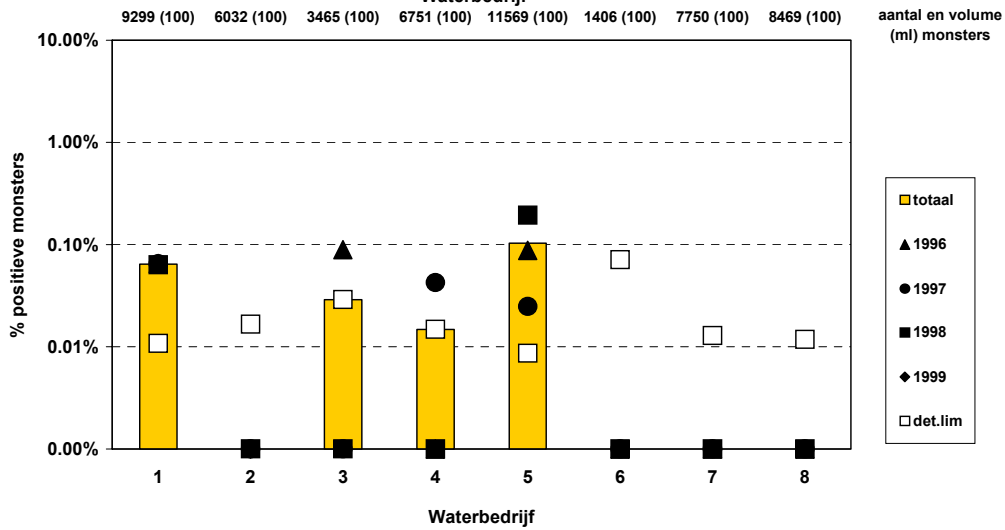
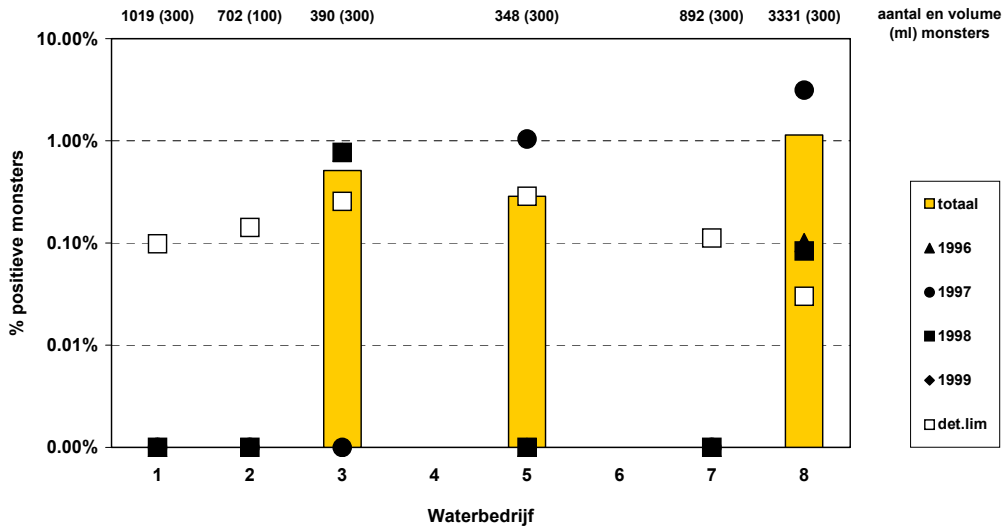
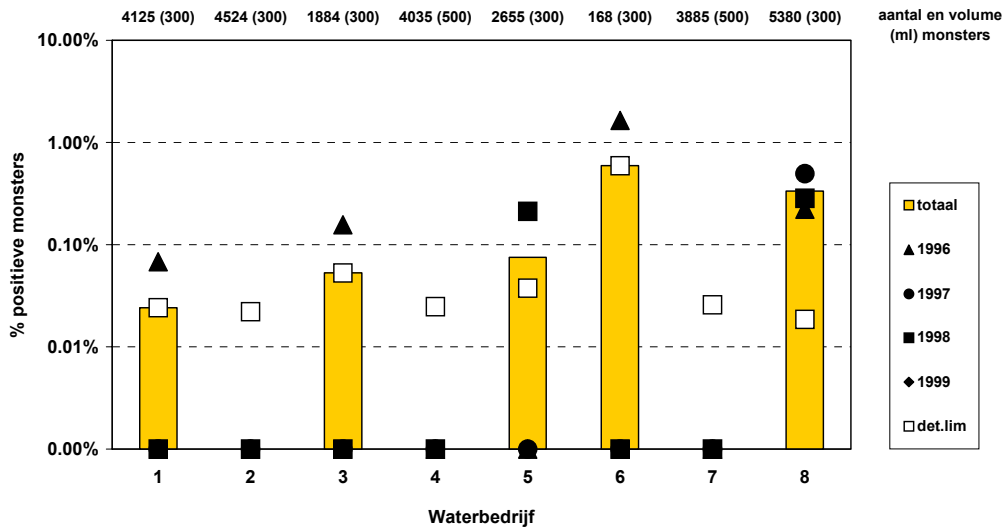
²⁷ Bedrijf 3 bevestigt eerste monsters niet op coli44, neemt wel direct herhalingsmonsters

Er zijn geen figuren gemaakt van de percentages positieve monsters van fecale streptococci en sporen van sulfietreducerende clostridia, omdat deze door veel van de deelnemende waterbedrijven niet gerapporteerd zijn.

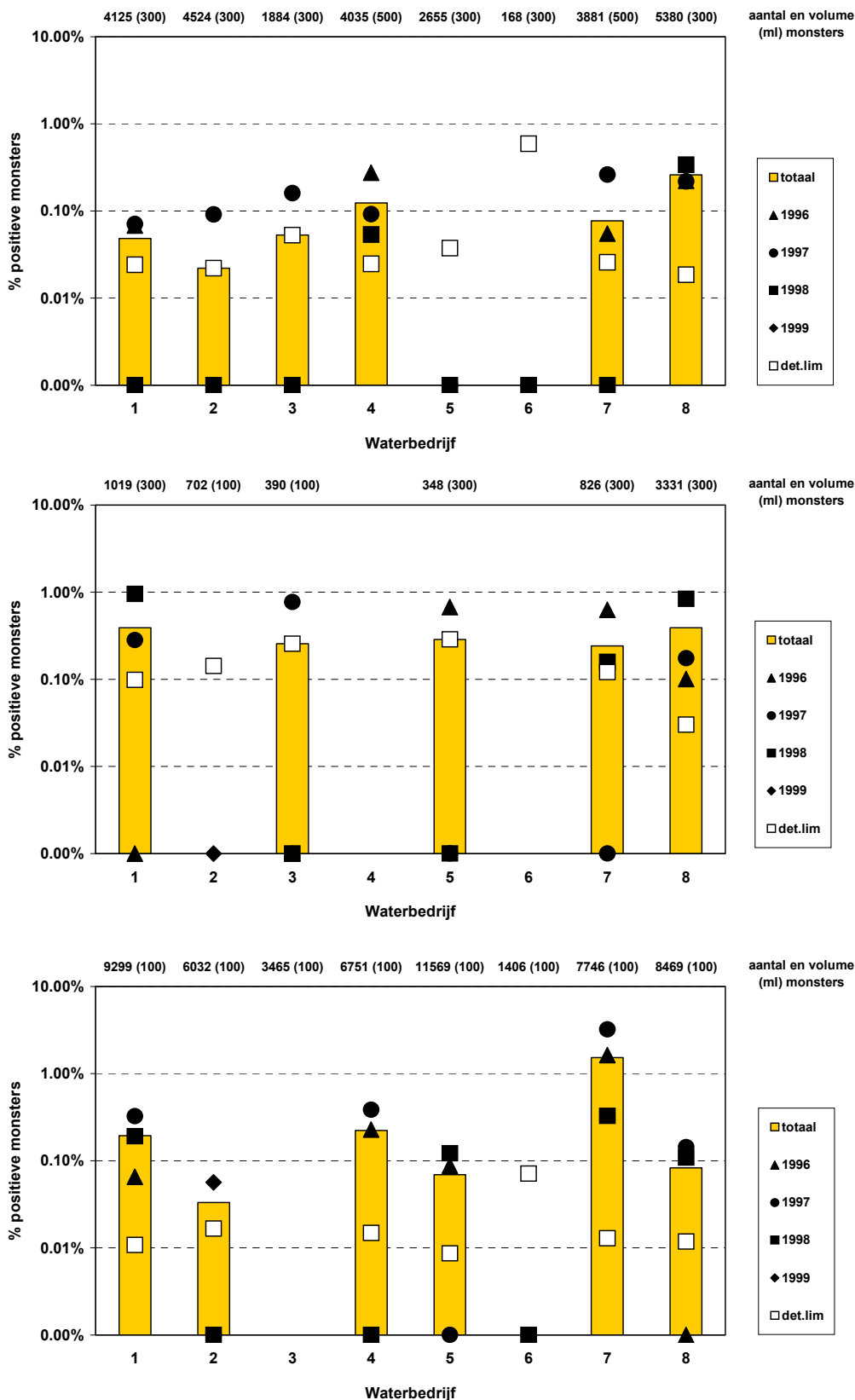
(Deze pagina is grotendeels leeg gelaten om de figuren en tabellen op de volgende pagina's gemakkelijker onderling te kunnen vergelijken.)



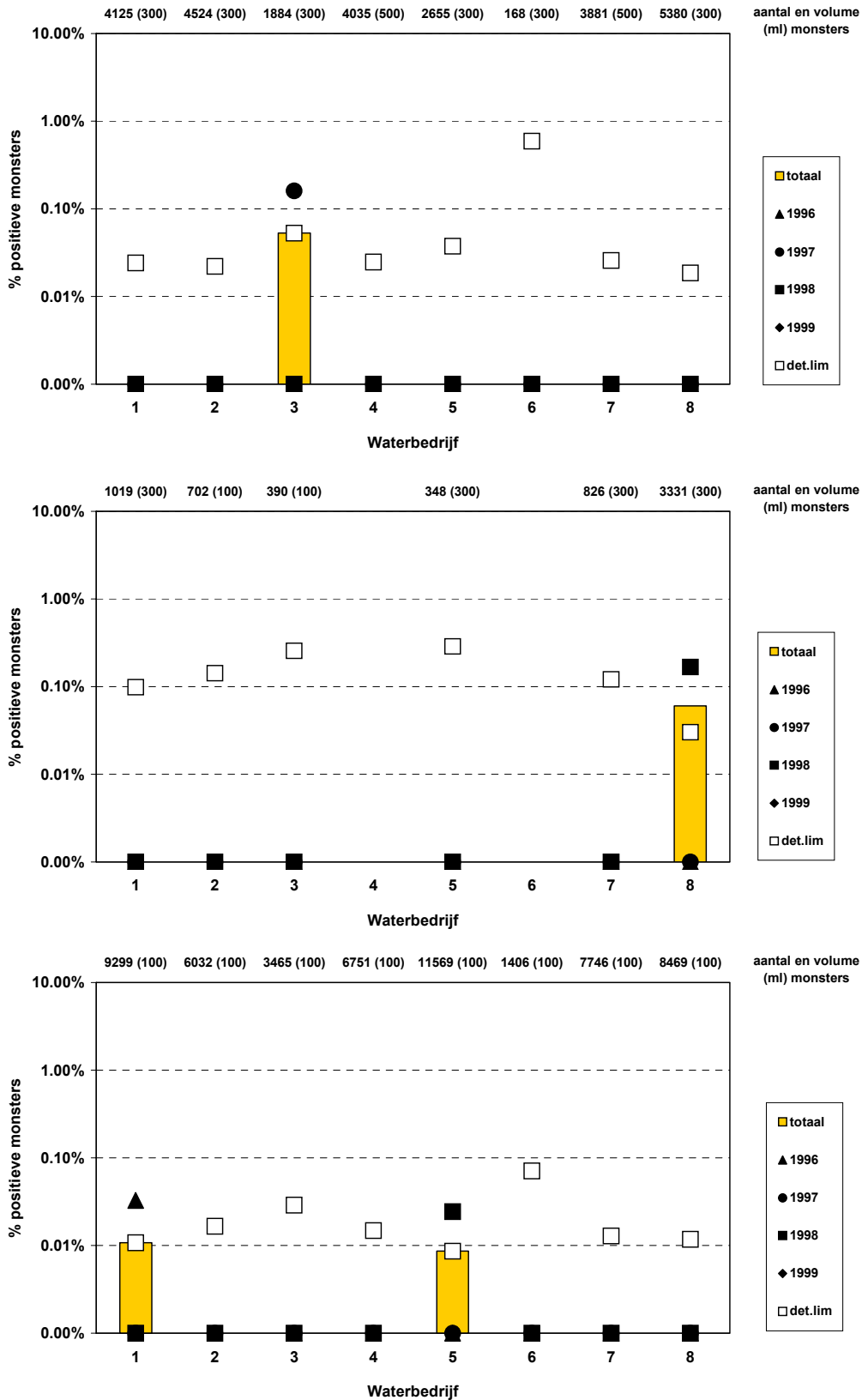
Figuur 16 Percentages coli37-positieve eerste monsters (boven: productiebedrijven, midden: distributiereservoirs, onder: percelen)



Figuur 17 Percentage coli37-positieve herhalingsmonsters (boven: productiebedrijven, midden: distributiereservoirs, onder: percelen)



Figuur 18 Percentage coli44-positieve eerste monsters
(boven: productiebedrijven, midden: distributiereservoirs, onder: percelen)



Figuur 19 Percentage coli44-positieve herhalingsmonsters
(boven: productiebedrijven, midden: distributiereservoirs, onder: percelen)

Tabel 9 Overzicht van percentages *positieve eerste monsters*
(totaal = gemiddelde van de 8 waterbedrijven gewogen voor het aantal monsters,
gem en SD = gemiddelde en standaarddeviatie van de percentages positieve
monsters van de 8 waterbedrijven (n=7 voor 1996, n=8 voor 1997 en 1998))

Uitgaand water van productiebedrijven							
jaar	aantal monsters	coli37			coli44		
		totaal	gem	SD	totaal	gem	SD
1996	8.708	0,68%	1,36%	1,65%	0,11%	0,09%	0,11%
1997	7.828	0,82%	0,89%	0,73%	0,11%	0,11%	0,10%
1998	10.120	0,62%	0,63%	0,75%	0,07%	0,05%	0,12%
totaal	26.656	0,70%	0,91%	0,83%	0,10%	0,07%	0,09%

Uitgaand water van distributiereservoirs							
jaar	aantal monsters	coli37			coli44		
		totaal	gem	SD	totaal	gem	SD
1996	1.802	0,83%	1,16%	1,18%	0,17%	0,28%	0,34%
1997	1.785	4,31%	1,84%	2,60%	0,22%	0,25%	0,32%
1998	3.095	1,39%	1,26%	1,07%	0,45%	0,39%	0,47%
totaal	6.682	2,02%	1,24%	1,17%	0,31%	0,26%	0,14%

Drinkwater uit percelen in voorzieningsgebieden							
jaar	aantal monsters	coli37			coli44		
		totaal	gem	SD	totaal	gem	SD
1996	16.998	0,84%	0,98%	0,47%	0,27%	0,34%	0,64%
1997	17.417	1,14%	1,05%	0,70%	0,55%	0,58%	1,18%
1998	20.326	0,90%	0,76%	0,50%	0,13%	0,11%	0,12%
totaal	54.741	0,96%	0,90%	0,41%	0,31%	0,30%	0,54%

Alle drinkwatermonsters							
jaar	aantal monsters	coli37			coli44		
		totaal	gem	SD	totaal	gem	SD
1996	27.508	0,79%			0,21%		
1997	27.030	1,26%			0,40%		
1998	33.541	0,86%			0,14%		
totaal	88.079	0,96%			0,24%		

In tabel 9 zijn de gemiddelde percentages positieve eerste monsters per jaar van de deelnemende waterbedrijven, zowel gewogen voor het aantal monsters als ongewogen. Uit de tabel blijkt dat van alle eerste monsters van de 8 waterbedrijven 0,96% bacteriën van de coligroep (coli37) bevat en 0,24% thermotolerante bacteriën van de coligroep. De ongewogen gemiddelden (en standaarddeviaties) van de individuele 8 bedrijven zijn soms anders dan de gewogen gemiddelden. Deze verschillen treden op door verschillen in aantallen productiebedrijven en aantallen aansluitingen en door verschillen in meetfrequentie (m.n. tussen oppervlaktewaterverwerkende en grondwaterverwerkende productiebedrijven).

Tabel 10 Overzicht van percentages *positieve herhalingsmonsters*
(totaal = gemiddelde van de 8 waterbedrijven gewogen voor het aantal monsters,
gem en SD = gemiddelde en standaarddeviatie van de percentages positieve
monsters van de 8 waterbedrijven (n=7 voor 1996, n=8 voor 1997 en 1998))

Uitgaand water van productiebedrijven							
jaar	Aantal monsters	coli37			coli44		
		totaal	gem	SD	totaal	gem	SD
1996	8.708	0,080%	0,298%	0,598%	0%	0%	0%
1997	7.828	0,115%	0,062%	0,175%	0,013%	0,020%	0,057%
1998	10.120	0,069%	0,062%	0,116%	0%	0%	0%
totaal	26.656	0,086%	0,135%	0,217%	0,004%	0,007%	0,019%

Uitgaand water van distributiereservoirs							
jaar	Aantal monsters	coli37			coli44		
		totaal	gem	SD	totaal	gem	SD
1996	1.802	0,111%	0,174%	0,336%	0%	0%	0%
1997	1.785	2,073%	0,836%	1,363%	0%	0%	0%
1998	3.095	0,065%	0,171%	0,337%	0,065%	0,034%	0,075%
totaal	6.682	0,614%	0,323%	0,451%	0,030%	0,010%	0,025%

Drinkwater uit percelen in voorzieningsgebieden							
jaar	aantal monsters	coli37			coli44		
		totaal	gem	SD	totaal	gem	SD
1996	16.998	0,035%	0,035%	0,044%	0,0059%	0,0047%	0,0124%
1997	17.417	0,023%	0,017%	0,025%	0%	0%	0%
1998	20.326	0,049%	0,032%	0,069%	0,0049%	0,0030%	0,0086%
totaal	54.741	0,037%	0,026%	0,038%	0,0037%	0,0024%	0,0045%

Alle drinkwatermonsters							
jaar	aantal monsters	coli37			coli44		
		totaal	gem	SD	totaal	gem	SD
1996	27.508	0,055%			0,0036%		
1997	27.030	0,185%			0,0037%		
1998	33.541	0,057%			0,0089%		
totaal	88.079	0,095%			0,0057%		

In tabel 10 zijn de gemiddelde percentages positieve herhalingsmonsters per jaar van de deelnemende waterbedrijven, zowel gewogen voor het aantal monsters als ongewogen.

Uit de tabel blijkt dat van alle herhalingsmonsters van de 8 waterbedrijven 0.095% bacteriën van de coligroep (coli37) bevat en 0,0057% (5 monsters) thermotolerante bacteriën van de coligroep (coli44). Deze percentages zijn ca. 10x resp. ca. 40x zo laag als de percentages positieve eerste monsters (tabel 9). Ook hier vallen de verschillen tussen gewogen en ongewogen gemiddelden op, met name voor uitgaand water van productiebedrijven en distributiereservoirs.

Verschillen tussen de jaren

In tabellen 9 en 10 vallen de hogere percentages positieve monsters in 1997 op (niet statistisch getoetst). Bij nadere beschouwing blijkt dit vooral het gevolg van relatief hoge percentages bij bedrijf 8 (met name distributiereservoirs) en bedrijf 7 (percelen) in dit jaar (zie figuren 16 t/m 19). Bij de andere waterbedrijven zijn deze verschillen over het algemeen niet aanwezig (in enkele gevallen zijn de percentages in 1997 enigszins hoger). Er is niet gezocht naar eventuele oorzaken van de verschillen.

Vergelijking met eerdere gegevens en gegevens uit het Verenigd Koninkrijk

In een samenwerkingsproject met waterbedrijven uit het Verenigd Koninkrijk zijn eerder de percentages positieve eerste monsters geëvalueerd van 8 productiebedrijven (waarvan 5 oppervlaktewaterverwerkend) en hun voorzieningsgebieden in Nederland in de periode 1993-1995 [65]. Uit een vergelijking blijkt dat de percentages coli37-positieve monsters van uitgaand water in die groep wat lager waren (gemiddeld 0% tot 0,8% per productiebedrijf) en dat de percentages in drinkwater uit percelen wat hoger waren (gemiddeld 0,2 tot bijna 3% per voorzieningsgebied). De percentages coli44-positieve eerste monsters waren zowel voor uitgaand water als drinkwater uit percelen grotendeels vergelijkbaar. Uitzondering vormt het lage percentage coli44-positieve eerste monsters uit percelen in het voorzieningsgebied van een productiebedrijf van bedrijf 7: 0,4% in 1993, 1994 en 1995 tegen 1,6%, 3,2% en 0,3% in resp. 1996, 1997 en 1998 (percelen in het voorzieningsgebied van 3 productiebedrijven).

De percentages positieve eerste monsters in uitgaand en gedistribueerd water van een selectie productiebedrijven bleken in Nederland en het Verenigd Koninkrijk in grote lijnen overeen te komen. De conclusie die de deelnemende waterbedrijven in het Verenigd Koninkrijk daaruit trekken is dat een microbiologisch veilige distributie zonder een restgehalte aan desinfectiemiddelen ook in het Verenigd Koninkrijk mogelijk is. Wel is in dat geval een verhoging van de biologische stabiliteit van het geproduceerde water nodig en zal ook daarna een hoger gehalte aan koloniegetallen bij 22 °C en 37 °C geaccepteerd moeten worden [65]. Omdat deze koloniegetallen geen indicatie zijn voor een verminderde microbiologische veiligheid van drinkwater zou dit uit het oogpunt van volksgezondheid geen belemmering hoeven te vormen.

Verschillen tussen de waterbedrijven

In de figuren 16 t/m 19 met de percentages positieve monsters per bedrijf per type monsterlocatie vallen de verschillen tussen de waterbedrijven op. In paragraaf 4.2 worden deze verschillen statistisch getoetst. Ook valt in de figuren op dat de percentages positieve monsters van het uitgaande water van distributiereservoirs en van drinkwater uit percelen in de voorzieningsgebieden vaak hoger zijn dan de percentages van het uitgaande water van productiebedrijven. In paragraaf 4.3 worden deze verschillen statistisch getoetst.

Coli44-positieve herhalingsmonsters en fecale verontreinigingsincidenten

Uit figuur 19 en tabel 10 kan worden opgemaakt dat er vijf coli44-positieve herhalingsmonsters waren in de periode 1996-1998²⁸:

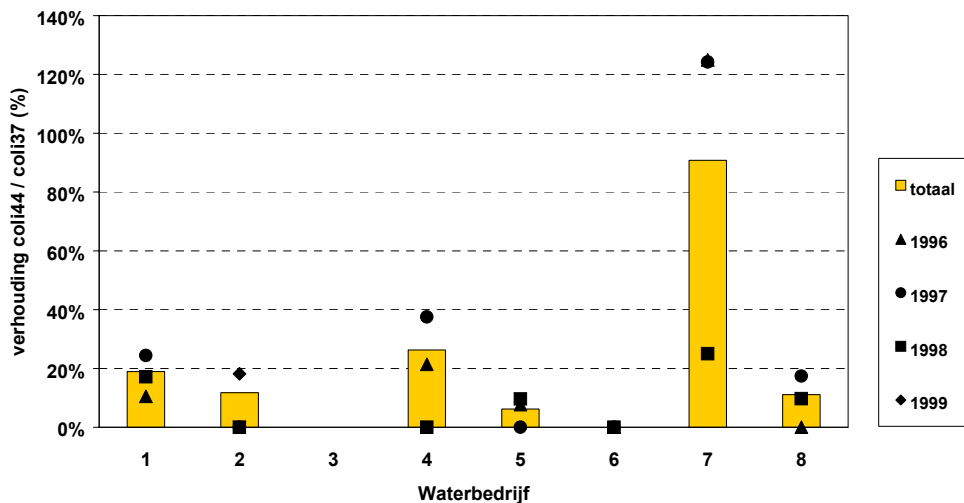
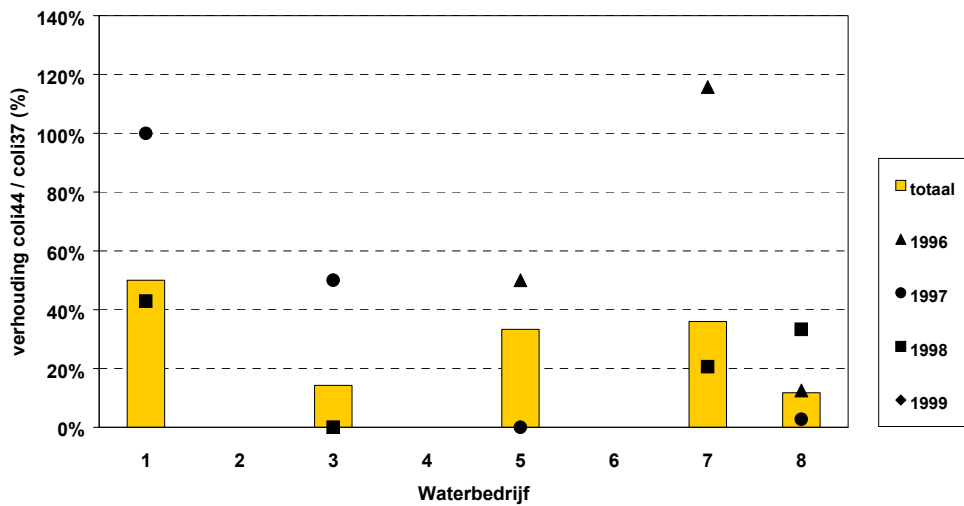
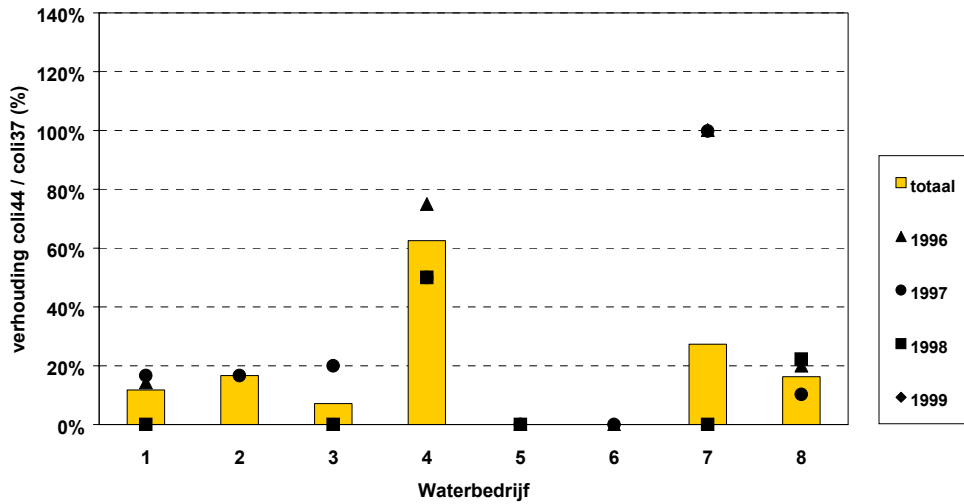
- 1x van het uitgaande water van een productiebedrijf in 1997 (bedrijf 3);
- 2x in het uitgaande water van een distributiereservoir, in 1998 (bedrijf 8);
- 2x van drinkwater uit percelen in 1996 en 1998 (waterbedrijven 1 resp. 5).

Onder deze fecale verontreinigingsincidenten vertegenwoordigen de twee coli44-positieve herhalingsmonsters in het uitgaande water van twee distributiereservoirs van bedrijf 8 het verontreinigingsincident van 8 juni 1998 bij dit bedrijf (zie tabel 5 in paragraaf 3.1). De andere twee incidenten in de periode 1996-1998 die in deze tabel zijn vermeld zijn niet vertegenwoordigd in de overzichten van coli44-positieve herhalingsmonsters in deze periode. Voor de verontreinigde transportleiding van bedrijf 4 in 1998 zijn de gegevens waarschijnlijk als waterkwaliteitsbeoordeling na ingrepen in de LIMS geregistreerd (deze gegevens zijn niet geëvalueerd). De resultaten van onderzoek van het eerst monsters en de herhalingsmonsters van het verontreinigingsincident in een productiebedrijf van bedrijf 2 zijn ongetwijfeld opgeslagen in de LIMS. Om onbekende redenen komt het incident niet terug in de gegevens. Was dit positieve herhalingsmonster wel in de grafieken en tabellen terug te vinden geweest, dan waren de percentages coli44-positieve herhalingsmonsters 20% hoger geweest.

Fractie coli44/coli37

In figuur 20 zijn de fracties van coli44-positieve eerste monsters en coli-37 positieve monsters per bedrijf en per type monsterlocatie weergegeven. Ongeveer 30% van de fracties is 0 (incl. gevallen met % coli37 = 0), 50% van de fracties ligt tussen 6% en 33%. Opvallend zijn de hoge fracties (125%) in het voorzieningsgebied van bedrijf 7 in 1996 en 1997. Dit bedrijf incubeert als enige van de deelnemende waterbedrijven agarplaten met monsters zowel bij 37 °C als bij 44 °C, waarbij bevestigingsonderzoek op de gele kolonies gegroeid bij 37 °C zowel bij 37 °C als bij 44 °C wordt uitgevoerd. Andere waterbedrijven incuberen de agarplaten met monsters bij 37 °C en voeren het onderzoek ter bevestiging van de identiteit van eventuele gele kolonies bij 37 °C en bij 44 °C. Mogelijk worden dus bij directe incubatie en bevestiging bij 44 °C vaker thermotolerante bacteriën van de coligroep gevonden dan bij incubatie bij 37 °C gevolgd door bevestiging bij 44 °C.

²⁸ Bedrijf 2 heeft gegevens van 1997, 1998 en 1999 geleverd in plaats van 1996, 1997, 1998, maar geen van de herhalingsmonsters van dit bedrijf bevatte coli44.



Figuur 20 Verhouding van aantal coli44-positieve en coli37-positieve eerste monsters (boven: productiebedrijven, midden: distributiereservoirs, onder: percelen)

4.2 Verschillen tussen waterbedrijven

In bijlage III zijn de verschillen getoetst tussen de waterbedrijven op basis van de percentages positieve monsters van het uitgaande water van productiebedrijven respectievelijk het uitgaande water van distributiereservoirs en drinkwater uit percelen in de voorzieningsgebieden. Uit de grafieken in figuren 16 t/m 19 kan de aard van de significante verschillen (hoger of lager) worden opgemaakt. De verschillen zijn samengevat in tabel 11 en de waterbedrijven die met ten minste de helft van de andere waterbedrijven significant verschillen zijn gemarkeerd. De belangrijke verschillen waren:

- **Bedrijf 2** had significant **lagere** percentages **coli-37** positieve **eerste monsters** van uitgaand water van productiebedrijven en drinkwater uit percelen dan ten minste de helft van de andere waterbedrijven.
- **Bedrijf 4** had significant **lagere** percentages **coli-37** positieve **eerste monsters** van uitgaand water van productiebedrijven dan vier van de andere waterbedrijven.
- **Bedrijf 5** had significant **hogere** percentages **coli-37** positieve **eerste monsters** van uitgaand water van productiebedrijven dan ten minste de helft van de andere waterbedrijven.
- **Bedrijf 7** had significant **hogere** percentages **coli37-** en **coli44-**positieve eerste monsters van drinkwater uit percelen in voorzieningsgebieden (1,7% resp. 1,5%) dan (vrijwel) alle andere waterbedrijven. Deze conclusies lijken verband te houden met de opvallend hoge fracties coli44-positieve eerste monsters van de coli37-positieve eerste monsters (zie figuur 16). **De herhalingsmonsters waren echter altijd negatief.** Met name het ontbreken van positieve herhalingsmonsters doet vermoeden dat de oorzaak gezocht moet worden in de verschillen in monsterneming en/of analyse. Tijdens een eerdere vergelijking van het voorzieningsgebied van bedrijf 7 met andere waterbedrijven bleek dit bedrijf ook al het hoogste percentage coli44-positieve eerste monsters te vinden (gemiddeld ca. 0,5% in de periode 1993-1995). Dit werd toen door het bedrijf geweten aan het beperkt voorspoelen van de tapkranen (met 250 ml) voorafgaand aan monsternemingen in een groot deel van het voorzieningsgebied [65]. Pas met ingang van 2000 wordt overal in dit bedrijf conform NEN 6559 voorgespoeld.
- **Bedrijf 8** had significant **hogere** percentages **coli37-**positieve **eerste monsters** van uitgaand water van productiebedrijven en distributiereservoirs en **herhalingsmonsters** van uitgaand water van productiebedrijven dan ten minste de helft van de andere waterbedrijven. Dit kan het relatieve hoge aantal gerapporteerde niet-fecale incidenten met waterkwaliteitsvermindering (ofwel het bij herhaling aantreffen van alleen coli37) weergegeven in tabel 6 in paragraaf 3.1 wellicht deels verklaren. Sindsdien is de waterkwaliteit sterk toegenomen door grote investeringen in productiebedrijven en distributiereservoirs en het sluiten van een tiental distributiereservoirs dat overbodig bleek. Ook had **bedrijf 8** een significant **hoger** percentage **coli44-**positieve **eerste monsters** van uitgaand water van productiebedrijven dan de andere waterbedrijven (dit percentage was de enige uitbijter en de χ^2 -toets op verschillen tussen meerdere waterbedrijven gaf aan dat er een zeer sterk significant verschil was tussen de waterbedrijven). De herhalingsmonsters waren echter allemaal negatief.

Tabel 11 Percentages positieve monsters per type locatie per waterbedrijf en significante verschillen in deze percentages tussen waterbedrijven (periode 1995-1999). PB = productiebedrijven; DR = distributiereservoirs; VG = percelen in voorzieningsgebieden; totaal = percentage van alle waterbedrijven samen; gem. en SD = gemiddelde en standaarddeviatie van de waterbedrijven. Significante verschillen met andere waterbedrijven zijn aangegeven met < (significant kleiner dan) en > (significant groter dan). Waterbedrijven die met ten minste de helft van de rest van de waterbedrijven significant verschillen zijn vet gemarkeerd. Uitbijters zijn donkergrijs ($p < 0,01$) of lichtgrijs ($p < 0,05$) gemarkeerd (zie bijlage III voor toetsen). De uitbijter bij bedrijf 6 (coli37, herhalingsmonsters, PB) was niet betrouwbaar door het lage totaal aantal waarnemingen (1 positief op 167 monsters)

Bedrijf nr.	Coli37 eerste monsters			herhalingsmonsters		
	PB	DR	VG	PB	DR	VG
1	0,412 < 5,8	0,79 < 8	1,02 > 2 < 7	0,024 < 8	0 < 8	0,065
2	0,133 < 3,5,6,8	0 < 3,8	0,28 < 1,4,5,6,7,8	0 < 8	0	0
3	0,743 > 2,4	1,79 > 2	0,61 < 7	0,053	0,51	0,029
4	0,198 < 3,5,6,8		0,84 > 2 < 7	0 < 8		0,015
5	1,507 > 1,2,4,7	0,86	1,12 > 2 < 7	0,075	0,29	0,10
6	2,381 > 2,4,7		0,92 > 2	0,595		0
7	0,283 < 5,6,8	0,67 < 8	1,68 > 1,2,3,4,5,8	0 < 8	0 < 8	0
8	1,599 > 1,2,4,7	3,33 > 1,2,7	0,74 > 2 < 7	0,335 > 1,2,4,7	1,14 > 1,7	0
totaal	0,70	2,02	0,96	0,086	0,61	0,037
gem.	0,91	1,24	0,90	0,14	0,32	0,03
SD	0,83	1,17	0,41	0,22	0,45	0,04

Bedrijf nr.	Coli44 eerste monsters			herhalingsmonsters		
	PB	DR	VG	PB	DR	VG
1	0,048	0,39	0,19 < 7	0	0	0,011
2	0,022	0	0,033 < 7	0	0	0
3	0,053	0,26	0 < 7	0,053	0	0
4	0,12		0,22 < 7	0		0
5	0	0,29	0,069 < 7	0	0	0,00864
6	0		0 < 7	0		0
7	0,077	0,24	1,52 > rest	0	0	0
8	0,26	0,39	0,083 < 7	0	0,060	0
totaal	0,10	0,31	0,31	0,004	0,030	0,00365
gem.	0,07	0,26	0,27	0,01	0,01	0,00
SD	0,09	0,14	0,51	0,02	0,02	0,00

4.3 Veranderingen tijdens transport, opslag en distributie

In de figuren 16 t/m 19 lijken de percentages positieve monsters van de drie locatietypen (productiebedrijven, distributiereservoirs, voorzieningsgebieden) af en toe nogal te verschillen. Deze verschillen duiden waarschijnlijk op kwaliteitsveranderingen tijdens transport, opslag en/of distributie ten gevolge van:

- Verontreinigingen (toename van percentages coli44 en coli37)
- Vermeerdering (toename van percentages coli37)
- Onvermogen tot vermeerdering op agarplaten, onder meer door afsterving (afname van percentages coli44 en coli37)
- Verlaging van de detectiegrens van 1/300 ml (productiebedrijven en de meeste distributiereservoirs) naar 1/100 ml (percelen in voorzieningsgebieden)

In tabel 12 zijn de resultaten van de statistische toetsen van deze verschillen weergegeven. In bijlage III zijn de toetsen beschreven en de resultaten van deze toetsen uitgebreider weergegeven. De in tabel 12 aangegeven significante afnamen van percentages positieve monsters zijn waarschijnlijk deels te wijten aan de afname in de tijd van het vermogen van (thermotolerante) bacteriën van de coligroep en *E. coli* om zich op agarplaten te vermeerderen, onder meer door afsterving. Thermotolerante bacteriën van de coligroep, waaronder *E. coli* kunnen zich in drinkwater niet vermeerderen en hun aanwezigheid is dus afhankelijk van de overlevingstijd, welke afneemt naarmate de watertemperatuur toeneemt (binnen de grenzen die gesteld zijn voor drinkwater: < 25 °C). Niet-thermotolerante bacteriën van de coligroep kunnen zich mogelijk wel vermeerderen in drinkwater, waarbij een toename van de temperatuur juist de overlevings- en vermeerderingskansen doen toenemen. Bij afname van de percentages positieve monsters speelt een ook afname van het monstervolume van 300 of 500 ml naar 100 ml een grote rol, vooral tussen uitgaand water (van productiebedrijven en distributiereservoirs) en drinkwater uit percelen.

De toenames zijn mogelijk het gevolg van vermeerdering (coli37) en van verontreiniging (coli44 en coli37) tijdens transport, opslag en distributie:

- **Bedrijf 1.** De toename van het percentage **coli44-positieve eerste monsters** tijdens transport en opslag van productiebedrijven (2 op 4123 monsters = 0,05%) naar distributiereservoirs (4 op 1015 monsters = 0,39%) is met de odds ratio toets significant en ook met de χ^2 -toets bijna significant ($p = 0,054$). Verontreiniging tijdens transport en/of opslag is dus aannemelijk, maar heeft voor zover bekend²⁹, niet tot langdurige verontreiniging van drinkwater (> 2 opeenvolgende monsters coli44-positief) geleid, gelet op het ontbreken van dergelijke incidenten in het overzicht in tabel 5 in paragraaf 3.1 (periode mei 1995 - juli 2000).
- **Bedrijf 7.** Bij dit bedrijf is een significante toename van de percentages **coli37- en coli44-positieve eerste monsters** waargenomen tussen uitgaand water van productiebedrijven en percelen in voorzieningsgebieden, maar ook tussen uitgaand water van distributiereservoirs en drinkwater uit percelen in de voorzieningsgebieden (alleen coli44). Deze conclusie is in lijn met de eerder vastgestelde significant hogere percentages coli37- en coli44-positieve eerste monsters van drinkwater uit percelen in de voorzieningsgebieden ten opzichte van (vrijwel) alle andere waterbedrijven, mogelijk ten gevolge van de afwijkende procedures voor directe incubatie van monsters bij 37 °C én bij 44 °C (paragraaf 4.1) en voor monsterneming in een deel van de gebieden (zie paragraaf 4.2).
- **Bedrijf 8.** Bij dit bedrijf is een significante toename waargenomen van de percentages **coli37-positieve eerste monsters en herhalingsmonsters** van uitgaand water van productiebedrijven naar uitgaand water van distributiereservoirs. Het bedrijf wijt dit aan de mindere kwaliteit van enkele productiebedrijven en voorzieningsgebieden in die periode, welke af en toe tot niet-fecale verontreiniging van het drinkwater leidde. Sindsdien zijn maatregelen genomen om de waterkwaliteit te verbeteren (zie paragraaf 4.2).

²⁹ Zoals gemeld in paragraaf 3.1 vermoeden de deelnemende bedrijven dat niet alle informatie over verontreinigingsincidenten achterhaald is.

Tabel 13 *Significante verschillen in percentages coli37- en coli44-positieve monsters tussen locatietypen per waterbedrijf (periode 1995-1999). PB = productiebedrijven; DR = distributiereservoirs; VG = percelen in voorzieningsgebieden. Eerste = eerste monsters, herhaling = herhalingsmonsters. De significant verhoogde of verlaagde percentages zijn vet gemarkeerd. Toenamen en afnamen die met de odds ratio toets (en dan vaak ook met de χ^2 -toets) significant bleken te zijn, zijn omkaderd (en de verhoogde of verlaagde percentages ook). Toenamen en afnamen die alleen met de χ^2 -toets significant waren, zijn niet omkaderd (zie bijlage III voor toetsen).*

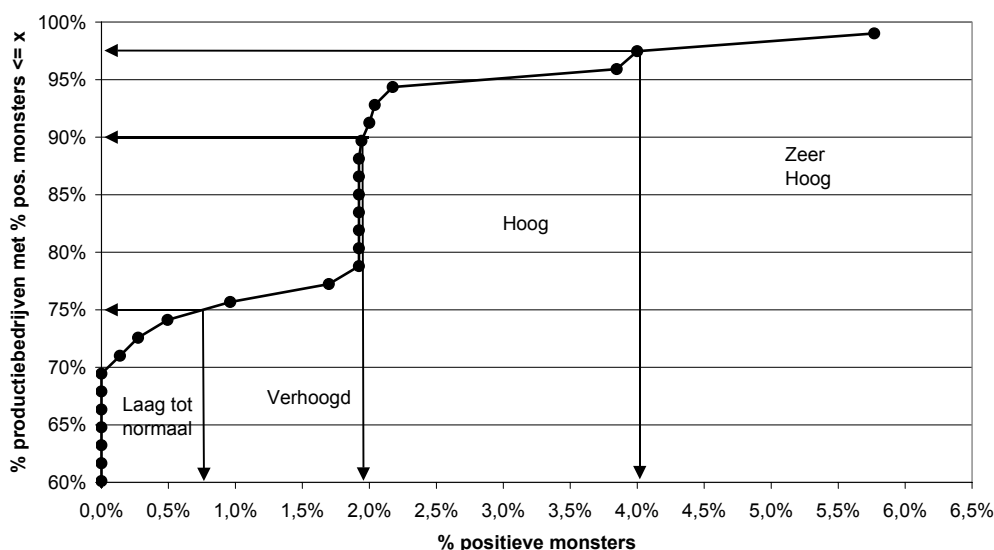
Bedrijf nr.	Loc.	Percentages positieve monsters				Locaties	Versillen significant?			
		Coli37 eerste	Coli37 herhaling	Coli44 eerste	Coli44 herhaling		Coli37 eerste	Coli37 herhaling	Coli44 eerste	Coli44 herhaling
1	PB	0,41%	0,02%	0,05%	0%	PB-DR			toename	
	DR	0,79%	0%	0,39%	0%	DR-VG	afname			
	VG	0,19%	0,01%	0,19%	0,01%	PB-VG				
2	PB	0,13%	0%	0,02%	0%	PB-DR				
	DR	0%	0%	0%	0%	DR-VG				
	VG	0,03%	0%	0,03%	0%	PB-VG				
3	PB	0,74%	0,05%	0,05%	0,05%	PB-DR				
	DR	1,79%	0,51%	0,26%	0%	DR-VG	afname	afname		
	VG	0%	0%	0%	0%	PB-VG	afname			
4	PB	0,20%	0%	0,12%	0%	PB-DR				
	DR	0%	0%	0%	0%	DR-VG				
	VG	0,22%	0%	0,22%	0%	PB-VG				
5	PB	1,51%	0,08%	0%	0%	PB-DR				
	DR	0,86%	0,29%	0,29%	0%	DR-VG	afname	afname		toename
	VG	0,07%	0,01%	0,07%	0,01%	PB-VG	afname			
6	PB	2,38%	0,60%	0%	0%	PB-DR				
	DR	0%	0%	0%	0%	DR-VG				
	VG	0%	0%	0%	0%	PB-VG	afname			
7	PB	0,28%	0%	0,08%	0%	PB-DR				
	DR	0,67%	0%	0,22%	0%	DR-VG			toename	
	VG	1,52%	0%	1,52%	0%	PB-VG	toename		toename	
8	PB	1,60%	0,33%	0,26%	0%	PB-DR	toename	toename		
	DR	3,33%	1,14%	0,39%	0,06%	DR-VG	afname	afname	afname	
	VG	0,08%	0%	0,08%	0%	PB-VG	afname	afname	afname	

Opvallend zijn de significante afnamen van percentages coli37-positieve eerste monsters tussen uitgaand water van productiebedrijven en drinkwater in percelen (waterbedrijven 3, 5, 6 en 8) en tussen uitgaand water van distributiereservoirs en drinkwater in percelen (waterbedrijven 1, 3, 5 en 8). Vooral bij bedrijf 8 zijn deze afnamen ook significant voor coli37-positieve herhalingsmonsters en coli44-positieve eerste monsters. Indien wordt gecorrigeerd voor de drie maal zo lage monstervolumes in percelen (in alle gevallen 100 ml vs. 300 ml), blijken de afnamen van percentages coli37-positieve eerste monsters bij waterbedrijven 3, 5 (alleen PB > VG), 6 en 8 en ook de afnamen van coli37-positieve herhalingsmonsters bij bedrijf 8 nog steeds significant.

Hoewel de verblijftijden in het leidingnet voor veel percelen een dag en voor een deel van de percelen meerdere dagen of langer kunnen zijn, kunnen afsterving en verminderde kweekbaarheid deze afname waarschijnlijk niet volledig verklaren.

4.4 Referentiewaarden

Er bleek in de projectgroep behoefte te zijn aan referentiewaarden om het percentage positieve monsters te kunnen toetsen. Hoewel er conform de Landelijke Inspectierichtlijn voor de Melding van Normoverschrijdingen Drinkwaterkwaliteit [33] geen meldplicht is voor positieve eerste monsters, was ook hiervoor behoefte aan referentiewaarden. In figuur 21 is de cumulatieve frequentieverdeling³⁰ van het percentage positieve eerste monsters van bacteriën van de coligroep (coli37) in drinkwater uit 64 van de 97 productiebedrijven van de deelnemende waterbedrijven in 1997 weergegeven (excl.³¹ bedrijven 7 en 8, incl. 8 oppervlaktewaterverwerkende productiebedrijven en ca. 5.000 van de 7.828 eerste monsters). Door het weglaten van de gegevens van bedrijf 8 zijn de percentages van 1997 vergelijkbaar met de andere jaren (0,55% coli37 en 0,08% coli44, voor vergelijking zie tabel 9).



Figuur 21 Cumulatieve frequentieverdeling van percentages coli37-positieve eerste monsters van uitgaand water van 66 productiebedrijven in 1997

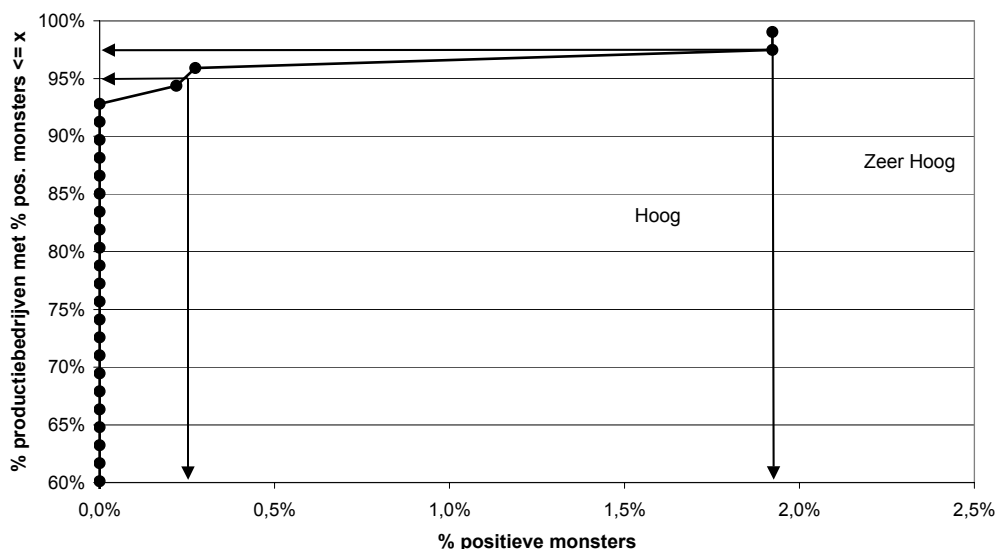
In figuur 21 zijn de resultaten van 1997, arbitrair en zonder verband met het infectierisico voor afnemers, ingedeeld in groepen met grenswaarden op de 75-percentiel, de 90-percentiel en de 97,5-percentiel van de productiebedrijven. Op basis hiervan worden de volgende referentiewaarden voorgesteld voor percentages coli37-positieve eerste monsters uit productiebedrijven:

- Laag tot normaal percentage < 1%
- Verhoogd 1% ≤ percentage < 2%
- Hoog 2% ≤ percentage < 4%
- Zeer hoog percentage ≥ 4%

³⁰ Een toelichting op cumulatieve frequentieverdelingen is gegeven in bijlage II

³¹ Deze selectie was toevallig. Het idee om referentiewaarden op te stellen werd in de projectgroep geopperd nadat de gegevens al geleverd waren, door 6 bedrijven in detail.

In figuur 22 is de cumulatieve frequentieverdeling van het percentage positieve eerste monsters van *thermotolerante* bacteriën van de coligroep (coli44) in drinkwater uit de 66 productiebedrijven weergegeven. Uit de figuur kan worden opgemaakt dat in 84% van de productiebedrijven in 1997 geen thermotolerante bacteriën van de coligroep zijn aangetroffen in de eerste monsters.

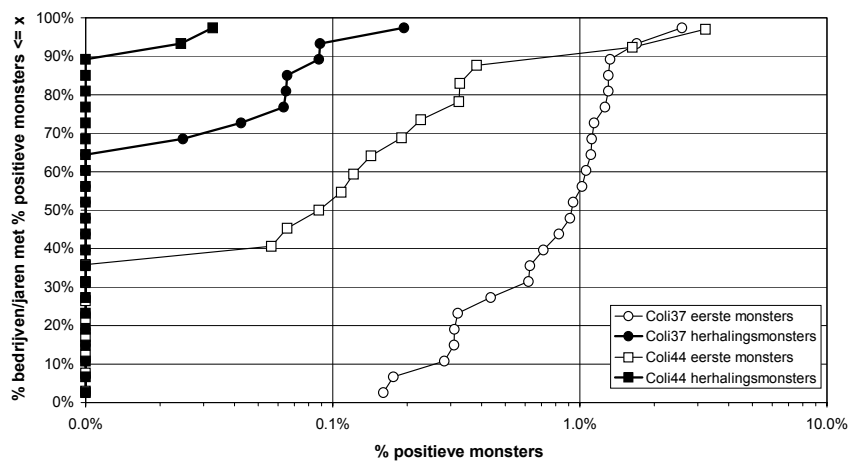
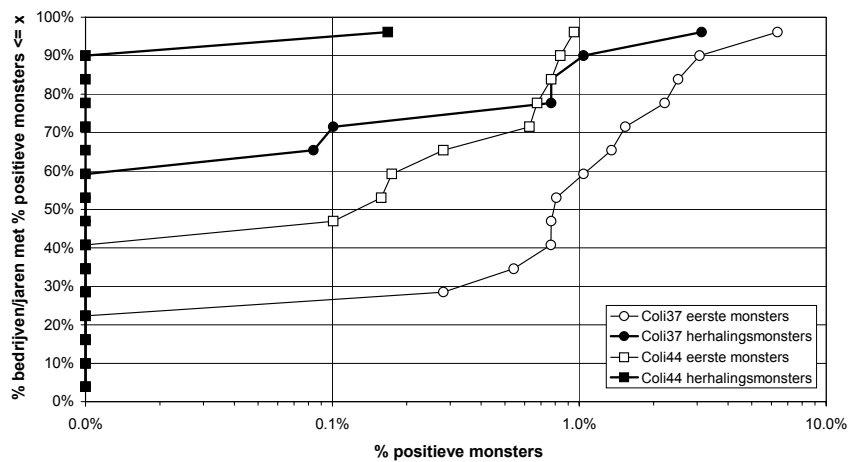
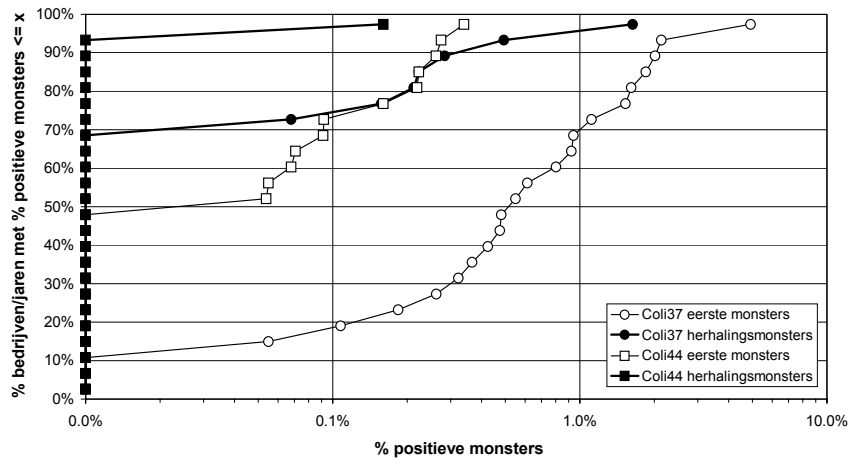


Figuur 22 Cumulatieve frequentie verdeling van percentages coli44-positieve eerste monsters van uitgaand water van 66 productiebedrijven in 1997

In figuur 22 zijn de resultaten van 1997, arbitrair en zonder verband met het infectierisico voor afnemers, ingedeeld in groepen met grenswaarden op de 75-percentiel, de 95-percentiel en de 97,5-percentiel van de productiebedrijven. Op basis hiervan worden de volgende referentiewaarden voorgesteld voor percentages coli37-positieve eerste monsters uit productiebedrijven:

- Laag tot normaal percentage = 0%
- Verhoogd 0% ≤ percentage < 0,25%
- Hoog 0,25% ≤ percentage < 2%
- Zeer hoog percentage ≥ 2%

De zeer lage frequentie van positieve *herhalingsmonsters* per productiebedrijf (tabel 10) zijn in lijn met de richtlijnen van VROM-Inspectie: onder normale omstandigheden wordt aan deze richtlijn voldaan. Zinnige referentiewaarden voor de hogere percentages coli44-positieve herhalingsmonsters kunnen niet worden gegeven. Omdat de percentages positieve monsters van uitgaand water van distributiereservoirs en van percelen in voorzieningsgebieden over het algemeen per waterbedrijf (en dus niet per voorzieningsgebied van een productiebedrijf) zijn aangeleverd, kunnen ook voor de percentages positieve monsters op deze locaties geen referentiewaarden worden gegeven. In figuur 23 zijn wel de cumulatieve frequentieverdelingen van de jaarlijkse percentages positieve monsters voor locatietypen per bedrijf weergegeven.



Figuur 23 *Cumulative frequentie verdelingen van percentages positieve monsters per jaar van uitgaand water van productiebedrijven (boven), uitgaand water van distributiereservoirs (midden) en drinkwater uit percelen in voorzieningsgebieden (onder) van de acht deelnemende waterbedrijven in de periode 1996-1999 (percentages van 3 jaren per bedrijf per locatietype).*

Ook uit deze figuren kunnen referentiewaarden voor uitgaand water van productiebedrijven en distributiereservoirs en voor drinkwater uit percelen in voorzieningsgebieden worden afgeleid. Hierbij zijn de grenswaarden soms (meestal naar beneden) afgerond, met name daar waar de curve niet vloeiend verloopt. Voor drinkwater uit percelen zijn de hogere grenswaarden voor percentages positieve eerste monsters verder naar beneden afgerond om te corrigeren voor de hoge percentages bij bedrijf 7 ten gevolge van afwijkende procedures voor incubatie spoelmethode voorafgaand aan monsterneming (zie paragrafen 4.1 resp. 4.2).

Tabel 14 Voorgestelde referentiewaarden voor percentages positieve monsters van drinkwater voor groepen van monsterlocaties

	Laag tot normaal % < P75	Verhoogd P75 ≤ % < P90	Hoog P90 ≤ % < P97,5	Zeër hoog % ≥ P97,5
Uitgaand water productiebedrijven				
- coli37 eerste	% < 1%	1% ≤ % < 2%	2% ≤ % < 3%	% ≥ 3%
- coli37 herhaling	% < 0,1%	0,1% ≤ % < 0,2%	0,2% ≤ % < 0,3%	% ≥ 0,3%
- coli44 eerste	% < 0,1%	0,1% ≤ % < 0,3%	0,3% ≤ % < 1%	% ≥ 1%
Uitgaand water distributiereservoirs				
- coli37 eerste	% < 2%	2% ≤ % < 3%	3% ≤ % < 5%	% ≥ 5%
- coli37 herhaling	% < 0,5%	0,5% ≤ % < 0,7%	0,7% ≤ % < 0,9%	% ≥ 0,9%
- coli44 eerste	% < 0,3%	0,3% ≤ % < 1%	1% ≤ % < 2%	% ≥ 2%
Drinkwater uit percelen				
- coli37 eerste	% < 1%	1% ≤ % < 1,5%	1,5% ≤ % < 2%	% ≥ 2%
- coli37 herhaling	% < 0,05%	0,05% ≤ % < 0,1%	0,1% ≤ % < 0,2%	% ≥ 0,2%
- coli44 eerste	% < 0,2%	0,2% ≤ % < 0,5%	0,5% ≤ % < 1%	% ≥ 1%

De referentiewaarden voor uitgaand water van productiebedrijven in tabel 14 zijn vergelijkbaar met de referentiewaarden die eerder in deze paragraaf uit de cumulatieve frequentieverdelingen van positieve percentages per productiebedrijf (figuren 21 en 22) zijn afgeleid. Dit ondanks dat in de cumulatieve frequentieverdelingen van positieve percentages per productiebedrijf heeft elk productiebedrijf een even grote invloed, dus ook de 56 grondwaterverwerkende productiebedrijven waarvan het uitgaande water slechts 1x per week wordt onderzocht. Elk positief monster heeft voor deze productiebedrijven een positief percentage van 1,9% tot gevolg. In cumulatieve frequentieverdelingen per bedrijf zijn de positieve monsters verspreid over meerdere productiebedrijven. De waterbedrijven kunnen de percentages positieve monsters in uitgaand water van hun productiebedrijven en distributiereservoirs en van drinkwater uit percelen in (delen van) hun voorzieningsgebieden desgewenst vergelijken met de referentiewaarden in deze paragraaf om vast te stellen in hoeverre de waterkwaliteit afwijkt. Ten overvloede wordt hierbij opgemerkt dat positieve herhalingsmonsters altijd overschrijdingen zijn van de Inspectierichtlijn voor de Melding van Normoverschrijdingen Drinkwaterkwaliteit [33] en dus altijd gemeld moeten worden aan de VROM Inspectie.

4.5 Infectierisico op basis van percentages positieve monsters

Volgens de in paragraaf 2.1 geformuleerde definitie van verontreinigingsincidenten is één positief herhalingsmonster de kleinste vorm van een verontreinigingsincident. Slechts enkele van de deelnemende waterbedrijven hebben overzichten van de kleinste verontreinigingsincidenten aangeleverd. Daarom is gekozen voor een evaluatie van de aangeleverde waterkwaliteitsgegevens, waarin het percentage positieve eerste monsters en herhalingsmonsters ook een beeld geeft van de frequentie van kleine verontreinigingsincidenten.

4.5.1 *Coli44-positieve eerste monsters van drinkwater uit percelen*

Enmalige positieve coli44-monsters (herhalingsmonster niet positief) van drinkwater uit percelen zouden in een deel van de gevallen een indicatie kunnen zijn voor een kortdurende of bijna niet meer detecteerbare verontreiniging van drinkwater met coli44 (*E. coli*). Ook is het mogelijk dat aan de rand van een verontreinigd gebied monsters zijn genomen, waar de monsters van 100 ml soms wel en soms geen coli44 bevatten. Natuurlijk kunnen de bacteriën zelfs bij zeer lage achtergrondniveaus per toeval een keer gevonden worden. Tenslotte kan de aanwezigheid van coli44 in een deel van de gevallen het gevolg zijn van verontreinigingen van dienstleiding en /of binnenleidingen en verontreinigingen tijdens monsterneming en/of analyse. Een groot deel van de deskundigen van de laboratoria van de deelnemende waterbedrijven schatten deze bijdrage op ca. 50% (tussen 10% en minimaal 50%, overwegend rond 50%). De deskundigen benadrukken dat aan hun inschatting geen onderzoek ten grondslag ligt en daarom ver van de werkelijke fractie kan liggen. Bij bedrijf 7 wordt de kans op het detecteren van fecale verontreinigingen van binnenleidingen veel hoger ingeschat omdat in een groot deel van het voorzieningsgebied voorafgaand aan monsterneming met slechts 250 ml werd voorgespoeld (zie ook paragraaf 4.2). Het hoge percentage coli44-positieve eerste monsters uit percelen bij dit bedrijf (1,5%) wordt door het bedrijf grotendeels aan mogelijke verontreinigingen van dienstleidingen en (kranen in) binneninstallaties toegeschreven.

De infectierisico's voor afnemers kunnen op dezelfde wijze worden geëvalueerd als beschreven in paragraaf 3.6 voor evaluatie van verontreinigingsincidenten. De percentages coli44-positieve monsters bij bedrijf 7 zijn niet gebruikt voor berekening van de gemiddelde infectierisico's, gelet op de afwijkende monsterneming. Bedrijf 3 bevestigt eerste monsters niet bij 44 °C. Het gemiddelde percentage coli44-positieve monsters van de overige waterbedrijven is dan $50/43.526 = 0,11\%$ (bij bedrijf 7: $118/7.746 = 1,52\%$). In 1997 was het percentage coli44-positieve monsters uit percelen iets hoger: $23/13.980 = 0,16\%$ (bij bedrijf 7: $72/2.233 = 3,2\%$). Deze percentages zijn niet gecorrigeerd voor artefacten en vertegenwoordigen dus de worst case situatie.

Aangenomen³² wordt dat het verontreinigingsniveau van elk monster minimaal was (dus 1 KVD coli44 of *E. coli* per 100 ml). Het gemiddelde blootstellings- en infectierisico voor de inwoners van de voorzieningsgebieden van de 6 waterbedrijven is berekend zoals beschreven in paragraaf 3.6.

De blootstellingsrisico's waren dan (per persoon per jaar in de periode 1996-1998):

voor <i>Campylobacter</i>	$p(\text{bs}) = 0,25 \cdot 1,1 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 3,6 \cdot 10^{-7} \cdot 365 = 3,8 \cdot 10^{-7}$
voor <i>Cryptosporidium</i>	$p(\text{bs}) = 0,25 \cdot 1,1 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 1,7 \cdot 10^{-5} \cdot 365 = 1,8 \cdot 10^{-5}$
voor enterovirus	$p(\text{bs}) = 0,25 \cdot 1,1 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 7,7 \cdot 10^{-7} \cdot 365 = 8,1 \cdot 10^{-7}$
voor <i>Giardia</i>	$p(\text{bs}) = 0,25 \cdot 1,1 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 7,3 \cdot 10^{-5} \cdot 365 = 7,7 \cdot 10^{-5}$

De infectierisico's waren dan (per persoon per jaar in de periode 1996-1998):

voor <i>Campylobacter</i>	$p(\text{inf}) = 1 - (1 + (3,8 \cdot 10^{-7} / 7,59))^{-0,145} = 6,7 \cdot 10^{-9}$
voor <i>Cryptosporidium</i>	$p(\text{inf}) = 1 - e^{-0,004202 \cdot 1,8 \cdot 10^{-5}} = 7,6 \cdot 10^{-8}$
voor rotavirus	$p(\text{inf}) = 1 - (1 + (8,1 \cdot 10^{-7} / 0,42))^{-0,26} = 2,2 \cdot 10^{-7}$
voor <i>Giardia</i>	$p(\text{inf}) = 1 - e^{-0,0199 \cdot 7,7 \cdot 10^{-5}} = 1,5 \cdot 10^{-6}$

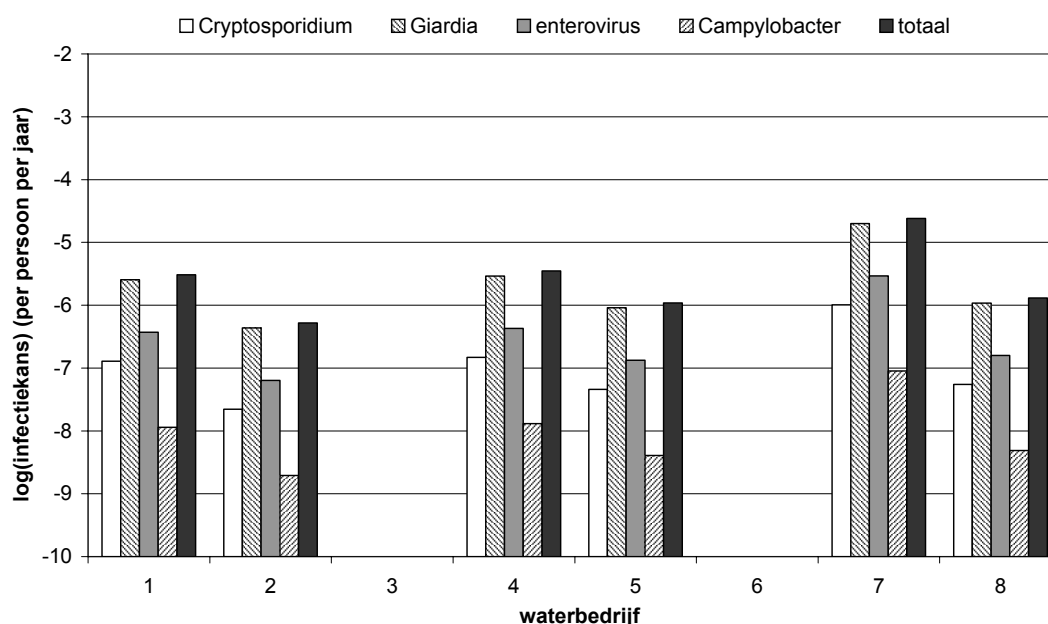
Het totale veronderstelde infectierisico zou voor de periode 1996-1998 gemiddeld ca. $1,8 \cdot 10^{-6}$ per persoon per jaar zijn, voor het jaar 1997 = ca. $2,6 \cdot 10^{-6}$. Indien niet gewogen wordt voor het aantal monsters, maar voor het aantal inwoners in de voorzieningsgebieden waren de gemiddelde infectierisico's $1,7 \cdot 10^{-6}$ pppj (1996-1998) resp. $2,4 \cdot 10^{-6}$ pppj (1997) ten gevolge van kortdurende en bijna niet meer detecteerbare verontreinigingen (die leidden tot een coli44- of *E. coli*-positief eerste monster en een negatief herhalingsmonster). Dit is ongeveer een factor 40 tot 55 lager dan de voorlopige grenswaarde van $1 \cdot 10^{-4}$ pppj voor uitgaand water van productiebedrijven die oppervlaktewater verwerken.

Voor de inwoners van het voorzieningsgebied van bedrijf 7 zijn de infectierisico's, mogelijk onder invloed van het minder lang voorspoelen voorafgaand aan monsterneming, in de periode 1996-1998 gemiddeld $2,4 \cdot 10^{-5}$ pppj (in 1997: $5,1 \cdot 10^{-5}$ pppj), een factor 4 (in 1997 een factor 2) lager dan de voorlopige grenswaarde.

In figuur 24 zijn de veronderstelde gemiddelde infectierisico's door kortdurende en bijna niet meer detecteerbare verontreinigingen voor inwoners van de voorzieningsgebieden van de deelnemende waterbedrijven weergegeven (op basis van het percentage coli44-positieve eerste monsters in de voorzieningsgebieden in de periode 1996-1999). Waterbedrijven 1, 4 en 7 hadden gemiddeld het hoogste infectierisico in de periode 1996-1998, resp. $3,1 \cdot 10^{-6}$, $3,5 \cdot 10^{-6}$ en $2,4 \cdot 10^{-5}$ pppj (in 1997 bij alle drie de waterbedrijven ongeveer 2 maal zo hoog). Het fecale verontreinigingsincident van 13 mei 2000 bij bedrijf 4 had een verhoging van het 'normale' infectierisico met $9,4 \cdot 10^{-5}$ pppj voor de inwoners van het verontreinigde gebied tot gevolg (alleen bij een aangenomen blootstellingsduur van detectie tot eerste maatregelen, zie paragraaf 3.6). Dit is iets lager onder de voorlopige grenswaarde voor uitgaand water van oppervlaktewaterverwerkende waterbedrijven, reden om het totale infectierisico uit te rekenen. Indien het veronderstelde infectierisico ten gevolge van kortdurende of bijna niet meer detecteerbare verontreinigingen (alleen eerste monster coli44-positief) bij bedrijf 5 in

³² Zoals gevraagd hebben de waterbedrijven percentages coli44-positieve monsters aangeleverd. Later ontstond het idee om ook op basis hiervan infectierisico's in te schatten.

de periode 1996-1998 wordt toegevoegd aan het infectierisico ten gevolge van het fecale verontreinigingsincident van 31 mei 2000, dan blijft dit met $9,8 \cdot 10^{-5}$ pppj nog steeds net onder de voorlopige grenswaarde van $1 \cdot 10^{-4}$ pppj.



Figuur 24 Infectierisico per waterbedrijf op basis van niet-gecorrigeerde percentages coli44-positieve eerste monsters van drinkwater uit percelen in de voorzieningsgebieden (periode van 3 jaar tussen 1996 en 1999, zie figuur 18, bedrijf 3 bevestigde eerste monsters niet bij 44 °C, bedrijf 6 trof geen coli44-positieve monsters aan)

De percentages coli44-positieve eerste monsters per bedrijf zijn gemiddeld over het gehele voorzieningsgebied en 3 jaren (in 1997 waren de percentages ongeveer 2 maal zo hoog bij waterbedrijven 1, 4 en 7, zie figuur 18). Het is niet uitgesloten dat plaatselijk de grenswaarde voor het infectierisico van de jaren is overschreden door een combinatie van een hoog percentage coli44-positieve eerste monsters (herhalingsmonster negatief) en een fecaal verontreinigingsincident dat op zichzelf geen overschrijding van de voorlopige grenswaarde voor het infectierisico tot gevolg had.

Voorlopige vuistregel

Uit bovenstaande berekening kan een voorlopige vuistregel worden afgeleid: als drinkwater jaarlijks gedurende meer dan 23 dagen 1 KVD *E. coli* per 100 ml bevat, wordt de voorlopige grenswaarde voor het infectierisico overschreden. Dat wil niet zeggen dat het risico niet wordt overschreden als het aantal dagen kleiner is dan 23.

Onderschatting van het infectierisico

Omdat het infectierisico is berekend op basis van de verhoudingen van de concentraties van slechts 4 (groepen) pathogenen en de concentraties van *E. coli* in rioolwater (gemeten in slechts 2 RWZI's) en er meer pathogenen in rioolwater voorkomen, wordt het werkelijke infectierisico waarschijnlijk onderschat. Tevens is niet bekend in welke mate het monsterprogramma in voorzieningsgebieden representatief is voor de kwaliteit van het drinkwater dat door de inwoners wordt

geconsumeerd. Voorts duiden de hogere ratio's van coli44/coli37 in het eerste monster bij bedrijf 7 erop dat door incubatie bij 37 °C gevolgd door bevestiging bij 44 °C mogelijk minder coli44 (*E. coli*) worden gedetecteerd.

Overschatting van het infectierisico

Anderzijds is het infectierisico overschat omdat niet elke aangetroffen coli44 of *E. coli* een indicatie van verontreiniging met rioolwater. Ook uitwerpselen van wild en landbouwhuisdieren bevatten deze bacteriën en de concentratie menspathogene micro-organismen in deze uitwerpselen is waarschijnlijk lager dan in rioolwater [47].

4.5.2 *Coli44-positieve herhalingsmonsters van drinkwater*

Positieve herhalingsmonsters zijn een indicatie voor een verontreiniging van het drinkwater gedurende 2 dagen. Deze percentages zijn exclusief de door de deelnemende waterbedrijven gemelde fecale verontreinigingsincidenten (beschreven in paragraaf 3.1). Zoals al beschreven in paragraaf 4.1 waren slechts 5 herhalingsmonsters coli44- of *E. coli*-positief, waarvan slechts 2 (uit distributiereservoirs) representatief waren voor de geregistreerde fecale verontreinigingsincidenten. Van de overige 3 coli44-positieve herhalingsmonsters is er 1 genomen van uitgaand water van een productiebedrijf (bij bedrijf 3 in 1997) en zijn er 2 genomen van drinkwater uit percelen in de voorzieningsgebieden (bij bedrijf 1 in 1996 en bij bedrijf 5 in 1998). Van de 50 positieve eerste monsters van drinkwater uit tapkranen (van in totaal 43.526, excl. bedrijf 3 en 7, zie paragraaf 4.5.1) waren dus slechts 2 herhalingsmonsters positief voor coli44 = 4% (ca. 0,005% van alle eerste monsters).

Aangenomen wordt dat deze coli44-positieve herhalingsmonsters een indicatie zijn van kleine fecale verontreinigingsincidenten die 2 dagen duurden en waarbij de eerste dag 3 en de tweede dag 1 KVD per 100 ml werd gevonden (gemiddeld dus 2 KVD coli44 per 100 ml, de concentraties zijn niet gerapporteerd door de deelnemende waterbedrijven).

De infectierisico's per klein fecaal verontreinigingsincident is berekend zoals beschreven in paragraaf 3.6.

De blootstellingsrisico's voor de inwoners van het voorzieningsgebied waarvoor de monsters representatief waren, waren dan per persoon in 1996, 1997 of 1998:

voor <i>Campylobacter</i>	$p(\text{bs}) = 0,25 \cdot 2 \cdot 10 \cdot 3,6 \cdot 10^{-7} \cdot 2 = 3,6 \cdot 10^{-6}$
voor <i>Cryptosporidium</i>	$p(\text{bs}) = 0,25 \cdot 2 \cdot 10 \cdot 1,7 \cdot 10^{-5} \cdot 2 = 1,7 \cdot 10^{-4}$
voor enterovirus	$p(\text{bs}) = 0,25 \cdot 2 \cdot 10 \cdot 7,7 \cdot 10^{-7} \cdot 2 = 7,8 \cdot 10^{-6}$
voor <i>Giardia</i>	$p(\text{bs}) = 0,25 \cdot 2 \cdot 10 \cdot 7,3 \cdot 10^{-5} \cdot 2 = 7,3 \cdot 10^{-4}$

De infectierisico's waren dan per persoon in 1996, 1997 of 1998:

voor <i>Campylobacter</i>	$p(\text{inf}) = 1 - (1 + (3,6 \cdot 10^{-6} / 7,59))^{-0,145} = 6,4 \cdot 10^{-8}$
voor <i>Cryptosporidium</i>	$p(\text{inf}) = 1 - e^{-0,004202 \cdot 1,7 \cdot 10^{-4}} = 7,3 \cdot 10^{-7}$
voor rotavirus	$p(\text{inf}) = 1 - (1 + (7,8 \cdot 10^{-6} / 0,42))^{-0,26} = 2,1 \cdot 10^{-6}$
voor <i>Giardia</i>	$p(\text{inf}) = 1 - e^{-0,0199 \cdot 7,3 \cdot 10^{-4}} = 1,4 \cdot 10^{-5}$

Het totale infectierisico was dan per klein fecaal verontreinigingsincident in de betreffende voorzieningsgebieden $1,7 \cdot 10^{-5}$ per persoon in 1996, 1997 of 1998.

Voorlopige vuistregel

Met in achtneming van de in de vorige paragraaf al genoemde factoren die een onder- of overschatting van het infectierisico tot gevolg hebben, wordt de voorlopige grenswaarde voor het infectierisico van 1.10^{-4} voor uitgaand water van oppervlakteverwerkende drinkwaterproductiebedrijven overschreden zodra per voorzieningsgebied meer dan 11,5/c kleine fecale verontreinigingsincidenten optreden met een duur van 2 dagen en een gemiddelde concentratie van c KVD *E. coli* per 100 ml. Dat betekent ook dat de grenswaarde in een gebied niet wordt overschreden als de gemiddelde concentratie tijdens het incident minder dan 11,5 KVD *E. coli* per 100 ml is.

4.6 Conclusies en aanbevelingen

- Slechts een klein deel van alle drinkwatermonsters die genomen worden voor periodieke waterkwaliteitsbeoordeling bevat bacteriën van de coligroep (0,96%) en een nog kleiner deel bevat thermotolerante bacteriën van de coligroep (0,24%). Slechts 0,095% van de herhalingsmonsters van de 88.079 eerste monsters bevatte bacteriën van de coligroep, waarvan 0,0057%-punt (5 monsters) thermotolerant was.
- Een aantal gerapporteerde fecale verontreinigingsincidenten wordt niet vertegenwoordigd in de waterkwaliteitsgegevens. Aanbevolen wordt om van elk incident ten minste een klein verslag te maken, bijvoorbeeld zoals de overzichten in bijlage I en II, waarbij een overzicht van de waterkwaliteitsgegevens als bijlage wordt toegevoegd.
- Er zijn significante verschillen in percentages positieve monsters in de periode 1996-1999 tussen de waterbedrijven vastgesteld. De belangrijkste verschillen zijn waargenomen bij bedrijf 7 (hoge percentages coli37- en coli44-positieve eerste monsters van drinkwater uit percelen, herhalingsmonsters altijd negatief) en bij bedrijf 8 (hoge percentages coli37-positieve eerste monsters en herhalingsmonsters van uitgaand water van productiebedrijven en eerste monsters van uitgaand water van distributiereservoirs). Deze verschillen zijn nu waarschijnlijk minder groot of verdwenen omdat door de betreffende waterbedrijven maatregelen genomen zijn om deze percentages te verlagen:
 - bedrijf 7: met ingang van 2000 wordt overal in dit bedrijf conform NEN 6559 voorgespoeld (in plaats van met slechts 250 ml);
 - bedrijf 8: grote investeringen in productiebedrijven en distributiereservoirs en het sluiten van een tiental distributiereservoirs dat overbodig bleek.
- Bedrijf 7 vindt een relatief hoge ratio van percentages coli44 vs. coli37 in de eerste monsters in de voorzieningsgebieden. Dit bedrijf incubeert als enige van de deelnemende waterbedrijven agarplaten met monsters zowel bij 37 °C als bij 44 °C, waarbij bevestigingsonderzoek op de gele kolonies gegroeid bij 37 °C zowel bij 37 °C als bij 44 °C wordt uitgevoerd. Onderzoek is daarom aan te bevelen naar het effect van de incubatietemperatuur (kweken bij 37 °C i.p.v. bij 44 °C) van monsters, beide gevolgd door bevestiging bij 44 °C, op de detectie van *E. coli* in drinkwatermonsters.
- Waterbedrijven kunnen met de statistische technieken beschreven in bijlage III zelf berekenen of er significante verschillen zijn in percentages positieve monsters tussen de verschillende onderdelen binnen het bedrijf of verschillen tussen waterbedrijven onderling toetsen.

- Waterbedrijven kunnen de percentages coli37- en *E. coli*-positieve monsters van drinkwater desgewenst vergelijken met de referentiewaarden die zijn opgesteld op basis van de gegevens (van percentages coli37- resp. coli44-positieve monsters) die door de 8 deelnemende waterbedrijven zijn aangeleverd (1996-1999). Voor eerste monsters uit percelen zijn de laagste referentiewaarden (75-percentielen) 1% voor coli37 en 0,2% voor coli44 per jaar per waterbedrijf.
- Het infectierisico berekend op basis van het percentage eenmalig coli44-positieve monsters van drinkwater uit percelen (0,11% coli44-positieve eerste monsters, herhalingsmonster negatief), inclusief mogelijke artefacten (verontreiniging tijdens monsterneming en/of analyse) en verontreiniging van binneninstallaties was in de periode 1996-1998 bij 6 van de deelnemende waterbedrijven³³ gemiddeld ca. 40 tot 55 x lager dan de voorlopige grenswaarde van 1.10^{-4} per persoon per jaar (pppj). Het hoogste infectierisico op basis van deze percentages is vastgesteld bij waterbedrijven 1, 4 en 7 (resp. $3,1.10^{-6}$, $3,5.10^{-6}$ en $2,4.10^{-5}$ pppj, in 1997 ongeveer 2 maal zo hoog). Indien het monsterprogramma van de 6 waterbedrijven die voorafgaand aan monsterneming conform NEN 6559 voorspoelden (dus excl. bedrijf 7) representatief is voor de watersamenstelling, is het achtergrondniveau van fecale indicatorbacteriën (die niet bij herhaling aangetroffen worden) zeer laag (0,11%) en heeft nauwelijks invloed op het infectierisico voor inwoners van betreffende voorzieningsgebieden. Hierbij is aangenomen dat de concentratie van *E. coli* in eenmalig positieve monsters zeer laag is (bij de berekening is uitgegaan van 1 KVD per 100 ml).
- Het is aan te bevelen om te onderzoeken welk deel van de monsters coli37- en/of *E. coli*-positief is ten gevolge van verontreiniging van binneninstallaties. Tevens is het zinvol om te onderzoeken welke gezondheidskundige betekenis fecale verontreiniging van (delen van) binneninstallaties heeft.
- Onderzoek naar de representativiteit van het monsterprogramma van drinkwater uit percelen in voorzieningsgebieden is aan te bevelen. Het is namelijk niet bekend welk deel van de verontreinigingen tijdens distributie door de periodieke waterkwaliteitsbeoordeling wordt gedetecteerd. Dit onderzoek kan worden uitgevoerd door eerst in grote volumes (> 100 liter) het achtergrondniveau van continue en/of frequente verontreinigingen vast te stellen. Vervolgens kan door tijdelijk en plaatselijk de frequentie en dichtheid van monsterneming te verhogen vastgesteld worden of het percentage *E. coli*-positieve monsters daardoor significant toeneemt ten opzichte van het percentage positieve monsters in het huidige monsterprogramma. Gelijktijdig wordt daarmee een nog beter beeld gekregen van het achtergrondniveau van *E. coli* in distributiesystemen, zeker als hierbij (ook) grote(re) volumes van bijvoorbeeld 1 liter worden onderzocht. Geen enkel monsterprogramma kan echter overal en altijd de microbiologische veiligheid van drinkwater vaststellen. Tevens betekent detectie van een verontreiniging altijd dat inwoners van het betreffende voorzieningsgebied al kans lopen om geïnfecteerd te worden met pathogene micro-organismen en dat corrigerende maatregelen alleen een verdere toename van het risico kunnen voorkomen. Preventie van verontreinigingen door beheersing van de (hygiënische) kwaliteit van infrastructuur en bedrijfsvoering is daarom noodzakelijk, onder meer door periodieke

³³ Bedrijf 3 bevestigde de eerste monsters niet bij 44 °C en bedrijf 7 is separaat geëvalueerd.

beoordelingen van de kwaliteit van infrastructuur en bedrijfsvoering en door periodieke risico-inventarisaties (zie hoofdstuk 6) [68].

- De bij 3 verschillende waterbedrijven in drie verschillende jaren aangetroffen drie coli44-positieve herhalingsmonsters die geen geregistreerd langdurig (> 2 dagen) fecaal verontreinigingsincident vertegenwoordigen, hebben in de betreffende jaren voor de inwoners van de betreffende gebieden een geschat infectierisico van $1,7 \cdot 10^{-5}$ per persoon tot gevolg gehad.
- Het is aan te bevelen om de gevolgen voor het infectierisico te berekenen van werkzaamheden in distributiesystemen waarna de waterlevering zonder beschermende maatregelen (chloordosering of kookadvies) wordt hervat. Hierbij kan gebruik gemaakt worden van gegevens over eenmalig positieve monsters (herhalingsmonster negatief) en incidenten (herhalingsmonster(s) positief) op dezelfde wijze als in dit rapport beschreven voor monsters van periodieke waterkwaliteitsbeoordeling.
- Als voorlopige vuistregel kan een grenswaarde van 23 worden aangehouden voor “*E. coli* - concentratiedagen” (ECCD, product van aantal dagen en de gemiddelde *E. coli* -concentratie in KVD per 100 ml) ten gevolge van fecale verontreinigings-incidenten (minimaal twee achtereenvolgende monsters positief) en eenmalig *E. coli*-positieve monsters (herhalingsmonsters negatief). Indien deze grenswaarde wordt overschreden, wordt de voorlopige grenswaarde van $1 \cdot 10^{-4}$ per persoon in dat jaar voor het infectierisico voor de inwoners in een gebied overschreden. De grenswaarde is lager dan 23 als het achtergrondrisico voor infectie via drinkwater (exclusief eenmalig *E. coli* -positieve monsters) groter dan 0 per persoon per jaar is. Nader onderzoek naar de samenstelling van rioolwater en ander fecaal materiaal en de infectiviteit van daarin voorkomende pathogenen kan een andere grenswaarde opleveren.

5 Indicatorbacteriën in grote volumes gedistribueerd drinkwater

Het percentage monsters van 100 ml uit distributiegebieden dat coli37 of coli44 (of andere indicatoren voor fecale verontreiniging) bevat, is zeer laag (zie hoofdstuk 4). Tevens is het aantal kolonievormende deeltjes in positieve monsters vaak erg laag. Een kwantitatieve analyse van deze gegevens geeft, onder voorbehoud van de onzekerheden, aan dat het huidige beschermingsniveau voldoende is om de microbiologische veiligheid van drinkwater onder normale omstandigheden (dus uitgezonderd verontreinigingsincidenten) te waarborgen. Uit de gegevens kan echter niet worden opgemaakt welk deel van de eenmalig aangetroffen indicatorbacteriën afkomstig is van een stabiel achtergrondniveau en welk deel afkomstig is van piekniveaus.

Een stabiel achtergrondniveau, met relatief weinig variatie van concentraties van indicatorbacteriën in plaats en tijd, kan het gevolg zijn van continu optredende kleine verontreinigingen van het drinkwater (zogenaamde diffuse verontreiniging) of van frequent optredende kleine verontreinigingen die door menging van het water niet meer als piekjes waar te nemen zijn. In het geval van coli37 is vermeerdering in distributiesystemen (in sediment of biofilm) niet uitgesloten [44], hetgeen ook als een diffuse bron beschouwd kan worden. Indien er een homogene menging plaats heeft gevonden, wordt de kans op het aantreffen van indicatorbacteriën beschreven door de Poisson-verdeling. Indien alle eenmalig aangetroffen coli44-positieve monsters het gevolg zijn van het achtergrondniveau, dan was het gemiddelde van deze verdeling ca. 1 KVD coli44 (*E. coli*) per 100 l in de voorzieningsgebieden van 6 van de deelnemende waterbedrijven in de periode 1996-1998. Dit komt, op basis van de nu beschikbare kennis, overeen met een infectierisico van $1,8 \cdot 10^{-6}$ per persoon per jaar (zie paragraaf 4.5.1), ruim onder de voorlopige grenswaarde van $1 \cdot 10^{-4}$ pppj. Dit achtergrondniveau geldt als aangenomen dat alle positieve monsters 1 KVD per 100 ml bevatten (de detailgegevens zijn niet geëvalueerd), maar bij de aanname van een homogene verdeling zullen de concentraties in de monsters verdeeld zijn volgens de Poisson-verdeling en zal het infectierisico dus iets hoger zijn.

Piekniveaus zijn het gevolg van eenmalig of weinig frequent optredende verontreinigingen. Het eenmalig aantreffen van een of enkele KVD coli37 of *E. coli* in 100 ml gedistribueerd water kan ook bij piekverontreinigingen optreden als het monster genomen wordt aan i) het eind of het begin van een verontreiniging en/of ii) aan de rand van het verontreinigde gebied. Indien indicatorbacteriën als pieken in plaats en/of tijd aanwezig zijn, wordt de kans op het aantreffen van indicatorbacteriën beschreven door een Negatief Binomiale verdeling (in het Engels toepasselijk 'contagious' = besmet). Naar mate een groter deel van de eenmalig aangetroffen coli44-positieve monsters het gevolg is van piekverontreinigingen, des te lager is het achtergrondniveau tijdens normale bedrijfsvoering. Aangevuld met gegevens over de frequentie van kleine verontreinigingen (twee maal achter elkaar aantreffen van indicatorbacteriën) en grote verontreinigingen (meerdere malen achter elkaar aantreffen van indicatorbacteriën) kan een theoretische inschatting

worden gemaakt van het aandeel van piekverontreinigingen in het eenmalig aantreffen van indicatorbacteriën. Een dergelijke statistische evaluatie is aan te bevelen, maar door de lage frequentie van kleine en grote verontreinigingen zal de betrouwbaarheid van deze inschatting waarschijnlijk beperkt zijn.

Om vast te stellen welk aandeel het achtergrondniveau en de piekverontreinigingen in de aanwezigheid van *E. coli* in distributiesystemen hebben, moet meer drinkwater worden onderzocht. Hierbij kunnen twee meetstrategieën worden gevolgd:

1. Onderzoek van grote volumes drinkwater, waarbij een monster met een groot volume (bijvoorbeeld 100 l) verzameld wordt op 1 plaats en op 1 tijdstip.
2. Onderzoek van grote volumes drinkwater, waarbij meerdere monsters worden genomen verdeeld over meerdere monsterlocaties en meerdere tijdstippen (bijvoorbeeld op 10 plaatsen 10 keer 1 l).

Met strategie 1 kan theoretisch door het nemen van 1 monster met een groot volume worden vastgesteld wat het achtergrondniveau van *E. coli* in een voorzieningsgebied is. Naarmate er echter meer monsters genomen worden, des te nauwkeuriger wordt het beeld van het achtergrondniveau. Indien deze monsters worden verspreid over het voorzieningsgebied, wordt het beeld van de lokale verschillen variatie nauwkeuriger, maar als deze variatie dan afwijkt van de Poisson-verdeling, is er weer sprake van een combinatie van een achtergrondniveau en piekniveaus.

Met strategie 2 kunnen ook grote volumes worden onderzocht en worden dezelfde resultaten als in strategie 1 bereikt. Een belangrijk nadeel van deze benadering is de noodzaak om veel meer monsters te onderzoeken, bijvoorbeeld 100 maal meer als monsters van 1 l worden onderzocht. Een belangrijke extra resultaat van strategie 2 is een nauwkeuriger beeld van de verdeling van indicatorbacteriën in plaats en tijd, hetgeen een beter beeld van het optreden van piekverontreinigingen geeft. Tevens levert strategie 2 resultaten op voor evaluatie van de detectiekans van piekverontreinigingen met de bestaande meetstrategie.

Waarschijnlijk is het nuttig om beide strategieën te combineren, waarbij de efficiëntie van de onderzoeksmethoden en onderzoekscapaciteit van betrokken laboratoria een belangrijke rol zal spelen bij het vaststellen van de mate van inzet van de strategieën.

Voor strategie 1 kan gebruik gemaakt worden van een techniek die is ontwikkeld om de verwijdering en inactivatie van indicatorbacteriën bij de bereiding van drinkwater uit oppervlaktewater te kunnen bepalen [28,29]. Met behulp van de zogenaamde MF-sampler (membraanfiltratiesampler) worden hierbij grote volumes (>10 tot 1000 liter) water gefilterd door membraanfilters met een grote diameter. Het was echter niet bekend of deze methode ook toepasbaar is voor onderzoek van drinkwater in distributiesystemen. Daarom is dit onderzocht. De belangrijkste activiteiten waren:

- inventarisatie van beschikbare informatie bij waterbedrijven;
- het testen van de methode voor monsterneming en analyse van grote volumes drinkwater uit distributiesystemen;
- waar nodig optimalisatie van de methode.

5.1 Gegevens van de waterbedrijven

Uit een inventarisatie kwam naar voren dat alleen PWN ervaring heeft met het meten van bacteriën van de coligroep in grote volumes drinkwater tijdens distributie. Er werden geen problemen ondervonden bij de analyse van deze monsters met de MF-sampler. Bij GWA en DZH zijn alleen gegevens beschikbaar van bacteriën van de coligroep in grote volumes uitgaand water van productiebedrijven.

5.2 Testen van de onderzoeksmethode

Hierbij moesten de volgende vragen worden beantwoord:

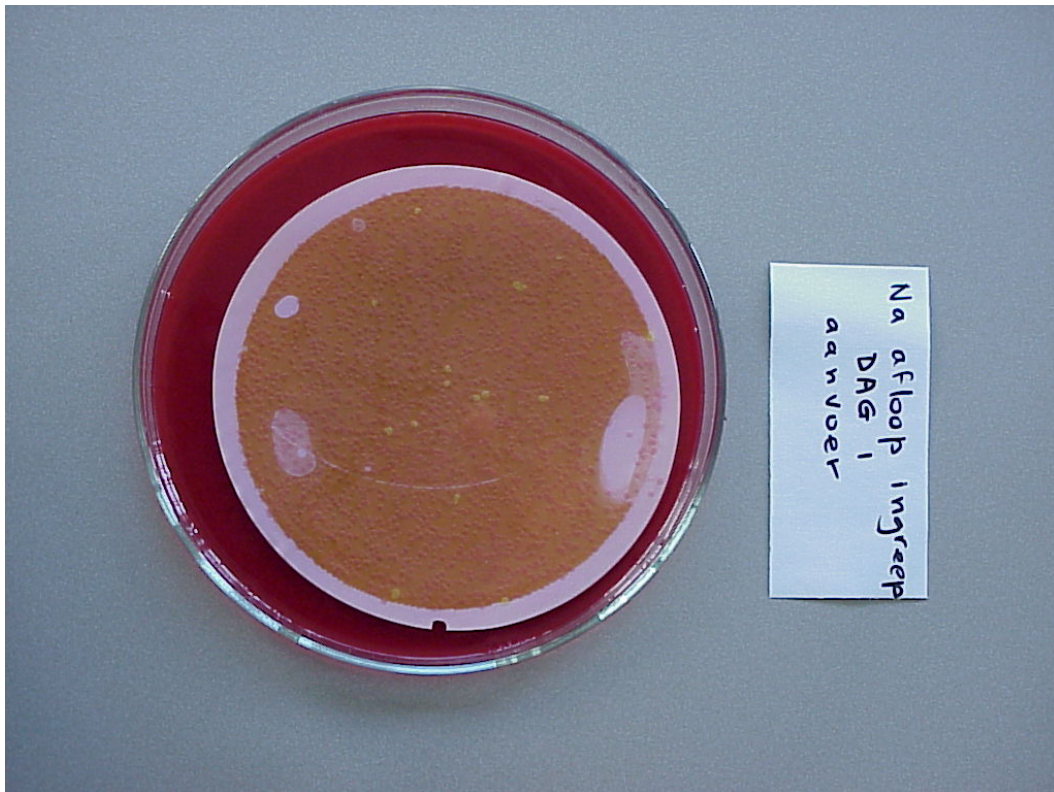
- Op welke wijze kunnen de grote monstervolumes het beste worden onderzocht: directe filtratie bij het monsterpunt in het voorzieningsgebied of ter plekke grote monsters tappen en filtratie op het laboratorium ?
- Welk volume drinkwater uit het leidingnet kan worden onderzocht (filtreerbaarheid van het drinkwater)?
- Is er sprake van een afname van de recovery wanneer het water veel sediment bevat ?
- Kunnen sporen van sulfietreducerende clostridia (SSRC) worden aangetoond op de membraanfilters van de bepaling van bacteriën van de coligroep en wat is de recovery van de SSRC-bepaling na incubatie op het medium voor de bepaling van coli37 (LSA)?

Er is in eerste instantie gekozen voor monsterneming van grote volumes drinkwater in steriele 20-liter vaten. Deze vaten zijn vervolgens in het laboratorium met de MF-sampler gefiltreerd. De MF-sampler is niet ontwikkeld voor metingen in het voorzieningsgebied en zal aangepast moeten worden indien hij hiervoor in het veld gebruikt zal worden.

Er zijn monsters onderzocht uit percelen op acht locaties in de voorzieningsgebieden van vijf verschillende waterbedrijven. De volumes varieerden van 20 tot 40 liter (zie tabel 15). Na de bepaling van de aantallen bacteriën van de coligroep op de membraanfilters werden 6 membraanfilters gepasteuriseerd om het aantal SSRC op de filters te kunnen bepalen.

5.2.1 *Filtreerbaarheid van de monsters*

Uit de resultaten bleek dat een volume van 20 tot 40 liter drinkwater uit verschillende voorzieningsgebieden goed filtreerbaar was met de MF-sampler, ook de monsters D en E die op het oog een hoog sedimentgehalte bevatten. Op de membraanfilters werd een bruine sedimentlaag waargenomen (waarschijnlijk rijk aan ijzer) waarin duidelijk gele kolonies konden worden onderscheiden (voorbeeld van membraanfilter van monster E in afbeelding 1).



Afbeelding 1 Membraanfilter na filtratie van drinkwater van monsterpunt R3, waarop duidelijk sediment zichtbaar is, met gele kolonies die van *Aeromonas* bacteriën bleken te zijn.

5.2.2 Aantallen indicatorbacteriën

Op de membranen met de (sedimentrijke) monsters D en E werden verdachte (gele) kolonies aangetroffen (zie tabel 15) die na bevestigingsonderzoek echter geen bacteriën van de coligroep (oxidase positief), maar *Aeromonas* bacteriën bleken te zijn. Alle andere monsters waren negatief.

Tabel 15 Bacteriën van de coligroep en SSRC in grote volumes drinkwater uit percelen in de periferie van verschillende voorzieningsgebieden

Monsterlocatie	Monstervolumes (liter)	Coli37/Coli44 (onbevestigd) ^a	Coli37/Coli44 (bevestigd)	SSRC
A	39	0	0	0
B	39,4	0	0	0
C	20,1	23	0	0
D	27 + 28 + 31	7 + 15 + 11	0	NB
E ^b	29 + 23	17 + 9	0	NB
F	30,1	0	0	0
G	28,9	0	0	0
H	31,1	0	0	2

^a maximaal vijf kolonies zijn geïsoleerd voor bevestiging in BGG 37 en 44°C;

^b na een ingreep in het leidingnet ter plaatse

Alleen monster H bevatte SSRC (2 KVD in 31,1 liter, zie tabel 15), bepaald na incubatie van het membraanfilter van de MF-sampler op LSA bij 37 °C en na pasteurisatie van het membraanfilter. De aanwezigheid van SSRC in monster H kan zowel het gevolg zijn van een diffuse als van een fecale piekverontreiniging, maar in ieder geval in een zeer lage concentratie (0,0064 KVD per 100 ml).

5.2.3 Recovery

In water verzameld op monsterlocatie C is een test met dosering van bekende hoeveelheid van *E. coli* (stam WR1) en *Clostridium bifermentans* (stam CP1) in 80 liter uitgevoerd. Op het membraanfilter werd sediment afgevangen, maar niet in de mate zoals waargenomen bij de monsters D en E. De recoveries van beide indicatorbacteriën waren laag, respectievelijk 60,3 en 2,5%. De recoveries, met name van *Clostridium*, zijn lager dan de recoveries die bij een eerder onderzoek zijn vastgesteld (respectievelijk 82 en 100% [28]). Dit betekent dat het gehalte SSRC in monster H een factor 40 hoger zou kunnen zijn, te weten 0,26 KVD per 100 ml. Er zijn echter meer bepalingen nodig om een goed beeld van de recovery te krijgen.

5.3 Conclusies en aanbevelingen

Uit het onderzoek kunnen de volgende voorlopige conclusies met betrekking tot de toepasbaarheid van de methode worden getrokken:

- De constructie van de MF-sampler zal moeten worden aangepast om op diverse locaties in het voorzieningsgebied op eenvoudige wijze uit verschillende soorten kranen grote volumes drinkwater steriel te kunnen filtreren.
- Het filteren van grote volumes drinkwater (20 tot 40 liter) bemonsterd uit het voorzieningsgebied lijkt geen problemen op te leveren, ook niet als het water zichtbare hoeveelheden sediment bevat. Het is aan te bevelen om te onderzoeken of ook grotere volumes (bijvoorbeeld 1000 l) gefiltreerd kunnen worden, omdat hierdoor de efficiëntie en dus de toepasbaarheid van strategie 1 (onderzoek van monsters met grote volumes) toeneemt.
- Er zal meer onderzoek gedaan moeten worden naar de recovery van de bepaling met de MF-sampler door uitvoering van positieve controles in het te onderzoeken water.
- Een volgtijdige bepaling van SSRC na de bepaling van bacteriën van de coligroep in hetzelfde monster lijkt mogelijk, maar eerst moet worden aangetoond dat voorincubatie op LSA geen effect heeft op de recovery (positieve controle).

Hoewel het aantal testmonsters laag was, kan worden geconcludeerd dat de achtergrondniveaus van bacteriën van de coligroep en van *E. coli* in het gedistribueerde drinkwater ter plekke erg laag waren. De monsters hadden een volume tussen de 20 en 40 liter, het volume van 200 tot 400 routinemonsters van 100 ml. Dit is een indicatie voor een zeer hoog standaardniveau van hygiëne en microbiologische veiligheid door degelijke infrastructuur en bedrijfsvoering ter plekke. Het is tevens een aanwijzing dat verontreinigingen waarschijnlijk vooral als eenmalige of weinig frequente pieken optreden en niet continu of heel frequent. Het aantal onderzochte monsters is echter onvoldoende voor verregaande conclusies. De aanwezigheid van SSRC in monster H kan zowel het gevolg zijn van een diffuse als van een piekverontreiniging.

6 Methode en hulpmiddel voor risico-inventarisatie en risicobeheersing

Voor de microbiologisch veiligheid van drinkwater is productie van veilig drinkwater en een veilige distributie noodzakelijk. Om microbiologische verontreiniging van drinkwater te voorkomen is met name een degelijke infrastructuur en een degelijke bedrijfsvoering noodzakelijk. Periodieke beoordeling van de kwaliteit van infrastructuur en bedrijfsvoering kan een belangrijke rol spelen in deze preventieve strategie, maar ook een periodieke inventarisatie van de mogelijke risico's voor microbiologische verontreiniging van drinkwater is hiervoor van belang. Een goed systeem voor detectie en correctie van verontreinigingen is een onderdeel van de zogenaamde curatieve risicobeheersing. In het ideale geval zijn infrastructuur en bedrijfsvoering zo degelijk, dat de kans op verontreinigingen zo klein is dat waterkwaliteitsbeoordeling voor detectie van verontreinigingen niet nodig is. Maar ook in een dergelijk ideaal geval blijft een periodieke inventarisatie en zonodig verdere beheersing van risico's noodzakelijk.

In de voedingsindustrie is al sinds de jaren '70 van de vorige eeuw een systeem voor beheersing van verontreinigingsrisico's in gebruik, de zogenaamde Hazard Analysis Critical Control Point, afgekort HACCP, ontwikkeld door NASA voor beheersing van de veiligheid van astronautenvoedsel [27,14]. In andere industrieën wordt gebruik gemaakt van Failure Mode and Effects Analysis, afgekort FMEA. Ook FMEA is (in de jaren '60 al) ontwikkeld door NASA, gericht op veiligheidsaspecten, en daarna overgenomen door de chemische en auto-industrie in de Verenigde Staten [45]. Een combinatie van deze aanpakken is gebruikt als basis voor de ontwikkeling van een managementsysteem voor risicobeheersing bij waterbedrijven. In april 2003 heeft de WHO in Berlijn een concept gepresenteerd van het Waterveiligheidsplan (Water Safety Plan), een op de drinkwatervoorziening toegesneden variant van HACCP [59,49]

Uitgangspunten bij de ontwikkeling van MaRiskA waren

- een systematische aanpak
- een multidisciplinaire benadering
- integratie in het kwaliteitssysteem
- efficiëntie

Hoewel bij beslissingen over optimalisatie van infrastructuur en/of bedrijfsvoering bij waterbedrijven de risico's voor de waterkwaliteit over het algemeen worden geëvalueerd, is er nog weinig ervaring met risicobeheersing volgens een vaste systematiek bij waterbedrijven in Nederland. In het buitenland wordt de HACCP-methode in toenemende mate toegepast, meestal als onderdeel van het kwaliteitssysteem. Op basis van de theorie van HACCP en FMEA is samen met Kiwa Management Consultants (ir. D.J.M. Bakker) een conceptmethode voor risico-inventarisatie en risicobeheersing ontwikkeld. Hulpmiddel hierbij is MaRiskA (Managing Risk Assessment & Risk Control), opgezet als een MS Excel worksheet waarin de resultaten van de risico-inventarisatie en de resulterende

beheersmaatregelen worden vastgelegd (een testversie van een MS Access applicatie met uitvoermogelijkheden naar MS Excel en MS Word is beschikbaar).

De ontwikkeling van de methode is met name versneld door de intensieve samenwerking in besprekingen tijdens voorbereiding en evaluatie van een risico-inventarisatie met de conceptmethode bij PWN Waterleidingbedrijf Noord-Holland in februari 2001 (begeleid door dr. J. Kroesbergen, dr. W. Hoogenboezem, mevr.ir. J. Zwaagstra en M. Nijman), en verder geoptimaliseerd tijdens een risico-inventarisatie met de conceptmethode bij N.V. Waterleidingmaatschappij Overijssel, thans Vitens Overijssel, in oktober 2001 (begeleid door G.L. Bakker, F.M. van Schaik en J. ter Halle)[69]. In 2003 is een MS Access versie van MaRiskA ontwikkeld.

De voordelen van de uitvoering en vastlegging van de risico-inventarisatie en risicobeheersing met behulp van een systeem zoals MaRiskA zijn onder meer de mogelijkheid tot hergebruik van de vastgelegde informatie en kennis voor een volgende cyclus en de mogelijkheid om hierbij te verwijzen naar documenten of literatuurverwijzingen naar informatie en kennis die ten grondslag ligt aan de informatie, kennis en beslissingen in MaRiskA zelf.

De grote lijnen van periodieke risico-inventarisatie en -beheersing zijn:

1. Samenstellen van een multidisciplinair team voor risico-inventarisatie.
2. Beschrijven van de onderdelen van de infrastructuur en de bedrijfsvoering.
3. Inventariseren van de verontreinigingsdreigingen per onderdeel van de infrastructuur en bedrijfsvoering.
4. Beschrijven van de structurele effectbeperking door latere processtappen in de infrastructuur.
5. Inschatten van het risiconiveau per onderdeel, exclusief risicobeperkende handelingen:
 - Kans op verontreinigingen, niveau 0 tot 10 (zonodig tot 100).
 - Effect van deze verontreinigingen, niveau 0 tot 10 (zonodig tot 100).
 - Risico = kans x effect, echter beperkt tot een niveau van 0 tot 100.Een risiconiveau komt tot stand door inschatting van het kansniveau en het effectniveau door het team en is dus subjectief. Het is niet bedoeld voor het inschatten van het werkelijke kwantitatieve risico (het infectierisico per persoon per jaar), maar voor niet-kwantitatieve vergelijking van de risico's van de verschillende bedreigingen en als hulpmiddel bij de beoordeling van het risico: acceptabel, mogelijk onacceptabel of onacceptabel.
6. Inventariseren van procedures voor preventieve handelingen.
7. Vaststellen of monitoring van de kwaliteit van de infrastructuur, bedrijfsvoering en/of het water voor het te evalueren bedrijfsonderdeel mogelijk en noodzakelijk is om het verontreinigingsrisico's acceptabel te maken.
8. Inventariseren van bestaande systemen voor monitoring van de kwaliteit van de infrastructuur, bedrijfsvoering en het water voor het te evalueren bedrijfsonderdeel, inclusief criteria voor goed- of afkeuring.
9. Inventariseren van bestaande procedures voor corrigerende handelingen indien de infrastructuur, bedrijfsvoering of het water niet van voldoende kwaliteit is.
10. Inschatten van het risiconiveau per onderdeel, inclusief risicobeperkende handelingen, als hulpmiddel bij de beoordeling van de risico's.

11. Toetsing van het risiconiveau aan referentiewaarden. De hoogte van deze referentiewaarden is een arbitrair hulpmiddel, vast te stellen door het team, b.v.:
 - Niveau ≥ 50 : onacceptabele risico's.
 - $20 \leq \text{niveau} < 50$: mogelijk onacceptabele risico's.
 - Niveau < 20 : acceptabele risico's.
12. Per onacceptabel risico maatregelen vaststellen, voor *mogelijk* onacceptabele risico maatregelen of nader onderzoek vaststellen (zie 14).
13. Inschatten van het effect van de maatregelen op het risiconiveau, als hulpmiddel bij de kosten/baten-evaluatie.
14. Op basis van een kosten/baten-evaluatie maatregelen kiezen. Onacceptabele risico's moeten uiteraard worden verminderd, maar het aanpakken van een groot aantal op relatief voordelige wijze te verminderen risico's kan een grotere risicobeperking tot gevolg hebben dan de vermindering van één of enkele risico's die grote investeringen vergt. Nader onderzoek van *mogelijk* onacceptabele risico's kan nodig zijn de noodzaak, de aard en de omvang van de maatregelen te onderbouwen. Als de maatregelen minder kosten dan dergelijk onderzoek, dan is het aan te bevelen de maatregelen zonder nader onderzoek te implementeren.
15. Implementatie van de maatregelen plannen. Risico's kunnen als onacceptabel worden geïdentificeerd, maar dat wil niet zeggen dat de kans op een verontreiniging zo groot is dat zonder enig uitstel maatregelen moeten worden getroffen (fecale verontreiniging van drinkwater komt immers zelden voor). Spreiding van investeringen is daarom meestal te verantwoorden.
16. Vastleggen van de resultaten (informatie, kennis, beslissingen) in MaRiskA (bij voorkeur samenvatten in een rapport) en een nieuwe inventarisatiecyclus plannen.

In bijlage V is elke stap uitgebreider toegelicht.

De subjectieve aard van de inschatting en beoordeling van risiconiveaus maken duidelijk dat het wenselijk zou zijn de risico's kwantitatief vast te stellen en aan kwantitatieve criteria te toetsen. Op dit moment is er in Nederland, maar ook internationaal vrijwel geen kwantitatieve informatie beschikbaar over de infectierisico's per processtap. Alleen over de effecten van behandelingssystemen (waaronder bodempassage) op de aantallen micro-organismen in oppervlaktewater is kwantitatieve informatie beschikbaar. In het kader van het BTO wordt daarom meer kennis verzameld en gegenereerd over de kwantitatieve risico's van verontreiniging van drinkwater tijdens distributie, naast de uitbreiding van de kennis over de kwantitatieve risico's van de drinkwaterproductie. Zolang de kennis over de kwantitatieve verontreinigingsrisico's nog ontoereikend is, is de inschatting van de risico's door een multidisciplinair team de beste methode. Deze aanpak vergroot de kans van compensatie van de blinde vlekken die specialisten zouden kunnen hebben. Het team kan de risico's indelen in 3 klassen: acceptabel, mogelijk onacceptabel en onacceptabel. De hierboven beschreven stappen in de risico-inventarisatie en -evaluatie zijn een hulpmiddel om dit op een systematische en zoveel mogelijk uniforme manier te doen en om de informatie, kennis, overwegingen en beslissingen vast te leggen. De indeling van kansen, effecten en risico's in niveaus van 0 tot 100 hebben als nadeel dat ze als kwantitatief kunnen worden geïnterpreteerd (schijnnaauwkeurigheid). Voordeel van deze aanpak is de ondersteuning bij het denkproces over de risico's en bij het stellen van prioriteiten voor maatregelen en nader onderzoek.

7 Conclusies

In paragrafen 7.2 tot en met 7.5 worden de conclusies per onderzoeksdoel weergegeven (onder meer samengevat uit de uitgebreide conclusies per hoofdstuk in dit rapport). Eerst volgen de conclusies die kunnen worden getrokken uit de evaluatie van de literatuur en andere informatie.

7.1 Evaluatie van de literatuur en andere informatie

Ziektegevallen door verontreiniging van drinkwater

In Nederland zijn ten gevolge van drie fecale verontreinigingsincidenten ziektegevallen bij afnemers gerapporteerd: in Amsterdam (1962, 5 gevallen van tyfus), in Rotterdam (1981, 609 gevallen van met o.a. giardiase, amoebendysenterie, campylobacteriose en salmonellose) en in Utrecht (2001, nog geen gedetailleerde informatie over ziektegevallen). Dit is zeer beperkt, vooral in verhouding met enkele andere landen, zoals met name de Verenigde Staten, maar ook het Verenigd Koninkrijk, Zweden en Israël. Waarschijnlijk zijn er nog meer ontwikkelde landen waar het risico van fecale verontreiniging van drinkwater veel hoger is dan in Nederland, maar gegevens daarover zijn niet openbaar gemaakt. Omdat in Nederland het gedistribueerde drinkwater geen of zeer lage restgehalten van desinfectiemiddelen bevat, worden de detectie van verontreinigingen niet door de aanwezigheid van desinfectiemiddelen gehinderd. De openbare gegevens over ziektegevallen ten gevolge van consumptie van drinkwater in Frankrijk, Finland en Denemarken geven in grote lijnen hetzelfde beeld als de ziektegevallen door drinkwater in Nederland.

Oorzaken

In elk van de drie fecale verontreinigingsincidenten die tot ziektegevallen leidden, waren wanverbindingen van distributieleidingen met rioleringen of huishoudwaterleidingen de oorzaak een verontreiniging. Ook in andere landen blijken wanverbindingen belangrijke, zo niet de belangrijkste oorzaken van ziektegevallen door consumptie van fecaal verontreinigd drinkwater. Met name onoverdekte distributiereservoirs, terugstroming uit aansluitingen en leidingbreuken zijn andere belangrijke oorzaken van verontreinigingen in het buitenland, vaak in combinatie met extreme neerslag. Volgens de projectgroep van de aan dit onderzoek deelnemende waterbedrijven zijn in Nederland naast wanverbindingen de belangrijkste defecten in infrastructuur en bedrijfsvoering die kunnen leiden tot verontreiniging van drinkwater tijdens distributie (in volgorde van belang):

- Onjuist gebruik van brandkranen
- Onvoldoende opleiding en risicobewustzijn van medewerkers
- Werkzaamheden (aanleg, reconstructie, reparatie, onderhoud, schoonmaken)
- Onvoldoende terugstroombeveiliging van aansluitingen
- Lekkage in combinatie met het optreden van lage druk of onderdruk
- Verontreiniging van reinwaterkelders en productiebedrijven

In Nederland is er geen sprake meer van onafgedekte drinkwaterreservoirs, maar komen verontreinigingen door het binnendringen van dieren of het lekken van daken nog wel voor.

7.2 Evaluatie van incidenten

Enkele fecale verontreinigingsincidenten hebben waarschijnlijk tot overschrijding van de voorlopige grenswaarde van infectierisico's geleid

In de periode 1995-2000 zijn negen fecale verontreinigingsincidenten geregistreerd die langer dan 2 dagen duurden, allen aangetroffen bij 4 waterbedrijven. Bij deze incidenten zijn 454.000 van de 6,7 miljoen inwoners van de voorzieningsgebieden van de 8 waterbedrijven aan fecaal verontreinigd drinkwater blootgesteld, waarbij de hoogst waargenomen concentratie indicatoren voor fecale verontreiniging 80 KVD coli44 per 100 ml was (240 KVD in een monster van 300 ml uitgaand water van een grondwaterverwerkend drinkwaterproductiebedrijf). De gemiddelde minimale blootstellingsduur (tijd tussen detectie en eerste maatregelen) was voor zover bekend ca. 3,5 dagen. Gemiddeld genomen werd dus 1,4% van de inwoners gedurende minimaal 1% van het jaar blootgesteld. De totale duur van een incident varieerde tussen enkele dagen en meer dan 5 weken. Omdat maatregelen voor bescherming van de volksgezondheid niet 100% effectief zijn (chloor doodt niet elke pathogeen, kookadviezen worden niet altijd opgevolgd, schoonmaakwerkzaamheden verwijderen niet alle verontreinigingen) kan de werkelijke blootstellingsduur dus hoger zijn. Door 3 of 4 van de 9 gerapporteerde fecale verontreinigingsincidenten kwam het geraamde infectierisico in het betreffende jaar in de betreffende voorzieningsgebieden boven de voorlopige grenswaarde voor het infectierisico van $1 \cdot 10^{-4}$ per persoon uit:

- | | |
|---|---|
| 1. 31 mei 1995 (bedrijf 2, ca. 36.000 personen): | $2,6 \cdot 10^{-4}$ - $9,0 \cdot 10^{-4}$ |
| 2. 10 september 1999 (bedrijf 2, ca. 120 personen): | $7,3 \cdot 10^{-4}$ - $3,1 \cdot 10^{-3}$ |
| 3. 31 mei 2000 (bedrijf 4, ca. 1000 personen): | $9,4 \cdot 10^{-5}$ - $3,6 \cdot 10^{-3}$ |
| 4. 10 juli 2000 (bedrijf 5, ca. 115.000 personen) | $3,6 \cdot 10^{-4}$ - $2,8 \cdot 10^{-3}$ |

De bovengrenzen en ondergrenzen zijn berekend op basis van de minimale blootstellingsduur tussen detectie en de eerste maatregelen en de blootstellingsduur tussen detectie en het moment waarop het water weer goed werd bevonden.

Op basis van beperkt beschikbare gegevens is het infectierisico berekend voor de inwoners van het Scheepvaartkwartier in Rotterdam tijdens de fecale verontreiniging van het drinkwater aldaar in 1981, hetgeen $8,6 \cdot 10^{-4}$ per persoon in 1981 opleverde. Aangezien er toen voor de inwoners van het gebied een ziektepercentage van ca. 50% is vastgesteld, was het werkelijke infectierisico ongetwijfeld 1 (= zeker). Het berekende infectierisico geeft echter ook aan dat met beschikbare gegevens berekende infectierisico geen goed beeld oplevert van het werkelijke infectierisico, vooral als pas geruime tijd na een piekverontreiniging monsters genomen worden. De infectierisico's van de 9 gerapporteerde incidenten zijn berekend op basis van beschikbare gegevens en kunnen enerzijds overschat zijn (er is noodgedwongen altijd gebruik gemaakt van gegevens over rioolwater), maar kunnen anderzijds ook onderschat zijn door (i) onvolledige registratie van incidenten, (ii) de onbekende periode tussen het begin van de verontreiniging en het einde van consumptie van verontreinigd drinkwater, (iii) het beperkte aantal pathogene micro-organismen waarvoor de risico's berekend konden worden en iv) de beperkte waarde van *E. coli* als index voor de concentratie van pathogenen.

Incidenten ten gevolge van niet-fecale verontreiniging of waterkwaliteitsvermindering zijn vooral geregistreerd bij bedrijf 8

Van de 18 incidenten met niet-fecale verontreiniging of waterkwaliteitsvermindering zijn er 16 door bedrijf 8 gerapporteerd. Dit komt waarschijnlijk door:

- een zeer degelijke registratie van incidenten (een groot deel van de andere waterbedrijven twijfelt aan de volledigheid van hun rapportage);
- verminderde kwaliteit van een aantal productiebedrijven en distributiereservoirs dat inmiddels is gerenoveerd of buiten bedrijf is gesteld.

Mogelijk speelt ook een rol dat dit bedrijf de monsters altijd incubeert in een vloeibaar medium (herhalingsmonsters worden op agar geïncubeerd). Wellicht worden coli37 daardoor beter gedetecteerd. Hoewel tijdens niet-fecale incidenten de aanwezigheid van ziekteverwekkende micro-organismen in drinkwater zeer onwaarschijnlijk is, kunnen ook dergelijke incidenten tot negatieve publiciteit leiden indien er onduidelijkheid ontstaat over de risico's voor de volksgezondheid.

Alle incidenten met fecale of niet-fecale verontreiniging en niet-fecale kwaliteitsvermindering van uitgaand water van productiebedrijven betroffen drinkwater bereid uit grondwater

Ondanks deelname van 11 oppervlaktewaterverwerkende productiebedrijven, zijn alleen in de 86 deelnemende grondwaterverwerkende productiebedrijven incidenten geregistreerd (13 incidenten, waarvan 10 zeker of vermoedelijk door verontreinigingen, waarvan 4 fecaal). Het infectierisico door incidenten in grondwaterverwerkende productiebedrijven lijkt daarmee groter dan door incidenten in oppervlaktewaterverwerkende productiebedrijven.

Verontreiniging van grondwaterverwerkende drinkwaterproductiebedrijven houdt waarschijnlijk mede verband met het optreden van stortbuien

In de juli- en augustus-maanden traden significant meer incidenten op die zeker of vermoedelijk het gevolg waren van verontreinigingen in productiebedrijven. Statistisch gezien houdt dit fenomeen verband met de hoge frequentie van stortbuien in de zomerperiode. Het is niet onwaarschijnlijk dat gebreken (lekken) in de infrastructuur juist onder dergelijke omstandigheden tot verontreiniging van winputten, behandelingssystemen en/of reinwaterreservoirs leiden.

7.3 Evaluatie van de waterkwaliteitsgegevens

Het percentage monsters met indicatorbacteriën is erg laag

Slechts een klein deel van alle drinkwatermonsters die genomen worden voor periodieke waterkwaliteitsbeoordeling bevat bacteriën van de coligroep (ca. 0,96%) en een nog kleiner deel bevat thermotolerante bacteriën van de coligroep (ca. 0,24%). Slechts 5 herhalingsmonsters van de 88.079 eerste monsters (= 0,0057%) bevatte thermotolerante bacteriën van de coligroep. Een aantal gerapporteerde fecale verontreinigingsincidenten wordt echter niet vertegenwoordigd in de waterkwaliteitsgegevens. De belangrijkste statistisch significante verschillen met ten minste de helft van de andere waterbedrijven zijn waargenomen bij bedrijf 7 (hoge percentages coli37- en coli44-positieve eerste monsters van drinkwater uit percelen, herhalingsmonsters altijd negatief) en bij bedrijf 8 (hoge percentages coli37-positieve eerste monsters en herhalingsmonsters van uitgaand water van productiebedrijven en eerste monsters van uitgaand water van distributiereservoirs). Deze verschillen zijn nu waarschijnlijk minder groot of verdwenen omdat door de betreffende

bedrijven maatregelen genomen zijn om deze percentages te verlagen. Mogelijk worden bij bedrijf 7 nog steeds relatief meer *E. coli* gedetecteerd door incubatie en bevestiging bij 44 °C, in plaats van incubatie bij 37 °C en bevestiging bij 44 °C.

Het achtergrondniveau van het infectierisico is laag

Het infectierisico geraamd op basis van het percentage eenmalig coli44-positieve monsters van drinkwater uit percelen (0,11%, herhalingsmonster negatief) was in de periode 1996-1998 bij 6 van de deelnemende waterbedrijven³⁴ gemiddeld ca. $1,8 \cdot 10^{-6}$ per persoon per jaar, dat is ca. 55 x lager dan de voorlopige grenswaarde van $1 \cdot 10^{-4}$ per persoon per jaar. Waterbedrijven 1, 4 en 7 hadden gemiddeld relatief het hoogste infectierisico in de periode 1996-1998, resp. $3,1 \cdot 10^{-6}$, $3,5 \cdot 10^{-6}$ en $2,4 \cdot 10^{-5}$ pppj (in 1997 bij alle drie de waterbedrijven ongeveer 2 maal zo hoog). Mogelijk zijn de werkelijke infectierisico's enigszins hoger omdat bij de berekening is aangenomen dat alle eenmalig coli44-positieve monsters maar 1 KVD/100 ml bevatten. Een klein deel van de monsters bevatte echter waarschijnlijk meerdere KVD/100 ml. Ook voor de berekening van infectierisico's door eenmalig coli44-positieve monsters geldt dat er factoren zijn waardoor de risico's enerzijds zijn onderschat en anderzijds overschat (zie paragraaf 7.2).

De berekende infectierisico's zijn niet gecorrigeerd voor artefacten (verontreiniging tijdens monsterneming en/of analyse) en verontreinigingen van binneninstallaties en dienstleidingen. Het aandeel van deze factoren is namelijk niet bekend en daarom is uitgegaan van de worst case situatie. Bij bedrijf 7 is het hogere infectierisico waarschijnlijk het gevolg van een afwijkende monstermethode waarbij de binneninstallatie voorafgaand aan monsterneming slechts beperkt wordt voorgespoeld. Wellicht is dit een indicatie voor verontreiniging van (kranen in) binneninstallaties en/of dienstleidingen.

Indien het monsterprogramma representatief is voor de watersamenstelling, is het achtergrondniveau van fecale indicatorbacteriën (die niet bij herhaling aangetroffen worden) zeer laag. Het achtergrondniveau van infectierisico's voor inwoners van betreffende voorzieningsgebieden is dus ook laag.

Kortdurende incidenten met een kleine fecale verontreiniging leiden waarschijnlijk niet tot overschrijding van de grenswaarde voor het infectierisico

De bij 3 verschillende waterbedrijven in drie verschillende jaren aangetroffen drie coli44-positieve herhalingsmonsters die geen geregistreerd langdurig (> 2 dagen) fecaal verontreinigingsincident vertegenwoordigen, hebben in de betreffende jaren voor de inwoners van de betreffende gebieden een geschat infectierisico van $1,7 \cdot 10^{-5}$ per persoon tot gevolg gehad. Aanname hierbij was een lage gemiddelde concentratie van *E. coli* (2 KVD per 100 ml).

7.4 Methode voor onderzoek van grote volumes gedistribueerd drinkwater

Een methode voor bepaling van de aantallen indicatorbacteriën in grote volumes blijkt ook toepasbaar voor drinkwater uit distributiesystemen, ondanks het soms relatief hoge gehalte aan sedimentdeeltjes. In de acht onderzochte monsters (20 tot 40 liter, in plaats van de gebruikelijke 100 ml) zijn geen bacteriën van de coligroep

³⁴ Bedrijf 3 bevestigde eerste monsters niet bij 44 °C en bedrijf 7 gebruikte een afwijkende monstermethode en daarom zijn alleen de gegevens van de overige bedrijven gemiddeld

aangetroffen (en dus ook geen *E. coli*), wel zijn in 1 monster sporen van sulfietreducerende clostridia aangetroffen. Dit is een eerste indicatie dat de achtergrondniveaus van indicatorbacteriën zeer laag zijn en dat verontreinigingen van drinkwater in distributiesystemen waarschijnlijk als niet frequent optredende pieken en niet diffuus (continu of zeer frequent) optreden.

7.5 Methode en hulpmiddel voor risico-inventarisatie en risicobeheersing

Er is een methode ontwikkeld voor systematische risico-inventarisatie en risicobeheersing op basis van HACCP (Hazard Analysis of Critical Control Points, toegepast in de voedingsindustrie) met aspecten die overeenkomen met FMEA (Potential Failure Mode and Effect Analysis, toegepast in technische industrie). De conceptmethode en het ontwikkelde hulpmiddel MaRiskA (Managing Risk Assessment & Risk Control) is op basis praktijkervaringen bij PWN Waterleidingbedrijf Noord-Holland en Waterleiding Maatschappij Overijssel (thans Vitens Overijssel) geoptimaliseerd.

Een team van deskundigen beoordeelde per onderdeel van de infrastructuur en de bedrijfsvoering de risico's (een product van kans en effect), met inachtneming (en vastlegging) van de reeds bestaande infrastructuur en bedrijfsvoering die de risico's beperken. Waar nodig zijn voorstellen voor risicobeperkende maatregelen in MaRiskA vastgelegd, voorzien van kosten/baten-evaluaties, prioritering en planning. Samenvattingen van de resultaten, conclusies en aanbevelingen zijn vervolgens in rapporten vastgelegd. Beide waterbedrijven vinden de methode en MaRiskA goed bruikbaar voor systematische risicobeheersing.

In 2001 is onder begeleiding van een groot deel van de waterbedrijven in Nederland de Hygiëncode Drinkwater (Opslag, Transport en Distributie) opgesteld, waarin richtlijnen worden gegeven voor beheersing van de microbiologische veiligheid van drinkwater in distributiesystemen (tussen behandeling en watermeter), voor een deel op basis van bestaande richtlijnen [68]. In grote lijnen worden deze verontreinigingsrisico's beheerst door een integraal kwaliteitssysteem voor:

1. Een degelijke infrastructuur.
2. Een preventieve bedrijfsvoering (met name hygiëne).
3. Een goed detectiesysteem voor verontreinigingen.
4. Een goede correctieprocedure als reactie op verontreinigingen.
5. Een periodieke evaluatie en zonodig correctie van de risico's.

8 Aanbevelingen

Preventie van verontreinigingen en kwaliteitsverminderingen van drinkwater kan worden bereikt met een degelijke infrastructuur en een degelijke bedrijfsvoering. Uit de periodieke waterkwaliteitsbeoordeling blijkt dat incidenteel fecale verontreinigingen alsmede niet-fecale verontreinigingen en waterkwaliteitsverminderingen optreden. Naast een risico voor de volksgezondheid door de fecale verontreinigingen hebben dergelijke incidenten meestal reputatieschade tot gevolg voor de bedrijfstak in het algemeen en voor het betreffende waterbedrijf in het bijzonder. Voorts blijken er vaak hoge kosten verbonden te zijn aan de corrigerende maatregelen.

In de volgende paragrafen worden per onderdeel aanbevelingen gedaan voor optimalisatie van de beoordeling (paragraaf 8.1) en beheersing (paragraaf 8.2) van risico's voor de microbiologische veiligheid van drinkwater.

8.1 Risicobeoordeling

De infectierisico's zijn waarschijnlijk laag, maar nog onvoldoende betrouwbaar bekend

In deze studie is een eerste poging gedaan om met de gegevens over fecale verontreinigingsincidenten en de percentages fecaal verontreinigde drinkwatermonsters een kwantitatief beeld van de infectierisico's voor de consument vast te stellen. Hieruit kan, met in achtname van de onzekerheden, worden afgeleid dat het achtergrondniveau van het infectierisico van het drinkwater in de distributieleidingen onder normale bedrijfsomstandigheden gemiddeld een factor 55 lager is dan de voorlopige richtlijn van 1.10^{-4} per persoon per jaar. Door enkele van de gerapporteerde fecale verontreinigingsincidenten bleken de infectierisico's voor de afnemers in de betreffende gebieden in de betreffende jaren hoger te zijn geweest dan 1.10^{-4} per persoon per jaar. Door gebrek aan kennis en informatie is er echter onzekerheid over onderschatting en overschatting van de infectierisico's door

1. de onvolledigheid van registratie van incidenten;
2. de onbekende periode tussen het begin van de verontreiniging en het einde van consumptie van verontreinigd drinkwater;
3. de onbekende, waarschijnlijke lagere verhouding tussen *E. coli* en pathogenen in andere materialen dan het rioolwater dat als uitgangspunt is genomen;
4. de beperkte waarde van *E. coli* als index voor de concentratie van pathogenen;
5. het beperkte aantal pathogene micro-organismen waarvoor de risico's berekend konden worden.

Tevens is onzekerheid over de representativiteit van de periodieke beoordeling van de kwaliteit van het gedistribueerde drinkwater door gebrek aan kennis over

1. de representativiteit van het monsterprogramma (dichtheid en frequentie);
2. de representativiteit van de monstermethode voor het infectierisico inclusief dienstleiding en binneninstallatie (omdat deze leidingen voorgespoeld worden);
3. de verontreiniging van monsters tijdens monsterneming en analyse
4. de gevoeligheid van de kweekmethode (temperatuur, vloeibaar of vast medium) voor de aanwezigheid van *E. coli*.

Periodieke kwantitatieve risicobeoordeling (berekening van verontreinigings- en infectierisico's) is een middel om op efficiënte wijze te bepalen of genomen en te nemen beheersmaatregelen afdoende zijn. Met de beschikbare informatie en kennis kunnen kosten/baten-analyses gemaakt worden en prioriteiten gesteld worden voor investeringen in optimalisatie van bedrijfsprocessen. Daar waar kwantitatieve informatie nog onvoldoende beschikbaar is, zullen teams van deskundigen periodiek met dit doel een aanvullende kwalitatieve beoordeling moeten uitvoeren (paragraaf 8.1.1). Gelijktijdig moeten processen worden geoptimaliseerd en gestart voor verzameling en evaluatie van kwantitatieve informatie over de bedrijfsprocessen (paragrafen 8.1.2 en 8.1.3) en moet onderzoek worden gedaan om ontbrekende kwantitatieve basiskennis over microbiologisch en technische aspecten van de risico's te verzamelen.

8.1.1 *Periodieke kwalitatieve evaluatie van risico's*

Degelijke ontwerpen, degelijke werkprocedures en degelijke uitvoering kunnen worden geborgd door continue en periodieke kwaliteitsbeoordeling, evaluatie en optimalisatie van deze onderdelen als onderdeel van deze bedrijfsprocessen zelf. Tijdens periodieke systematische inventarisatie en evaluatie van de mogelijke risico's van verontreiniging en kwaliteitsvermindering van drinkwater tijdens productie en distributie kan een multidisciplinair team, op basis van de bij hen beschikbare informatie en kennis, een inschatting maken van de noodzaak van optimalisatie. De ervaringen van waterbedrijven PWN en Vitens maken duidelijk dat MaRiskA een bruikbaar hulpmiddel is om te komen tot een kosten/baten-analyse en een prioritering van optimalisatie van infrastructuur, bedrijfsvoering, periodieke waterkwaliteitsbeoordeling en correctieve acties. In het kader van het BTO is MaRiskA ontwikkeld als een MS Access applicatie met uitvoermogelijkheden naar MS Excel en MS Word. Op termijn is integratie van de functies van MaRiskA in een integraal hulpmiddel voor evaluatie en beheersing van bedrijfsprocessen aan te bevelen.

8.1.2 *Beoordeling en registratie van de kwaliteit van infrastructuur en bedrijfsvoering*

Voor kwantitatieve evaluatie van de verontreinigingsrisico's en de daaraan verbonden infectierisico's is het van belang dat kansen en effecten gekwantificeerd kunnen worden. Monitoring en registratie van variabelen die indicatief zijn voor de kwaliteit van bedrijfsprocessen en een efficiënt toegankelijke beschikbaarheid van de resultaten hiervan is hiervoor onontbeerlijk. Voor de periodieke waterkwaliteitsbeoordeling en registratie van de resultaten is dit over het algemeen goed geregeld. Periodieke, procesgebonden en projectgebonden beoordeling van de kwaliteit van infrastructuur en bedrijfsvoering is over het algemeen sterk in ontwikkeling, maar nog onvoldoende (toegankelijk) voor (efficiënte) kwantitatieve beoordeling van risico's. Een belangrijke specifieke tekortkoming is tijdens deze studie aan het licht gekomen:

- Een optimalisatie van de registratie en toegankelijkheid van gegevens over incidenten is volgens een deel van de deelnemende waterbedrijven aan te bevelen. Hierbij wordt aanbevolen om de gegevens van elk incident (bij herhaling aantreffen van indicatorbacteriën) te registreren, ook na werkzaamheden in de infrastructuur waarna de drinkwaterlevering zonder beschermende maatregelen (chloordosering of kookadvies) direct wordt hervat. In bijlage I en II zijn voorbeelden opgenomen van formulieren waarop gegevens

kunnen worden samengevat, maar zeker bij langduriger incidenten is uitgebreider informatie nodig, waaronder een gedetailleerde vastlegging van waterkwaliteitsgegevens, inclusief locatie en tijdstippen van monsterneming.

8.1.3 *Drinkwaterkwaliteit en infectierisico voor consumenten*

- Met inachtneming van de in de vorige paragraaf genoemde onzekerheden kan als vuistregel een voorlopige grenswaarde van 23 voor het aantal "E. coli-concentratiedagen" worden gebruikt voor het infectierisico van consumenten. "E. coli-concentratiedagen" (ECCD) is het product van het aantal dagen en de gemiddelde dagelijkse E. coli -concentratie in KVD per 100 ml ten gevolge van fecale verontreinigings-incidenten (minimaal twee achtereenvolgende monsters positief) en eenmalig E. coli-positieve monsters (herhalingsmonsters negatief). Indien deze grenswaarde van 23 wordt overschreden, wordt de voorlopige grenswaarde van 1.10^{-4} per persoon in dat jaar voor het infectierisico voor de inwoners in een gebied overschreden. De grenswaarde is lager dan 23 als het achtergrondrisico voor infectie via drinkwater (exclusief eenmalig E. coli -positieve monsters) groter dan 0 per persoon per jaar is. Naast een beperking van het infectierisico voor consumenten zijn echter ook de beperking van reputatieschaden en de beperking van de kosten van corrigerende maatregelen een belangrijke stimulans om verontreinigingen en kwaliteitsverminderingen te voorkomen.
- Waterbedrijven kunnen met de statistische technieken beschreven in bijlage III zelf berekenen of er significante verschillen zijn in percentages positieve monsters tussen de verschillende onderdelen binnen het bedrijf of verschillen tussen waterbedrijven onderling toetsen.
- Waterbedrijven kunnen de percentages coli37- en E. coli-positieve monsters van drinkwater desgewenst vergelijken met de referentiewaarden die zijn opgesteld op basis van de gegevens (van percentages coli37- resp. coli44-positieve monsters) die door de 8 deelnemende waterbedrijven zijn aangeleverd (1996-1999).

8.1.4 *Onderzoek*

Voor kwantificering van risico's is naast informatie over de kwaliteit van de infrastructuur, bedrijfsvoering en water kennis nodig die (nog) niet door routinematige werkzaamheden verzameld kan worden.

- Onder meer door het ontbreken van betrouwbare gegevens over de verhouding van aantallen pathogene organismen en aantallen E. coli in uitwerpselen van wild en landbouwhuisdieren en de beperkte hoeveelheid gegevens over deze verhoudingen in rioolwater, kan niet voldoende betrouwbaar ingeschat worden wat de werkelijke infectierisico's zijn ten gevolge van incidenten die het gevolg zijn van fecale verontreinigingen. Nader onderzoek naar deze verhoudingen is daarom aan te bevelen.
- Er is onvoldoende bekend over de constantheid van de verhouding van de concentratie van pathogenen en E. coli tijdens alle fasen van productie (winning en behandeling) en distributie van drinkwater.
- Onderzoek van drinkwatermonsters met een groot volume (20 liter of meer) kan bijdragen aan een kwantitatief beeld van het achtergrondniveau van E. coli en daarmee van het infectierisico voor afnemers. De constructie van de MF-sampler zal daarom moeten worden aangepast om op diverse locaties in het

voorzieningsgebied op eenvoudige wijze uit verschillende soorten kranen grote volumes drinkwater steriel te kunnen filtreren. Er zal tevens meer onderzoek gedaan moeten worden naar de recovery van de bepaling met de MF-sampler door uitvoering van positieve controles in het te onderzoeken water.

- Onderzoek naar de mate van fecale verontreiniging van grond en grondwater zou zich eerst moeten concentreren op risicolocaties (zoals in de omgeving van drinkwaterleidingen die onder oude rioleringen liggen). Dit onderzoek is vooral van belang om aan te tonen dat een intensieve waterkwaliteitsbeoordeling na het drukloos worden van leidingen nodig is omdat in leidingen ongedetecteerde lekken kunnen voorkomen.
- Het is aan te bevelen om te onderzoeken welk deel van de monsters coli37- en/of *E. coli*-positief is ten gevolge van verontreiniging van dienstleidingen en binneninstallaties. Tevens is het zinvol om te onderzoeken welke gezondheidskundige betekenis fecale verontreiniging van dienstleidingen en (delen van) binneninstallaties heeft.
- Onderzoek naar de invloed van drukschommelingen op verontreiniging van drinkwater zou zich eerst moeten concentreren op transportleidingen met leidingverbindingen die bij overdruk niet lekken en bij onderdruk wel, op locaties net na distributiepompen die niet toerengeregeld zijn (dus aan of uit staan).

Een deel van dit onderzoek is reeds gestart of opgenomen in projectplannen in het kader van het BTO 2002-2006 [67].

8.2 Risicobeheersing

De systematiek van risicobeheersing bestaat, net als de systematiek van kwaliteitsbeheersing in het algemeen, uit een continue cyclus van periodieke risicobeoordeling en de daaruit voortvloeiende acties voor risicobeheersing. In deze paragraaf zijn de aanbevelingen met betrekking tot risicobeheersing beschreven, gegroepeerd volgens de vier zuilen waarop de risicobeheersing steunt:

- Degelijke infrastructuur (paragraaf 8.2.1)
- Degelijke bedrijfsvoering (ook paragraaf 8.2.1)
- Gevoelig systeem voor detectie van afwijkende waterkwaliteit (paragraaf 8.2.2)
- Effectief systeem voor correctie van afwijkende waterkwaliteit (paragraaf 8.2.3)

In paragraaf 8.1 zijn de aanbevelingen met betrekking tot periodieke risicobeoordeling beschreven.

In 2001 is in samenwerking met een brede delegatie van waterbedrijven in Nederland de Hygiëncode Drinkwater (Opslag, Transport en Distributie) opgesteld [68], uitgaande van Kiwa-Mededeling 91 (Hygiënische maatregelen bij werkzaamheden aan het distributienet). Hierin zijn preventieve maatregelen beschreven (infrastructuur en bedrijfsvoering) alsmede richtlijnen voor detectie en correctie van verontreinigingen. Tevens is hierin een samenvatting van de methode voor risico-inventarisatie en -beheersing met behulp van MaRiskA opgenomen.

8.2.1 *Degelijke infrastructuur en bedrijfsvoering*

- Meer aandacht voor de kwaliteit van de infrastructuur van en bedrijfsvoering in grondwaterverwerkende productiebedrijven lijkt gerechtvaardigd, met name hun kwetsbaarheid voor de invloed van extreme neerslag (stortbuien). Ook een verhoging van de frequentie van het onderzoek van uitgaand water van grondwaterverwerkende productiebedrijven (nu eens per week) lijkt aan te bevelen. Het infectierisico van de inwoners van de voorzieningsgebieden wordt immers bepaald door de blootstellingsduur en de concentratie van de pathogene organismen in het drinkwater. De betrouwbaarheid van het berekende infectierisico ten gevolge van een opgetreden fecale verontreiniging van uitgaand water van grondwaterproductiebedrijf zal hierdoor ook toenemen.
- Gelet op het grote aantal incidenten door verontreiniging als gevolg van een verminderde staat van (distributie)reservoirs lijkt ook meer aandacht voor periodieke inspectie van deze infrastructuur gerechtvaardigd.

8.2.2 *Gevoelig systeem voor detectie van afwijkende waterkwaliteit*

- Onderzoek naar de representativiteit van het monsterprogramma van drinkwater uit percelen in voorzieningsgebieden is aan te bevelen. Het is namelijk niet bekend welk deel van de verontreinigingen tijdens distributie door de periodieke waterkwaliteitsbeoordeling wordt gedetecteerd. Dit onderzoek kan onder meer worden uitgevoerd door computersimulaties en door tijdelijk en plaatselijk het monstervolume en/of de frequentie en dichtheid van monsterneming te verhogen en vast te stellen of het percentage *E. coli*-positieve monsters daardoor verandert.
- Er is in dit onderzoek een aantal indicaties gevonden dat bij onderzoek naar coli44/*E. coli* een directe incubatie van monsters bij 44 °C gevolgd door bevestiging bij 44 °C vaker een fecale verontreiniging detecteert dan de indirecte methode (incubatie van monsters bij 37 °C gevolgd door bevestiging bij 44 °C). Het is sterk aan te bevelen om dit nader te onderzoeken omdat dit mede bepaalt hoe goed verontreinigingen worden gedetecteerd en dus een deel van de beschikbare informatie over infectierisico's bepaalt.
- Er is in dit onderzoek een indicatie gevonden dat bij onderzoek naar coli37 en coli44/*E. coli* een incubatie in vloeibaar medium (bij 37 °C, indirect voor detectie van coli44/*E. coli*) vaker niet-fecale verontreinigingen en kwaliteitsverminderingen (aanwezigheid van coli37) detecteert dan incubatie van membraanfilters met monsterresiduen op agarplaten.

8.2.3 *Effectief systeem voor correctie van afwijkende waterkwaliteit*

- De periode tussen detectie en eerste maatregelen tijdens fecale verontreinigingsincidenten was soms lang (tot 8 dagen). Vanuit het oogpunt van bescherming van de volksgezondheid is het sneller nemen van maatregelen aan te bevelen. Optimalisatie van de procedures (calamiteitenplannen), onder meer door de inzet van geautomatiseerde hulpmiddelen, kan hierbij een belangrijke rol spelen.
- De herkomst van de verontreiniging was in de helft van de gevallen onzeker of onbekend. Door een toenemende beschikbaarheid van moleculair-biologische identificatiemethoden zijn de mogelijkheden voor het achterhalen van de bron en de oorzaak van de verontreiniging tegenwoordig veel groter geworden. Het valt aan te bevelen om van deze mogelijkheden gebruik te maken.

Literatuur

1. @ WHO (2002). 'Water and health Europe'. WHO regional publications European Series No 93. Drinking Water Criteria Document. Addendum: Cryptosporidium. www.epa.gov/waterscience/humanhealth/microbial/crypto.pdf.
2. @@ EPA (2001). 'Cryptosporidium: Human Health Criteria Document'. www.epa.gov/waterscience/humanhealth/microbial/crypto.pdf.
3. @@@ EPA's Office of Ground Water and Drinking Water (2002). 'Potential Contamination Due to Cross-Connections and Backflow and the associated Health Risks. An Issues Paper'. www.epa.gov/ogwdw000/tcr/pdf/cross.pdf.
4. Andersson, Y. and Bohan, P. (2001). 'Disease surveillance and waterborne outbreaks'. In: Water Quality: Guidelines, Standards and Health. Assessment of Risk and Risk Management for water related infectious disease. (eds: Fewtrell L. and Bartram, J.) WHO Water Series, London, UK, pp. 115-134.
5. Andersson, Y. and De Jong, B. (1989). 'A outbreak of giardiasis and amoebiasis at a ski resort in Sweden' Water Science & Technology, 3, 143-146
6. Anon. (1962). 'Jaarverslag 1962'. Gemeentewaterleidingen Amsterdam.
7. Anon. (1982). 'Water related Disease Outbreaks; Surveillance: Annual Summary 1980'. Center for Disease Control, USA.
8. Anon. (1990). 'Cryptosporidium in Water Supplies. Report of a Group of Experts'. Dep. of the Environment, Dep. of Health, HMSO London, UK.
9. Anon. (1993) 'Manual of Cross Connection Control'. 9th ed. USC FCCCHR. Foundation for Cross-Connection Control and Hydraulic Research, University of Southern California, Los Angeles, CA.
10. Anon. (1995). 'Summary of backflow incidents'. Fourth Edition, AWWA Pacific Northern Section, December 1995.
11. Anon. (1999). 'Recommended Practice for Backflow Prevention and Cross Connection control'. AWWA Manual M14, Denver, CO.
12. Anon. (2001). 'Medina Fair Water Ruled Safe to Drink'. Cleveland Plain Dealer, June 30, Cleveland, OH, USA.
13. Baggelaar, P.K. (1996). 'Syllabus toegepaste statistiek voor drinkwaterlaboratoria'. SWE 96.001, Kiwa Onderzoek en Advies, Nieuwegein, 113 p.
14. Bakker, D.J.M. (1997). 'HACCP, een managementsysteem voor hygiëne'. H₂O 30 (13): 406-409.
15. Benton, C., Forbes, G.I., Paterson, G.M., Sharp, J.C.M. and Wilson, T.S. (1989). 'The incidence of waterborne and water associated disease in Scotland from 1945-1987'. Water Science & Technology 21 (3): 125-129.
16. Clark, R.M., Reasoner, D.A., Fox, K.R. and Hurst, C.J. (1997). 'Drinking water treatment and distribution: its role in preventing waterborne outbreaks'. Presented at workshop on design of waterborne disease occurrence studies. March 12-13, 1997, Atlanta, GA, USA.
17. Clarke G.M. (1980). 'Statistics and experimental design'. Edward Arnold, London, 188 p.
18. Collin, J.F. and Foliquet, J.M. (1983). 'Waterborne disease outbreaks in France'. Microbiologie-Alimentes Nutrition 1: 27-33.
19. Craun G.F. (1991). 'Cause of waterborne outbreaks in the United States'. Water Science & Technology 24: 2-17.

20. Craun G.F. (1992). 'Waterborne disease outbreaks in the USA: causes and prevention'. *World Health Stat. Qrtly.* 45: 192.
21. Craun, G.F. and R.L. Calderon (2001). 'Waterborn Disease Outbreaks caused by distribution system deficiencies'. *J. AWWA* 93 (9): 64-75.
22. Furtado, C., Adak, G.K., Stuart, J.M., Walls, P.G., Evans, H.S. and Casemore, D.P. (1998). 'Outbreaks of waterborne infectious intestinal disease in England and Wales, 1992-1995'. *Epidemiol. Infect.* 121: 109-119.
23. Galbraith, N.S., Barrett, N.J. and Stanwell-Smith, R. (1987). 'Water and Disease after Croydon: A review of Waterborne and water associated disease in the UK 1937-86'. *J. Just. Water Engineering* 1: 7-21.
24. Gray, J.J. (1960). 'An outbreak related to drinking water consumption in Northern Ireland'. *Med. Offr.* 103: 367.
25. Haas, C. (1999). 'Benefits of Using a Disinfectant Residual'. *J. AWWA.* 90 (1): 65-67.
26. Haas, C.N., Chitluru, R.B. & Gupta, M., Pipes, W.O. and Burlingame, G.A. (1998). 'Development of disinfection guidelines for the installation and replacement of water mains'. AWWARF and AWWA, Denver, CO, USA.
27. Havelaar, A.H. (1994). 'Application of HACCP to drinking water supply'. *Food Control* 5 (3): 145-152.
28. Hijnen, W., Van Veenendaal, D. Van der Speld, W., Visser, A. Hoogenboezem, W. and Van der Kooij, D. (2000). 'Enumeration of faecal indicator bacteria in large water volumes using on-site membrane filtration to assess water treatment efficiency'. *Water Research* 5: 1659-1665.
29. Hoogenboezem, W., Donker, F., Gijsbers, E. en Strating, S. (2001). 'Beëindiging veiligheidsdesinfectie op pompstation Mensink?'. *H₂O* 34 (13): 21-24.
30. Howe A.D., Forster S., Morton S., Marshall R., Osborn K.S., Wright P. and Hunter P.R. (2002). '*Cryptosporidium* oocysts in a water supply associated with a cryptosporidiosis outbreak'. *Emerg. Infect. Dis.* 8 (6): 619-624.
31. Huerta M., Grotto I., Gdalevich M., Mimouni D., Gavrieli B., Yavzori M., Cohen D. and Shpilberg O. (2000). 'A waterborne outbreak of gastroenteritis in the Golan Heights due to enterotoxigenic *Escherichia coli*'. *Infection* 5: 267-271.
32. Huisman, J. en Nobel, P.J. (1981). 'Enkele Epidemiologische gegevens over de gevolgen van de faecale drinkwaterverontreiniging in het Scheepvaartkwartier te Rotterdam in maart 1981'. *H₂O* 14 (26): 642-646.
33. Inspectie van de Volksgezondheid voor de Milieuhygiëne (2000). 'Inspectierichtlijn voor de Melding van Normoverschrijdingen Drinkwaterkwaliteit'. Rapport 98227/h/5-98. Ministerie van VROM, Haarlem, 19 p.
34. Karim, M.R. and LeChevallier, M.W. (2000). 'The potential for pathogen intrusion into distribution systems'. American Water Works Service Company, Voorhees, NJ, USA, 38 p.
35. Kirmeyer, G.J. et al. (2001). 'Pathogen intrusion into the distribution system. AWWA Research Foundation and the American Water Works Association', Denver, CO, USA, 253 p.
36. Koenraad, P.M.F.J. (1995). 'Prevalence of *Campylobacter* in Dutch sewage purification plants'. Thesis, LU Wageningen, Wageningen, 149 p.
37. Kramer M.H. et al. (1996). 'Surveillance for waterborne disease outbreaks US 1993-1994'. *Morbidity and Mortality weekly report* 45 (1): 1.

38. Kramer, M.H., Quade, G., Hartemann, P. and Exner M. (2001). 'Waterborne disease in Europe 1986-96'. J. AWWA 93 (1): 48-53.
39. Lack T. (1999). 'Water and health in Europe: an overview (education and debate)'. British Medical Journal 318 (7199): 1678-1682.
40. Lahti, K. and Hiisvirta L. (1995). 'Causes of waterborne outbreaks in community water systems in Finland: 1980-1992'. Water Science & Technology 31 (5-6): 33-36.
41. Laursen E., Mygind, O., Rasussen, B. and Ronne, T. (1994). 'Gastroenteritis: a waterborne outbreak affecting 1600 people in a small danish town'. J. Epidem. Commun. Health 48: 453-458
42. LeChevallier, M.W. (1999) 'The case for maintaining a disinfectant residual' J. AWWA 91 (1): 86-94.
43. LeChevallier, M.W., Gullick, R.W., Karim, M.R., Friedman, M. and Funk, J.E. (2003). 'The potential for health risks form intrusion of contaminants into the distribution system from pressure transients'. Journal of Water and Health. 1 (1): 3-14.
44. LeChevallier, M.W. (1990). 'Coliform regrowth in drinking water: a review'. J. AWWA 82 (11): 74-86.
45. McDermott, R.E., Mikulak, R.J. and Beauregard, M.R. (1996). 'The basics of FMEA'. Productivity, Portland, USA, 75 p.
46. Medema, G.J, Teunis, P.F.M., Havelaar, A.H. and Haas, C.N. (1996). 'Assessment of the dose-response relationship of *Campylobacter jejuni*'. International Journal of Food Microbiology 30: 101-111.
47. Medema, G.J. (2000). 'Het gezondheidsrisico van een fecale besmetting van drinkwater'. Kiwa-rapport KOA 00.176, Kiwa Onderzoek en Advies, Nieuwegein, 16 p.
48. Medema, G.J., Ketelaars, H.A.M. en Hoogenboezem, W. (2001). '*Cryptosporidium* en *Giardia*: voorkomen in rioolwater, mest en oppervlaktewater met zwem- en drinkwaterfunctie'. RIWA-Rapport 2000.035, RIWA, Amsterdam, 171 p.
49. Medema, G.J., Van Lieverloo, J.H.M. en Smeets, P. (2003). 'Waterveiligheidsplannen speerpunt van WHO voor bescherming drinkwater'. H₂O 36 (19): 6-7.
50. Moore, A.C. et al. (1994). 'Waterborne disease in the U.S. 1991 and 1992'. J. AWWA 86: 87-99.
51. Morgan D., Allaby M., Crook S., Casemore D., Healing T.D., Soltanpoor N., Hill S. and Hooper W. (1995). 'Waterborne cryptosporidiosis associated with a borehole supply'. Commun. Dis. Rep. CDR Rev. 5 (7): R93-7.
52. Nobel, P.J. , Van Lieverloo, J.H.M. en Van der Kooij, D. (1999). 'Besmetting van drinkwater in het distributiesysteem: risico's en preventie.' Verslag Kiwa-Workshop 15 oktober 1999. Kiwa-Rapport SWE 96.015. Kiwa Onderzoek en Advies, Nieuwegein, 9 p.
53. Nobel, P.J., Te Welscher, R.A.G., Hoogenboezem, W., Medema, G.J. en Schellart, J.A. (1995) 'Bacteriën van de coligroep in drinkwater. Achtergrondinformatie en leidraad voor nader onderzoek'. (red.: J.H.M. van Lieverloo en D. van der Kooij). Kiwa-Rapport SWE 95.020, Kiwa Onderzoek en Advies, Nieuwegein, 33 p.
54. O'Connor, D. (2002). 'Report of the Walkerton Inquiry: the events of May 2000 and related issues. Part one: a summary'. Ontario Ministry of the Attorney General, Ontario, Canada, 35 p.

55. Payment, P. et al. (1997). 'A prospective epidemiological study of gastrointestinal health effects due to the consumption of drinking water'. *Int. J. Environ. Health. Res.* 7: 5-31.
56. Scott, E. and Bloomfield, S.F. (1990). 'The survival and transfer of microbial contamination via cloths, hands and utensils'. *Journal of Applied Bacteriology* 68: 271-278.
57. Smith H.V., Patterson W.J., Hardie R., Greene L.A., Benton C., Tulloch W., Gilmour R.A., Girdwood R.W., Sharp J.C. and Forbes G.I. (1989). 'An outbreak of waterborne cryptosporidiosis caused by post-treatment contamination'. *Epidemiol. Infect.* 103 (3): 703-15.
58. Stenstrom, T.A., Boisen, F., Georgsen, F., Lahti, K., Lund, V., Andersson, Y and Omerod, K. (1994). 'Waterborne infections in the Nordic countries'. *Tema Nord*, 585 (in het Zweeds).
59. Stevens, M. (2003). *Water Safety Plans. Using risk management to deliver safe drinking water.* Presented at the Umwelt Bundes Amt conference 'Water Safety', Berlin, 28-30 April 2003 (CD-ROM).
60. Swerdlow D.L., Woodruff B.A., Brady R.C., et al. (1992). 'A waterborne outbreak in Missouri of *Escherichia coli* O157:H7 associated with bloody diarrhea and death'. *Ann. Intern. Med.* 1992 117: 812-819.
61. Teunis, P.F.M., Havelaar, A.H. and Medema, G.J. (1994). 'A literature survey on the assessment of microbiological risk for drinking water'. Report no. 734301006, RIVM, Bilthoven, 59 p.
62. Thullin, R. (1991). 'Contamination of tap water in Jonkoping in summer 1991'. Rapport gemeente Jonkoping, Zweden (in het Zweeds).
63. Tulchinsky, T.H., Burla, E., Halperin, R., Bonn, J. and Ostroy, P. (1993). 'Water quality, waterborne disease and enteric disease in Israel, 1976-92'. *Israel Journal of Medical Science*, 29: 783-790.
64. Van der Kooij, D. (1996). 'De microbiologische kwaliteit van het drinkwater in Nederland: goed, beter of best?' *H₂O* 29 (8): 219-226.
65. Van der Kooij, D., van Lieverloo, J.H.M., Gale, P. and Stanfield, G., 'Distributing drinking water with low or zero disinfectant residual.' BTO 2003.005 (UKWIR 02/DW/03/19), Kiwa Water Research, Nieuwegein, 203 p.
66. Van der Kooij, D., Van Lieverloo, J.H.M., Schellart, J. and Hiemstra, P. (1999) 'Maintaining quality without a disinfectant residual' *JAWWA* 91 (1): 55-64.
67. Van der Kooij, D., Medema, G.J., Wullings, B.A., Van Lieverloo, J.H.M., Nobel, P.J., Heijnen, L. en Vrouwenvelder, H.R. (2002) 'Microbiologische grondslagen. Projectplannen BTO 2002-2006'. BTO 2002.127, Kiwa Water Research, Nieuwegein, 31 p.
68. Van Lieverloo, J.H.M., Mesman, G.A.M., Nobel, P.J. en Kroesbergen, J. (2002). 'Hygiëncode Drinkwater. Opslag, transport en distributie'. Kiwa-Rapport BTO 2001.175 (c), Kiwa Water Research, Nieuwegein, 161 p.
69. Van Lieverloo, J.H.M., Kroesbergen, J., Bakker, G.L en Hoogenboezem, W. (2003). 'Systematische beheersing van microbiologische risico's'. *H₂O* 36 (19): 30-33.
70. VEWIN (2001) *Waterleidingstatistiek 2001*, VEWIN, Rijswijk, 31 p.
71. *Waterleidingbesluit 1984*, Koninklijke Vermande.
72. *Waterleidingbesluit 9/1/2001*, Koninklijke Vermande.
73. Werkgroep Voorkomen van besmettingen van de Commissie Biologie (1987). 'Hygiënische maatregelen bij werkzaamheden aan het distributienet'. Kiwa-Mededeling 91, Kiwa Hoofdafdeling Speurwerk, Nieuwegein, 78 p.

I De negen gerapporteerde fecale verontreinigingsincidenten

In deze bijlage zijn de door de waterbedrijven aangeleverde samenvattingen van de fecale verontreinigingsincidenten weergegeven. Tevens zijn voor elk van deze incidenten de neerslagomstandigheden grafisch weergegeven, waargenomen in de weken voor het incident op min of meer nabijgelegen KNMI-stations. Op basis van de beschrijving van de incidenten en de neerslaggegevens is per incident een evaluatie gemaakt van de mogelijkheid dat neerslag een rol heeft gespeeld bij het incident.

In deze evaluaties wordt onderscheid gemaakt tussen categorieën van stortbuien op basis van de volumestroom³⁵ tijdens deze buien (in mm/hr) volgens de grenswaarden: categorie 1 = tussen de P90 en P97,5 (gemiddeld ca. 27x per jaar); categorie 2 = tussen de P97,5 en P99,5 (gemiddeld ca. 7x per jaar) en categorie 3 = boven de P99,5 (gemiddeld 1,8x per jaar).

³⁵ Omdat het KNMI gegevens per dag (totale hoogte in mm en totale duur in uur) geeft, kan het overigens meerdere stortbuien of een combinatie van stortbuien en andere neerslag betreffen. Waar zinvol wordt ook de categorie van de totale neerslaghoogte van die dag genoemd.

Incident 1: 31 mei 1995

Incidentenformulier

Dit formulier per incident invullen en opslaan onder een aparte naam, of uitdraaien en per incident invullen. Achter sommige vragen zit een pull-down menu waarmee u het antwoord kunt selecteren.

Naam waterleidingbedrijf:
Naam productiebedrijf:
Aantal aansluitingen in het voorzieningsgebied:

Datum detectie incident:

Detectielocatie: (vul in J/N)
- uitgaand water productiebedrijf:
- perceel distributiegebied:
- reservoir distributiegebied:
- na werkzaamheden (aanhoudend niet goedgekeurd):
- anders, namelijk:

Monstertype (periodiek/ad hoc):

Reden ad hoc monster:

Gedetecteerd organisme:
aantallen in monster (KVD per 100 ml) indien bekend

	1e monster	2e monster	andere herhalingsmonsters
- coli37	2		1 25*
- coli44	2		2 22*
- E.coli	-	-	-
- FS	-	-	9*
- SSRC	-	-	0

Besmet gebied (# aansluitingen):

Corrigerende maatregelen: (vul in J/N) Datum maatregelen

- spuien	J	07-jun-95
- chloor productiebedrijf	J	07-jun-95
- chloor distributiegebied	J	07-jun-95
- productiebedrijf uit	N	
- isolatie distributiegebied	N	
- kookadvies	N	

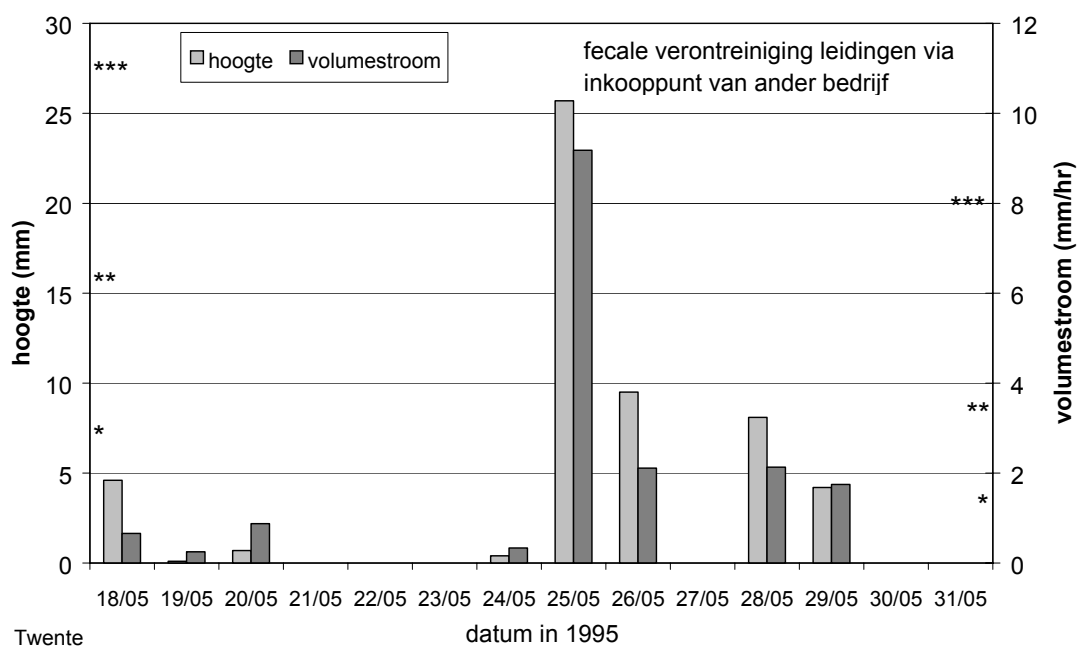
Datum waterkwaliteit weer overal goed:

Oorzaak
Onbekend, vermoedelijk of zeker?
Datum oorzaak
Beschrijving oorzaak

Vermoedelijk is een slecht functionerende keerklep van een aansluiting bij een zwembad de oorzaak. Deze aansluiting was voor het inkoop punt, in het voorzieningsgebied van een ander waterbedrijf, gesitueerd.

Opmerkingen

* Dit zijn de hoogste aantallen micro-organismen die bij deze calamiteit zijn gedetecteerd. Het productiebedrijf is in dit geval een inkoop punt. Het water is afkomstig van pompstation/productiebedrijf x van bedrijf y. De besmetting die bij het inkoop punt is geconstateerd, was afkomstig uit het voorzieningsgebied (direct voor het inkoop punt) van bedrijf y. Bij de corrigerende maatregelen is ook spuien genoemd. Dit spuien is uitsluitend toegepast om snel het chloorhoudend water in het voorzieningsgebied te verspreiden.



Neerslaghoogten en -volumestromen in KNMI-station(s) in de weken voor het incident
 *: 90-percentiel; ** 97,5-percentiel; *** 99,5-percentiel (1991 t/m 2000)
 (bron dagelijkse gegevens: www.knmi.nl/voorl/kd).

31 mei 1995, bedrijf 2, fecaal verontreinigingsincident, distributieleiding

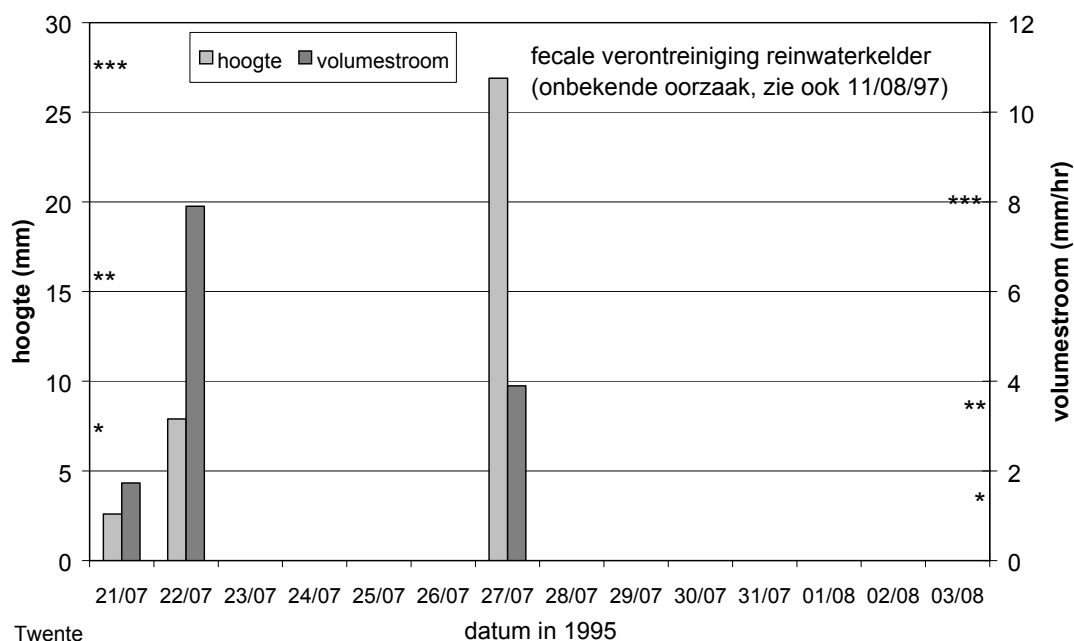
Volgens het bedrijf is de verontreiniging vermoedelijk opgetreden door terugstroming van vervuild water via een slecht functionerende keerklep in de aansluiting van een zwembad in het voorzieningsgebied van een naburig bedrijf waarvan drinkwater wordt betrokken. Hoewel op 25 mei 1995 een stortbui cat. 3 is geregistreerd, is er onvoldoende bekend over de infrastructuur en gebeurtenissen om een mogelijk verband met de verontreiniging te suggereren.

Incident 2: 3 augustus 1995 (zelfde locatie als 11 augustus 1997)

Incidentenformulier

Dit formulier per incident invullen en opslaan onder een aparte naam, of uitdraaien en per incident invullen. Achter sommige vragen zit een pull-down menu waarmee u het antwoord kunt selecteren.

Naam waterleidingbedrijf:	<input type="text"/>		
Naam productiebedrijf:	<input type="text"/>		
Aantal aansluitingen in het voorzieningsgebied:	2900		
Datum detectie incident:	03-aug-95		
Detectielocatie:	(vul in J/N)		
- uitgaand water productiebedrijf	J		
- perceel distributiegebied	J		
- reservoir distributiegebied	N		
- na werkzaamheden (aanhoudend niet goedgekeurd)	N		
- anders, namelijk:	<input type="text"/>		
Monstertype (periodiek/ad hoc):	periodiek		
Reden ad hoc monster:	<input type="text"/>		
Gedetecteerd organisme:			
aantallen in monster (KVD per 100 ml) indien bekend	1e monster	2e monster	andere herhalingsmonsters
- coli37	0 (wel verdachte kolonie)	0	9
- coli44	0	1	1
- E.coli			
- FS		0	2
- SSRC		0	1
Besmet gebied (# aansluitingen):	2900		
Corrigerende maatregelen:	(vul in J/N)	Datum maatregelen	
- spuien	N		
- chloor productiebedrijf	J	15-aug-95	
- chloor distributiegebied	J	15-aug-95	
- productiebedrijf uit	J	06-aug-95	
- isolatie distributiegebied	J	06-aug-95	
- kookadvies	N		
Datum waterkwaliteit weer overal goed:	26-aug-95		
Oorzaak	Productiebedrijf		
Onbekend, vermoedelijk of zeker?	zeker		
Datum oorzaak			
Beschrijving oorzaak	Besmetting van de reinwaterkelders. De oorzaak van de besmetting is niet achterhaald. De kelderhelften zijn met chloor gedesinfecteerd.		
Opmerkingen	De aantallen bacterien van de coligroep en andere faecale indicator bacterien waren bij dit incident laag. Bij een groot aantal bemonsteringen zijn dan ook geen faecale micro-organismen aangetroffen. De aantallen micro-organismen die bij de andere herhalingsmonsters zijn vermeld, zijn dan ook maximaal gemeten waarden.		



Neerslaghoogten en -volumestromen in KNMI-station(s) in de weken voor het incident
 *: 90-percentiel; ** 97,5-percentiel; *** 99,5-percentiel (1991 t/m 2000)
 (bron dagelijkse gegevens: www.knmi.nl/voorl/kd).

3 augustus 1995, bedrijf 2, fecaal verontreinigingsincident in productiebedrijf

De oorzaak van de verontreiniging van de reinwaterkelder van het productiebedrijf is niet bekend. Een week eerder, op 27 juli 1995, is een stortbui cat. 2 geregistreerd (totale hoogte bijna cat. 3). Een relatie tussen verontreiniging en de neerslag op deze dag is theoretisch mogelijk, zeker omdat twee jaar later als vermoedelijke oorzaak van het fecale verontreinigingsincident van 11 augustus 1997, lekkage van het dak van dezelfde reinwaterkelder wordt genoemd.

Incident 3: 11 augustus 1997 (zelfde locatie als 3 augustus 1995)

Incidentenformulier

Dit formulier per incident invullen en opslaan onder een aparte naam, of uitdraaien en per incident invullen. Achter sommige vragen zit een pull-down menu waarmee u het antwoord kunt selecteren.

Naam waterleidingbedrijf:
 Naam productiebedrijf:
 Aantal aansluitingen in het voorzieningsgebied:

Datum detectie incident:

Detectielocatie: (vul in J/N)
 - uitgaand water productiebedrijf
 - perceel distributiegebied
 - reservoir distributiegebied
 - na werkzaamheden (aanhoudend niet goedgekeurd)
 - anders, namelijk:

Monstertype (periodiek/ad hoc):

Reden ad hoc monster:

Gedetecteerd organisme:
 aantallen in monster (KVD per 100 ml) indien bekend

	1e monster	2e monster	andere herhalingsmonsters
- coli37	3	4	1
- coli44	0	1	0
- E.coli	-	-	-
- FS	-	-	0
- SSRC	-	-	0

Besmet gebied (# aansluitingen):

Corrigerende maatregelen: (vul in J/N) Datum maatregelen

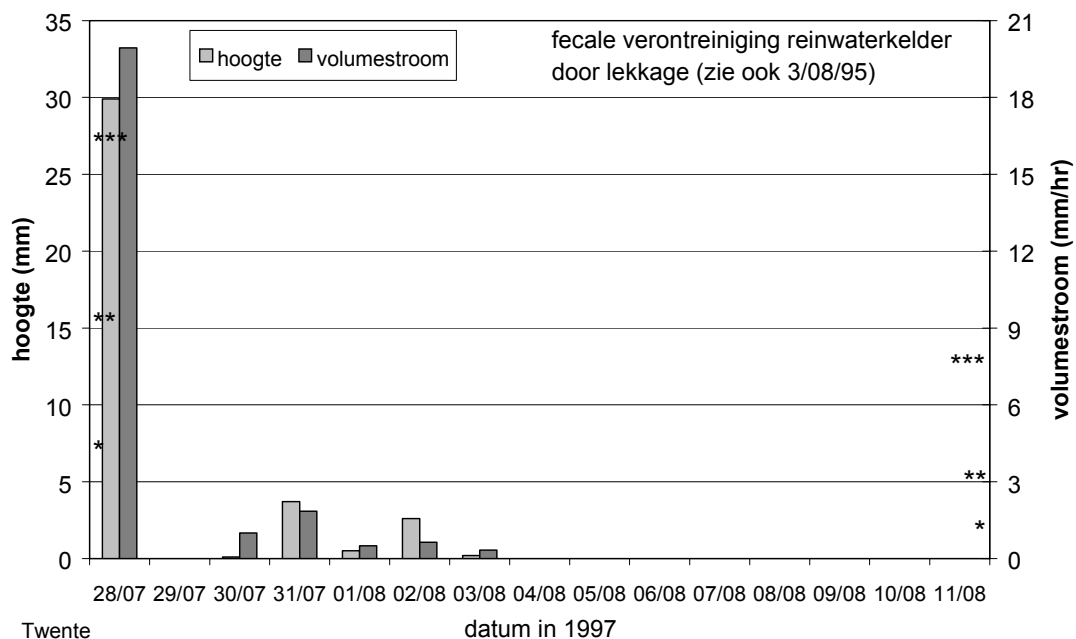
	(vul in J/N)	Datum maatregelen
- spuien	N	
- chloor productiebedrijf	J	15-aug-97
- chloor distributiegebied	J	15-aug-97
- productiebedrijf uit	N	
- isolatie distributiegebied	N	
- kookadvies	N	

Datum waterkwaliteit weer overal goed:

Oorzaak
 Onbekend, vermoedelijk of zeker?

Datum oorzaak
 Beschrijving oorzaak: Bij het incident in 1995 (3 augustus) werd de besmetting ook in het reinwater geconstateerd. De aanleiding heeft men toen niet vast kunnen stellen. Bij dit incident werd de besmetting opnieuw in de kelder aangetroffen. Bij nadere inspectie bleek dat er vochtige plekken langs het plafond aanwezig waren. De vermoedelijke oorzaak is dan ook het doorlekken van grondwater uit de omgeving van de kelder naar de kelderruimte en dus naar het drinkwater. Besloten is om per kelderhelft reparaties uit te voeren aan het beton van de kelder en aan het mastiek, dat de kelder waterdicht moet houden en dus beschadigd moet zijn.

Opmerkingen: Het onderzoek naar de bacteriele afwijking heeft zich vanaf het begin gericht op het zoeken naar de plaats, waar de afwijking ontstaat. Al binnen enkele dagen was duidelijk, dat de oorzaak moest worden gezocht in de reinwaterreservoirs. Dat had als vervelende consequentie, dat zolang het probleem niet was opgelost desinfectie van het water via toevoeging van chloor niet achterwege kon worden gelaten, omdat een van beide kelderhelften altijd in bedrijf moet zijn. Gedurende de periode dat er chloor aan het water is toegevoegd, zijn er regelmatig monsters genomen op de zuigleidingen van de reinwaterpompen (voor chloordoseerpunt). Bij deze onderzoeken zijn maximaal 4 KVD/100 ml coli37 3n coli44 aangetroffen.



Neerslaghoogten en -volumestromen in KNMI-station(s) in de weken voor het incident
 *: 90-percentiel; ** 97,5-percentiel; *** 99,5-percentiel (1991 t/m 2000)
 (bron dagelijkse gegevens: www.knmi.nl/voorl/kd).

11 augustus 1997 bedrijf 2, fecaal verontreinigingsincident, productiebedrijf

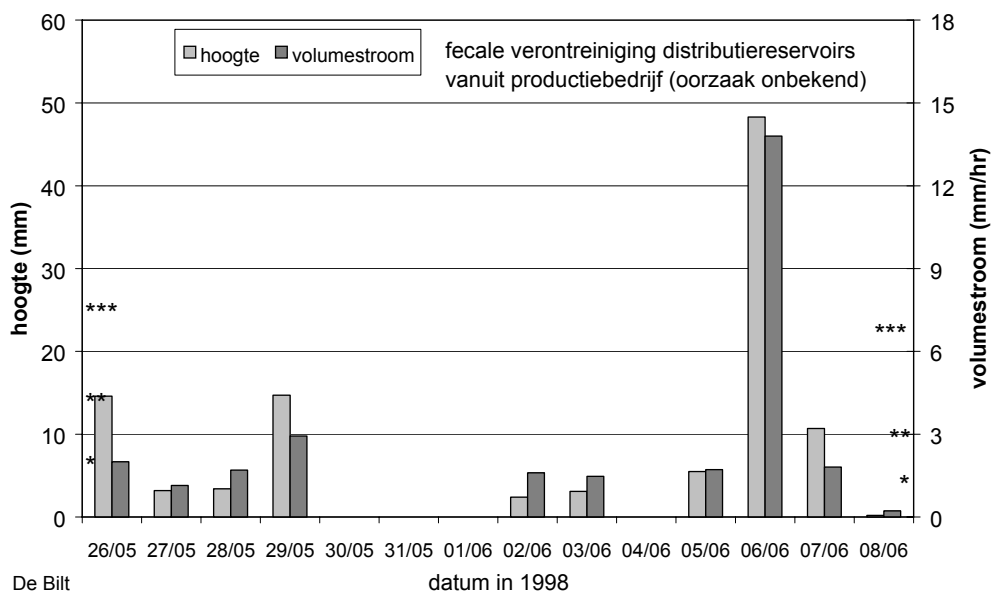
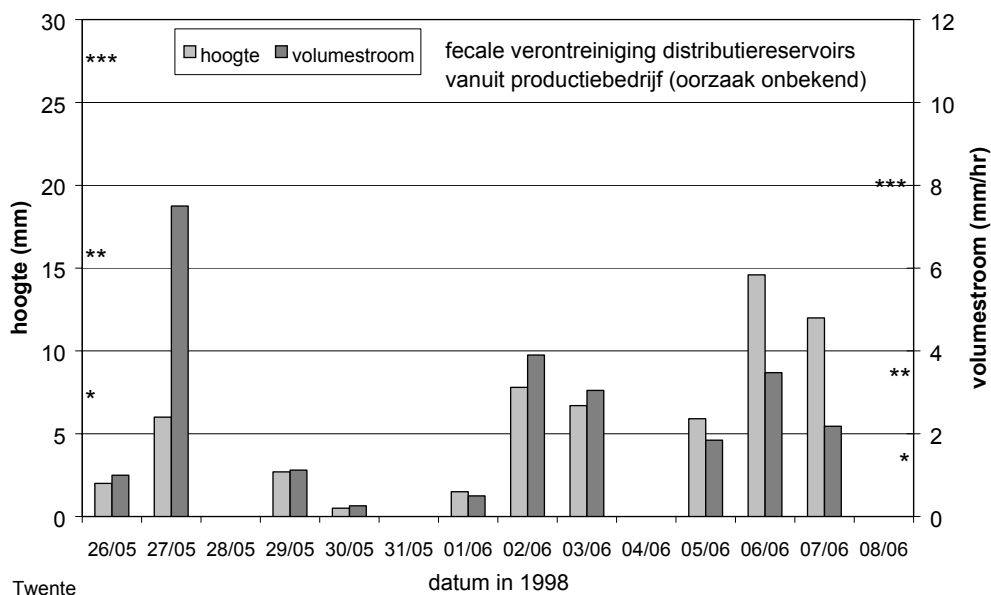
De oorzaak was waarschijnlijk een lekkage van het dak van een reinwaterkelder. Twee jaar eerder (3 augustus 1995) was ook een fecale verontreiniging geconstateerd in dit productiebedrijf, met onbekende oorzaak. Toen was er mogelijk een invloed van de cat. 2 stortbui een week eerder. Begin augustus 1997 heeft het echter nauwelijks geregend. De zware cat. 3 stortbui op 28 juli (neerslaghoogte ook cat. 3) heeft echter mogelijk een rol gespeeld bij deze nieuwe verontreiniging. De lekkage van de reinwaterkelder werd vermoed op basis van vochtplekken op het plafond van de kelder, maar was blijkbaar niet zo groot dat hij met zekerheid kon worden vastgesteld.

Incident 4: 8 juni 1998

Incidentenformulier

Dit formulier per incident invullen en opslaan onder een aparte naam, of uitdraaien en per incident invullen. Achter sommige vragen zit een pull-down menu waarmee u het antwoord kunt selecteren.

Naam waterleidingbedrijf:	<input type="text"/>		
Naam productiebedrijf:	<input type="text"/>		
Aantal aansluitingen in het voorzieningsgebied:	ongeveer 1.700		
Datum detectie incident:	8-jun-98		
Detectielocatie:	(vul in J/N)		
- uitgaand water productiebedrijf	J		
- perceel distributiegebied	N		
- reservoir distributiegebied	J		
- na werkzaamheden (aanhoudend niet goedgekeurd)	N		
- anders, namelijk:	<input type="text"/>		
Monstertype (periodiek/ad hoc):	ad hoc		
Reden ad hoc monster:	Coli37 aangetoond op ander pompstation (eenmalig)		
Gedetecteerd organisme:			
aantallen in monster (KVD per 100 ml) indien bekend	1e monster	2e monster	andere herhalingsmonsters
- coli37	aanwezig		1 uit bedrijf genomen
- coli44	aanwezig		1 uit bedrijf genomen
- E.coli	aanwezig		1 uit bedrijf genomen
- FS	<1		1 uit bedrijf genomen
- SSRC	<1	<1	uit bedrijf genomen
Besmet gebied (# aansluitingen):	niet aangetoond		
Corrigerende maatregelen:	(vul in J/N)	Datum maatregelen	
- spuien	N		
- chloor productiebedrijf	N		
- chloor distributiegebied	N		
- productiebedrijf uit	J	beide reservoirs op resp	10-06 en 14-06
- isolatie distributiegebied	N		
- kookadvies	N		
Datum waterkwaliteit weer overal goed:	13-jul-98		
Oorzaak	Productiebedrijf		
Onbekend, vermoedelijk of zeker?	onbekend		
Datum oorzaak	<input type="text"/>		
Beschrijving oorzaak	De oorzaak is op pompstation y ontstaan door onkende redenen. Diverse transportleidingen voeden een aantal reservoirs, die besmet zijn geraakt. Door accumulatie van de verontreiniging in distributiereservoirs worden verontreinigingen hier eerder geconstateerd.		
Opmerkingen	API: E. coli type 1 De berging is 500 m3.		



Neerslaghoogten en -volumestromen in KNMI-station(s) in de weken voor het incident
*: 90-percentiel; **: 97,5-percentiel; *** 99,5-percentiel (1991 t/m 2000)

(bron dagelijkse gegevens: www.knmi.nl/voorl/kd).

8 juni 1998 bedrijf 8, fecaal verontreinigingsincident, productiebedrijf

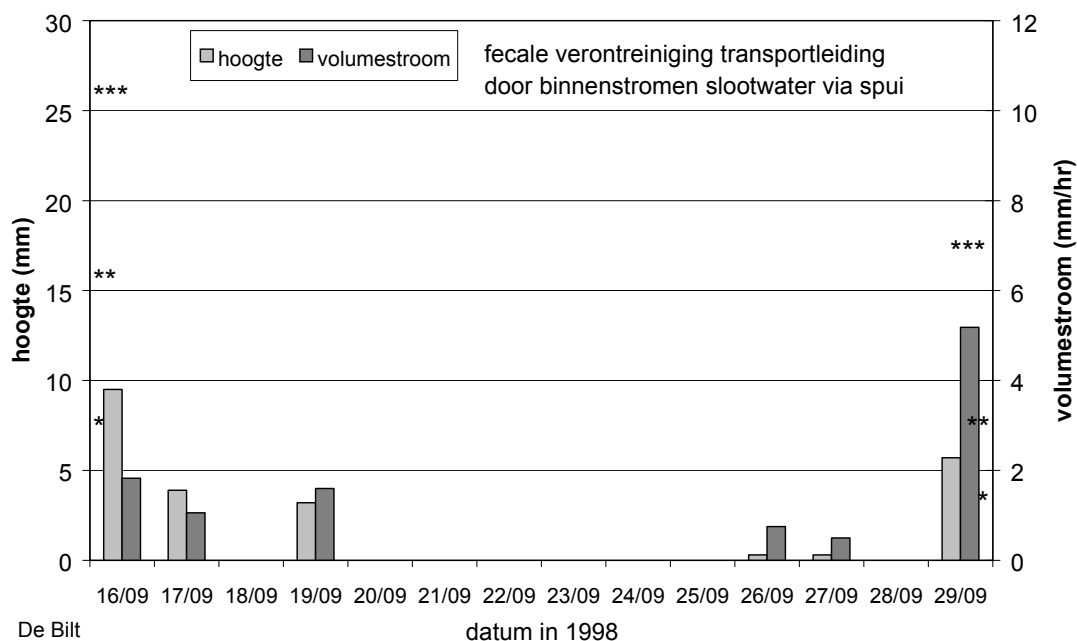
De verontreiniging is als eerste vastgesteld in twee distributiereservoirs, maar het bedrijf heeft vastgesteld dat het voedende productiebedrijf door onbekende oorzaak verontreinigd is. Op 6 juni is in De Bilt de grootste neerslaghoogte in de periode 1991-2000 vastgesteld tijdens (een) zware cat. 3 stortbui(en). Ook in KNMI-station Twente is op die dag een stortbui van bijna cat. 2 (en bijna cat. 2 neerslaghoogte) vastgesteld. Gezien de ligging van het productiebedrijf is goed mogelijk dat op 6 juni de bui die in De Bilt is geregistreerd ook het productiebedrijf heeft getroffen. Mogelijk is toen via een opening die onder normale omstandigheden geen verontreiniging veroorzaakt, verontreinigd regenwater in de win- of behandelingssystemen terecht gekomen.

Incident 5: 29 september 1998

Incidentenformulier

Dit formulier per incident invullen en opslaan onder een aparte naam, of uitdraaien en per incident invullen. Achter sommige vragen zit een pull-down menu waarmee u het antwoord kunt selecteren.

Naam waterleidingbedrijf:	<input type="text"/>		
Naam productiebedrijf:	<input type="text"/>		
Aantal aansluitingen in het voorzieningsgebied:	<input type="text" value="130.000"/>		
Datum detectie incident:	<input type="text" value="29/9/98"/>		
Detectielocatie:	(vul in J/N)		
- uitgaand water productiebedrijf	<input type="text"/>		
- perceel distributiegebied	<input type="text"/>		
- reservoir distributiegebied	<input type="text" value="J"/>		
- na werkzaamheden (aanhoudend niet goedgekeurd)	<input type="text"/>		
- anders, namelijk:	<input type="text"/>		
Monstertype (periodiek/ad hoc):	<input type="text" value="periodiek"/>		
Reden ad hoc monster:	<input type="text"/>		
Gedetecteerd organisme:			
aantallen in monster (KVD per 100 ml) indien bekend	1e monster	2e monster	andere herhalingsmonsters
- coli37	<input type="text" value="0.2"/>	<input type="text" value="0.2"/>	<input type="text" value="0.8"/>
- coli44	<input type="text"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
- E.coli	<input type="text" value="0.2"/>	<input type="text" value="0.2"/>	<input type="text" value="0.2"/>
- FS	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
- SSRC	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
Besmet gebied (# aansluitingen):	<input type="text" value="30.000"/>		
Corrigerende maatregelen:	(vul in J/N)	Datum maatregelen	
- spuien	<input type="text" value="J"/>	<input type="text" value="07-okt-98"/>	
- chloor productiebedrijf	<input type="text" value="N"/>	<input type="text"/>	
- chloor distributiegebied	<input type="text" value="N"/>	<input type="text"/>	
- productiebedrijf uit	<input type="text" value="N"/>	<input type="text"/>	
- isolatie distributiegebied	<input type="text" value="N"/>	<input type="text"/>	
- kookadvies	<input type="text" value="N"/>	<input type="text"/>	
Datum waterkwaliteit weer overal goed:	<input type="text" value="26/10/98"/>		
Oorzaak	<input type="text" value="Distributiegebied"/>		
Onbekend, vermoedelijk of zeker?	<input type="text" value="zeker"/>		
Datum oorzaak	<input type="text" value="15/9/98"/>		
Beschrijving oorzaak	<input type="text" value="Van buitenaf is water via een open spui in een transportleiding terecht gekomen. Zie rapportage voor detailinformatie."/>		
Opmerkingen	<input type="text" value="Rapportage wordt toegestuurd. Verder is dit incident toegelicht tijdens een Kiwa workshop op 15/10/99 (zie SWI 99.211)"/>		



Neerslaghoogten en -volumestromen in KNMI-station(s) in de weken voor het incident
 *: 90-percentiel; ** 97,5-percentiel; *** 99,5-percentiel (1991 t/m 2000)
 (bron dagelijkse gegevens: www.knmi.nl/voorl/kd).

29 september 1998, bedrijf 4, fecaal verontreinigingsincident, transportleiding

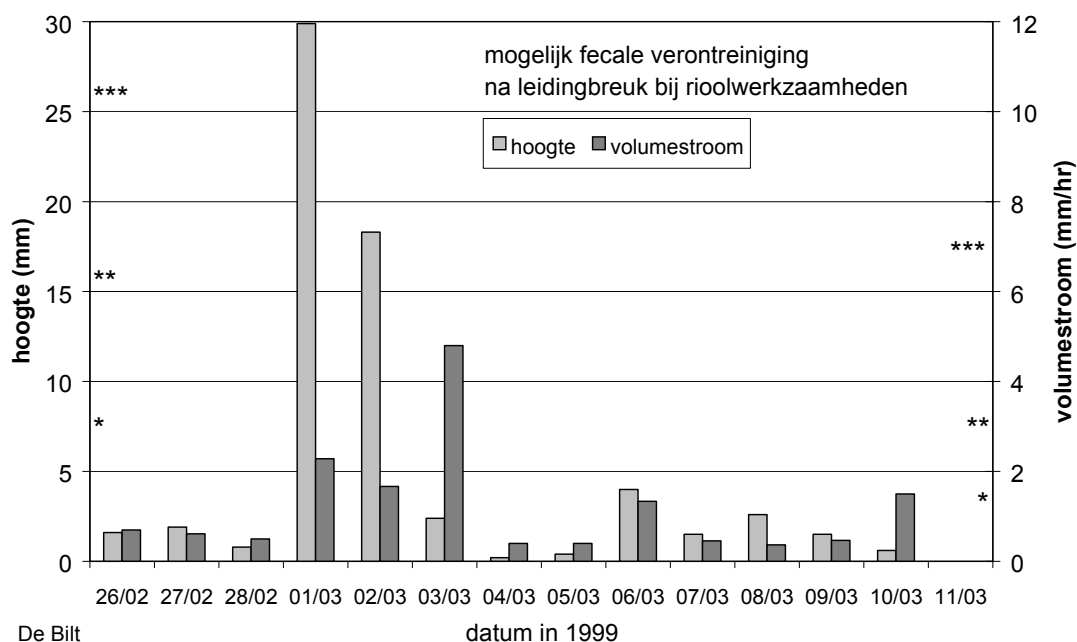
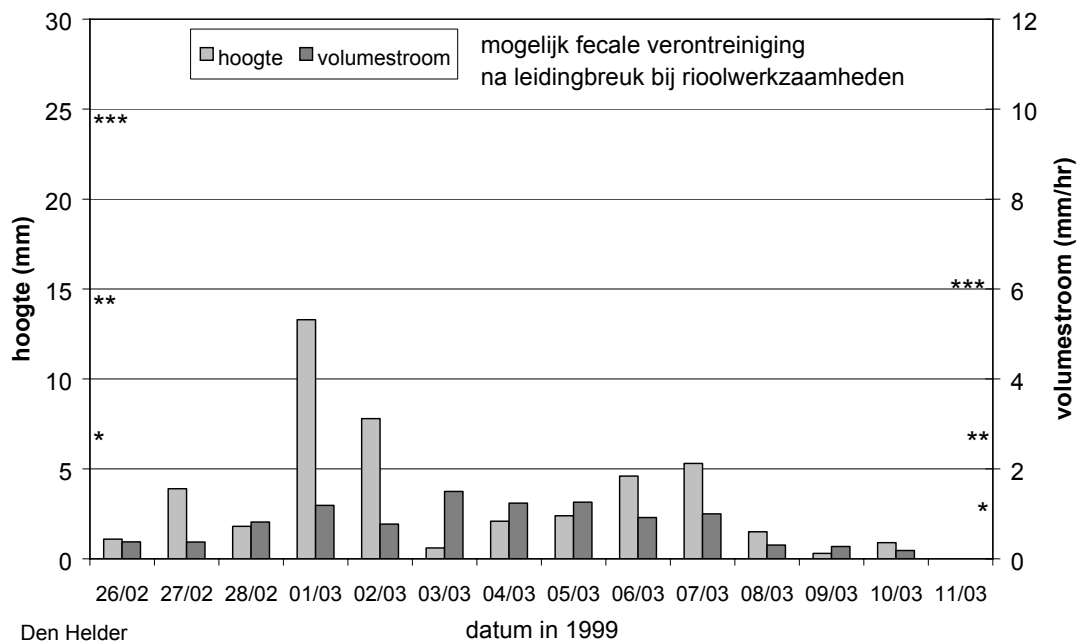
De verontreiniging is ontstaan omdat slootwater na een reparatie via een open spui is teruggelopen in een transportleiding. De spui stond open om de transportleiding na de werkzaamheden 's nachts door te spoelen. Die nacht heeft het volgens het bedrijf echter flink geregend, waardoor het waterniveau in de sloot hoger werd dan de hoogte van de uitstroomopening van de spui (in combinatie met de afvoer van het spuiwater). Inderdaad is op 29 september in De Bilt een cat. 2 stortbui geregistreerd (cat. 1 neerslaghoogte, ca. 6 mm). De neerslag speelde dus een zekere rol.

Incident 6: 11 maart 1999

Incidentenformulier

Dit formulier per incident invullen en opslaan onder een aparte naam, of uitdraaien en per incident invullen. Achter sommige vragen zit een pull-down menu waarmee u het antwoord kunt selecteren.

Naam waterleidingbedrijf:	<input type="text"/>		
Naam productiebedrijf:	<input type="text"/>		
Aantal aansluitingen in het voorzieningsgebied:	<input type="text"/>		
Datum detectie incident:	11-Mar-99		
Detectielocatie:	(vul in J/N)		
- uitgaand water productiebedrijf	<input type="text"/>		
- perceel distributiegebied	<input type="text"/>		
- reservoir distributiegebied	<input type="text"/>		
- na werkzaamheden (aanhoudend niet goedgekeurd)	<input type="text"/>		
- anders, namelijk:	preventief i.v.m. breuk leiding door rioolwerkzaamheden		
Monstertype (periodiek/ad hoc):	<input type="text" value="ad hoc"/>		
Reden ad hoc monster:	<input type="text" value="reel vermoeden dat er een besmetting ontstaan kan zijn"/>		
Gedetecteerd organisme:			
aantallen in monster (KVD per 100 ml) indien bekend	1e monster	2e monster	andere herhalingsmonsters
- coli37	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
- coli44	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
- E.coli	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
- FS	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
- SSRC	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Besmet gebied (# aansluitingen):	<input type="text" value="27 aansluitingen"/>		
Corrigerende maatregelen:	(vul in J/N)	Datum maatregelen	
- spuien	<input type="text" value="J"/>	<input type="text" value="11-Mar-99"/>	
- chloor productiebedrijf	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
- chloor distributiegebied	<input type="text" value="J"/>	<input type="text" value="11-Mar-99"/>	
- productiebedrijf uit	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
- isolatie distributiegebied	<input type="text" value="J"/>	<input type="text" value="11-Mar-99"/>	
- kookadvies	<input type="text" value="N"/>	<input type="text" value="11-Mar-99"/>	
Datum waterkwaliteit weer overal goed:	<input type="text" value="13-Mar-99"/>		
Oorzaak	<input type="text" value="Distributiegebied"/>		
Onbekend, vermoedelijk of zeker?	<input type="text" value="vermoedelijk"/>		
Datum oorzaak	<input type="text" value="11-Mar-99"/>		
Beschrijving oorzaak	<input type="text" value="Bij rioolwerkzaamheden is een AC leiding gebroken. Hierbij was de vrees dat rioolwater in de buis terecht gekomen was. Het distributiegebied is geïsoleerd; aan 27 percelen is een preventief kookadvies gegeven. Het incident is gemeld aan de Regionale Inspectie"/>		
Opmerkingen	<input type="text"/>		



Neerslaghoogten en -volumestromen in KNMI-station(s) in de weken voor het incident
 *: 90-percentiel; ** 97,5-percentiel; *** 99,5-percentiel (1991 t/m 2000)
 (bron dagelijkse gegevens: www.knmi.nl/voorl/kd).

11 maart 1999 bedrijf 5, fecaal verontreinigingsincident, distributieleiding

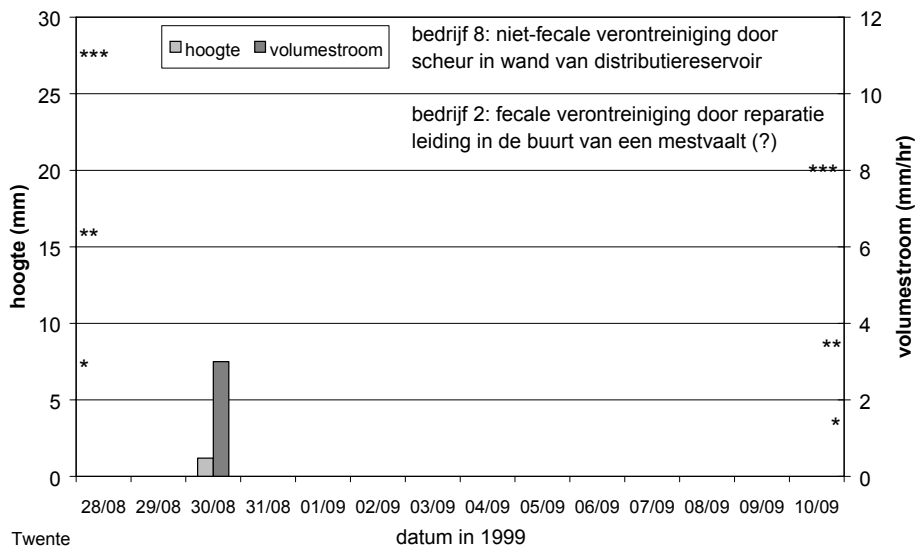
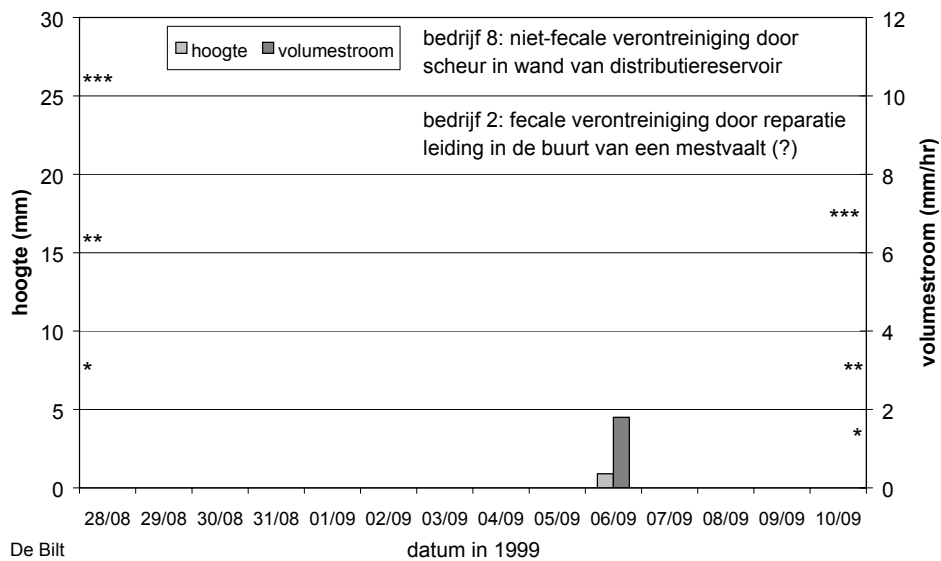
Tijdens werkzaamheden aan een riolering is een AC drinkwaterleiding gebroken. Omdat de vrees bestond dat de leiding hierbij fecaal verontreinigd is, is het betreffende deel van het distributiegebied (27 aansluitingen) geïsoleerd en is aan de inwoners een kookadvies gegeven alvorens de drinkwatervoorziening te hervatten. De relatief hoge neerslaghoogten in de 2 weken ervoor kunnen een indirecte rol gespeeld hebben bij de vermoede verontreiniging (grondwaterstand, modder), maar hadden zeker geen directe invloed op het ontstaan van de verontreiniging.

Incident 7: 10 september 1999

Incidentenformulier

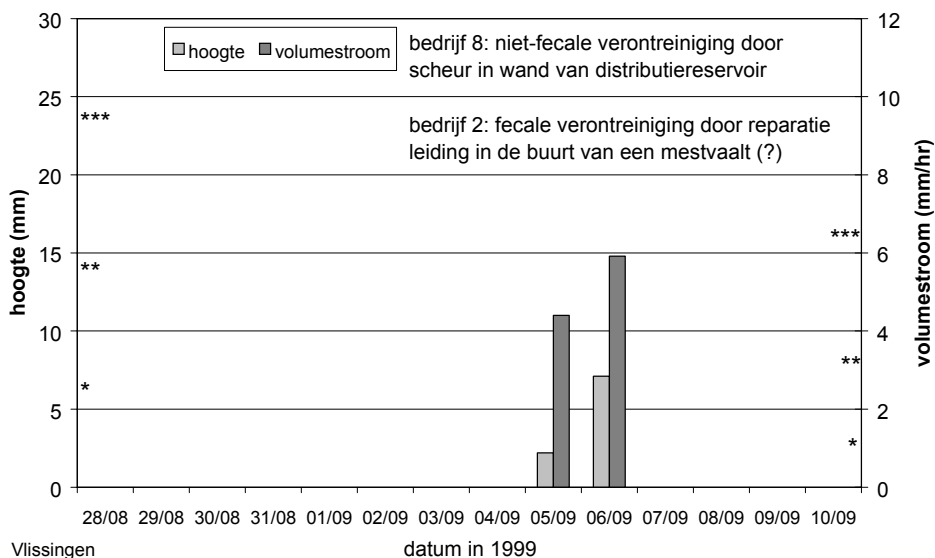
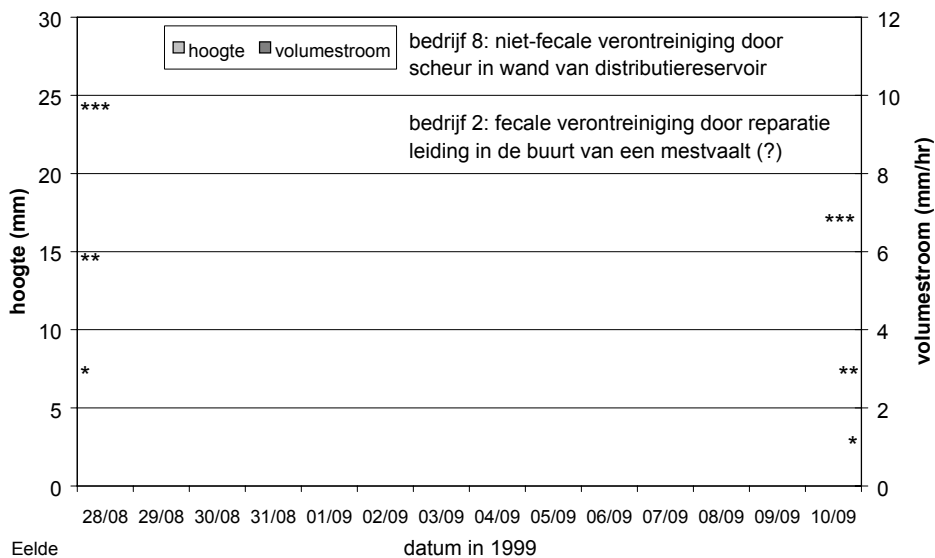
Dit formulier per incident invullen en opslaan onder een aparte naam, of uitdraaien en per incident invullen. Achter sommige vragen zit een pull-down menu waarmee u het antwoord kunt selecteren.

Naam waterleidingbedrijf:			
Naam productiebedrijf:			
Aantal aansluitingen in het voorzieningsgebied:	15000		
Datum detectie incident:	10-sep-99		
Detectielocatie:	(vul in J/N)		
- uitgaand water productiebedrijf	N		
- perceel distributiegebied	J		
- reservoir distributiegebied	N		
- na werkzaamheden (aanhoudend niet goedgekeurd)	J		
- anders, namelijk:			
Monstertype (periodiek/ad hoc):	ad hoc		
Reden ad hoc monster:	buisbreuk hoofdleiding		
Gedetecteerd organisme:			
aantallen in monster (KVD per 100 ml) indien bekend	1e monster	2e monster	andere herhalingsmonsters
- coli37	4	69	79
- coli44	1	56	69
- E.coli	-	-	-
- FS	-	-	-
- SSRC	-	-	-
Besmet gebied (# aansluitingen):	50		
Corrigerende maatregelen:	(vul in J/N)	Datum maatregelen	
- spuien	J	14-sep-99	
- chloor productiebedrijf	N		
- chloor distributiegebied	J	15-sep-99	
- productiebedrijf uit	N		
- isolatie distributiegebied	J	14-sep-99	
- kookadvies	J	14-sep-99	
Datum waterkwaliteit weer overal goed:	27-sep-99		
Oorzaak	Distributiegebied		
Onbekend, vermoedelijk of zeker?	zeker		
Datum oorzaak	09-sep-99		
Beschrijving oorzaak	De buisbreuk vond plaats in de directe omgeving van een mestvaalt. Zeer waarschijnlijk is mest in de sleuf terechtgekomen. De reparatie is uitgevoerd door een aannemer		
Opmerkingen	D.m.v. spuien kon de leiding niet worden gereinigd (niet voldoende snelheid). Daarom is chloor gedoseerd. D.m.v. spuien is het chloor in het net verspreid.		



Neerslaghoogten en -volumestromen in KNMI-station(s) in de weken voor het incident
 *: 90-percentiel; ** 97,5-percentiel; *** 99,5-percentiel (1991 t/m 2000)
 (bron dagelijkse gegevens: www.knmi.nl/voorl/kd).

Zie volgende bladzijde voor meer grafieken en de evaluatie.



Neerslaghoogten en -volumestromen in KNMI-station(s) in de weken voor het incident
 *: 90-percentiel; ** 97,5-percentiel; *** 99,5-percentiel (1991 t/m 2000)
 (bron dagelijkse gegevens: www.knmi.nl/voorl/kd).

10 september 1999 bedrijf 2, fecaal verontreinigingsincident, distributieleiding

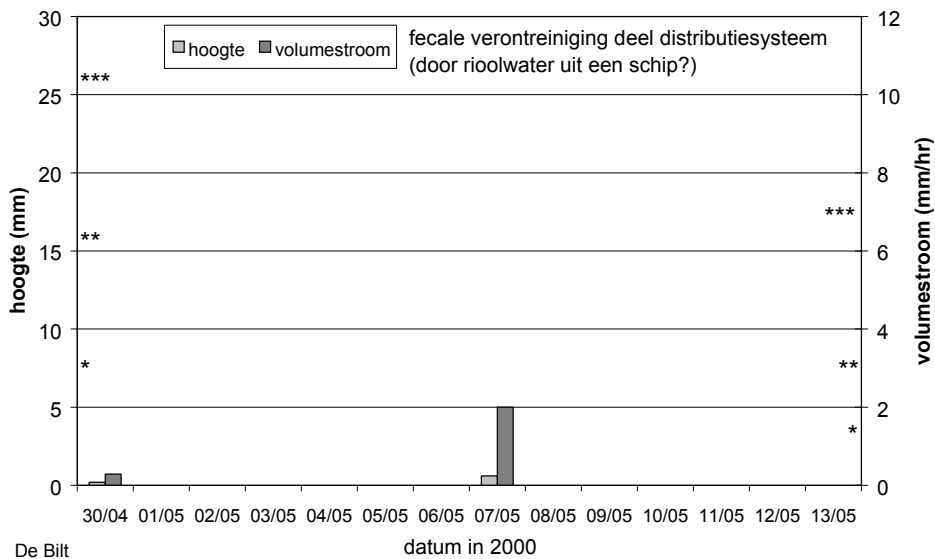
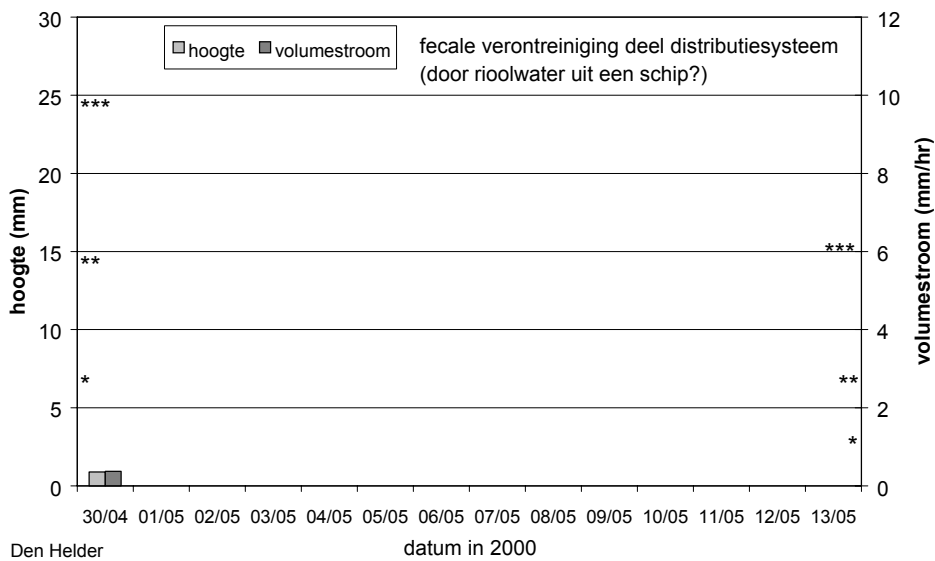
Na een reparatie van een leiding door een aannemer is een fecale verontreiniging van de leiding geconstateerd, waarschijnlijk met materiaal van een mestvaalt uit de omgeving van de locatie van de werkzaamheden. Ook gelet op de beperkte neerslaghoogte in de week ervoor (wel een cat. 1 bui van 1,2 mm op 6 september) is een invloed van extreme neerslagomstandigheden onwaarschijnlijk.

Incident 8: 13 mei 2000

Incidentenformulier

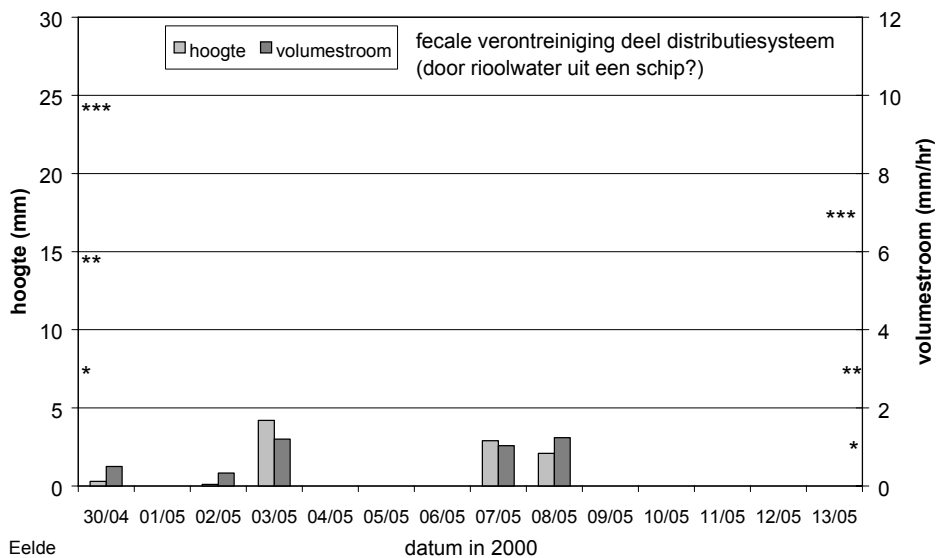
Dit formulier per incident invullen en opslaan onder een aparte naam, of uitdraaien en per incident invullen. Achter sommige vragen zit een pull-down menu waarmee u het antwoord kunt selecteren.

Naam waterleidingbedrijf:	<input type="text"/>		
Naam productiebedrijf:	<input type="text"/>		
Aantal aansluitingen in het voorzieningsgebied:	<input type="text" value="130000"/>		
Datum detectie incident:	<input type="text" value="13-mei-00"/>		
Detectielocatie:	(vul in J/N)		
- uitgaand water productiebedrijf	<input type="text"/>		
- perceel distributiegebied	<input type="text" value="J"/>		
- reservoir distributiegebied	<input type="text"/>		
- na werkzaamheden (aanhoudend niet goedgekeurd)	<input type="text"/>		
- anders, namelijk:	<input type="text"/>		
Monstertype (periodiek/ad hoc):	<input type="text" value="periodiek"/>		
Reden ad hoc monster:	<input type="text"/>		
Gedetecteerd organisme:			
aantallen in monster (KVD per 100 ml) indien bekend	1e monster	2e monster	andere herhalingsmonsters
- coli37	<input type="text" value="55"/>	<input type="text" value="18"/>	<input type="text" value="6.4"/>
- coli44	<input type="text" value="54"/>	<input type="text" value="8"/>	<input type="text" value="3.2"/>
- E.coli	<input type="text"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
- FS	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
- SSRC	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
Besmet gebied (# aansluitingen):	<input type="text" value="140"/>		
Corrigerende maatregelen:	(vul in J/N)	Datum maatregelen	
- spuien	<input type="text" value="J"/>	<input type="text" value="14-mei-00"/>	
- chloor productiebedrijf	<input type="text" value="N"/>	<input type="text"/>	
- chloor distributiegebied	<input type="text" value="N"/>	<input type="text"/>	
- productiebedrijf uit	<input type="text" value="N"/>	<input type="text"/>	
- isolatie distributiegebied	<input type="text" value="J"/>	<input type="text" value="14-mei-00"/>	
- kookadvies	<input type="text" value="J"/>	<input type="text" value="14-mei-00"/>	
Datum waterkwaliteit weer overal goed:	<input type="text" value="20-jun-00"/>		
Oorzaak	<input type="text" value="Distributiegebied"/>		
Onbekend, vermoedelijk of zeker?	<input type="text" value="onbekend"/>		
Datum oorzaak	<input type="text" value="nvt"/>		
Beschrijving oorzaak	<input type="text" value="Onbekend. Mogelijk heeft een schip de aanvoerslang voor \ drinkwater aangesloten op zijn afvalwatertank."/>		
Opmerkingen	<input type="text" value="Gedetailleerde informatie vinden jullie in het verslag dat naar jullie wordt toegestuurd
Er was geen kookadvies maar een kookgebod"/>		



Neerslaghoogten en -volumestromen in KNMI-station(s) in de weken voor het incident
 *: 90-percentiel; ** 97,5-percentiel; *** 99,5-percentiel (1991 t/m 2000)
 (bron dagelijkse gegevens: www.knmi.nl/voorl/kd).

Zie volgende bladzijde voor meer grafieken en de evaluatie.



Neerslaghoogten en -volumestromen in KNMI-station(s) in de weken voor het incident
 *: 90-percentiel; **: 97,5-percentiel; *** 99,5-percentiel (1991 t/m 2000)
 (bron dagelijkse gegevens: www.knmi.nl/voorl/kd).

13 mei 2000 bedrijf 4, fecaal verontreinigingsincident, distributieleiding

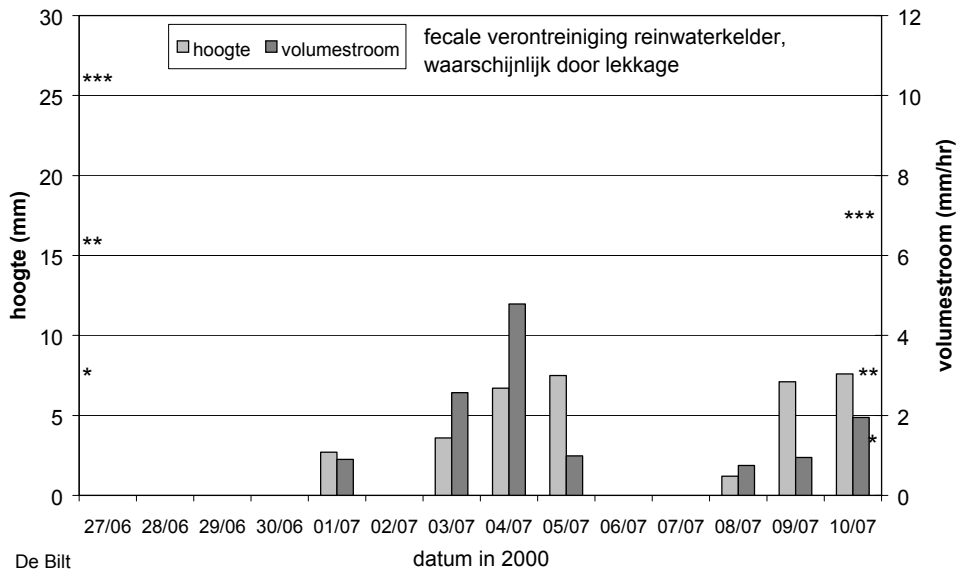
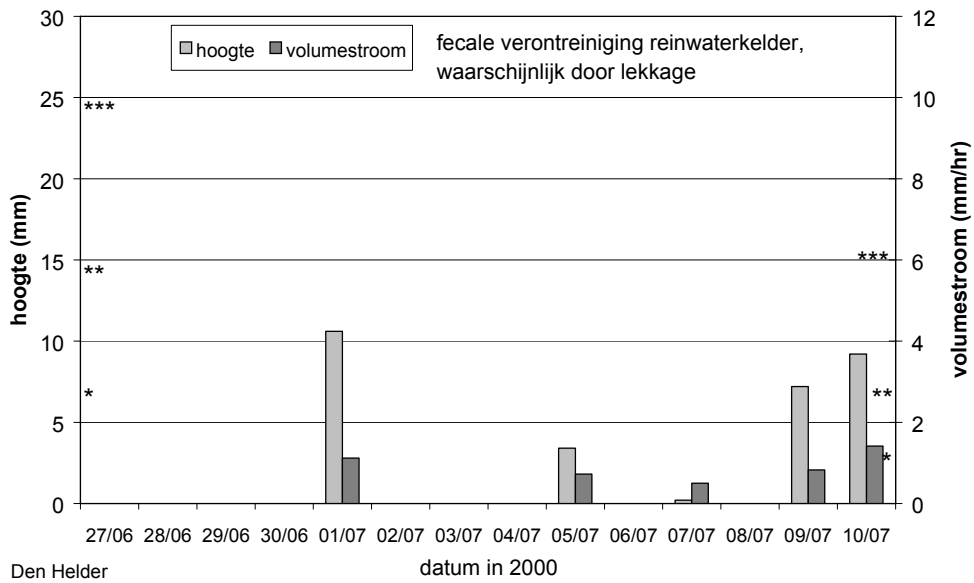
Het bedrijf heeft als mogelijke oorzaak van de verontreiniging een koppeling met een afvalwatertank van een schip geopperd, maar de oorzaak was onbekend. De beperkte neerslag in de weken voorafgaand aan het incident (een cat. 1 bui van 1 mm in De Bilt op 7 mei, enkele buien van 2 à 3 mm op 7 en 8 mei in Eelde) maken een invloed van extreme neerslag onwaarschijnlijk.

Incident 9: 10 juli 2000

Incidentenformulier

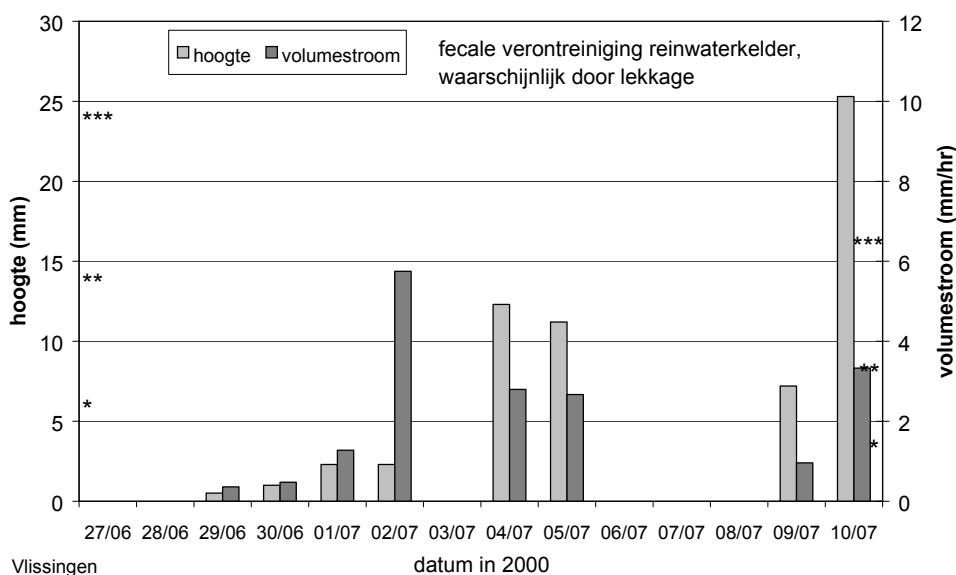
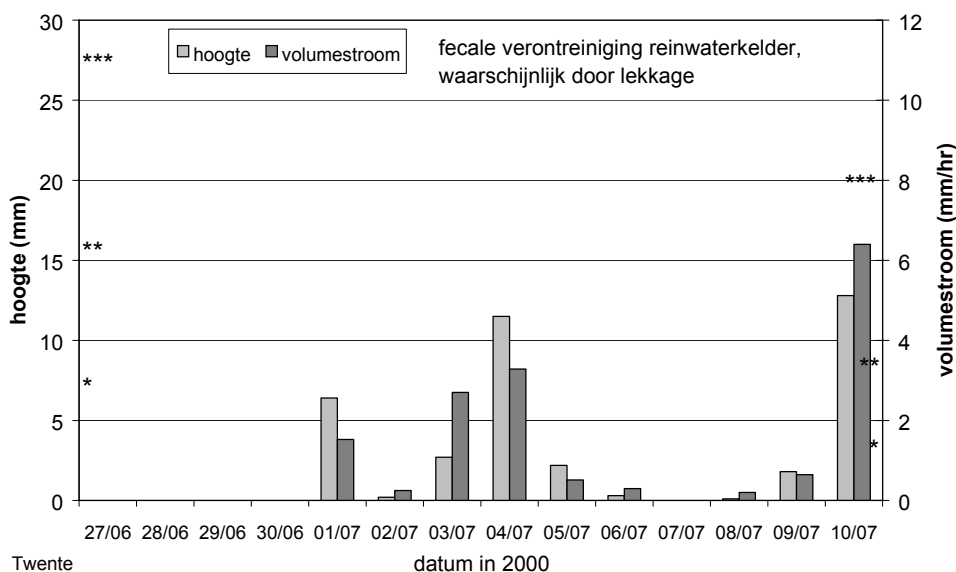
Dit formulier per incident invullen en opslaan onder een aparte naam, of uitdraaien en per incident invullen.
Achter sommige vragen zit een pull-down menu waarmee u het antwoord kunt selecteren.

Naam waterleidingbedrijf:	<input type="text"/>		
Naam productiebedrijf:	<input type="text"/>		
Aantal aansluitingen in het voorzieningsgebied:	<input type="text" value="48.000"/>		
Datum detectie incident:	<input type="text" value="10-jul-00"/>		
Detectielocatie:	(vul in J/N)		
- uitgaand water productiebedrijf	<input type="text" value="J"/>		
- perceel distributiegebied	<input type="text"/>		
- reservoir distributiegebied	<input type="text"/>		
- na werkzaamheden (aanhoudend niet goedgekeurd)	<input type="text"/>		
- anders, namelijk:	<input type="text"/>		
Monstertype (periodiek/ad hoc):	<input type="text" value="periodiek"/>		
Reden ad hoc monster:	<input type="text"/>		
Gedetecteerd organisme:			
aantallen in monster (KVD per 100 ml) indien bekend	1e monster	2e monster	andere herhalingsmonsters
- coli37	<input type="text" value="80"/>	<input type="text" value="2.7"/>	<input type="text" value="1"/>
- coli44	<input type="text" value="80"/>	<input type="text" value="2.7"/>	<input type="text" value="1"/>
- E.coli	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text" value="1"/>
- FS	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
- SSRC	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Besmet gebied (# aansluitingen):	<input type="text" value="48.000"/>		
Corrigerende maatregelen:	(vul in J/N)	Datum maatregelen	
- spuien	<input type="text" value="J"/>	<input type="text" value="13-iul-00"/>	
- chloor productiebedrijf	<input type="text" value="J"/>	<input type="text" value="13-iul-00"/>	
- chloor distributiegebied	<input type="text" value="N"/>	<input type="text"/>	
- productiebedrijf uit	<input type="text" value="J"/>	<input type="text" value="13-iul-00"/>	
- isolatie distributiegebied	<input type="text" value="N"/>	<input type="text"/>	
- kookadvies	<input type="text" value="J"/>	<input type="text" value="14-iul-00"/>	
Datum waterkwaliteit weer overal goed:	<input type="text" value="27-jul-00"/>		
Oorzaak	<input type="text" value="Productiebedrijf"/>		
Onbekend, vermoedelijk of zeker?	<input type="text" value="vermoedelijk"/>		
Datum oorzaak	<input type="text" value="nvt"/>		
Beschrijving oorzaak	<input type="text" value="waarschijnlijk indringen van met uitwerpselen van jonge vossen besmet regenwater via lek langs mangat reinwaterkelder 1"/>		
Opmerkingen	<input type="text"/>		



Neerslaghoogten en -volumestromen in KNMI-station(s) in de weken voor het incident
 *: 90-percentiel; ** 97,5-percentiel; *** 99,5-percentiel (1991 t/m 2000)
 (bron dagelijkse gegevens: www.knmi.nl/voorl/kd).

Zie volgende bladzijde voor meer grafieken en de evaluatie



Neerslaghoogten en -volumestromen in KNMI-station(s) in de weken voor het incident
 *: 90-percentiel; **: 97,5-percentiel; ***: 99,5-percentiel (1991 t/m 2000)
 (bron dagelijkse gegevens: www.knmi.nl/voorl/kd).

10 juli 2000 bedrijf 5, fecaal verontreinigingsincident, productiebedrijf

Waarschijnlijk is tijdens regen fecaal materiaal van jonge vossen (bleek uit genotypering van de *E. coli*) via een scheur naast het mangat van een reinwaterkelder binnengedrongen. De registratie van een cat. 2 stortbui in Twente en een bijna cat. 2 stortbui in Vlissingen (neerslaghoogte cat. 3: 25 mm) maakt deze theorie en de invloed van extreme neerslag waarschijnlijk.

II De achttien gerapporteerde incidenten met niet-fecale kwaliteitsverminderingen en verontreinigingen

In deze bijlage zijn de door de waterbedrijven aangeleverde samenvattingen van de incidenten met niet-fecale kwaliteitsverminderingen en verontreinigingen weergegeven. Tevens zijn voor elk van deze incidenten de neerslagomstandigheden grafisch weergegeven, waargenomen in de weken voor het incident op min of meer nabijgelegen KNMI-stations. Op basis van de beschrijving van de incidenten en de neerslaggegevens is per incident een evaluatie gemaakt van de mogelijkheid dat neerslag een rol heeft gespeeld bij het incident.

In deze evaluaties wordt onderscheid gemaakt tussen categorieën van stortbuien op basis van de volumestroom³⁶ tijdens deze buien (in mm/hr) volgens de grenswaarden: categorie 1 = tussen de P90 en P97,5 (gemiddeld ca. 27x per jaar); categorie 2 = tussen de P97,5 en P99,5 (gemiddeld ca. 7x per jaar) en categorie 3 = boven de P99,5 (gemiddeld 1,8x per jaar).

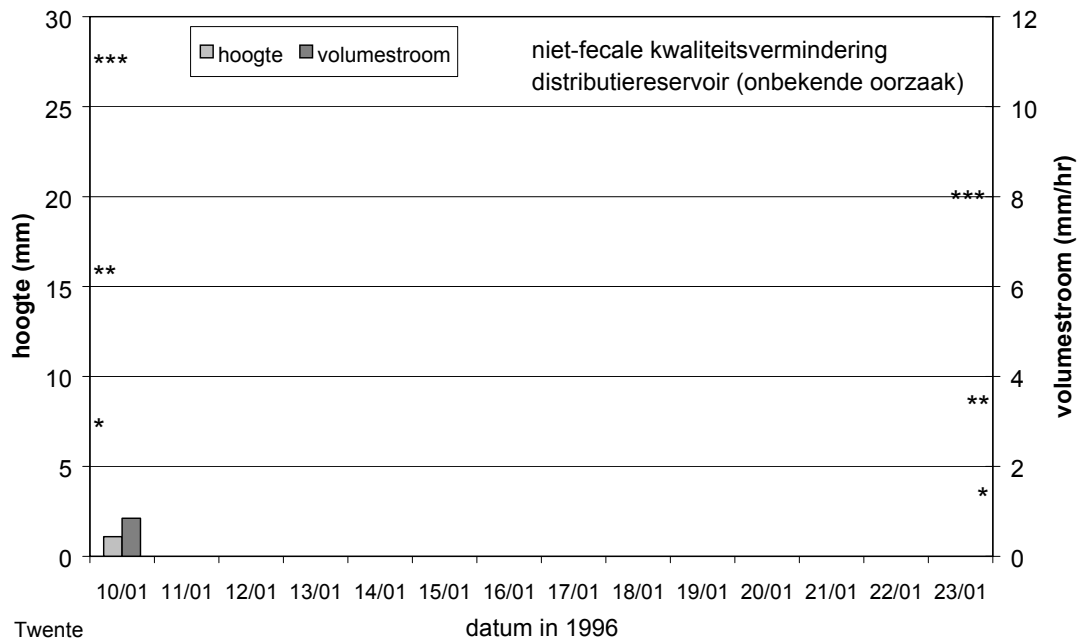
³⁶ Omdat het KNMI gegevens per dag (totale hoogte in mm en totale duur in uur) geeft, kan het overigens meerdere stortbuien of een combinatie van stortbuien en andere neerslag betreffen. Waar zinvol wordt ook de categorie van de totale neerslaghoogte van die dag genoemd.

Incident 1: 23 januari 1996

Incidentenformulier

Dit formulier per incident invullen en opslaan onder een aparte naam, of uitdraaien en per incident invullen. Achter sommige vragen zit een pull-down menu waarmee u het antwoord kunt selecteren.

Naam waterleidingbedrijf:			
Naam productiebedrijf:	Reservoir		
Aantal aansluitingen in het voorzieningsgebied:	ongeveer 3.300		
Datum detectie incident:	23/Jan/96		
Detectielocatie:	(vul in J/N)		
- uitgaand water productiebedrijf	N		
- perceel distributiegebied	N		
- reservoir distributiegebied	J		
- na werkzaamheden (aanhoudend niet goedgekeurd)	N		
- anders, namelijk:			
Monstertype (periodiek/ad hoc):	periodiek		
Reden ad hoc monster:			
Gedetecteerd organisme:			
aantallen in monster (KVD per 100 ml) indien bekend	1e monster	2e monster	andere herhalingsmonsters
- coli37	aanwezig	aanwezig	uit bedrijf genomen
- coli44	<1	<1	<1
- E.coli	<1	<1	<1
- FS	<1	<1	<1
- SSRC	<1	<1	<1
Besmet gebied (# aansluitingen):	niet aangetoond		
Corrigerende maatregelen:	(vul in J/N)	Datum maatregelen	
- spuien	N		
- chloor productiebedrijf	N		
- chloor distributiegebied	N		
- productiebedrijf uit	J	Reservoir op 31-01-1996	
- isolatie distributiegebied	N		
- kookadvies	N		
Datum waterkwaliteit weer overal goed:	31-Jan-96		
Oorzaak	Distributiegebied		
Onbekend, vermoedelijk of zeker?	onbekend		
Datum oorzaak			
Beschrijving oorzaak	API: Klebsiella pneumoniae en Enterobacter aerogenes Reservoir is uit bedrijf genomen na de detectie van coli37 in het tweede monster.		
Opmerkingen			



Neerslaghoogten en -volumestromen in KNMI-station(s) in de weken voor het incident
 *: 90-percentiel; ** 97,5-percentiel; *** 99,5-percentiel (1991 t/m 2000)
 (bron dagelijkse gegevens: www.knmi.nl/voorl/kd).

23 januari 1996, bedrijf 8, incident met niet-fecale kwaliteitsvermindering, distributiereservoir

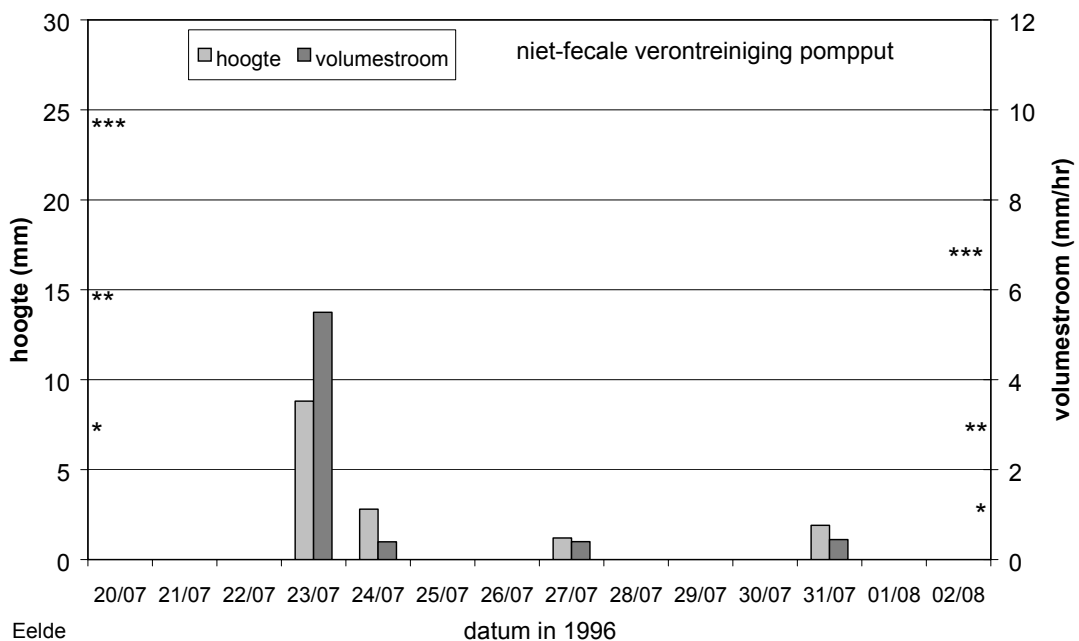
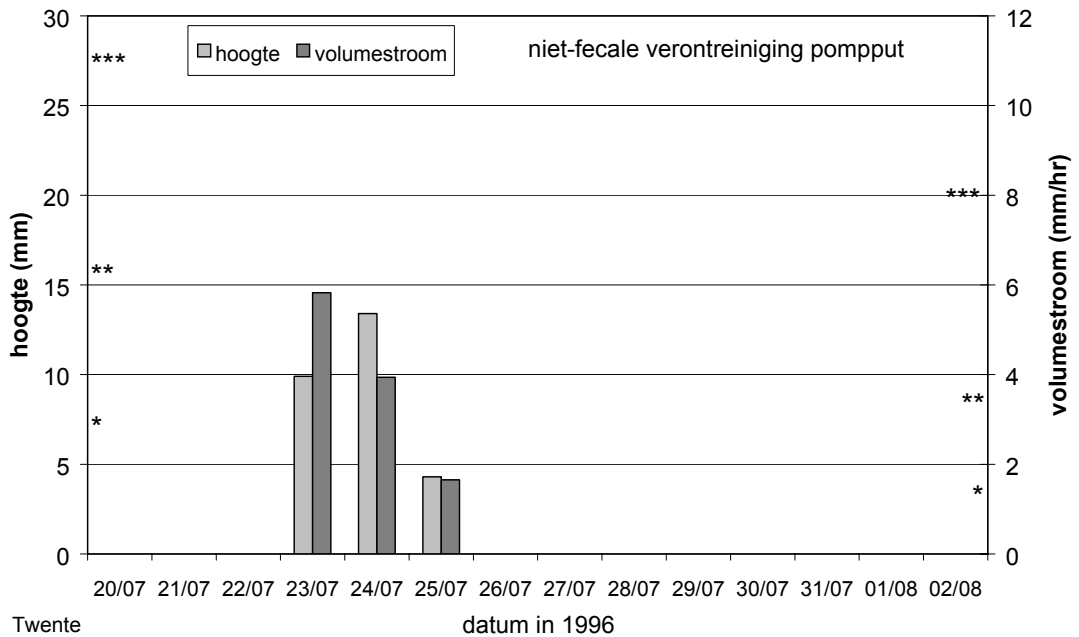
De oorzaak was onbekend en gelet op de vrijwel droge periode die in de weken voorafgaand aan het incident zijn geregistreerd in de KNMI-stations (geen neerslag sinds 13 januari, 's nachts enkele graden vorst) is een invloed van stortbuien onwaarschijnlijk.

Incident 2: 2 augustus 1996

Incidentenformulier

Dit formulier per incident invullen en opslaan onder een aparte naam, of uitdraaien en per incident invullen. Achter sommige vragen zit een pull-down menu waarmee u het antwoord kunt selecteren.

Naam waterleidingbedrijf:	<input type="text"/>		
Naam productiebedrijf:	<input type="text"/>		
Aantal aansluitingen in het voorzieningsgebied:	<input type="text" value="ongeveer 13.000"/>		
Datum detectie incident:	<input type="text" value="2/Aug/96"/>		
Detectielocatie:	(vul in J/N)		
- uitgaand water productiebedrijf	<input type="text" value="J"/>		
- perceel distributiegebied	<input type="text" value="J"/>		
- reservoir distributiegebied	<input type="text" value="N"/>		
- na werkzaamheden (aanhoudend niet goedgekeurd)	<input type="text" value="N"/>		
- anders, namelijk:	<input type="text"/>		
Monstertype (periodiek/ad hoc):	<input type="text" value="periodiek"/>		
Reden ad hoc monster:	<input type="text"/>		
Gedetecteerd organisme:			
aantallen in monster (KVD per 100 ml) indien bekend	1e monster 2e monster andere herhalingsmonsters		
- coli37	<input type="text" value="aanwezig"/>	<input type="text"/>	<input type="text" value="1 1 daarna <1"/>
- coli44	<input type="text" value="<1"/>	<input type="text"/>	<input type="text" value="1 <1"/>
- E.coli	<input type="text" value="<1"/>	<input type="text" value="<1"/>	<input type="text" value="<1"/>
- FS	<input type="text" value="<1"/>	<input type="text" value="<1"/>	<input type="text" value="<1"/>
- SSRC	<input type="text" value="<1"/>	<input type="text" value="<1"/>	<input type="text" value="<1"/>
Besmet gebied (# aansluitingen):	<input type="text" value="13,000"/>		
Corrigerende maatregelen:	(vul in J/N)	Datum maatregelen	
- spuien	<input type="text" value="N"/>	<input type="text"/>	
- chloor productiebedrijf	<input type="text" value="N"/>	<input type="text"/>	
- chloor distributiegebied	<input type="text" value="N"/>	<input type="text"/>	
- productiebedrijf uit	<input type="text" value="N"/>	<input type="text" value="Pompput uit bedrijf genomen"/>	
- isolatie distributiegebied	<input type="text" value="N"/>	<input type="text"/>	
- kookadvies	<input type="text" value="N"/>	<input type="text"/>	
Datum waterkwaliteit weer overal goed:	<input type="text" value="7-Aug-97"/>		
Oorzaak	<input type="text" value="Productiebedrijf"/>		
Onbekend, vermoedelijk of zeker?	<input type="text" value="zeker"/>		
Datum oorzaak	<input type="text"/>		
Beschrijving oorzaak	<input type="text" value="API: Citrobacter freundii"/> <input type="text" value="Oorzaak was een besmette pompput."/>		
Opmerkingen	<input type="text" value="Besmetting was zeer licht; daardoor zijn geen corrigerende maatregelen genomen. Bij detectie van de besmette pompput is deze direct uit bedrijf genomen.
Twee periferie punten, in de nabijheid van het pompstation, zijn ook licht besmet geweest met coli37."/>		



Neerslaghoogten en -volumestromen in KNMI-station(s) in de weken voor het incident
 *: 90-percentiel; ** 97,5-percentiel; *** 99,5-percentiel (1991 t/m 2000)
 (bron dagelijkse gegevens: www.knmi.nl/voorl/kd).

2 augustus 1996 bedrijf 8, niet-fecaal verontreinigingsincident, productiebedrijf

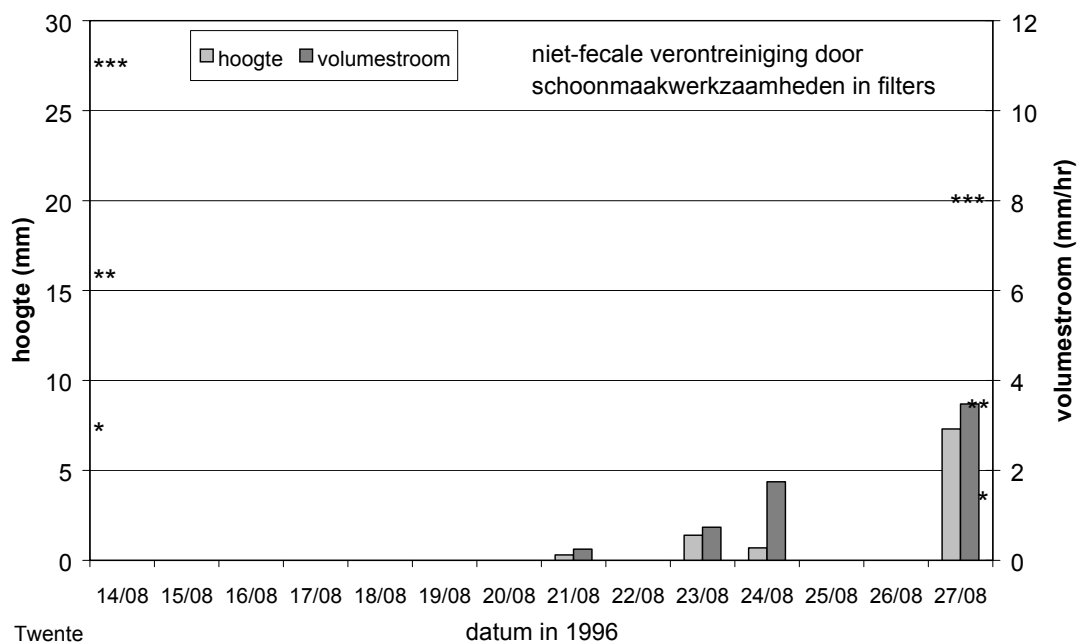
De oorzaak was een verontreiniging van een pompput. Categorie 2 stortbuilen op 23 en 24 juli zouden hierbij een rol gespeeld kunnen hebben.

Incident 3: 27 augustus 1996

Incidentenformulier

Dit formulier per incident invullen en opslaan onder een aparte naam, of uitdraaien en per incident invullen. Achter sommige vragen zit een pull-down menu waarmee u het antwoord kunt selecteren.

Naam waterleidingbedrijf:			
Naam productiebedrijf:			
Aantal aansluitingen in het voorzieningsgebied:	ongeveer 20.000		
Datum detectie incident:	27/Aug/96		
Detectielocatie:	(vul in J/N)		
- uitgaand water productiebedrijf	J		
- perceel distributiegebied	N		
- reservoir distributiegebied	N		
- na werkzaamheden (aanhoudend niet goedgekeurd)	N		
- anders, namelijk:			
Monstertype (periodiek/ad hoc):	periodiek		
Reden ad hoc monster:			
Gedetecteerd organisme:			
aantallen in monster (KVD per 100 ml) indien bekend	1e monster	2e monster	andere herhalingsmonsters
- coli37	aanwezig	aanwezig	aanwezig, daarna <1
- coli44	<1	<1	<1
- E.coli	<1	<1	<1
- FS	<1	<1	<1
- SSRC	<1	<1	<1
Besmet gebied (# aansluitingen):	niet aangetoond		
Corrigerende maatregelen:	(vul in J/N)	Datum maatregelen	
- spuien	N		
- chloor productiebedrijf	N		
- chloor distributiegebied	N		
- productiebedrijf uit	N		
- isolatie distributiegebied	N		
- kookadvies	N		
Datum waterkwaliteit weer overal goed:	11-Sep-96		
Oorzaak	Productiebedrijf		
Onbekend, vermoedelijk of zeker?	zeker		
Datum oorzaak			
Beschrijving oorzaak	API: Citrobacter freundii en Enterobacter aerogenes Er zijn schoonmaak werkzaamheden geweest aan de filters. Hierdoor is de besmetting ontstaan. De filters zijn intensief gespoeld. Een filter is op inwerken gezet.		
Opmerkingen			



Neerslaghoogten en -volumestromen in KNMI-station(s) in de weken voor het incident
 *: 90-percentiel; ** 97,5-percentiel; *** 99,5-percentiel (1991 t/m 2000)
 (bron dagelijkse gegevens: www.knmi.nl/voorl/kd).

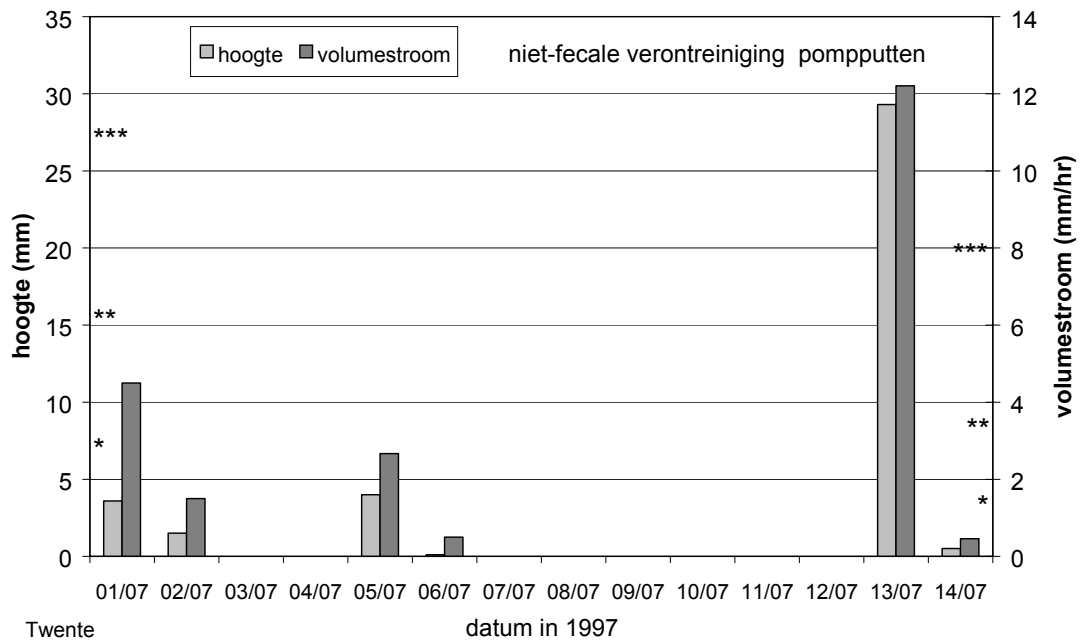
27 augustus 1996 bedrijf 8, niet-fecaal verontreinigingsincident, productiebedrijf
 De verontreiniging is veroorzaakt door werkzaamheden aan de filters. De cat. 1 (bijna cat. 2) stortbui op 27 augustus heeft hierbij waarschijnlijk geen directe rol (verontreiniging via lek) gespeeld, hoewel de omstandigheden rond de gebouwen (moddervorming) door de regen wel een rol gespeeld kunnen hebben bij de hygiëne tijdens de werkzaamheden.

Incident 4: 14 juli 1997

Incidentenformulier

Dit formulier per incident invullen en opslaan onder een aparte naam, of uitdraaien en per incident invullen. Achter sommige vragen zit een pull-down menu waarmee u het antwoord kunt selecteren.

Naam waterleidingbedrijf:	<input type="text"/>		
Naam productiebedrijf:	<input type="text"/>		
Aantal aansluitingen in het voorzieningsgebied:	ongeveer 5.000		
Datum detectie incident:	14/Jul/97		
Detectielocatie:	(vul in J/N)		
- uitgaand water productiebedrijf	J		
- perceel distributiegebied	N		
- reservoir distributiegebied	N		
- na werkzaamheden (aanhoudend niet goedgekeurd)	N		
- anders, namelijk:	<input type="text"/>		
Monstertype (periodiek/ad hoc):	periodiek		
Reden ad hoc monster:	<input type="text"/>		
Gedetecteerd organisme:			
aantallen in monster (KVD per 100 ml) indien bekend	1e monster	2e monster	andere herhalingsmonsters
- coli37	aanwezig		1 variërend tussen 1 en 4
- coli44	<1	<1	<1
- E.coli	<1	<1	<1
- FS	<1	<1	<1
- SSRC	<1	<1	<1
Besmet gebied (# aansluitingen):	niet aangetoond		
Corrigerende maatregelen:	(vul in J/N)	Datum maatregelen	
- spuien	N		
- chloor productiebedrijf	N		
- chloor distributiegebied	N		
- productiebedrijf uit	J	17-Jul-97	
- isolatie distributiegebied	N	en op 04-08-1997	
- kookadvies	N		
Datum waterkwaliteit weer overal goed:	5-Aug-97		
Oorzaak	Productiebedrijf		
Onbekend, vermoedelijk of zeker?	zeker		
Datum oorzaak	<input type="text"/>		
Beschrijving oorzaak	Besmette pompputten(2x) zijn uit bedrijf genomen voor de rest van het jaar. Pompstation is op 21 juli weer in bedrijf genomen nadat alle filters goed zijn gespoeld. Echter op op 24, 27 en 30 juli en 4 augustus wederom coli37. Pompstation is op 4 aug wederom uit bedrijf genomen.		
Opmerkingen	API: Klebsiella pneumoniae, Enterobacter amigenus en Citrobacter freundii		



Neerslaghoogten en -volumestromen in KNMI-station(s) in de weken voor het incident
 *: 90-percentiel; ** 97,5-percentiel; *** 99,5-percentiel (1991 t/m 2000)
 (bron dagelijkse gegevens: www.knmi.nl/voorl/kd).

14 juli 1997 bedrijf 8, niet-fecaal verontreinigingsincident, productiebedrijf

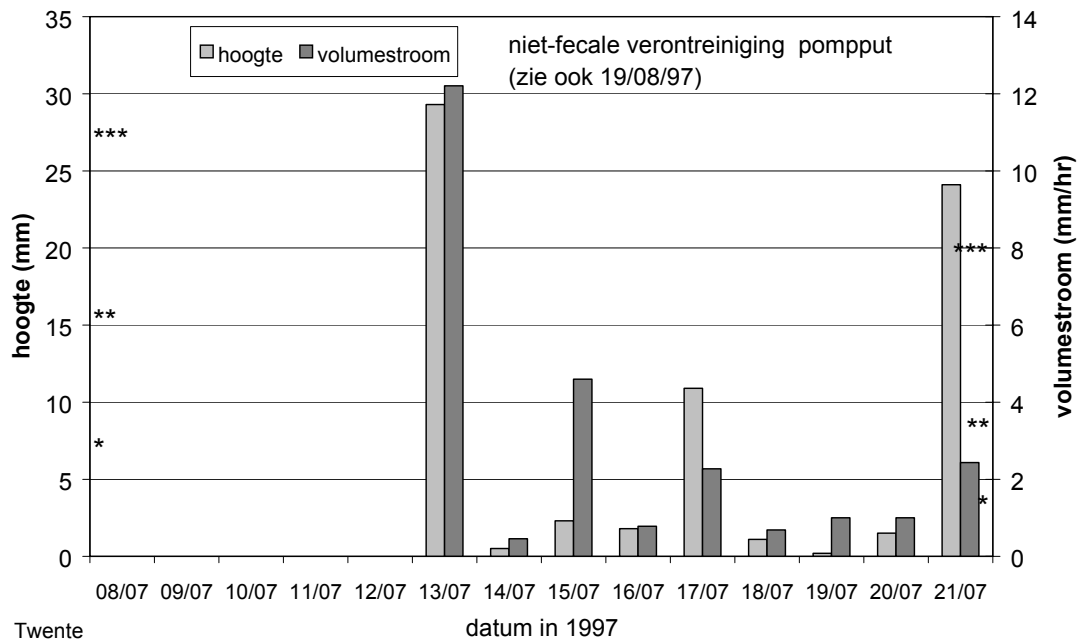
De oorzaak was een verontreiniging van 2 pompputten. Deze verontreiniging kan zeer goed verband houden met de categorie 3 stortbui(en) op 13 juli (ook neerslaghoogte cat. 3). Op 21 juli is het productiebedrijf weer in gebruik genomen, maar op die dag viel er een cat. 1 stortbui (neerslaghoogte bijna cat. 3). Op 24, 27 en 30 juli en wederom op 4 augustus werd weer coli37 aangetroffen. De zware cat. 3 stortbui op 28 juli, met een hogere volumestroom (20 mm/hr) en neerslaghoogte (30 mm) dan op 13 juli heeft hierbij waarschijnlijk een rol gespeeld (neerslaggegevens na 14 juli zijn niet in bijlage II weergegeven).

Incident 5: 21 juli 1997 (zelfde locatie als 19 augustus 1997)

Incidentenformulier

Dit formulier per incident invullen en opslaan onder een aparte naam, of uitdraaien en per incident invullen. Achter sommige vragen zit een pull-down menu waarmee u het antwoord kunt selecteren.

Naam waterleidingbedrijf:			
Naam productiebedrijf:			
Aantal aansluitingen in het voorzieningsgebied:	ongeveer 10.000		
Datum detectie incident:	21/Jul/97		
Detectielocatie:	(vul in J/N)		
- uitgaand water productiebedrijf	J		
- perceel distributiegebied	N		
- reservoir distributiegebied	J		
- na werkzaamheden (aanhoudend niet goedgekeurd)	N		
- anders, namelijk:			
Monstertype (periodiek/ad hoc):	periodiek		
Reden ad hoc monster:			
Gedetecteerd organisme:			
aantallen in monster (KVD per 100 ml) indien bekend	1e monster	2e monster	andere herhalingsmonsters
- coli37	aanwezig		2 1 daarna uit bedrijf
- coli44	<1	<1	<1
- E.coli	<1	<1	<1
- FS	<1	<1	<1
- SSRC	<1	<1	<1
Besmet gebied (# aansluitingen):	niet aangetoond		
Corrigerende maatregelen:	(vul in J/N)	Datum maatregelen	
- spuien	N		
- chloor productiebedrijf	N		
- chloor distributiegebied	N		
- productiebedrijf uit	J	25-Jul-97	
- isolatie distributiegebied	N		
- kookadvies	N		
Datum waterkwaliteit weer overal goed:	29-Jul-97		
Oorzaak	Productiebedrijf		
Onbekend, vermoedelijk of zeker?	zeker		
Datum oorzaak			
Beschrijving oorzaak	Besmette pompput op het pompstation. Deze pompput is de rest van het jaar buiten bedrijf geweest. Reservoir 1 en 2 R zijn verontreinigd met coli37 a.g.v. de besmetting. API: Citrobacter freundii		
Opmerkingen	Nadat de pompput uit bedrijf is genomen, zijn gedurende vier dagen intensief de voor- en nafiltsers gespoeld. Daarna is het pompstation weer in bedrijf genomen.		



Neerslaghoogten en -volumestromen in KNMI-station(s) in de weken voor het incident
 *: 90-percentiel; ** 97,5-percentiel; *** 99,5-percentiel (1991 t/m 2000)
 (bron dagelijkse gegevens: www.knmi.nl/voorl/kd).

21 juli 1997 bedrijf 8, niet-fecaal verontreinigingsincident, productiebedrijf

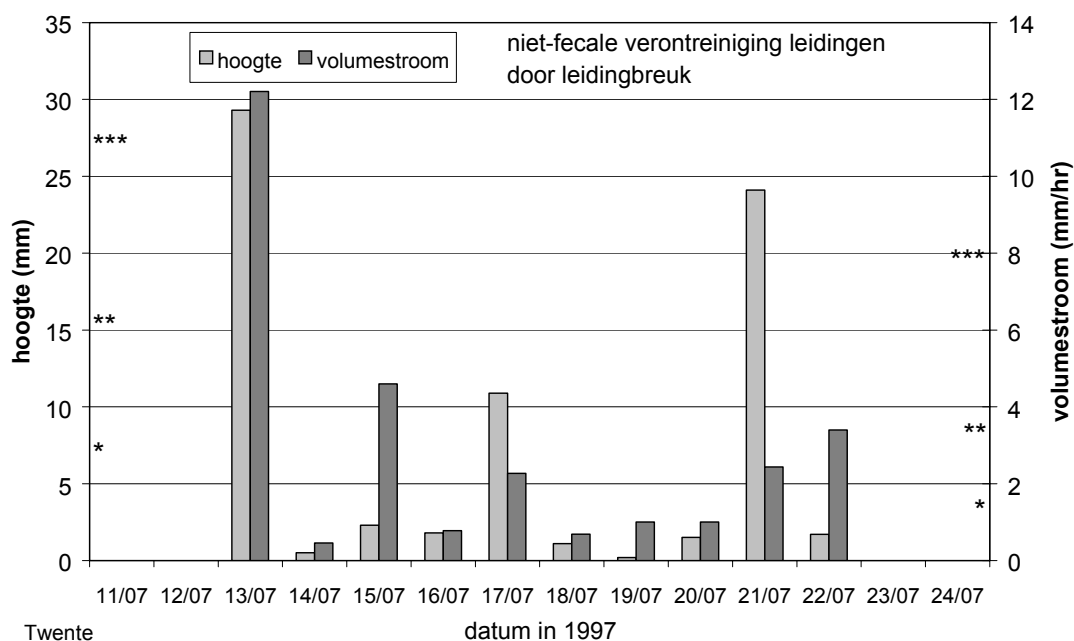
De oorzaak was een verontreiniging van een pompput. Dit houdt waarschijnlijk verband met de cat. 3 stortbui op 13 juli (ook neerslaghoogte cat. 3). Op 21 juli viel er een cat. 1 stortbui (neerslaghoogte bijna cat. 3).

Incident 6: 24 juli 1997

Incidentenformulier

Dit formulier per incident invullen en opslaan onder een aparte naam, of uitdraaien en per incident invullen. Achter sommige vragen zit een pull-down menu waarmee u het antwoord kunt selecteren.

Naam waterleidingbedrijf:			
Naam productiebedrijf:			
Aantal aansluitingen in het voorzieningsgebied:	ongeveer 10.000		
Datum detectie incident:	24/Jul/97		
Detectielocatie:	(vul in J/N)		
- uitgaand water productiebedrijf	N		
- perceel distributiegebied	N		
- reservoir distributiegebied	J		
- na werkzaamheden (aanhoudend niet goedgekeurd)	N		
- anders, namelijk:			
Monstertype (periodiek/ad hoc):	periodiek		
Reden ad hoc monster:			
Gedetecteerd organisme:			
aantallen in monster (KVD per 100 ml) indien bekend	1e monster	2e monster	andere herhalingsmonsters
- coli37	aanwezig		3 variërend tussen 1 en 7
- coli44	<1	<1	<1
- E.coli	<1	<1	<1
- FS	<1	<1	<1
- SSRC	<1	<1	<1
Besmet gebied (# aansluitingen):	ongeveer 8.000		
Corrigerende maatregelen:	(vul in J/N)	Datum maatregelen	
- spuien	N		
- chloor productiebedrijf	J	25-Aug-97	
- chloor distributiegebied	N		
- productiebedrijf uit	J	4-Sep-97	
- isolatie distributiegebied	N		
- kookadvies	N		
Datum waterkwaliteit weer overal goed:	9-Oct-97		
Oorzaak	Distributiegebied		
Onbekend, vermoedelijk of zeker?	zeker		
Datum oorzaak			
Beschrijving oorzaak	Van de vijf reservoirs zijn deze allemaal licht besmet geweest met coli37. De besmetting zat dan in res.1 dan weer in res. 2 etc. Door dit wisselend verloop heeft de besmetting lang geduurd. Uiteindelijk bleek de gietijzeren vulleiding gescheurd te zijn. De lichte chloordosering heeft niet veel effect gehad.		
Opmerkingen	Vanaf 4 september zijn de twee grote reservoirs uit bedrijf genomen voor schoonmaak werkzaamheden. Er zijn zelfs enige weken lang twee chloordoseringen operationeel geweest. Dosering 1 op pompstation en dosering 2 op reservoir.		



Neerslaghoogten en -volumestromen in KNMI-station(s) in de weken voor het incident
 *: 90-percentiel; ** 97,5-percentiel; *** 99,5-percentiel (1991 t/m 2000)
 (bron dagelijkse gegevens: www.knmi.nl/voorl/kd).

24 juli 1997 bedrijf 8, niet-fecaal verontreinigingsincident, distributiereservoir

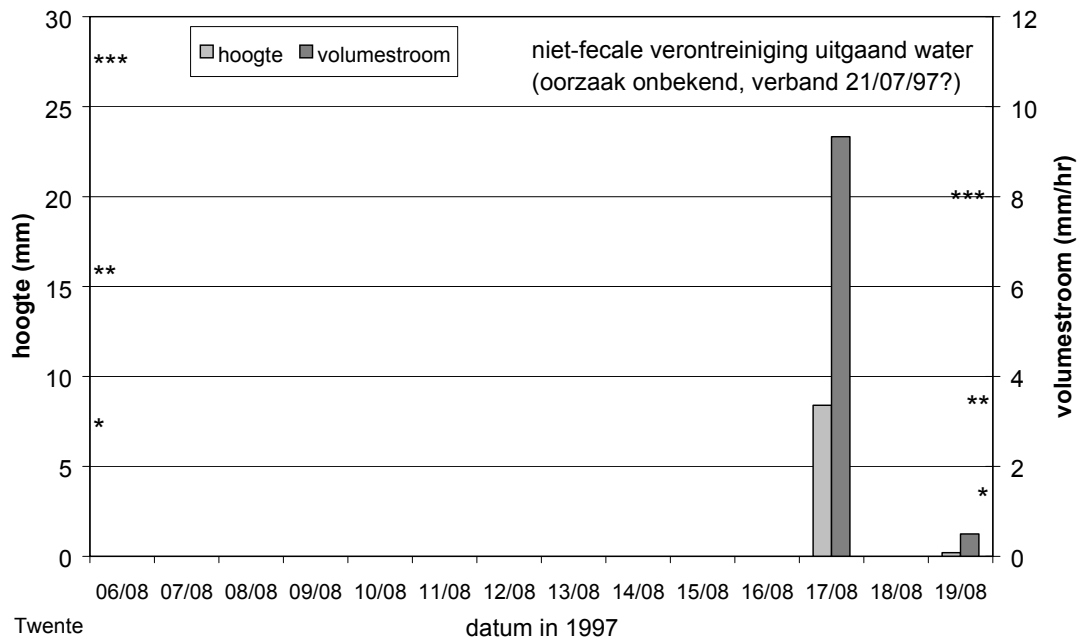
De oorzaak was een gescheurde vulleiding van de reservoirs. In de weken voorafgaand aan het incident viel ca. 3 maal zoveel neerslag als gemiddeld per 2 weken of per week, met een cat. 3 stortbui op 13 juli, een cat. 2 stortbui op 15 juli en enkele cat. 1 stortbuien daarna. Hierdoor heeft de (waarschijnlijk reeds aanwezig) scheur in de vulleiding waarschijnlijk pas op dat moment tot een verontreiniging geleid.

Incident 7: 19 augustus 1997 (zelfde locatie als 21 juli 1997)

Incidentenformulier

Dit formulier per incident invullen en opslaan onder een aparte naam, of uitdraaien en per incident invullen. Achter sommige vragen zit een pull-down menu waarmee u het antwoord kunt selecteren.

Naam waterleidingbedrijf:	<input type="text"/>
Naam productiebedrijf:	<input type="text"/>
Aantal aansluitingen in het voorzieningsgebied:	ongeveer 10.000
Datum detectie incident:	19/Aug/97
Detectielocatie:	(vul in J/N)
- uitgaand water productiebedrijf	<input type="text" value="N"/>
- perceel distributiegebied	<input type="text" value="N"/>
- reservoir distributiegebied	<input type="text" value="N"/>
- na werkzaamheden (aanhoudend niet goedgekeurd)	<input type="text" value="N"/>
- anders, namelijk:	<input type="text"/>
Monstertype (periodiek/ad hoc):	periodiek
Reden ad hoc monster:	<input type="text"/>
Gedetecteerd organisme:	
aantallen in monster (KVD per 100 ml) indien bekend	1e monster 2e monster andere herhalingsmonsters
- coli37	<input type="text" value="aanwezig"/> <input type="text" value="1"/> <input type="text" value="1"/>
- coli44	<input type="text" value="<1"/> <input type="text" value="<1"/> <input type="text" value="<1"/>
- E.coli	<input type="text" value="<1"/> <input type="text" value="<1"/> <input type="text" value="<1"/>
- FS	<input type="text" value="<1"/> <input type="text" value="<1"/> <input type="text" value="<1"/>
- SSRC	<input type="text" value="<1"/> <input type="text" value="<1"/> <input type="text" value="<1"/>
Besmet gebied (# aansluitingen):	niet aangetoond
Corrigerende maatregelen:	(vul in J/N) Datum maatregelen
- spuien	<input type="text" value="N"/> <input type="text"/>
- chloor productiebedrijf	<input type="text" value="N"/> <input type="text"/>
- chloor distributiegebied	<input type="text" value="N"/> <input type="text"/>
- productiebedrijf uit	<input type="text" value="N"/> <input type="text"/>
- isolatie distributiegebied	<input type="text" value="N"/> <input type="text"/>
- kookadvies	<input type="text" value="N"/> <input type="text"/>
Datum waterkwaliteit weer overal goed:	21-Aug-97
Oorzaak	Productiebedrijf
Onbekend, vermoedelijk of zeker?	onbekend
Datum oorzaak	<input type="text"/>
Beschrijving oorzaak	API: Citrobacter freundii
Opmerkingen	Mogelijk verband met de besmetting van een maand geleden??



Neerslaghoogten en -volumestromen in KNMI-station(s) in de weken voor het incident
 *: 90-percentiel; ** 97,5-percentiel; *** 99,5-percentiel (1991 t/m 2000)
 (bron dagelijkse gegevens: www.knmi.nl/voorl/kd).

19 augustus 1997 bedrijf 8, niet-fecaal mogelijk verontreinigingsincident, productiebedrijf

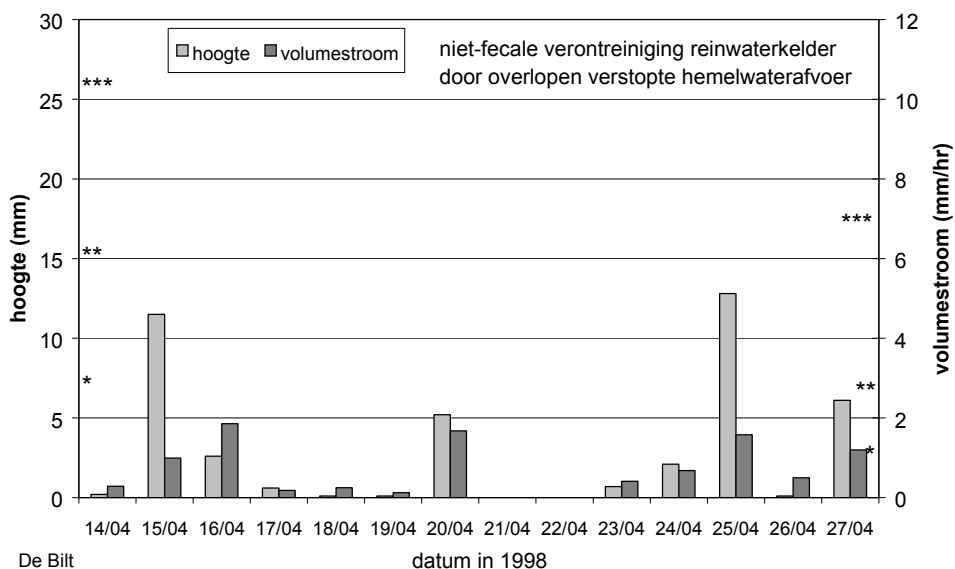
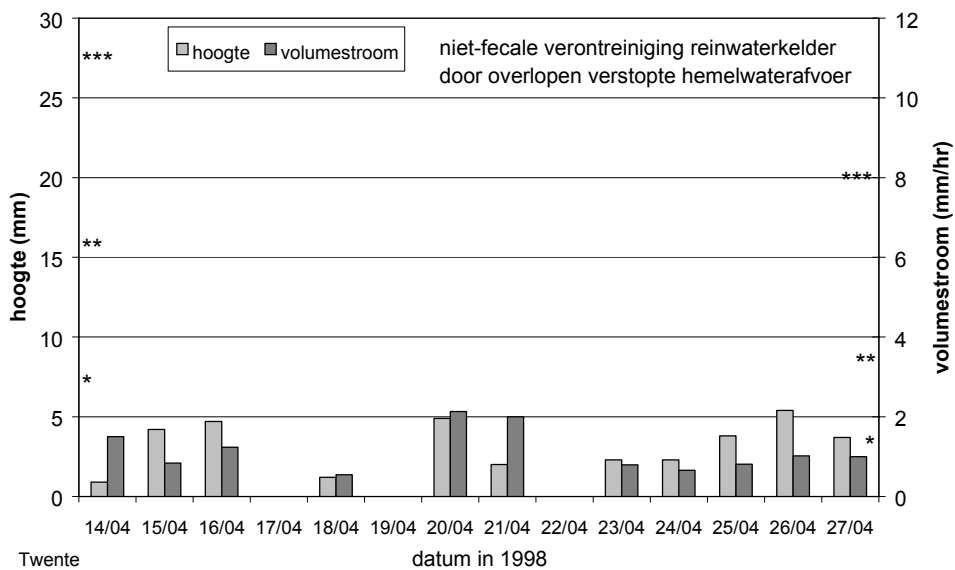
Het betrof het productiebedrijf waar een maand eerder, op 21 juli, door verontreiniging van een pompput coli37 is aangetroffen. Een verband met deze verontreiniging wordt door het bedrijf vermoed. Mogelijk betrof het weer een verontreiniging van deze pompput, gelet op de cat. 3 stortbui (neerslaghoogte bijna cat. 2) op 17 augustus. De verontreiniging van 21 juli had waarschijnlijk te maken met de cat. 3 stortbui op 13 juli en de cat. 1 stortbui (neerslaghoogte bijna cat. 3) op 21 juli.

Incident 8: 27 april 1998

Incidentenformulier

Dit formulier per incident invullen en opslaan onder een aparte naam, of uitdraaien en per incident invullen. Achter sommige vragen zit een pull-down menu waarmee u het antwoord kunt selecteren.

Naam waterleidingbedrijf:	<input type="text"/>	
Naam productiebedrijf:	<input type="text"/>	
Aantal aansluitingen in het voorzieningsgebied:	ongeveer 12.000	
Datum detectie incident:	27/Apr/98	
Detectielocatie:	(vul in J/N)	
- uitgaand water productiebedrijf	<input type="text" value="J"/>	
- perceel distributiegebied	<input type="text" value="N"/>	
- reservoir distributiegebied	<input type="text" value="N"/>	
- na werkzaamheden (aanhoudend niet goedgekeurd)	<input type="text" value="N"/>	
- anders, namelijk:	<input type="text"/>	
Monstertype (periodiek/ad hoc):	periodiek	
Reden ad hoc monster:	<input type="text"/>	
Gedetecteerd organisme:		
aantallen in monster (KVD per 100 ml) indien bekend	1e monster 2e monster andere herhalingsmonsters	
- coli37	aanwezig 5, 6, 2 daarna <1	
- coli44	<1 <1 <1	
- E.coli	<1 <1 <1	
- FS	<1 <1 <1	
- SSRC	<1 <1 <1	
Besmet gebied (# aansluitingen):	niet aangetoond	
Corrigerende maatregelen:	(vul in J/N) Datum maatregelen	
- spuien	<input type="text" value="N"/>	<input type="text"/>
- chloor productiebedrijf	<input type="text" value="N"/>	<input type="text"/>
- chloor distributiegebied	<input type="text" value="N"/>	<input type="text"/>
- productiebedrijf uit	<input type="text" value="N"/>	<input type="text"/>
- isolatie distributiegebied	<input type="text" value="N"/>	<input type="text"/>
- kookadvies	<input type="text" value="N"/>	<input type="text"/>
Datum waterkwaliteit weer overal goed:	5-May-98	
Oorzaak	Productiebedrijf	
Onbekend, vermoedelijk of zeker?	zeker	
Datum oorzaak	<input type="text"/>	
Beschrijving oorzaak	Een verstopte hemelwaterafvoer is overgelopen waardoor regenwater in de reinwaterkelder is gelopen. De beide helften van de reinwaterkelder zijn om beurten schoongemaakt. Na veel spoelen zijn de filters weer coli37 vrij	
Opmerkingen	API: Klebsiella pneumoniae en Citrobacter freundii	



Neerslaghoogten en -volumestromen in KNMI-station(s) in de weken voor het incident
 *: 90-percentiel; **: 97,5-percentiel; *** 99,5-percentiel (1991 t/m 2000)
 (bron dagelijkse gegevens: www.knmi.nl/voorl/kd).

27 april 1998, bedrijf 8, niet-fecaal mogelijk verontreinigingsincident, productiebedrijf

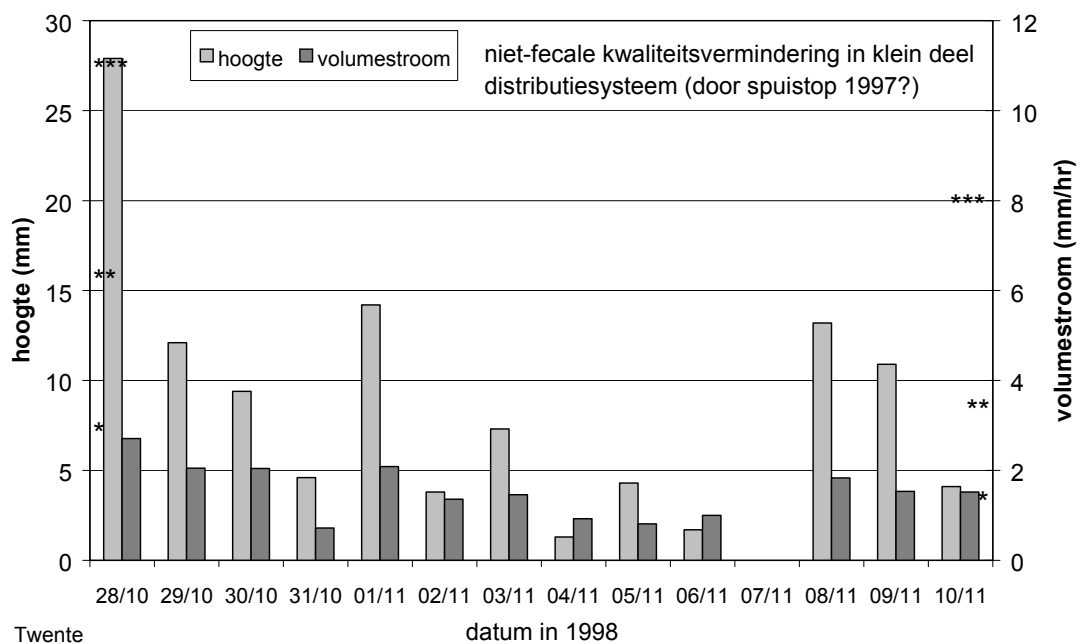
Regenwater is in de reinwaterkelder gelopen omdat een hemelwaterafvoer verstopt was. In het meest nabijgelegen KNMI-station (Twente) is in de weken voorafgaand aan het incident geen extreme neerslag gemeld (wel een gemiddelde neerslaghoogte in de 2 weken en de week voor 27 april). Ook in De Bilt is een gemiddelde neerslaghoogte in de 2 weken en de week voor 27 april gemeld, maar in dat station is op 25 april ook een cat. 1 bui geregistreerd (neerslaghoogte ook cat. 1). Buien kwamen dus voor in de periode voor 27 april. Hoewel de geregistreerde buit niet zeer extreem is, kan natuurlijk een verstopte afvoer ook bij gewone neerslag voldoende zijn om de vastgestelde verontreiniging met regenwater te veroorzaken.

Incident 9: 10 november 1998

Incidentenformulier

Dit formulier per incident invullen en opslaan onder een aparte naam, of uitdraaien en per incident invullen. Achter sommige vragen zit een pull-down menu waarmee u het antwoord kunt selecteren.

Naam waterleidingbedrijf:	<input type="text"/>
Naam productiebedrijf:	<input type="text"/>
Aantal aansluitingen in het voorzieningsgebied:	ongeveer 100
Datum detectie incident:	10/Nov/98
Detectielocatie:	(vul in J/N)
- uitgaand water productiebedrijf	<input type="text" value="N"/>
- perceel distributiegebied	<input type="text" value="J"/>
- reservoir distributiegebied	<input type="text" value="N"/>
- na werkzaamheden (aanhoudend niet goedgekeurd)	<input type="text" value="N"/>
- anders, namelijk:	<input type="text"/>
Monstertype (periodiek/ad hoc):	periodiek
Reden ad hoc monster:	<input type="text"/>
Gedetecteerd organisme:	
aantallen in monster (KVD per 100 ml) indien bekend	1e monster 2e monster andere herhalingsmonsters
- coli37	aanwezig 7 8, 16 daarna <1
- coli44	<1 <1 <1
- E.coli	<1 <1 <1
- FS	<1 <1 <1
- SSRC	<1 <1 <1
Besmet gebied (# aansluitingen):	100
Corrigerende maatregelen:	(vul in J/N) Datum maatregelen
- spuien	<input type="text" value="J"/> 13-Nov-98
- chloor productiebedrijf	<input type="text" value="N"/>
- chloor distributiegebied	<input type="text" value="N"/>
- productiebedrijf uit	<input type="text" value="N"/>
- isolatie distributiegebied	<input type="text" value="J"/> 13-Nov-98
- kookadvies	<input type="text" value="N"/>
Datum waterkwaliteit weer overal goed:	3-Dec-98
Oorzaak	Distributiegebied
Onbekend, vermoedelijk of zeker?	onbekend
Datum oorzaak	<input type="text"/>
Beschrijving oorzaak	Doordat lange tijd niet gespuid is in dit deel van E, de wijk G, is vermoedelijk nagroei opgetreden op dit eindpunt. De besmetting was behoorlijk hardnekkig om door middel van spuien dit op te lossen.
Opmerkingen	API: Hafnia alvei



Neerslaghoogten en -volumestromen in KNMI-station(s) in de weken voor het incident
 *: 90-percentiel; ** 97,5-percentiel; *** 99,5-percentiel (1991 t/m 2000)
 (bron dagelijkse gegevens: www.knmi.nl/voorl/kd).

10 november 1998 bedrijf 8, incident met niet-fecale kwaliteitsvermindering, distributieleiding

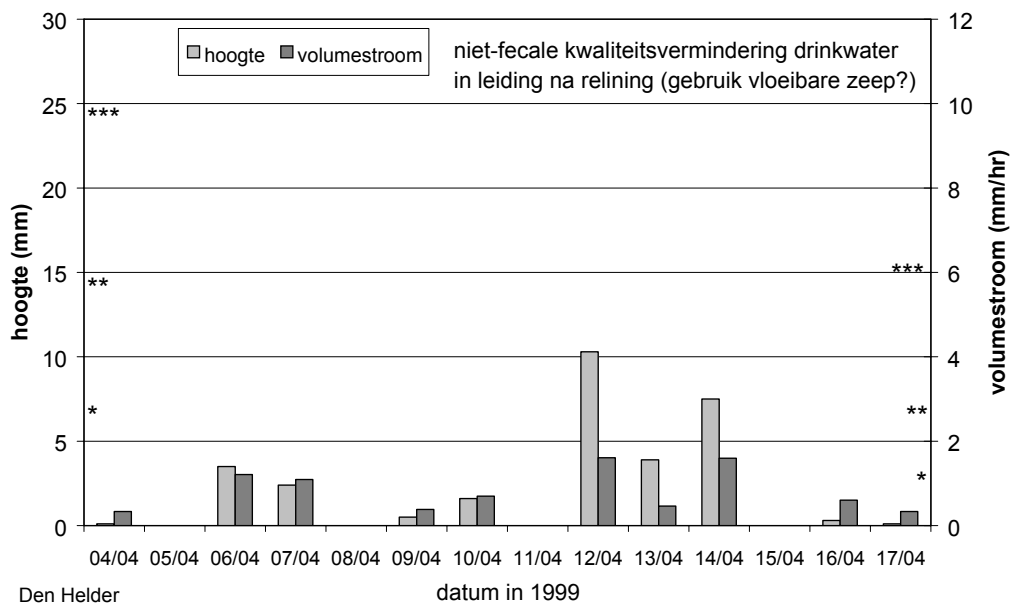
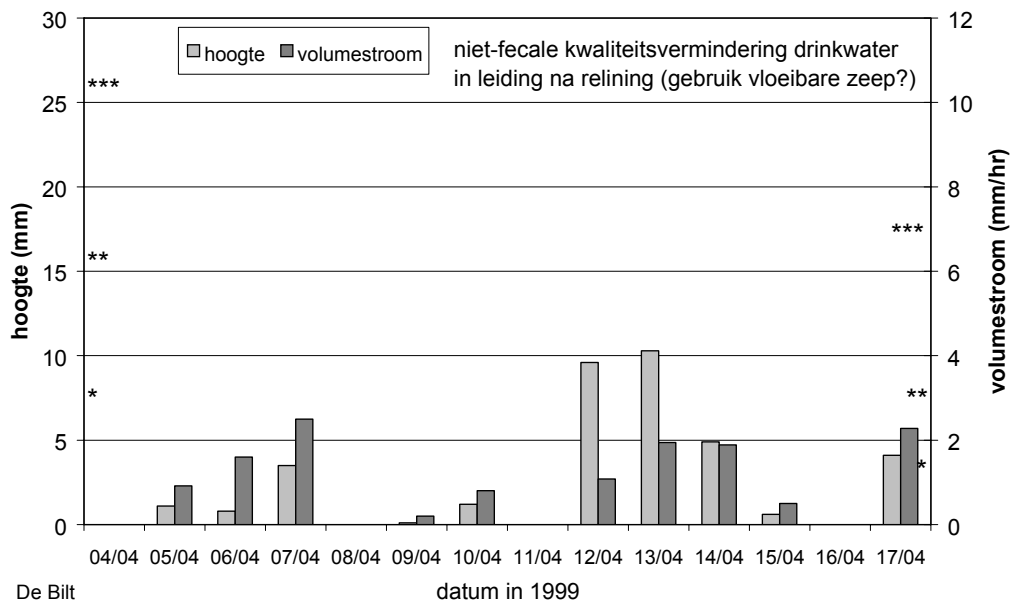
Het bedrijf vermoed nagroei van coli37 (API: *Hafnia alvei*) omdat sinds 1997 eindpunten niet meer gespuid worden binnen dit bedrijf. De hardnekkige kwaliteitsvermindering bleek echter door spuien moeilijk te verhelpen. Hoewel in de 2 weken ervoor ongeveer 2x zoveel regen was gevallen als gemiddeld, waaronder enkele cat. 1 buien, is het onwaarschijnlijk dat dit een rol heeft gespeeld.

Incident 10: 17 april 1999

Incidentenformulier

Dit formulier per incident invullen en opslaan onder een aparte naam, of uitdraaien en per incident invullen. Achter sommige vragen zit een pull-down menu waarmee u het antwoord kunt selecteren.

Naam waterleidingbedrijf:	<input type="text"/>
Naam productiebedrijf:	<input type="text"/>
Aantal aansluitingen in het voorzieningsgebied:	<input type="text"/>
Datum detectie incident:	<input type="text" value="17/Apr/99"/>
Detectielocatie:	(vul in J/N)
- uitgaand water productiebedrijf	<input type="text" value="N"/>
- perceel distributiegebied	<input type="text" value="N"/>
- reservoir distributiegebied	<input type="text" value="N"/>
- na werkzaamheden (aanhoudend niet goedgekeurd)	<input type="text" value="J"/>
- anders, namelijk:	<input type="text"/>
Monstertype (periodiek/ad hoc):	<input type="text" value="ad hoc"/>
Reden ad hoc monster:	<input type="text" value="monstertype na relining deel TL ps1+B51 -ps2"/>
Gedetecteerd organisme:	
aantallen in monster (KVD per 100 ml) indien bekend	1e monster 2e monster andere herhalingsmonsters
- coli37	<input type="text" value="33"/> <input type="text" value="2"/> <input type="text"/>
- coli44	<input type="text" value="0"/> <input type="text" value="0"/> <input type="text"/>
- E.coli	<input type="text" value="nb"/> <input type="text" value="nb"/> <input type="text"/>
- FS	<input type="text" value="nb"/> <input type="text" value="nb"/> <input type="text"/>
- SSRC	<input type="text" value="nb"/> <input type="text" value="nb"/> <input type="text"/>
Besmet gebied (# aansluitingen):	<input type="text" value="0"/>
Corrigerende maatregelen:	(vul in J/N) Datum maatregelen
- spuien	<input type="text" value="J"/> <input type="text" value="18-Apr-99"/>
- chloor productiebedrijf	<input type="text" value="N"/> <input type="text"/>
- chloor distributiegebied	<input type="text" value="N"/> <input type="text"/>
- productiebedrijf uit	<input type="text" value="N"/> <input type="text"/>
- isolatie distributiegebied	<input type="text" value="N"/> <input type="text"/>
- kookadvies	<input type="text" value="N"/> <input type="text"/>
Datum waterkwaliteit weer overal goed:	<input type="text" value="22-Apr-99"/>
Oorzaak	<input type="text"/>
Onbekend, vermoedelijk of zeker?	<input type="text" value="vermoedelijk"/>
Datum oorzaak	<input type="text" value="nvt"/>
Beschrijving oorzaak	<input type="text" value="mogelijk verhoogde kans op nagroei door toepassing vloeibaar zeep tijdens relining waardoor vermoedelijk in gehele buis zeep aanwezig is geweest"/>
Opmerkingen	<input type="text" value="toepassing zeep als mogelijke oorzaak staat ter discussie"/>



Neerslaghoogten en -volumestromen in KNMI-station(s) in de weken voor het incident
 *: 90-percentiel; ** 97,5-percentiel; *** 99,5-percentiel (1991 t/m 2000)
 (bron dagelijkse gegevens: www.knmi.nl/voorl/kd).

17 april 1999 bedrijf 5, incident met niet-fecale kwaliteitsvermindering, transportleiding

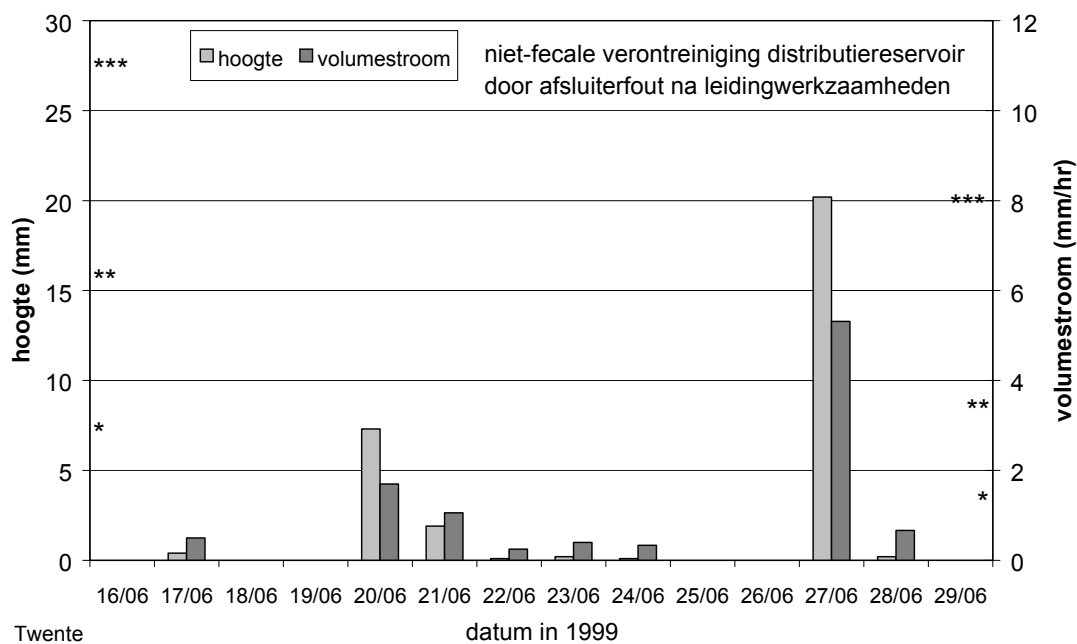
Na relining van de transportleiding werd aanhoudend coli37 aangetroffen. Hoewel de oorzaak hiervan ter discussie stond binnen het bedrijf, werd het gebruik van vloeibare zeep tijdens de werkzaamheden als mogelijke oorzaak van vermeerdering van coli37 in de leiding genoemd. Omdat de neerslaghoogte in de week voorafgaand aan de werkzaamheden wat hoger was dan gemiddeld en er op de dag zelf in het dichtstbijzijnde KNMI-station een bui (cat. 1) is vastgesteld, zou de hygiëne tijdens de werkzaamheden hierdoor, bijvoorbeeld door moddervorming, bemoeilijkt kunnen zijn.

Incident 11: 29 juni 1999

Incidentenformulier

Dit formulier per incident invullen en opslaan onder een aparte naam, of uitdraaien en per incident invullen. Achter sommige vragen zit een pull-down menu waarmee u het antwoord kunt selecteren.

Naam waterleidingbedrijf:			
Naam productiebedrijf:			
Aantal aansluitingen in het voorzieningsgebied:	ongeveer 4.000		
Datum detectie incident:	29/Jun/99		
Detectielocatie:	(vul in J/N)		
- uitgaand water productiebedrijf	N		
- perceel distributiegebied	N		
- reservoir distributiegebied	J		
- na werkzaamheden (aanhoudend niet goedgekeurd)	J		
- anders, namelijk:			
Monstertype (periodiek/ad hoc):	periodiek		
Reden ad hoc monster:			
Gedetecteerd organisme:			
aantallen in monster (KVD per 100 ml) indien bekend	1e monster	2e monster	andere herhalingsmonsters
- coli37	aanwezig		1 aanwezig daarna uit bedrijf genomen
- coli44	<1	<1	<1
- E.coli	<1	<1	<1
- FS	<1	<1	<1
- SSRC	<1	<1	<1
Besmet gebied (# aansluitingen):	niet aangetoond		
Corrigerende maatregelen:	(vul in J/N)	Datum maatregelen	
- spuien	N		
- chloor productiebedrijf	N		
- chloor distributiegebied	N		
- productiebedrijf uit	N	reservoir is uit bedrijf genomen	
- isolatie distributiegebied	J		
- kookadvies	N		
Datum waterkwaliteit weer overall goed:	13-Jul-99		
Oorzaak	Distributiegebied		
Onbekend, vermoedelijk of zeker?	zeker		
Datum oorzaak			
Beschrijving oorzaak	Oorzaak ligt in werkzaamheden aan het leidingnet vlakbij het reservoir. Door verkeerde afsluiters dicht te zetten/te openen is drinkwater dat met de reparatie in contact is geweest toch in het reservoir gekomen. Dit heeft de besmetting van het reservoir als gevolg gehad.		
Opmerkingen	API: Citrobacter freundii/youngae en Kluyvera species. De berging is 2.000 m3.		



Neerslaghoogten en -volumestromen in KNMI-station(s) in de weken voor het incident
 *: 90-percentiel; ** 97,5-percentiel; *** 99,5-percentiel (1991 t/m 2000)
 (bron dagelijkse gegevens: www.knmi.nl/voorl/kd).

29 juni 1999, bedrijf 8, niet-fecaal verontreinigingsincident, leidingnet

Een distributiereservoir is verontreinigd omdat na werkzaamheden in het leidingnet verkeerde afsluiters zijn bediend, is verontreinigd water uit de gerepareerde leidingen in het reservoir gekomen. Omdat het iets meer dan gemiddeld geregend had in de week voor het incident, voornamelijk door een cat. 2 stortbui op 27 juni (een dag voor de werkzaamheden), was de werkplek waarschijnlijk erg nat. Dit heeft de hygiëne tijdens de werkzaamheden mogelijk bemoeilijkt en indirect bijgedragen aan de verontreiniging.

Incident 12: 22 juli 1999

Incidentenformulier

Dit formulier per incident invullen en opslaan onder een aparte naam, of uitdraaien en per incident invullen. Achter sommige vragen zit een pull-down menu waarmee u het antwoord kunt selecteren.

Naam waterleidingbedrijf:
Naam productiebedrijf:
Aantal aansluitingen in het voorzieningsgebied:

Datum detectie incident:

Detectielocatie: (vul in J/N)
- uitgaand water productiebedrijf:
- perceel distributiegebied:
- reservoir distributiegebied:
- na werkzaamheden (aanhoudend niet goedgekeurd):
- anders, namelijk:

Monstertype (periodiek/ad hoc):

Reden ad hoc monster:

Gedetecteerd organisme:
aantallen in monster (KVD per 100 ml) indien bekend

	1e monster	2e monster	andere herhalingsmonsters
- coli37	<input type="text" value="aanwezig"/>	<input type="text"/>	<input type="text" value="1 <1"/>
- coli44	<input type="text" value="<1"/>	<input type="text" value="<1"/>	<input type="text" value="<1"/>
- E.coli	<input type="text" value="<1"/>	<input type="text" value="<1"/>	<input type="text" value="<1"/>
- FS	<input type="text" value="<1"/>	<input type="text" value="<1"/>	<input type="text" value="<1"/>
- SSRC	<input type="text" value="<1"/>	<input type="text" value="<1"/>	<input type="text" value="<1"/>

Besmet gebied (# aansluitingen):

Corrigerende maatregelen: (vul in J/N) Datum maatregelen

	(vul in J/N)	Datum maatregelen
- spuien	<input type="text" value="N"/>	<input type="text"/>
- chloor productiebedrijf	<input type="text" value="N"/>	<input type="text"/>
- chloor distributiegebied	<input type="text" value="N"/>	<input type="text"/>
- productiebedrijf uit	<input type="text" value="N"/>	<input type="text"/>
- isolatie distributiegebied	<input type="text" value="N"/>	<input type="text"/>
- kookadvies	<input type="text"/>	<input type="text"/>

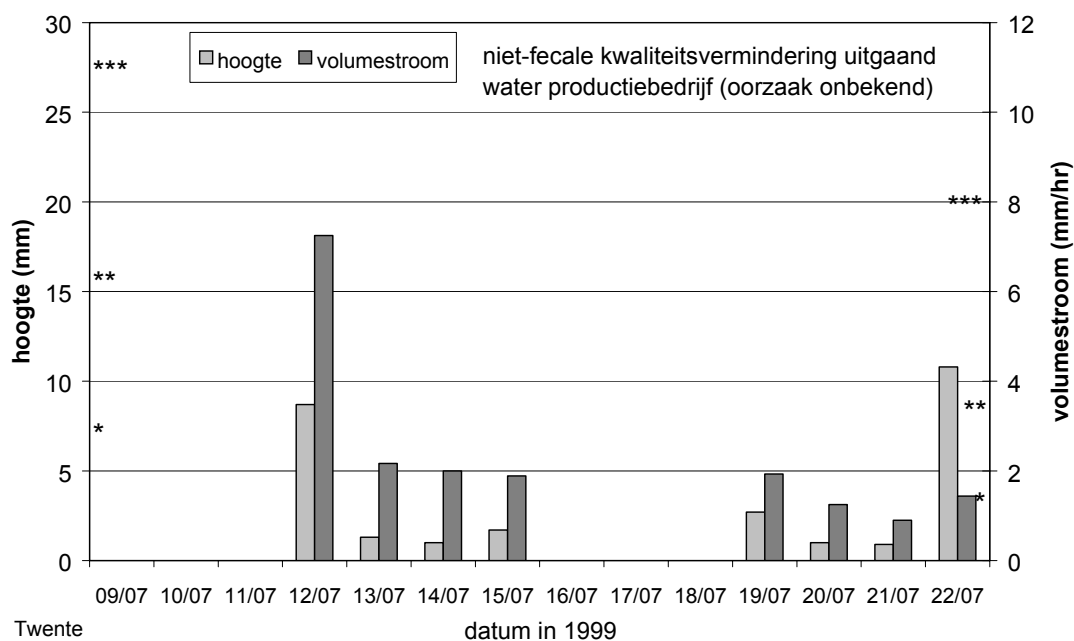
Datum waterkwaliteit weer overal goed:

Oorzaak
Onbekend, vermoedelijk of zeker?

Datum oorzaak

Beschrijving oorzaak

Opmerkingen



Neerslaghoogten en -volumestromen in KNMI-station(s) in de weken voor het incident
 *: 90-percentiel; ** 97,5-percentiel; *** 99,5-percentiel (1991 t/m 2000)
 (bron dagelijkse gegevens: www.knmi.nl/voorl/kd).

22 juli 1999 bedrijf 8, incident met niet-fecale kwaliteitsvermindering, productiebedrijf

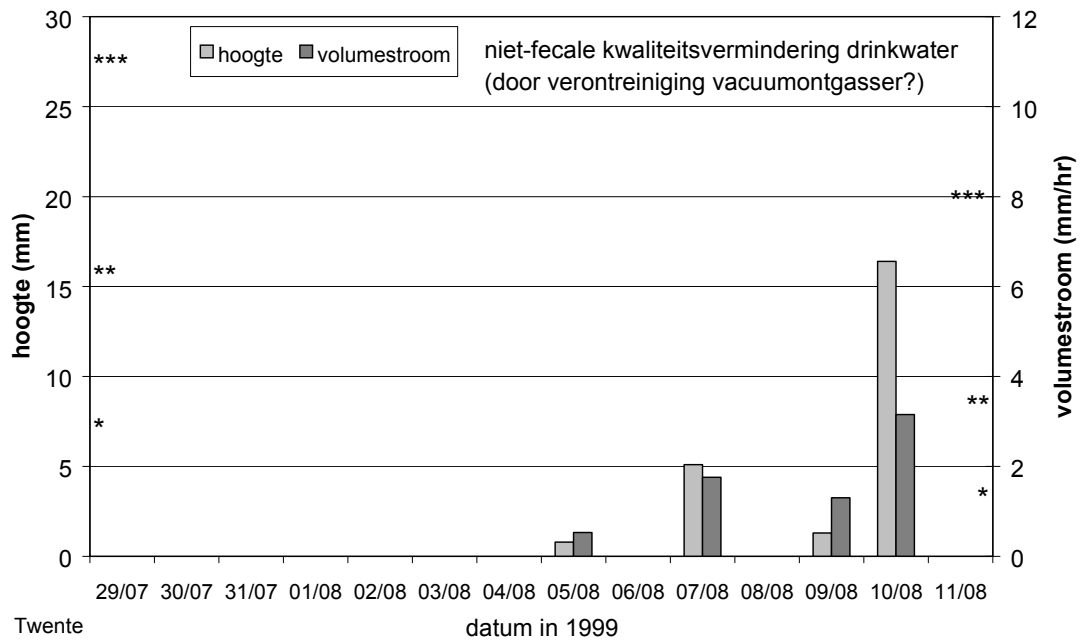
De oorzaak van de niet-fecale kwaliteitsvermindering van het uitgaande water was niet bekend. Mogelijk heeft de cat. 2 (bijna cat. 3) stortbui op 12 juli een rol gespeeld.

Incident 13: 11 augustus 1999

Incidentenformulier

Dit formulier per incident invullen en opslaan onder een aparte naam, of uitdraaien en per incident invullen. Achter sommige vragen zit een pull-down menu waarmee u het antwoord kunt selecteren.

Naam waterleidingbedrijf:	<input type="text"/>		
Naam productiebedrijf:	<input type="text"/>		
Aantal aansluitingen in het voorzieningsgebied:	<input type="text" value="ongeveer 4.800"/>		
Datum detectie incident:	<input type="text" value="11/Aug/99"/>		
Detectielocatie:	(vul in J/N)		
- uitgaand water productiebedrijf	<input type="text" value="J"/>		
- perceel distributiegebied	<input type="text" value="N"/>		
- reservoir distributiegebied	<input type="text" value="N"/>		
- na werkzaamheden (aanhoudend niet goedgekeurd)	<input type="text" value="N"/>		
- anders, namelijk:	<input type="text"/>		
Monstertype (periodiek/ad hoc):	<input type="text" value="periodiek"/>		
Reden ad hoc monster:	<input type="text"/>		
Gedetecteerd organisme:			
aantallen in monster (KVD per 100 ml) indien bekend	1e monster 2e monster andere herhalingsmonsters		
- coli37	<input type="text" value="aanwezig"/>	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="2 daarna <1"/>
- coli44	<input type="text" value="<1"/>	<input type="text" value="<1"/>	<input type="text" value="<1"/>
- E.coli	<input type="text" value="<1"/>	<input type="text" value="<1"/>	<input type="text" value="<1"/>
- FS	<input type="text" value="<1"/>	<input type="text" value="<1"/>	<input type="text" value="<1"/>
- SSRC	<input type="text" value="<1"/>	<input type="text" value="<1"/>	<input type="text" value="<1"/>
Besmet gebied (# aansluitingen):	<input type="text" value="niet aangetoond"/>		
Corrigerende maatregelen:	(vul in J/N)	Datum maatregelen	
- spuien	<input type="text" value="N"/>	<input type="text"/>	
- chloor productiebedrijf	<input type="text" value="N"/>	UV-desinfectie toegepast per 27-08-1999	
- chloor distributiegebied	<input type="text" value="N"/>	<input type="text"/>	
- productiebedrijf uit	<input type="text" value="N"/>	<input type="text"/>	
- isolatie distributiegebied	<input type="text" value="N"/>	<input type="text"/>	
- kookadvies	<input type="text" value="N"/>	<input type="text"/>	
Datum waterkwaliteit weer overal goed:	<input type="text" value="27-Aug-99"/>		
Oorzaak	<input type="text" value="Productiebedrijf"/>		
Onbekend, vermoedelijk of zeker?	<input type="text" value="onbekend"/>		
Datum oorzaak	<input type="text"/>		
Beschrijving oorzaak	Het inbouwen van UV-desinfectie apparatuur is, ondanks de enorme druk van IMH, goed en snel verlopen. Twee voorfilters zijn besmet geraakt. De oorzaak ligt waarschijnlijk in vervuiling van de vacuümontgasser van deze ruwwaterstreng.		
Opmerkingen	<input type="text" value="API: Citrobacter freundii"/>		



Neerslaghoogten en -volumestromen in KNMI-station(s) in de weken voor het incident
 *: 90-percentiel; ** 97,5-percentiel; *** 99,5-percentiel (1991 t/m 2000)
 (bron dagelijkse gegevens: www.knmi.nl/voorl/kd).

11 augustus 1999 bedrijf 8, niet-fecaal mogelijk verontreinigingsincident, productiebedrijf

De oorzaak van de niet-fecale kwaliteitsvermindering was waarschijnlijk een verontreiniging van twee voorfilters, waarschijnlijk door de vacuümontgasser die het ruwwater in deze behandelingsstraat ontgast. De cat. 1 bui (bijna 2, neerslaghoogte cat. 2) op 10 augustus heeft bij de mogelijke verontreiniging van de vacuümontgasser mogelijk een rol gespeeld.

Incident 14: 31 augustus 1999

Incidentenformulier

Dit formulier per incident invullen en opslaan onder een aparte naam, of uitdraaien en per incident invullen. Achter sommige vragen zit een pull-down menu waarmee u het antwoord kunt selecteren.

Naam waterleidingbedrijf:
Naam productiebedrijf:
Aantal aansluitingen in het voorzieningsgebied:

Datum detectie incident:

Detectielocatie: (vul in J/N)
- uitgaand water productiebedrijf
- perceel distributiegebied
- reservoir distributiegebied
- na werkzaamheden (aanhoudend niet goedgekeurd)
- anders, namelijk:

Monstertype (periodiek/ad hoc):

Reden ad hoc monster:

Gedetecteerd organisme:
aantallen in monster (KVD per 100 ml) indien bekend

	1e monster	2e monster	andere herhalingsmonsters
- coli37	aanwezig		9 na spuien <1
- coli44	<1	<1	<1
- E.coli	<1	<1	<1
- FS	<1	<1	<1
- SSRC	<1	<1	<1

Besmet gebied (# aansluitingen):

Corrigerende maatregelen: (vul in J/N) Datum maatregelen

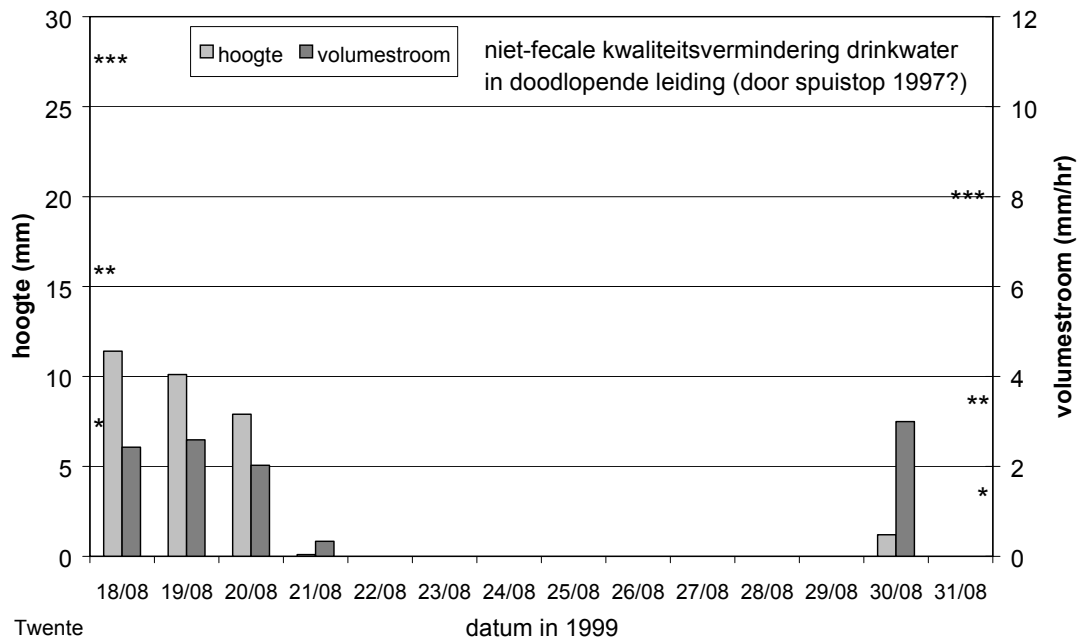
	Datum maatregelen
- spuien	5-Sep-99
- chloor productiebedrijf	
- chloor distributiegebied	
- productiebedrijf uit	
- isolatie distributiegebied	
- kookadvies	

Datum waterkwaliteit weer overal goed:

Oorzaak
Onbekend, vermoedelijk of zeker?

Datum oorzaak
Beschrijving oorzaak

Opmerkingen



Neerslaghoogten en -volumestromen in KNMI-station(s) in de weken voor het incident
 *: 90-percentiel; ** 97,5-percentiel; *** 99,5-percentiel (1991 t/m 2000)
 (bron dagelijkse gegevens: www.knmi.nl/voorl/kd).

31 augustus 1999 bedrijf 8, incident met niet-fecale kwaliteitsvermindering, distributieleiding

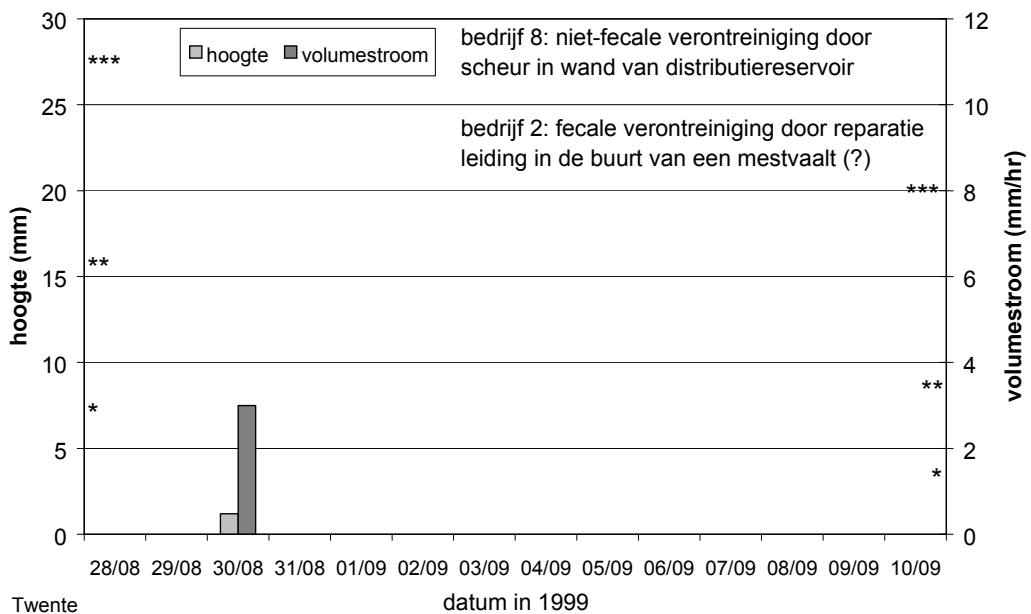
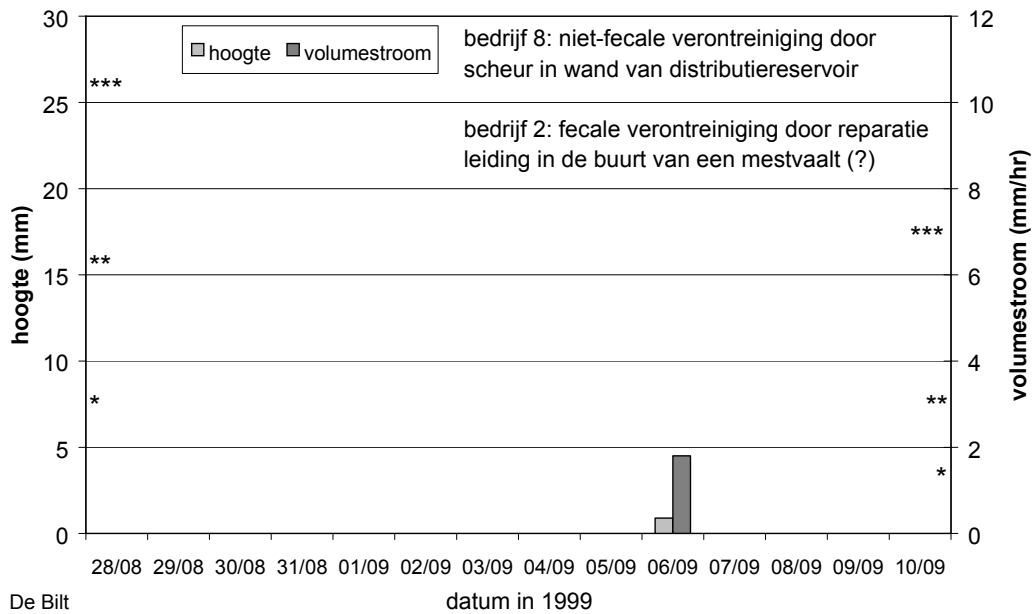
Het bedrijf vermoed nagroei van coli37 (API: *Citrobacter freundii*) omdat sinds 1997 eindpunten niet meer gespuid worden binnen dit bedrijf. Spuien van de eindpunten leverde al snel resultaat op. Ook gelet op de beperkte neerslag in de week ervoor (wel enkele dagen met cat. 1 buien van 8 à 11 mm van 18 tot 20 augustus en een cat 1. bui van ca. 1 mm op 30 augustus) is een invloed van extreme neerslagomstandigheden onwaarschijnlijk.

Incident 15: 10 september 1999

Incidentenformulier

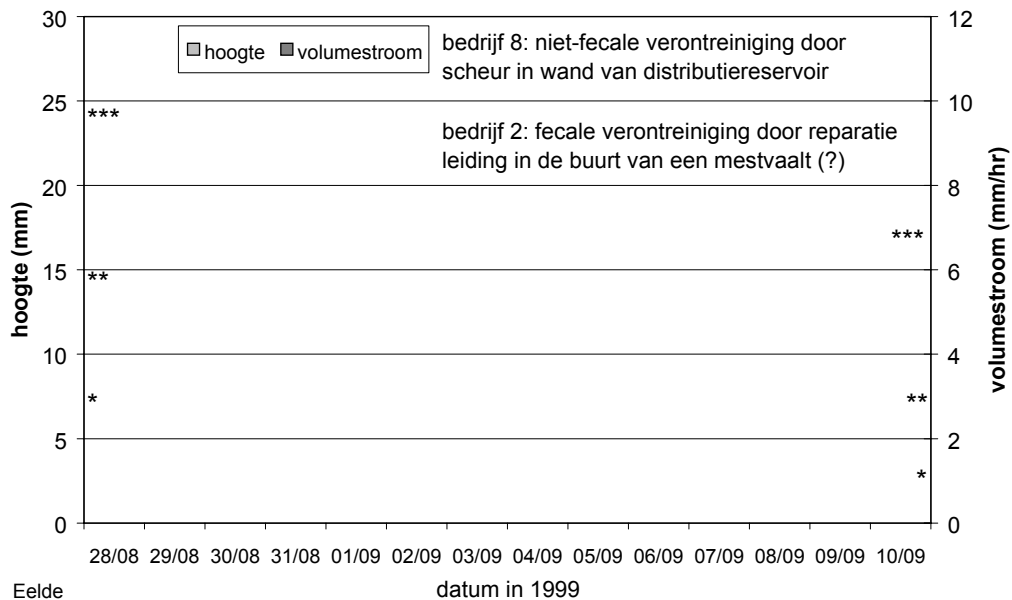
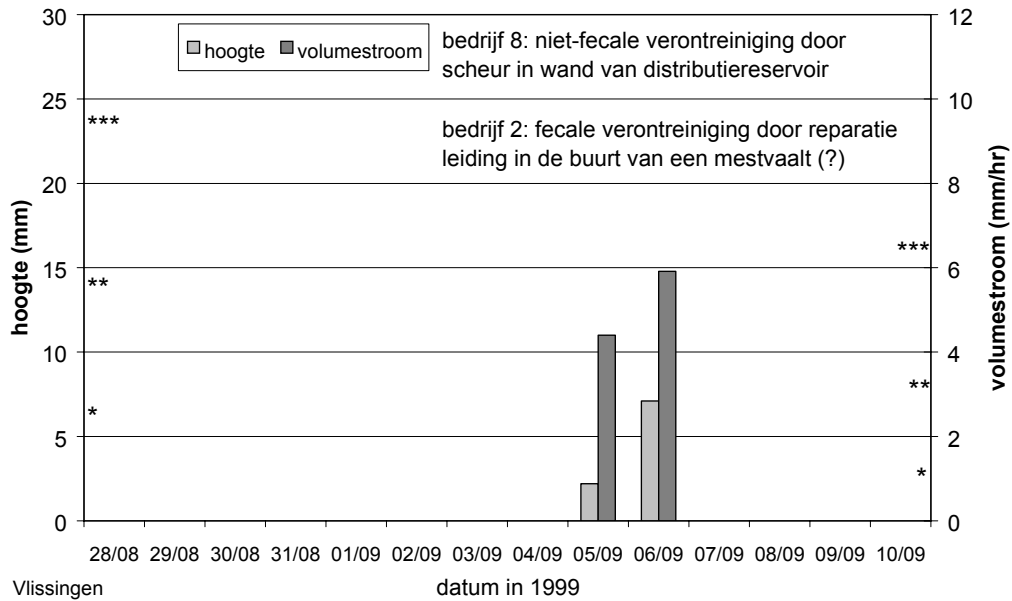
Dit formulier per incident invullen en opslaan onder een aparte naam, of uitdraaien en per incident invullen. Achter sommige vragen zit een pull-down menu waarmee u het antwoord kunt selecteren.

Naam waterleidingbedrijf:	<input type="text"/>		
Naam productiebedrijf:	<input type="text"/>		
Aantal aansluitingen in het voorzieningsgebied:	<input type="text" value="ongeveer 3.000"/>		
Datum detectie incident:	<input type="text" value="10/Sep/99"/>		
Detectielocatie:	(vul in J/N)		
- uitgaand water productiebedrijf	<input type="text" value="N"/>		
- perceel distributiegebied	<input type="text" value="N"/>		
- reservoir distributiegebied	<input type="text" value="J"/>		
- na werkzaamheden (aanhoudend niet goedgekeurd)	<input type="text" value="N"/>		
- anders, namelijk:	<input type="text"/>		
Monstertype (periodiek/ad hoc):	<input type="text" value="periodiek"/>		
Reden ad hoc monster:	<input type="text"/>		
Gedetecteerd organisme:			
aantallen in monster (KVD per 100 ml) indien bekend	1e monster 2e monster andere herhalingsmonsters		
- coli37	<input type="text" value="aanwezig"/>	<input type="text"/>	<input type="text" value="1 uit bedrijf genomen"/>
- coli44	<input type="text" value="<1"/>	<input type="text" value="<1"/>	<input type="text" value="<1"/>
- E.coli	<input type="text" value="<1"/>	<input type="text" value="<1"/>	<input type="text" value="<1"/>
- FS	<input type="text" value="<1"/>	<input type="text" value="<1"/>	<input type="text" value="<1"/>
- SSRC	<input type="text" value="<1"/>	<input type="text" value="<1"/>	<input type="text" value="<1"/>
Besmet gebied (# aansluitingen):	<input type="text" value="niet aangetoond"/>		
Corrigerende maatregelen:	(vul in J/N)	Datum maatregelen	
- spuien	<input type="text" value="N"/>	<input type="text"/>	
- chloor productiebedrijf	<input type="text" value="N"/>	<input type="text"/>	
- chloor distributiegebied	<input type="text" value="N"/>	<input type="text"/>	
- productiebedrijf uit	<input type="text" value="N"/>	<input type="text" value="reservoir uit bedrijf op 15-09-1999"/>	
- isolatie distributiegebied	<input type="text" value="N"/>	<input type="text"/>	
- kookadvies	<input type="text" value="N"/>	<input type="text"/>	
Datum waterkwaliteit weer overal goed:	<input type="text" value="16-Sep-99"/>		
Oorzaak	<input type="text" value="Distributiegebied"/>		
Onbekend, vermoedelijk of zeker?	<input type="text" value="zeker"/>		
Datum oorzaak	<input type="text"/>		
Beschrijving oorzaak	<input type="text" value="Grote scheur in de wand van het reservoir, dus lekkage van regenwater. Reservoir is uit bedrijf genomen om daarna te worden gerepareerd. Diverse bouwkundige aanpassingen zijn uitgevoerd. De berging is 600 m3."/>		
Opmerkingen	<input type="text" value="API: Citrobacter youngae"/>		



Neerslaghoogten en -volumestromen in KNMI-station(s) in de weken voor het incident
 *: 90-percentiel; ** 97,5-percentiel; *** 99,5-percentiel (1991 t/m 2000)
 (bron dagelijkse gegevens: www.knmi.nl/voorl/kd).

Zie volgende bladzijde voor meer grafieken en de evaluatie



Neerslaghoogten en -volumestromen in KNMI-station(s) in de weken voor het incident
 *: 90-percentiel; ** 97,5-percentiel; *** 99,5-percentiel (1991 t/m 2000)
 (bron dagelijkse gegevens: www.knmi.nl/voorl/kd).

10 september 1999 bedrijf 8, niet-fecaal verontreinigingsincident, distributiereservoir

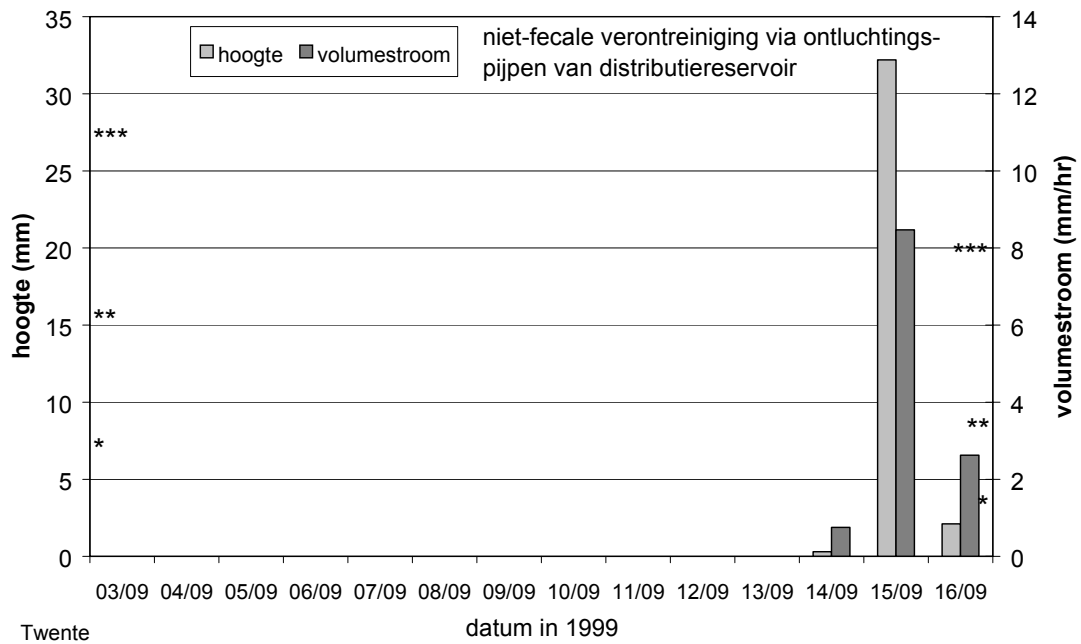
Volgens het bedrijf is de oorzaak het binnendringen van regenwater via een grote scheur in de wand van het reservoir. In het dichtstbijzijnde KNMI-station De Bilt is op 6 september een cat. 1 bui van 1,2 mm geregistreerd. In het station in Vlissingen zijn echter op 5 en 6 september cat. 2 (op 6 september bijna cat. 3) met een totale neerslaghoogte van ca. 10 mm (op 6 september ca. 7 mm) geregistreerd. De invloed van *extreme* neerslag is dus weliswaar niet uitgesloten, maar desondanks niet waarschijnlijk. Waarschijnlijk is de verontreiniging door gewone neerslag (of grondwater?) veroorzaakt, vrij kort na het ontstaan van de grote scheur.

Incident 16: 16 september 1999

Incidentenformulier

Dit formulier per incident invullen en opslaan onder een aparte naam, of uitdraaien en per incident invullen. Achter sommige vragen zit een pull-down menu waarmee u het antwoord kunt selecteren.

Naam waterleidingbedrijf:	<input type="text"/>		
Naam productiebedrijf:	<input type="text"/>		
Aantal aansluitingen in het voorzieningsgebied:	<input type="text" value="ongeveer 10.000"/>		
Datum detectie incident:	<input type="text" value="16/Sep/99"/>		
Detectielocatie:	(vul in J/N)		
- uitgaand water productiebedrijf	<input type="text" value="N"/>		
- perceel distributiegebied	<input type="text" value="N"/>		
- reservoir distributiegebied	<input type="text" value="J"/>		
- na werkzaamheden (aanhoudend niet goedgekeurd)	<input type="text" value="N"/>		
- anders, namelijk:	<input type="text"/>		
Monstertype (periodiek/ad hoc):	<input type="text" value="periodiek"/>		
Reden ad hoc monster:	<input type="text"/>		
Gedetecteerd organisme:			
aantallen in monster (KVD per 100 ml) indien bekend	1e monster	2e monster	andere herhalingsmonsters
- coli37	<input type="text" value="aanwezig"/>	<input type="text"/>	<input type="text" value="1"/> variërend tussen 1 en 50
- coli44	<input type="text" value="aanwezig"/>	<input type="text" value="<1"/>	<input type="text" value="<1"/>
- E.coli	<input type="text" value="<1"/>	<input type="text" value="<1"/>	<input type="text" value="<1"/>
- FS	<input type="text" value="<1"/>	<input type="text" value="<1"/>	<input type="text" value="<1"/>
- SSRC	<input type="text" value="<1"/>	<input type="text" value="<1"/>	<input type="text" value="<1"/>
Besmet gebied (# aansluitingen):	<input type="text" value="niet aangetoond"/>		
Corrigerende maatregelen:	(vul in J/N)	Datum maatregelen	
- spuien	<input type="text" value="N"/>	<input type="text"/>	
- chloor productiebedrijf	<input type="text" value="N"/>	<input type="text"/>	
- chloor distributiegebied	<input type="text" value="N"/>	<input type="text"/>	
- productiebedrijf uit	<input type="text" value="J"/>	<input type="text" value="Reservoir uit bedrijf op 28-09-1999"/>	
- isolatie distributiegebied	<input type="text" value="N"/>	<input type="text"/>	
- kookadvies	<input type="text" value="N"/>	<input type="text"/>	
Datum waterkwaliteit weer overal goed:	<input type="text" value="28-Sep-99"/>		
Oorzaak	<input type="text" value="Distributiegebied"/>		
Onbekend, vermoedelijk of zeker?	<input type="text" value="zeker"/>		
Datum oorzaak	<input type="text"/>		
Beschrijving oorzaak	<input type="text" value="De reservoirs bestaan uit een watertoren en twee kleine en twee grote reservoirs. De grote reservoirs zijn uit bedrijf genomen wegens besmetting van regenwater via de ontluichtingspijpen op de grote reservoirs. Deze zijn nu vervangen."/>		
Opmerkingen	<input type="text" value="API: Citrobacter species en Enterobacter species"/>		



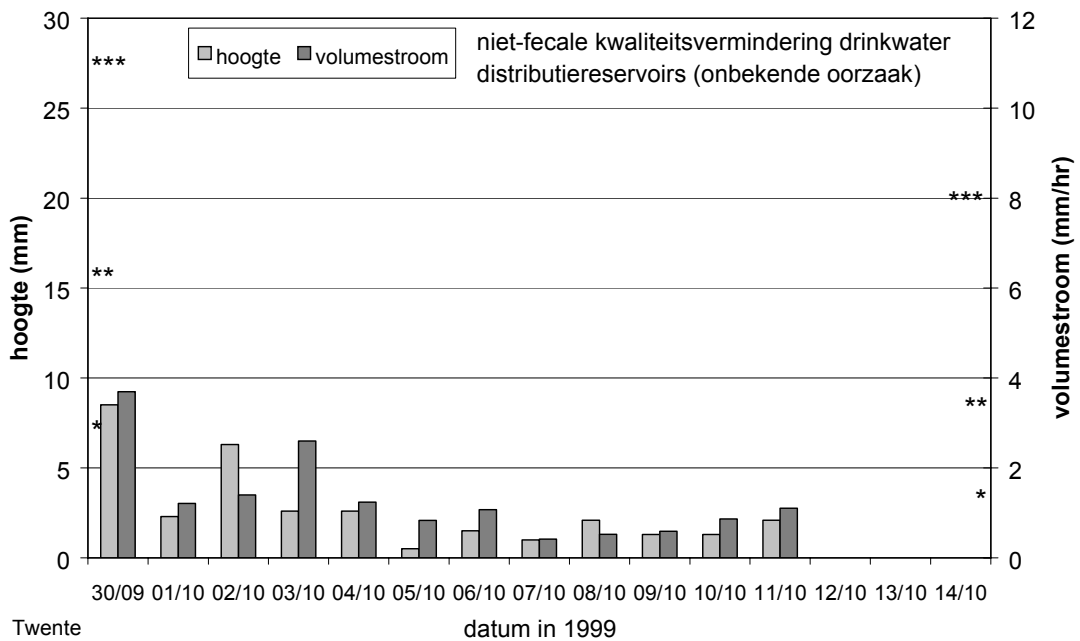
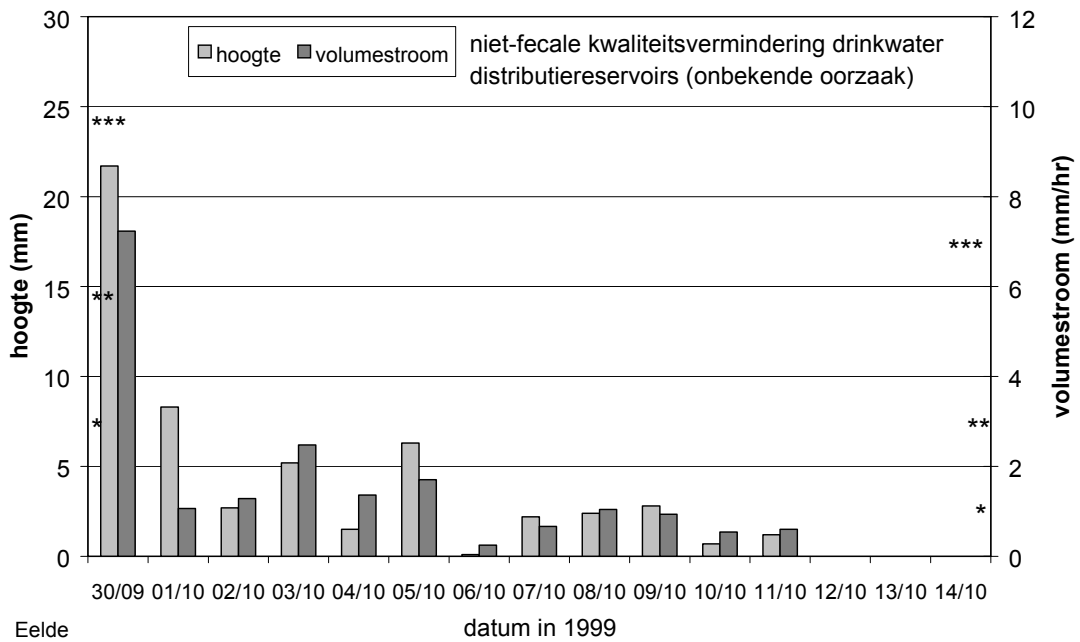
Neerslaghoogten en -volumestromen in KNMI-station(s) in de weken voor het incident
 *: 90-percentiel; ** 97,5-percentiel; *** 99,5-percentiel (1991 t/m 2000)
 (bron dagelijkse gegevens: www.knmi.nl/voorl/kd).

16 september 1999 bedrijf 8, niet-fecaal verontreinigingsincident, distributiereservoir
 Het distributiereservoir (meerdere reservoirs op een locatie) is verontreinigd door regenwater via ontluuchtingspijpen (dit zijn meestal ook beluchtingspijpen). De registratie van een cat. 3 stortbui (met cat. 3 neerslaghoogte van 32 mm) op 15 september bevestigt dat de verontreiniging zeer waarschijnlijk door extreme neerslag is ontstaan.

Incident 17: 14 oktober 1999

Dit formulier per incident invullen en opslaan onder een aparte naam, of uitdraaien en per incident invullen. Achter sommige vragen zit een pull-down menu waarmee u het antwoord kunt selecteren.

Naam waterleidingbedrijf:	<input type="text"/>		
Naam productiebedrijf:	<input type="text"/>		
Aantal aansluitingen in het voorzieningsgebied:	<input type="text" value="ongeveer 2.500"/>		
Datum detectie incident:	<input type="text" value="14/Oct/99"/>		
Detectielocatie:	(vul in J/N)		
- uitgaand water productiebedrijf	<input type="text" value="N"/>		
- perceel distributiegebied	<input type="text" value="N"/>		
- reservoir distributiegebied	<input type="text" value="J"/>		
- na werkzaamheden (aanhoudend niet goedgekeurd)	<input type="text" value="N"/>		
- anders, namelijk:	<input type="text"/>		
Monstertype (periodiek/ad hoc):	<input type="text" value="periodiek"/>		
Reden ad hoc monster:	<input type="text"/>		
Gedetecteerd organisme:			
aantallen in monster (KVD per 100 ml) indien bekend	1e monster	2e monster	andere herhalingsmonsters
- coli37	<input type="text" value="aanwezig"/>	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="1"/>
- coli44	<input type="text" value="<1"/>	<input type="text" value="<1"/>	<input type="text" value="<1"/>
- E.coli	<input type="text" value="<1"/>	<input type="text" value="<1"/>	<input type="text" value="<1"/>
- FS	<input type="text" value="<1"/>	<input type="text" value="<1"/>	<input type="text" value="<1"/>
- SSRC	<input type="text" value="<1"/>	<input type="text" value="<1"/>	<input type="text" value="<1"/>
Besmet gebied (# aansluitingen):	<input type="text" value="niet aangetoond"/>		
Corrigerende maatregelen:	(vul in J/N)	Datum maatregelen	
- spuien	<input type="text" value="N"/>	<input type="text"/>	
- chloor productiebedrijf	<input type="text" value="N"/>	<input type="text"/>	
- chloor distributiegebied	<input type="text" value="N"/>	<input type="text"/>	
- productiebedrijf uit	<input type="text" value="N"/>	<input type="text"/>	
- isolatie distributiegebied	<input type="text" value="N"/>	<input type="text"/>	
- kookadvies	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
Datum waterkwaliteit weer overal goed:	<input type="text" value="10-Nov-99"/>		
Oorzaak	<input type="text" value="Distributiegebied"/>		
Onbekend, vermoedelijk of zeker?	<input type="text" value="onbekend"/>		
Datum oorzaak	<input type="text"/>		
Beschrijving oorzaak	<input type="text" value="De reservoirs in S bestaan uit een watertoren en twee reservoirs. De totale berging is 2.800 m3. Wisselend is de besmetting aangetoond in de watertoren of in een van de reservoirs."/>		
Opmerkingen	<input type="text" value="API: Klebsiella terrigena en Citrobacter youngae"/>		



Neerslaghoogten en -volumestromen in KNMI-station(s) in de weken voor het incident
 *: 90-percentiel; **: 97,5-percentiel; *** 99,5-percentiel (1991 t/m 2000)
 (bron dagelijkse gegevens: www.knmi.nl/voorl/kd).

14 oktober 1999 bedrijf 8, incident met niet-fecale kwaliteitsvermindering

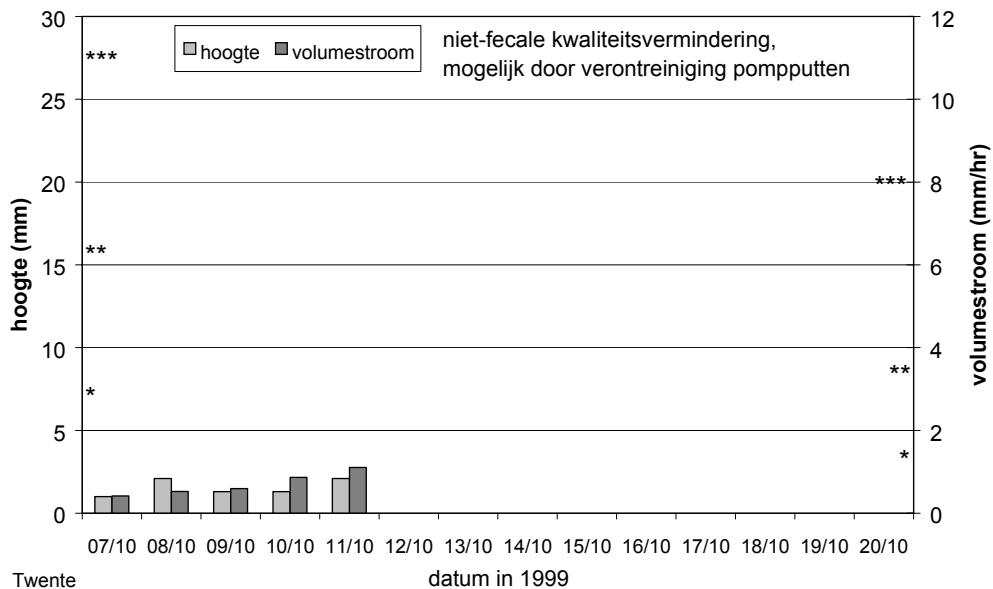
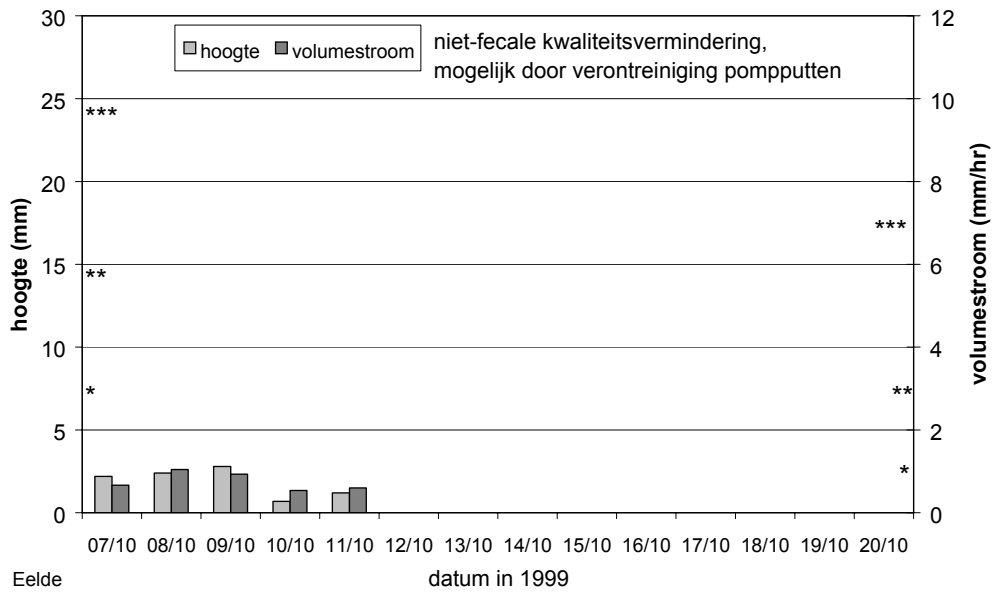
Het uitgaande water van het distributiereservoir (meerdere reservoirs op een locatie) bleek een verminderde waterkwaliteit (API: *Klebsiella terrigena* en *Citrobacter youngae*) te hebben met een onbekende oorzaak. De cat. 3 stortbui van 30 september (cat 2. neerslaghoogte van 22 mm) en eventueel de cat. 1 buien op 3 en 5 oktober hebben hier mogelijk een rol bij gespeeld.

Incident 18: 20 oktober 1999

Incidentenformulier

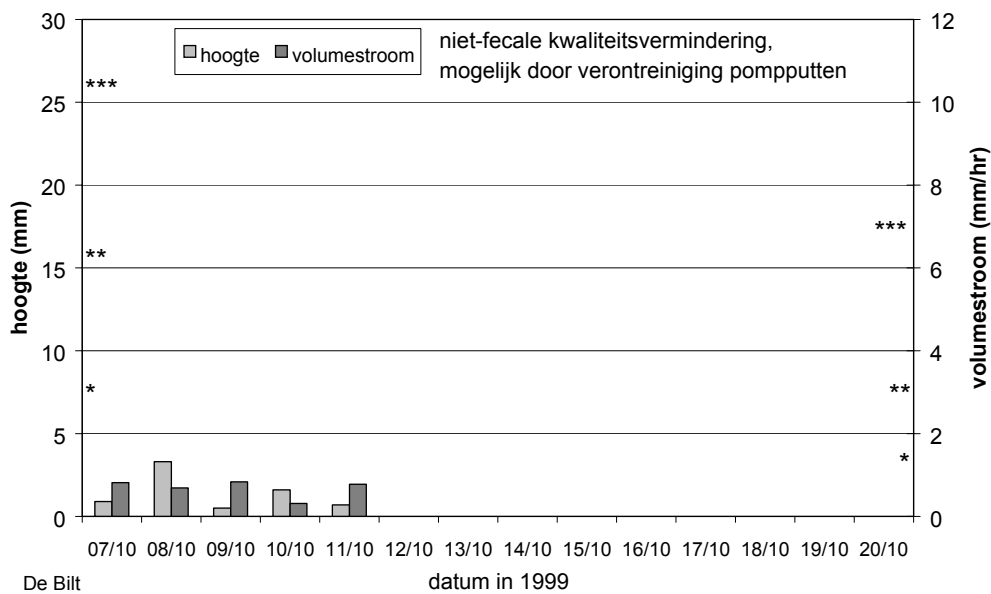
Dit formulier per incident invullen en opslaan onder een aparte naam, of uitdraaien en per incident invullen. Achter sommige vragen zit een pull-down menu waarmee u het antwoord kunt selecteren.

Naam waterleidingbedrijf:	<input type="text"/>		
Naam productiebedrijf:	<input type="text"/>		
Aantal aansluitingen in het voorzieningsgebied:	<input type="text" value=" > 10.000"/>		
Datum detectie incident:	<input type="text" value=" 20-Oct-99"/>		
Detectielocatie:	(vul in J/N)		
- uitgaand water productiebedrijf	<input type="text" value=" j"/>		
- perceel distributiegebied	<input type="text" value=" n"/>		
- reservoir distributiegebied	<input type="text" value=" n"/>		
- na werkzaamheden (aanhoudend niet goedgekeurd)	<input type="text" value=" n"/>		
- anders, namelijk:	<input type="text" value=" n"/>		
Monstertype (periodiek/ad hoc):	<input type="text" value=" periodiek"/>		
Reden ad hoc monster:	<input type="text"/>		
Gedetecteerd organisme:			
aantallen in monster (KVD per 100 ml) indien bekend	1e monster	2e monster	andere herhalingsmonsters
- coli37	<input type="text" value=" 1"/>	<input type="text"/>	<input type="text" value=" 1 resp. 3 - 3 - 18"/>
- coli44	<input type="text" value=" -"/>	<input type="text" value=" -"/>	<input type="text" value=" -"/>
- E.coli	<input type="text" value=" -"/>	<input type="text" value=" -"/>	<input type="text" value=" -"/>
- FS	<input type="text" value=" -"/>	<input type="text" value=" -"/>	<input type="text" value=" -"/>
- SSRC	<input type="text" value=" -"/>	<input type="text" value=" -"/>	<input type="text" value=" -"/>
Besmet gebied (# aansluitingen):	<input type="text" value=" coli sterft af in net"/>		
Corrigerende maatregelen:	(vul in J/N) Datum maatregelen		
- spuien	<input type="text" value=" J"/>	<input type="text" value=" 28-Oct-99"/>	
- chloor productiebedrijf	<input type="text" value=" N"/>	<input type="text"/>	
- chloor distributiegebied	<input type="text" value=" N"/>	<input type="text"/>	
- productiebedrijf uit	<input type="text" value=" J"/>	<input type="text" value=" 26-Oct-99"/>	
- isolatie distributiegebied	<input type="text" value=" N"/>	<input type="text"/>	
- kookadvies	<input type="text" value=" N"/>	<input type="text" value=" 26-Oct-99"/>	
Datum waterkwaliteit weer overal goed:	<input type="text" value=" 14-Dec-99"/>		
Oorzaak	<input type="text" value=" Productiebedrijf"/>		
Onbekend, vermoedelijk of zeker?	<input type="text" value=" zeker"/>		
Datum oorzaak	<input type="text" value=" 28-Oct-99"/>		
Beschrijving oorzaak	<input type="text" value=" Er waren drie verdachte bronnen, maar er werd ook betonrot, schilfers en biofilmvorming aangetroffen in Nafilter 2, de werkelijke oorzaak is daarmee niet met zekerheid te zeggen. Omdat het een ongevaarlijke coli betrof (cytobacter freundii en braakii), die in het leidingnet niet overleefd, is in overleg met de inspecteur besloten geen kookadvies te geven."/>		
Opmerkingen	<input type="text" value=" Het station is wel uit bedrijf genomen, maar wel door blijven draaien, terwijl het water werd geloosd, om de situatie te herstellen. Kort na het vermoeden dat de oorzaak in nafilter 2 kon liggen, is direct besloten het filtermateriaal te vervangen. De reden was dat pompstation Z een belangrijke rol kon spelen bij de millenniumovergang; het zou nl. de levering van station A moeten overnemen, omdat daar geen noodstroomvoorziening aanwezig was."/>		



Neerslaghoogten en -volumestromen in KNMI-station(s) in de weken voor het incident
 *: 90-percentiel; ** 97,5-percentiel; *** 99,5-percentiel (1991 t/m 2000)
 (bron dagelijkse gegevens: www.knmi.nl/voorl/kd)

Zie volgende bladzijde voor meer grafieken en de evaluatie



Neerslaghoogten en -volumestromen in KNMI-station(s) in de weken voor het incident
 *: 90-percentiel; ** 97,5-percentiel; *** 99,5-percentiel (1991 t/m 2000)
 (bron dagelijkse gegevens: www.knmi.nl/voorl/kd).

20 oktober 1999, bedrijf 3, niet-fecaal mogelijk verontreinigingsincident, productiebedrijf

Het bedrijf verdacht 3 pompputten, maar ook in nafilter 2 bleken de omstandigheden niet ideaal (betonrot, schilfers, biofilmvorming). Omdat het in de weken voor weinig of niet geregend had, is een invloed van extreme neerslag niet waarschijnlijk.

III Statistiek

Cumulatieve frequentieverdelingen

Cumulatieve frequentieverdelingen presenteren het totale aantal waarnemingen (weergegeven op de y-as) dat kleiner dan of gelijk is aan een bepaalde waarde (weergegeven op de x-as). Meestal wordt het aantal waarnemingen als percentage van het totaal aantal waarnemingen weergegeven. Hierdoor kan direct de percentielwaarde afgelezen worden: de 90-percentiel (P90) geeft bijvoorbeeld aan dat 90 procent van de waarnemingen kleiner dan of gelijk aan de door de P90 uitgedrukte waarde is.

Omdat een steekproef over het algemeen wordt genomen om een uitspraak te doen over de totale populatie (populatie als statistisch begrip), moeten in deze gevallen de populatiepercentielen worden weergegeven:

$$y_P = (p \cdot (n+1) - i) \cdot y_{i+1} + (i+1 - p \cdot (n+1)) \cdot y_i$$

waarbij:

y_P = de waarde van de P-percentiel (P = 90 in het geval van de 90-percentiel)

p = $P/100$

n = het aantal waarnemingen in de steekproef

i = het hoogste gehele getal dat lager is dan $p \cdot (n+1)$

y_i = de i-de waarneming in de in oplopende waarde gerangschikte reeks van waarnemingen in de steekproef

y_{i+1} = de (i+1)-de waarneming in de gerangschikte reeks van waarnemingen

De hoogste percentiel die op deze wijze geschat kan worden is dus $(n \cdot 100)/(n+1)$, de laagste percentiel is $100/(n+1)$. De maximumwaarde van de steekproef is de beste schatting van de hogere percentielen dan $(n \cdot 100)/(n+1)$, de minimumwaarde is de beste schatting van de lagere percentielen dan $100/(n+1)$. In de grafieken met cumulatieve frequentieverdelingen zijn de minimum- en maximumwaarden dus nooit de 0-percentiel resp. de 100-percentiel, maar $100/(n+1)$ procent verwijderd van deze extreme percentielwaarden.

Ook in dit rapport is een steekproef en niet de volledige populatie onderzocht:

- niet alle waterbedrijven namen deel aan het onderzoek;
 - waarschijnlijk zijn niet alle incidenten geregistreerd (de grote incidenten wel).
- Daarom zijn de populatiepercentielen weergegeven.

Verschillen tussen waterbedrijven

Uitbijters

Uitbijters kunnen gedetecteerd worden met behulp van de Veglia-toets, gecorrigeerd volgens Pszonicki omdat het aantal waterbedrijven kleiner is dan 10 [13]. Deze toets is verdelingsvrij, terwijl de Dixon-test uitgaat van een normale verdeling van de getallen [13], hetgeen met positieve percentages van bijvoorbeeld de herhalingsmonsters niet het geval is. Nadeel van het toetsen op uitbijters van percentages positieve monsters is dat het totaal aantal monsters geen invloed heeft in de toets. In χ^2 -toetsen heeft het totaal aantal monsters wel invloed.

χ^2 -toetsen

In tabellen 1 t/m 3 zijn de resultaten van χ^2 -toetsen van verschillen in percentages positieve monsters tussen waterbedrijven (per type monsterlocatie) weergegeven. De hieronder beschreven toetsen kunnen echter ook worden gebruikt voor vergelijking van bedrijfsonderdelen binnen een bedrijf, bijvoorbeeld een onderlinge vergelijking van productiebedrijven (of distributiereservoirs of voorzieningsgebieden) waarvan de watersamenstelling onderling niet beïnvloed wordt. Voor toetsen op verschillen (veranderingen tijdens transport) tussen onderling verbonden monsterlocaties zijn na tabellen 1 t/m 3 toetsen beschreven.

χ^2 -toets (chikwadraattoets) op verschillen tussen meer dan 2 waterbedrijven

Om vast te stellen of de verschillen tussen de percentages positieve monsters bij de 8 deelnemende waterbedrijven statistisch significant zijn, is gebruik gemaakt van de verdelingsvrije χ^2 -toets (chikwadraattoets). Deze toets stelt alleen vast óf er significante verschillen zijn tussen de waterbedrijven, maar niet welke waterbedrijven hierbij significant van de andere verschillen. De toets is als volgt uitgevoerd:

- Per bedrijf en per type monsterlocatie (productiebedrijven, distributiereservoirs, percelen) is voor de drie geëvalueerde jaren samen het aantal positieve monsters opgeteld, zo ook het aantal negatieve monsters.
- Vervolgens is berekend wat de verwachte aantallen positieve en negatieve monsters waren, uitgaande van gelijke percentages per bedrijf:

$$N_{e,i} = N_{o,z} / (N_{t,z} \cdot N_{t,i})$$

waarbij:

$N_{e,i}$ = verwacht aantal positieve (of negatieve) monsters bij bedrijf i

$N_{o,z}$ = waargenomen aantal positieve (of negatieve) monsters bij alle waterbedrijven

$N_{t,z}$ = totaal aantal monsters bij alle waterbedrijven

$N_{t,i}$ = totaal aantal monsters bij bedrijf i

- In MS Excel kan met de functie CHITEST het significantieniveau direct worden berekend: CHITEST (waargenomen reeksen positieve en negatieve monsters; verwachte reeksen positieve en negatieve monsters), waarbij de waargenomen reeksen in kolommen naast elkaar staan en de verwachte reeksen in dezelfde volgorde in kolommen naast elkaar staan. De resulterende p-waarde (weergegeven onder de kolom 'Bijdrage aan χ^2 (d.f. =7)') geeft de kans aan dat de verschillen toevallig zijn. Gewoonlijk worden de volgende grenzen voor significantie van de verschillen weergegeven: normaal significant: $0,01 < p \leq 0,05$; sterk significant: $0,001 < p \leq 0,01$; zeer sterk significant: $p \leq 0,001$.

- De χ^2 -waarde kan ook zelf worden berekend, waarmee de overschrijdingskans (p) kan worden opgezocht in een χ^2 -tabel bij $(n-1) \cdot (k-1)$ vrijheidsgraden, waarbij n het aantal te vergelijken waterbedrijven en k het aantal te vergelijken kolommen is: 2 kolommen dus (positief en negatief). De χ^2 -waarde is de som van de χ^2 van de positieve monsters (χ^2_{pos}) en de χ^2 van de negatieve monsters (χ^2_{neg}), waarbij:

$$\chi^2_{\text{pos}} = (N_{o,1} - N_{e,1})^2 / N_{e,1} + (N_{o,2} - N_{e,2})^2 / N_{e,2} + \dots + (N_{o,z} - N_{e,z})^2 / N_{e,z}$$

waarbij:

$N_{e,i}$ = verwacht aantal positieve monsters bij bedrijf i van z waterbedrijven

$N_{o,i}$ = waargenomen aantal positieve monsters bij bedrijf i van z waterbedrijven

χ^2_{neg} wordt op dezelfde manier berekend voor de negatieve monsters.

In MS Excel kan met de functie CHIDIST de p-waarde overigens worden

berekend uit de berekende χ^2 -waarde: CHIDIST (χ^2 , df), waarbij df het aantal vrijheidsgraden is.

De toets heeft haar beperkingen: zij wordt minder betrouwbaar als meer dan 20% van de verwachte aantallen kleiner is dan 5 en als 0 onder de verwachte waarden voorkomt. In dat laatste geval kunnen de 0-waarden worden vervangen door de decimaal < 1 die ruim lager is dan het minimum van de overige verwachte waarden (b.v. 0,1 als het minimum meer dan 0,5 is). Deze inschatting van de werkelijke verwachte waarde in plaats van 0 moet dan natuurlijk wel een realistische inschatting zijn.

χ^2 -toets (chikwadraattoets) op verschillen tussen 2 waterbedrijven

Deze χ^2 -toets kan uitgevoerd worden zoals hiervoor beschreven bij toetsing op verschillen tussen meerdere waterbedrijven. Clarke [17] geeft echter de voorkeur aan de volgende berekening:

$$\chi^2 = N \cdot (ad - bc)^2 / ((a+b) \cdot (a+c) \cdot (b+d) \cdot (c+d))$$

waarbij:

N = totaal aantal monsters bij waterbedrijven 1 en 2 (= a+b+c+d)

a = aantal positieve monsters bij bedrijf 1

b = aantal negatieve monsters bij bedrijf 1

c = aantal positieve monsters bij bedrijf 2

d = aantal negatieve monsters bij bedrijf 2

In MS Excel kan met de functie CHIDIST de p-waarde worden berekend uit de berekende χ^2 -waarde: CHIDIST (χ^2 , df), waarbij df het aantal vrijheidsgraden is.

Clarke geeft ook een formule voor berekening van de χ^2 -waarde met de zogenaamde **Yates' continuïteitscorrectie**, die nodig is als een van de getallen (a of b of c of d) kleiner dan 5 is:

$$\chi^2 = N \cdot (|ad - bc| - 0,5 \cdot N)^2 / ((a+b) \cdot (a+c) \cdot (b+d) \cdot (c+d))$$

Bonferroni-correctie voor meervoudige vergelijkingen

Als verschillen tussen meerdere waterbedrijven telkens 1 op 1 worden vergeleken (dus telkens een vergelijking van 2 waterbedrijven), dan moet worden gecorrigeerd voor deze meervoudige vergelijkingen (hoe meer vergelijkingen je maakt, des te groter is de kans dat je een toevallig verschil vindt, per definitie is namelijk de kans daarop per vergelijking 5% als je de grens voor een significant verschil op $p < 0.05$ stelt).

Er is gekozen voor de eenvoudige correctie conform Bonferroni: de p-waarde van elke toets moet worden vermenigvuldigd met het aantal vergelijkingen. Indien dus de verschillen tussen 8 waterbedrijven onderling getoetst worden, dan moet de p-waarde voor elk van deze toetsen met 28 worden vermenigvuldigd ($7 + 6 + 5 + 4 + 3 + 2 + 1$).

Tabel 1 χ^2 -toetsen op verschillen tussen uitgaand water van **productiebedrijven** van waterbedrijven op basis van de percentages positieve monsters:
A: eerste monsters coli37; B: herhalingsmonsters coli37;
C: eerste monsters coli44; D: herhalingsmonsters coli44.
Ntot = totaal aantal monsters; N+ / N- = aantal positieve / negatieve monsters
Significantieniveau's: $0.01 < p \leq 0,05$; $0,001 < p \leq 0,01$; $p \leq 0,001$
d.f. = aantal vrijheidsgraden. (0 vs. 0) = beide percentages zijn 0.

Bedrijf	Monsters Ntot	Waargenomen		Verwacht		Bijdrage aan χ^2 (d.f.= 7)			Verschil met bedrijf (p-waarde χ^2 * aantal tests, d.f.=1)							
		N+	N-	N+	N-	N+	N-	Ntot	2	3	4	5	6	7	8	
1	4125	17	4108	28.8	4096	4.8	0.0	4.86	0.328	2.705	2.255	0.000	0.070	9.193	0.000	
2	4524	6	4518	31.6	4492	20.7	0.1	20.85	0.002	12.689	0.000	0.000	3.515	0.000		
3	1884	14	1870	13.1	1871	0.1	0.0	0.06		0.037	0.543	2.245	0.353	0.171		
4	4035	8	4027	28.2	4007	14.4	0.1	14.53			0.000	0.000	12.325	0.000		
5	2655	40	2615	18.5	2636	24.9	0.2	25.07				15.996	0.000	21.142		
6	168	4	164	1.2	167	6.8	0.0	6.87					0.005	17.665		
7	3885	11	3874	27.1	3858	9.6	0.1	9.64						0.000		
8	5380	86	5294	37.5	5342	62.6	0.4	62.99								
totaal	26656	186	26470	0	186	26470	0	143.85	1.0108	144.865						
								p=waarde:	0.000	0.995	0.000					

A)

Bedrijf	Monsters Ntot	Waargenomen		Verwacht		Bijdrage aan χ^2 (d.f.= 7)			Verschil met bedrijf (p-waarde χ^2 * aantal tests, d.f.=1)							
		N+	N-	N+	N-	N+	N-	Ntot	2	3	4	5	6	7	8	
1	4125	1	4124	3.6	4121	1.8	0.0	1.84	24.079	21.160	24.780	17.510	3.100	24.402	0.044	
2	4524	0	4524	3.9	4520	3.9	0.0	3.91	16.279	(0vs0)	6.634	0.312	(0vs0)	0.006		
3	1884	1	1883	1.6	1882	0.2	0.0	0.24		17.411	19.130	9.639	17.787	1.810		
4	4035	0	4035	3.5	4032	3.5	0.0	3.48			7.682	0.471	(0vs0)	0.015		
5	2655	2	2653	2.3	2653	0.0	0.0	0.04				10.812	8.043	1.263		
6	168	1	167	0.1	168	5.0	0.0	5.05					0.535	22.988		
7	3885	0	3885	3.4	3882	3.4	0.0	3.36							0.019	
8	5380	18	5362	4.6	5375	38.4	0.0	38.47								
totaal	26656	23	26633	0	23	26633	0	56.337	0.0487	56.3853						
								p=waarde:	0.000	1.000	0.000					

B)

Bedrijf	Monsters Ntot	Waargenomen		Verwacht		Bijdrage aan χ^2 (d.f.= 7)			Verschil met bedrijf (p-waarde χ^2 * aantal tests, d.f.=1)							
		N+	N-	N+	N-	N+	N-	Ntot	2	3	4	5	6	7	8	
1	4125	2	4123	4.0	4121	1.0	0.0	1.02	25.278	15.751	11.668	18.403	3.348	25.557	0.672	
2	4524	1	4523	4.4	4520	2.6	0.0	2.64		24.066	4.630	21.260	0.337	13.854	0.149	
3	1884	1	1883	1.8	1882	0.4	0.0	0.38			19.423	23.305	3.433	22.581	4.283	
4	4035	5	4030	3.9	4031	0.3	0.0	0.29			4.717	13.310	20.629	3.907		
5	2655	0	2655	2.6	2652	2.6	0.0	2.59				(0vs0)	10.761	0.512		
6	168	0	168	0.2	168	0.2	0.0	0.16					7.463	24.447		
7	3885	3	3882	3.8	3881	0.2	0.0	0.16							2.005	
8	5380	14	5366	5.2	5375	14.6	0.0	14.61								
totaal	26656	26	26630	0	26	26630	0	21.843	0.0213	21.8639						
								p=waarde:	0.003	1.000	0.003					

C)

Bedrijf	Monsters Ntot	Waargenomen		Verwacht		Bijdrage aan χ^2 (d.f.= 7)			Verschil met bedrijf (p-waarde χ^2 * aantal tests, d.f.=1)							
		N+	N-	N+	N-	N+	N-	Ntot	2	3	4	5	6	7	8	
1	4125	0	4125	0.2	4125	0.2	0.0	0.15	(0vs0)	4.814	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)	
2	4524	0	4524	0.2	4524	0.2	0.0	0.17		4.558	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)	
3	1884	1	1883	0.1	1884	12.2	0.0	12.22			4.875	6.042	0.890	4.980	4.081	
4	4035	0	4035	0.2	4035	0.2	0.0	0.15			(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)	
5	2655	0	2655	0.1	2655	0.1	0.0	0.10				(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)	
6	168	0	168	0.0	168	0.0	0.0	0.01					(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)	
7	3885	0	3885	0.1	3885	0.1	0.0	0.15							(0vs0)	
8	5380	0	5380	0.2	5380	0.2	0.0	0.20								
totaal	26656	1	26655	0	1	26655	0	13.149	0.0005	13.1491						
								p=waarde:	0.069	1.000	0.069					

D)

Tabel 2 χ^2 -toetsen op verschillen tussen uitgaand water van **distributiereservoirs** van waterbedrijven op basis van de percentages positieve monsters:

A: eerste monsters coli37; B: herhalingsmonsters coli37;

C: eerste monsters coli44; D: herhalingsmonsters coli44.

Ntot = totaal aantal monsters; N+ / N- = aantal positieve / negatieve monsters

Significantieniveaus: $0.01 < p \leq 0.05$; $0.001 < p \leq 0.01$; $p \leq 0.001$

d.f. = aantal vrijheidsgraden. (0 vs. 0) = beide percentages zijn 0.

Bedrijf	Monsters		Waargenomen		Verwacht		Bijdrage aan χ^2 (d.f.= 5)			Verschil met bedrijf (p-waarde χ^2 * aantal tests, d.f.=1)							
	Ntot	N+	N-	N+	N-	N+	N-	Ntot	2	3	4	5	6	7	8		
1	1019	8	1011	20.6	998	7.7	0.2	7.85	0.695	1.477		12.520	11.605	0.000			
2	702	0	702	14.2	688	14.2	0.3	14.48		0.023		0.966	1.163	0.000			
3	390	7	383	7.9	382	0.1	0.0	0.10				6.573	0.975	1.517			
4																	
5	348	3	345	7.0	341	2.3	0.0	2.36					14.770	0.268			
6																	
7	892	6	886	18.0	874	8.0	0.2	8.18						0.000			
8	3331	111	3220	67.3	3264	28.4	0.6	28.96									
totaal	6682	135	6547	0	135	6547	0	60.686	1.2514	61.9378							
									p=waarde:	0.000	0.940	0.000					

A

Bedrijf	Monsters		Waargenomen		Verwacht		Bijdrage aan χ^2 (d.f.= 5)			Verschil met bedrijf (p-waarde χ^2 * aantal tests, d.f.=1)							
	Ntot	N+	N-	N+	N-	N+	N-	Ntot	2	3	4	5	6	7	8		
1	1019	0	1019	6.3	1013	6.3	0.0	6.29	(0vs0)	1.613		6.876	(0vs0)	0.015			
2	702	0	702	4.3	698	4.3	0.0	4.33		2.950		8.642	(0vs0)	0.103			
3	390	2	388	2.4	388	0.1	0.0	0.06				11.054	2.043	4.557			
4																	
5	348	1	347	2.1	346	0.6	0.0	0.61					7.503	2.742			
6																	
7	892	0	892	5.5	887	5.5	0.0	5.51						0.032			
8	3331	38	3293	20.4	3311	15.1	0.1	15.18									
totaal	6682	41	6641	0	41	6641	0	31.79	0.1963	31.9866							
									p=waarde:	0.000	0.999	0.000					

B

Bedrijf	Monsters		Waargenomen		Verwacht		Bijdrage aan χ^2 (d.f.= 5)			Verschil met bedrijf (p-waarde χ^2 * aantal tests, d.f.=1)							
	Ntot	N+	N-	N+	N-	N+	N-	Ntot	2	3	4	5	6	7	8		
1	1019	4	1015	3.2	1016	0.2	0.0	0.20	3.736	13.612		12.229	12.081	11.730			
2	702	0	702	2.2	700	2.2	0.0	2.21		11.482		10.802	8.810	2.948			
3	390	1	389	1.2	389	0.0	0.0	0.04				7.945	9.062	14.658			
4																	
5	348	1	347	1.1	347	0.0	0.0	0.01					9.900	13.084			
6																	
7	892	2	890	2.8	889	0.2	0.0	0.23						10.079			
8	3331	13	3318	10.5	3321	0.6	0.0	0.61									
totaal	6682	21	6661	0	21	6661	0	3.2968	0.0104	3.30715							
									p=waarde:	0.654	1.000	0.653					

C

Bedrijf	Monsters		Waargenomen		Verwacht		Bijdrage aan χ^2 (d.f.= 5)			Verschil met bedrijf (p-waarde χ^2 * aantal tests, d.f.=1)							
	Ntot	N+	N-	N+	N-	N+	N-	Ntot	2	3	4	5	6	7	8		
1	1019	0	1019	0.3	1019	0.3	0.0	0.31	(0vs0)	(0vs0)		(0vs0)	(0vs0)	4.790			
2	702	0	702	0.2	702	0.2	0.0	0.21		(0vs0)		(0vs0)	(0vs0)	3.885			
3	390	0	390	0.1	390	0.1	0.0	0.12				(0vs0)	(0vs0)	2.513			
4																	
5	348	0	348	0.1	348	0.1	0.0	0.10					(0vs0)	2.263			
6																	
7	892	0	892	0.3	892	0.3	0.0	0.27						4.466			
8	3331	2	3329	1.0	3330	1.0	0.0	1.01									
totaal	6682	2	6680	0	2	6680	0	2.012	0.0006	2.01261							
									p=waarde:	0.847	1.000	0.847					

D

Tabel 3 χ^2 -toetsen op verschillen tussen drinkwater uit percelen in voorzieningsgebieden van waterbedrijven op basis van de percentages positieve monsters:

A: eerste monsters coli37; B: herhalingsmonsters coli37;

C: eerste monsters coli44; D: herhalingsmonsters coli44.

Ntot = totaal aantal monsters; N+ / N- = aantal positieve / negatieve monsters

Significantieniveaus: $0.01 < p \leq 0,05$; $0,001 < p \leq 0,01$; $p \leq 0,001$

d.f. = aantal vrijheidsgraden. (0 vs. 0) = beide percentages zijn 0.

Bedrijf	Monsters		Waargenomen		Verwacht		Bijdrage aan χ^2 (d.f.= 7)			Verschil met bedrijf (p-waarde χ^2 * aantal tests, d.f.=1)							
	Ntot	N+	N-	N+	N-	N+	N-	Ntot	2	3	4	5	6	7	8		
1	9299	95	9204	89.2	9210	0.4	0.0	0.38	0.000	0.778	7.064	14.421	20.564	0.005	1.369		
2	6032	17	6015	57.9	5974	28.8	0.3	29.13	0.447	0.001	0.000	0.017	0.000	0.006			
3	3465	21	3444	33.2	3432	4.5	0.0	4.55		5.327	0.229	6.335	0.000	11.582			
4	6751	57	6694	64.7	6686	0.9	0.0	0.94			2.180	21.463	0.000	13.621			
5	11569	129	11440	111.0	11458	2.9	0.0	2.96				14.474	0.024	0.216			
6	1406	13	1393	13.5	1393	0.0	0.0	0.02					1.014	13.235			
7	7750	130	7620	74.3	7676	41.7	0.4	42.10						0.000			
8	8469	63	8406	81.2	8388	4.1	0.0	4.13									
totaal	54741	525	54216	0	525	54216	0	83.395	0.8076	84.203							
									p=waarde:	0.000	0.997	0.000					

A

Bedrijf	Monsters		Waargenomen		Verwacht		Bijdrage aan χ^2 (d.f.= 7)			Verschil met bedrijf (p-waarde χ^2 * aantal tests, d.f.=1)							
	Ntot	N+	N-	N+	N-	N+	N-	Ntot	2	3	4	5	6	7	8		
1	9299	6	9293	3.4	9296	2.0	0.0	1.99	2.637	16.140	5.911	7.428	16.009	1.491	1.181		
2	6032	0	6032	2.2	6030	2.2	0.0	2.20		17.136	21.012	0.615	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)		
3	3465	1	3464	1.3	3464	0.1	0.0	0.06		17.378	7.133	14.099	14.944	14.172			
4	6751	1	6750	2.5	6749	0.9	0.0	0.87				1.285	8.485	20.789	20.010		
5	11569	12	11557	4.2	11565	14.3	0.0	14.30					10.056	0.243	0.166		
6	1406	0	1406	0.5	1405	0.5	0.0	0.51						(0vs0)	(0vs0)		
7	7750	0	7750	2.8	7747	2.8	0.0	2.83						(0vs0)	(0vs0)		
8	8469	0	8469	3.1	8466	3.1	0.0	3.10						(0vs0)	(0vs0)		
totaal	54741	20	54721	0	20	54721	0	25.86	0.0095	25.8692							
									p=waarde:	0.001	1.000	0.001					

B

Bedrijf	Monsters		Waargenomen		Verwacht		Bijdrage aan χ^2 (d.f.= 7)			Verschil met bedrijf (p-waarde χ^2 * aantal tests, d.f.=1)							
	Ntot	N+	N-	N+	N-	N+	N-	Ntot	2	3	4	5	6	7	8		
1	9299	18	9281	28.5	9270	3.9	0.0	3.90	0.376	0.540	18.704	0.306	5.210	0.000	1.319		
2	6032	2	6030	18.5	6013	14.7	0.0	14.77		19.866	0.196	14.490	22.293	0.000	10.804		
3	3465	0	3465	10.6	3454	10.6	0.0	10.67			0.332	6.996	(0vs0)	0.000	5.449		
4	6751	15	6736	20.7	6730	1.6	0.0	1.58				0.129	4.147	0.000	0.658		
5	11569	8	11561	35.5	11533	21.3	0.1	21.37					18.261	0.000	19.707		
6	1406	0	1406	4.3	1402	4.3	0.0	4.33						0.000	15.957		
7	7750	118	7632	23.8	7726	373.2	1.1	374.35							0.000		
8	8469	7	8462	26.0	8443	13.9	0.0	13.92									
totaal	54741	168	54573	0	168	54573	0	443.53	1.3654	444.9							
									p=waarde:	0.000	0.987	0.000					

C

Bedrijf	Monsters		Waargenomen		Verwacht		Bijdrage aan χ^2 (d.f.= 7)			Verschil met bedrijf (p-waarde χ^2 * aantal tests, d.f.=1)							
	Ntot	N+	N-	N+	N-	N+	N-	Ntot	2	3	4	5	6	7	8		
1	9299	1	9298	0.3	9299	1.3	0.0	1.28	10.755	7.895	11.339	7.511	3.576	12.055	12.515		
2	6032	0	6032	0.2	6032	0.2	0.0	0.22		(0vs0)	(0vs0)	9.624	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)		
3	3465	0	3465	0.1	3465	0.1	0.0	0.13			(0vs0)	6.788	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)		
4	6751	0	6751	0.2	6751	0.2	0.0	0.25				10.207	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)		
5	11569	1	11568	0.4	11569	0.8	0.0	0.79					2.700	10.922	11.382		
6	1406	0	1406	0.1	1406	0.1	0.0	0.05						(0vs0)	(0vs0)		
7	7750	0	7750	0.3	7750	0.3	0.0	0.28						(0vs0)	(0vs0)		
8	8469	0	8469	0.3	8469	0.3	0.0	0.31						(0vs0)	(0vs0)		
totaal	54741	2	54739	0	2	54739	0	3.3092	0.0001	3.30935							
									p=waarde:	0.855	1.000	0.855					

D

Veranderingen tijdens transport, opslag en distributie

In tabellen 4 t/m 7 worden per waterbedrijf de resultaten weergegeven van toetsen op verschillen tussen de percentages positieve monsters van de 3 locatietypen (uitgaand water van productiebedrijven, uitgaand water van distributiereservoirs en drinkwater uit percelen in voorzieningsgebieden). Deze locatietypen zijn onderling met elkaar verbonden en het percentage positieve monsters op het ene type locatie is dus afhankelijk van het percentage positieve monsters op de andere locatie (door transport van productiebedrijf naar distributiereservoir naar percelen).

Odds ratio toets

Bij het toetsen op waargenomen verschillen tussen situaties waarvan vermoed wordt dat ze het gevolg zijn van een verandering door een bepaalde invloed, wordt gebruik gemaakt van de odds ratio toets³⁷. Hiervoor wordt de odds ratio als volgt berekend:

$$OR = (a/c) / (b/d) \text{ (ofwel } (a/c) \cdot (d/b)) \quad \text{waarbij:}$$

a = aantal positieve monsters in eindsituatie (b.v. percelen)

b = aantal negatieve monsters in eindsituatie (b.v. percelen)

c = aantal positieve monsters in beginsituatie (b.v. productiebedrijven)

d = aantal negatieve monsters in beginsituatie (b.v. productiebedrijven)

Vervolgens worden de grenzen van het 95%-betrouwbaarheidsinterval berekend:

- ondergrens = $OR \cdot e^{-1,96 \cdot v}$

- bovengrens = $OR \cdot e^{1,96 \cdot v}$

waarbij $v = (1/a + 1/b + 1/c + 1/d)^{0,5}$.

Indien het getal 1 binnen dit betrouwbaarheidsinterval van de odds ratio ligt, dan is het verschil niet significant. Omdat berekening van de odds ratio en met name van het betrouwbaarheidsinterval ervan met aantallen van 0 positieve monsters onmogelijk is, zijn deze vervangen door 0,5 positieve monsters. Een nadere evaluatie van de betrouwbaarheid van een dergelijke toepassing van de odds ratio toets is nodig. In de tabellen zijn resultaten van een dergelijke toepassing van de odds ratio toets omkaderd.

χ^2 -toets (chikwadraattoets) op verschillen tussen 2 locatietypen

Omdat de betrouwbaarheid van de odds ratio toets bij noodgedwongen vervanging van 0-waarden door 0,5-waarden lager wordt, zijn alle verschillen ook met de χ^2 -toets geverifieerd. Bij vergelijking van 2 situaties kan Yates' continuïteitscorrectie worden toegepast indien er getallen < 5 voorkomen. In veel gevallen waren de verschillen met de χ^2 -toets ook significant als de verschillen volgens de odds ratio toets significant waren, soms was slechts een van beide significant. Er deden zich geen situaties voor waarin de χ^2 -toets een significant verschil aannemelijk maakte en de gewone odds ratio toets (alle waarden groter dan 0) geen significant verschil aannemelijk maakte.

³⁷ Ook wel relatief risico voor retrospectieve evaluatie genoemd. Indien het een vooraf opgezette proef betreft onder gecontroleerde omstandigheden met random gekozen proefobjecten, wordt het zogenaamde prospectieve relatieve risico berekend:

$$(a/(a+b))/(c/(c+d))$$

Bonferroni-correctie voor meervoudige vergelijkingen

Als verschillen tussen meerdere locatietypen telkens 1 op 1 worden vergeleken (dus telkens een vergelijking van 2 locatietypen), dan moet worden gecorrigeerd voor deze meervoudige vergelijkingen conform Bonferroni: de p-waarde van elke toets moet worden vermenigvuldigd met het aantal vergelijkingen. Indien dus de verschillen tussen 3 locatietypen onderling getoetst worden, dan moet de p-waarde voor elk van deze toetsen met 3 worden vermenigvuldigd (2 +1).

Bij de berekening van het betrouwbaarheidsinterval van de odds-ratio toets wordt, ten einde de Bonferroni-correctie toe te passen, per vergelijking het 98%-betrouwbaarheidsinterval berekend:

- ondergrens = $OR \cdot e^{-2,326 \cdot \sqrt{v}}$
- bovengrens = $OR \cdot e^{2,326 \cdot \sqrt{v}}$

In de tabellen is aangegeven dat het de grenzen van de 95%-betrouwbaarheidsintervallen betreft om de gecorrigeerde kans op een onterechte verwerping van de 0-hypothese 'geen verschil' weer te geven.

Tabel 4 Toetsen op verschillen in percentages **coli-37 positieve eerste monsters** tussen typen monsterlocaties per waterbedrijf (gegevens 1996-1999).
 PB = uitgaand water productiebedrijven; DR = uitgaand water distributiereservoirs; VG = drinkwater percelen in voorzieningsgebieden.
 Ntot = totaal aantal monsters; N+ / N- = aantal positieve / negatieve monsters.
 BI-onder / BI-boven = ondergrens / bovengrens van het 95%-betrouwbaarheidsinterval van de odds ratio.
 Odds ratios van paren waaraan één percentage 0 is, zijn omkaderd (gerekend is met aantal positieve waarnemingen = 0,5). (0vs0): beide percentages zijn 0.
 Significantieniveau's χ^2 : $0,01 < p \leq 0,05$; $0,001 < p \leq 0,01$; $p \leq 0,001$.

Bedrijf nr.	Waterkwaliteit Loc.	Waterkwaliteit				Verschillen					X ² -test p
		Aantal monsters		Ntot	Fractie positief	Locaties	Odds ratio		p<0.05?	p	
		N+	N-				BI-onder	BI-boven			
1	PB	17	4108	4125	0.41%	PB-DR	1.912	0.703	5.201	nee	0.376
	DR	8	1011	1019	0.79%	DR-VG	0.245	0.091	0.661	ja	0.001
	VG	18	9281	9299	0.19%	PB-VG	0.469	0.213	1.030	nee	0.066
2	PB	6	4518	4524	0.13%	PB-DR	0.536	0.017	16.479	nee	2.142
	DR	0	702	702.5	0.00%	DR-VG	0.466	0.012	18.442	nee	1.500
	VG	2	6030	6032	0.03%	PB-VG	0.250	0.037	1.669	nee	0.416
3	PB	14	1870	1884	0.74%	PB-DR	2.441	0.825	7.222	nee	0.144
	DR	7	383	390	1.79%	DR-VG	0.008	0.000	0.238	ja	0.000
	VG	0	3465	3465	0.00%	PB-VG	0.019	0.001	0.548	ja	0.000
4	PB	8	4027	4035	0.20%	PB-DR					
	DR				0.00%	DR-VG					
	VG	15	6736	6751	0.22%	PB-VG	1.121	0.404	3.107	nee	2.383
5	PB	40	2615	2655	1.51%	PB-DR	0.568	0.140	2.302	nee	1.430
	DR	3	345	348	0.86%	DR-VG	0.080	0.016	0.386	ja	0.000
	VG	8	11561	11569	0.07%	PB-VG	0.045	0.018	0.112	ja	0.000
6	PB	4	164	168	2.38%	PB-DR					
	DR				0.00%	DR-VG					
	VG	0	1406	1406	0.00%	PB-VG	0.015	0.000	0.480	ja	0.000
7	PB	11	3874	3885	0.28%	PB-DR	2.385	0.730	7.790	nee	0.234
	DR	6	886	892	0.67%	DR-VG	2.283	0.860	6.065	nee	0.130
	VG	118	7632	7750	1.52%	PB-VG	5.445	2.612	11.352	ja	0.000
8	PB	86	5294	5380	1.60%	PB-DR	2.122	1.513	2.976	ja	0.000
	DR	111	3220	3331	3.33%	DR-VG	0.024	0.010	0.059	ja	0.000
	VG	7	8462	8469	0.08%	PB-VG	0.051	0.020	0.127	ja	0.000

Tabel 5 Toetsen op verschillen in percentages *coli-37* positieve herhalingsmonsters tussen typen monsterlocaties per waterbedrijf (gegevens 1996-1999).
 PB = uitgaand water productiebedrijven; DR = uitgaand water distributiereservoirs; VG = drinkwater percelen in voorzieningsgebieden.
 Ntot = totaal aantal monsters; N+ / N- = aantal positieve / negatieve monsters.
 BI-onder / BI-boven = ondergrens / bovengrens van het 95%-betrouwbaarheidsinterval van de odds ratio.
 Odds ratios van paren waaraan één percentage 0 is, zijn omkaderd (gerekend is met aantal positieve waarnemingen = 0,5). (0vs0): beide percentages zijn 0.
 Significantieniveau's χ^2 : $0,01 < p \leq 0,05$; $0,001 < p \leq 0,01$; $p \leq 0,001$.

Bedrijf nr.	Loc.	Waterkwaliteit				Verschillen					X ² -test p
		Aantal monsters		Ntot	Fractie positief	Locaties	Odds ratio			p<0.05?	
		N+	N-				BI-onder	BI-boven			
1	PB	1	4124	4125	0.02%	PB-DR	2.024	0.036	113.798	nee	1.346
	DR	0	1019	1019	0.00%	DR-VG	0.219	0.004	12.325	nee	
	VG	1	9298	9299	0.01%	PB-VG	0.444	0.017	11.903	nee	
2	PB	0	4524	4524	0.00%	PB-DR	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)
	DR	0	702	702	0.00%	DR-VG	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)
	VG	0	6032	6032	0.00%	PB-VG	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)
3	PB	1	1883	1884	0.05%	PB-DR	9.706	0.560	168.085	nee	0.393
	DR	2	388	390	0.51%	DR-VG	0.028	0.001	1.110	nee	
	VG	0	3465	3465	0.00%	PB-VG	0.272	0.005	15.276	nee	
4	PB	0	4035	4035	0.00%	PB-DR					
	DR				0.00%	DR-VG					
	VG	0	6751	6751	0.00%	PB-VG	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)
5	PB	2	2653	2655	0.08%	PB-DR	3.823	0.221	66.209	nee	2.350
	DR	1	347	348	0.29%	DR-VG	0.030	0.001	0.807	ja	
	VG	1	11568	11569	0.01%	PB-VG	0.115	0.007	1.981	nee	
6	PB	1	167	168	0.60%	PB-DR					
	DR				0.00%	DR-VG					
	VG	0	1406	1406	0.00%	PB-VG	0.059	0.001	3.352	nee	0.608
7	PB	0	3885	3885	0.00%	PB-DR	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)
	DR	0	892	892	0.00%	DR-VG	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)
	VG	0	7750	7750	0.00%	PB-VG	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)
8	PB	18	5362	5380	0.33%	PB-DR	3.438	1.763	6.701	ja	0.000
	DR	38	3293	3331	1.14%	DR-VG	0.005	0.000	0.140	ja	
	VG	0	8469	8469	0.00%	PB-VG	0.018	0.001	0.494	ja	

Tabel 6 Toetsen op verschillen in percentages **coli-44** positieve eerste monsters tussen typen monsterlocaties per waterbedrijf (gegevens 1996-1999).
 PB = uitgaand water productiebedrijven; DR = uitgaand water distributiereservoirs; VG = drinkwater percelen in voorzieningsgebieden.
 Ntot = totaal aantal monsters; N+ / N- = aantal positieve / negatieve monsters.
 BI-onder / BI-boven = ondergrens / bovengrens van het 95%-betrouwbaarheidsinterval van de odds ratio.
 Odds ratios van paren waaraan één percentage 0 is, zijn omkaderd (gerekend is met aantal positieve waarnemingen = 0,5). (0vs0): beide percentages zijn 0.
 Significantieniveau's χ^2 : 0.01 < p ≤ 0,05; 0,001 < p ≤ 0,01; p ≤ 0,001.

Bedrijf nr.	Waterkwaliteit Loc.	Waterkwaliteit			Fractie positief	Locaties	Verschillen				X ² -test p
		Aantal monsters N+	N-	Ntot			Odds ratio	BI-onder BI-boven		p<0.05?	
1	PB	2	4123	4125	0.05%	PB-DR	8.124	1.082	60.999	ja	0.054
	DR	4	1015	1019	0.39%	DR-VG	0.492	0.136	1.784	nee	1.027
	VG	18	9281	9299	0.19%	PB-VG	3.998	0.706	22.648	nee	0.231
2	PB	1	4523	4524	0.02%	PB-DR	3.222	0.057	181.219	nee	0.851
	DR	0	702	702.5	0.00%	DR-VG	0.466	0.012	18.442	nee	1.500
	VG	2	6030	6032	0.03%	PB-VG	1.500	0.087	25.912	nee	2.408
3	PB	1	1883	1884	0.05%	PB-DR	4.841	0.180	130.198	nee	2.305
	DR	1	389	390	0.26%	DR-VG	0.056	0.001	3.160	nee	0.558
	VG	0	3465	3465	0.00%	PB-VG	0.272	0.005	15.276	nee	2.271
4	PB	5	4030	4035	0.12%	PB-DR					
	DR				0.00%	DR-VG					
	VG	15	6736	6751	0.22%	PB-VG	1.795	0.539	5.971	nee	0.753
5	PB	0	2655	2655	0.00%	PB-DR	15.303	0.272	861.745	nee	0.690
	DR	1	347	348	0.29%	DR-VG	0.240	0.020	2.840	nee	1.916
	VG	8	11561	11569	0.07%	PB-VG	3.674	0.124	109.122	nee	1.102
6	PB	0	168	168	0.00%	PB-DR					
	DR				0.00%	DR-VG					
	VG	0	1406	1406	0.00%	PB-VG	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)
7	PB	3	3882	3885	0.08%	PB-DR	2.908	0.347	24.350	nee	1.547
	DR	2	890	892	0.22%	DR-VG	6.880	1.307	36.209	ja	0.008
	VG	118	7632	7750	1.52%	PB-VG	20.007	5.132	78.001	ja	0.000
8	PB	14	5366	5380	0.26%	PB-DR	1.502	0.612	3.684	nee	0.866
	DR	13	3318	3331	0.39%	DR-VG	0.211	0.071	0.629	ja	0.001
	VG	7	8462	8469	0.08%	PB-VG	0.317	0.108	0.931	ja	0.027

Tabel 7 Toetsen op verschillen in percentages *coli-44* positieve herhalingsmonsters tussen typen monsterlocaties per waterbedrijf (gegevens 1996-1999).
 PB = uitgaand water productiebedrijven; DR = uitgaand water distributiereservoirs; VG = drinkwater percelen in voorzieningsgebieden.
 Ntot = totaal aantal monsters; N+ / N- = aantal positieve / negatieve monsters.
 BI-onder / BI-boven = ondergrens / bovengrens van het 95%-betrouwbaarheidsinterval van de odds ratio.
 Odds ratios van paren waaraan één percentage 0 is, zijn omkaderd (gerekend is met aantal positieve waarnemingen = 0,5). (0vs0): beide percentages zijn 0.
 Significantieniveau's χ^2 : $0,01 < p \leq 0,05$; $0,001 < p \leq 0,01$; $p \leq 0,001$.

Bedrijf nr.	Loc.	Waterkwaliteit				Verschillen					
		Aantal monsters			Fractie positief	Locaties	Odds ratio			X ² -test p	
		N+	N-	Ntot			BI-onder	BI-boven	p<0.05?		
1	PB	0	4125	4125	0.00%	PB-DR	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)
	DR	0	1019	1019	0.00%	DR-VG	0.219	0.004	12.325	nee	0.536
	VG	1	9298	9299	0.01%	PB-VG	0.887	0.016	49.869	nee	2.028
2	PB	0	4524	4524	0.00%	PB-DR	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)
	DR	0	702	702	0.00%	DR-VG	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)
	VG	0	6032	6032	0.00%	PB-VG	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)
3	PB	1	1883	1884	0.05%	PB-DR	2.414	0.043	135.932	nee	1.150
	DR	0	390	390.5	0.00%	DR-VG	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)
	VG	0	3465	3465	0.00%	PB-VG	0.272	0.005	15.276	nee	2.271
4	PB	0	4035	4035	0.00%	PB-DR					
	DR				0.00%	DR-VG					
	VG	0	6751	6751	0.00%	PB-VG	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)
5	PB	0	2655	2655	0.00%	PB-DR	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)
	DR	0	348	348.5	0.00%	DR-VG	0.060	0.001	3.387	nee	0.016
	VG	1	11568	11569	0.01%	PB-VG	0.459	0.008	25.801	nee	1.264
6	PB	0	168	168	0.00%	PB-DR					
	DR				0.00%	DR-VG					
	VG	0	1406	1406	0.00%	PB-VG	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)
7	PB	0	3885	3885	0.00%	PB-DR	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)
	DR	0	892	892	0.00%	DR-VG	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)
	VG	0	7750	7750	0.00%	PB-VG	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)
8	PB	0	5380	5380	0.00%	PB-DR	6.464	0.163	255.800	nee	0.854
	DR	2	3329	3331	0.06%	DR-VG	0.098	0.002	3.888	nee	0.425
	VG	0	8469	8469	0.00%	PB-VG	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)	(0vs0)

IV Rapport uit de VS over verontreiniging door drukschommelingen

Vertaling van de managementsamenvatting van Karim & LeChevallier (2000) [34]
“The potential for pathogen intrusion into distribution systems” :

De mogelijkheid van het binnendringen van pathogenen in distributiesystemen

De integriteit van het distributiesysteem wordt beschouwd de laatste en een van de belangrijkste barrières in het meervoudige barrière concept voor een veilige drinkwatervoorziening. Drukstoten in drinkwaterdistributieleidingen (drukschommelingen) kunnen hydraulische drukgradiënten veroorzaken, welke kunnen leiden tot het binnendringen van pathogenen die aanwezig zijn in de omgeving van distributiesystemen. De doelen van dit onderzoek waren om het voorkomen van indicatorbacteriën en pathogenen vast te stellen in de omgeving van drinkwaterdistributiesystemen en de drukgradiënten in een distributiesysteem vast te stellen.

In totaal zijn 65 monsters (32 van water en 33 van bodem) buiten de distributieleidingen van acht waterbedrijven in zes staten verzameld. De monsters zijn onderzocht op (thermotolerante) bacteriën van de coligroep, *Clostridium perfringens*, *Bacillus subtilis*, colifagen en enterovirussen. *B. subtilis* en *C. perfringens* zijn uitgeplaat op MSA resp. mCP media. Enterovirussen zijn vastgesteld in Buffalo Green apenniercel-monolayers en met behulp van de reverse transcriptase polymerase chain reaction (RT-PCR) . Bacteriën van de coligroep zijn vastgesteld in 58% (18 van 31) van de watermonsters en 70% (23 van 33) van de bodemmonsters. Thermotolerante bacteriën van de coligroep zijn vastgesteld in 43% (12 van 28) en 50% (15 van 30) van de water- resp. bodemmonsters. *C. perfringens* is vastgesteld in 30% (9 van 30) van de watermonsters en in 25% (8 van 32) van de bodemmonsters. *B. subtilis* werd regelmatig aangetroffen, zowel in de water- als in de bodemmonsters (24 van 30 resp. 31 van 32). Omdat bodemmonsters tot wel 1.10^8 KVE van *B. subtilis* sporen per gram bodem kunnen bevatten, zou dit organisme een goede indicator kunnen zijn voor het binnendringen van materiaal in de drinkwatervoorziening. Met celkweken zijn enterovirussen aangetroffen in 10% (3 van 30) van de watermonsters en 9% (3 van 32) bodemmonsters. In bodem- en watermonsters samen zijn op 13% (4 van 32) van de locaties met celkweken virussen aangetroffen en op 56% (18 van 32) van de locaties zijn met celkweken en/of RT-PCR enterovirussen aangetroffen. Colifagen zijn in bodemmonsters niet aangetroffen, maar wel in 6% (2 van 31) van de watermonsters.

Drukstoten zijn gevolgd op 11 locaties in een groot distributiesysteem met behulp van een Radlog druklogger. Drukstoten traden regelmatig op in het distributiesysteem, hoewel geen momenten van negatieve druk zijn vastgesteld. De minimumdruk op een van de locaties was 29 KPa (4,2 PSI). Bij deze lage druk kan materiaal binnendringen indien de druk buiten de leidingen hoger is. Deze

resultaten suggereren de mogelijkheid van het binnendringen van pathogenen in het distributiesysteem tijdens drukstoten.

Samengevat (interpretatie van resultaten, niet in de originele samenvatting)

	Percentage positieve monsters	
	Watermonsters	Bodemmonsters
Coli37 (MPN)	58% (18 van 31; 50 ml)	70% (23 van 33)*
Coli44 (MPN)	43% (12 van 28; 50 ml)	50% (15 van 30)*
<i>C. perfringens</i> (KVE)	30% (9 van 30; 100 ml)	25% (8 van 32)*
<i>B. subtilis</i> (KVE)	80% (24 van 30; 100 ml)	97% (31 van 32)*
Virussen (celkweek)	10% (3 van 30; 100 ml)	9% (3 van 32; 100 g)
Virussen (celkweek)	13% (4 van 32 locaties)**	
Virussen (celkweek of RT-PCR)	56% (18 van 32 locaties)**	
Colifagen (PVE)	6% (2/31; 100 ml)	0% (100 g)

* de resultaten worden gepresenteerd met een detectiegrens van 1 per 100 g monster, maar volgende de beschrijving van de opwerkingsmethode van het bodemmateriaal wordt telkens 0,1 tot 10 ml van een oplossing van 10 g bodemmateriaal in 90 ml water gebruikt (= ca. 0,01 g tot 1 g per monster).

** in water- of bodemmonster of in beide

Commentaar op het rapport:

Indien drukstoten van korte duur zijn, dan is het weliswaar niet uitgesloten dat de druk buiten de leiding tijdelijk hoger is dan in de leiding, maar door het continu uitstromen van schoon drinkwater in de periode daarvoor, zal de kleine hoeveelheid eventueel binnendringend water waarschijnlijk niet of nauwelijks verontreinigd zijn met het materiaal uit de omgeving. Een periodiek zeer lichte, en gezien de samenstelling van de bodem- en watermonsters, mogelijk fecale verontreiniging van het drinkwater is op deze wijze echter niet uit te sluiten.

V Handleiding voor risico-inventarisatie en risicobeheersing met behulp van MaRiskA

MaRiskA (Managing Risk Assessment & Risk Control) is een hulpmiddel beschikbaar in MS Excel en MS Access voor het systematisch vastleggen van onderdelen van de infrastructuur en bedrijfsvoering, de evaluatie van de risico's en de maatregelen voor beheersing van de risico's. De methode voor risico-inventarisatie en risicobeheersing met MaRiskA is gebaseerd op HACCP en FMEA (zie hoofdstuk 6).

De grote lijnen van een periodieke cyclus van risico-inventarisatie en -beheersing zijn:

1. Samenstellen van een multidisciplinair team voor risico-inventarisatie.
2. Beschrijven van de onderdelen van de infrastructuur en de bedrijfsvoering.
3. Inventariseren van de verontreinigingsdreigingen per onderdeel van de infrastructuur en bedrijfsvoering.
4. Beschrijven van de structurele effectbeperking door latere processtappen in de infrastructuur.
5. Inschatten van het risiconiveau per onderdeel, exclusief risicobeperkende handelingen:
 - Kans op verontreinigingen, niveau 0 tot 10 (zonodig tot 100).
 - Effect van deze verontreinigingen, niveau 0 tot 10 (zonodig tot 100).
 - Risico = kans x effect, echter beperkt tot een niveau van 0 tot 100.Een risiconiveau komt tot stand door inschatting van het kansniveau en het effectniveau door het team en is dus subjectief. Het is niet bedoeld voor het inschatten van het werkelijke kwantitatieve risico (het infectierisico per persoon per jaar), maar voor niet-kwantitatieve vergelijking van de risico's van de verschillende bedreigingen en als hulpmiddel bij de beoordeling van het risico: acceptabel, mogelijk onacceptabel of onacceptabel.
6. Inventariseren van procedures voor preventieve handelingen.
7. Vaststellen of monitoring van de kwaliteit van de infrastructuur, bedrijfsvoering en/of het water voor het te evalueren bedrijfsonderdeel mogelijk en noodzakelijk is om het verontreinigingsrisico's acceptabel te maken.
8. Inventariseren van bestaande systemen voor monitoring van de kwaliteit van de infrastructuur, bedrijfsvoering en het water voor het te evalueren bedrijfsonderdeel, inclusief criteria voor goed- of afkeuring.
9. Inventariseren van bestaande procedures voor corrigerende handelingen indien de infrastructuur, bedrijfsvoering of het water niet van voldoende kwaliteit is.
10. Inschatten van het risiconiveau per onderdeel, inclusief risicobeperkende handelingen, als hulpmiddel bij de beoordeling van de risico's.
11. Toetsing van het risiconiveau aan referentiewaarden. De hoogte van deze referentiewaarden is een arbitrair hulpmiddel, vast te stellen door het team, b.v.:
 - Niveau ≥ 50 : onacceptabele risico's.
 - $20 \leq \text{niveau} < 50$: mogelijk onacceptabele risico's.
 - Niveau < 20 : acceptabele risico's.
12. Per onacceptabel risico maatregelen vaststellen, voor *mogelijk* onacceptabele risico maatregelen of nader onderzoek vaststellen (zie 14).

13. Inschatten van het effect van de maatregelen op het risiconiveau, als hulpmiddel bij de kosten/baten-evaluatie.
14. Op basis van een kosten/baten-evaluatie maatregelen kiezen. Onacceptabele risico's moeten uiteraard worden verminderd, maar het aanpakken van een groot aantal op relatief voordelige wijze te verminderen risico's kan een grotere risicobeperking tot gevolg hebben dan de vermindering van één of enkele risico's die grote investeringen vergt. Nader onderzoek van *mogelijk* onacceptabele risico's kan nodig zijn de noodzaak, de aard en de omvang van de maatregelen te onderbouwen. Als de maatregelen minder kosten dan dergelijk onderzoek, dan is het aan te bevelen de maatregelen zonder nader onderzoek te implementeren.
15. Implementatie van de maatregelen plannen. Risico's kunnen als onacceptabel worden geïdentificeerd, maar dat wil niet zeggen dat de kans op een verontreiniging zo groot is dat zonder enig uitstel maatregelen moeten worden getroffen (fecale verontreiniging van drinkwater komt immers zelden voor). Spreiding van investeringen is daarom meestal te verantwoorden.
16. Vastleggen van de resultaten (informatie, kennis, beslissingen) in MaRiskA (bij voorkeur samenvatten in een rapport) en een nieuwe inventarisatiecyclus plannen.

Toelichting per stap (afbeeldingen niet geactualiseerd voor de versie in MS Access):

1. Samenstellen van een multidisciplinair team

Bij de samenstelling van een team dat de risico-inventarisatie uit gaat voeren en voorstellen gaat doen voor risicobeheersing, is het aan te bevelen om een multidisciplinair team te vormen. Uit ervaring blijkt dat collega's uit andere sectoren van het bedrijf (bijvoorbeeld winning, behandeling, distributie, drinkwaterinstallaties, waterkwaliteitsbeoordeling, verkoop etc.) een verfrissende en kritische blik kunnen hebben op situaties die ervaren collega's uit dezelfde sector als normaal beschouwen. Ook collega's uit andere waterbedrijven kunnen een verbreding van het blikveld opleveren. In het tabblad 'Colofon' kan het team worden weergegeven, alsmede de periode waarin de inventarisatie is uitgevoerd (afb. 1).

Colofon							
Startdatum cyclus	14-feb-01		(volgende in 2006)				
Einddatum cyclus	7-mrt-01		rapport: link				
Samenstelling van het team dat deze cyclus heeft uitgevoerd							
Naam	Extern?	Taak	Functie	Bedrijfsonderdeel	E-mail	Telefoon	Regio

Afbeelding 1 Vastleggen van uitvoerend team, evaluatieperiode en links naar rapportage

2. Beschrijven van de infrastructuur en de bedrijfsvoering

Om de risico-inventarisatie systematisch en gestructureerd te kunnen uitvoeren, is het noodzakelijk om dit de doen aan de hand van beschrijvingen van de infrastructuur en (het kwaliteitshandboek met) werkprocedures. De kans dat onderdelen en bijbehorende risico's over het hoofd gezien worden, wordt hiermee aanzienlijk gereduceerd. De infrastructuur kan als volgt worden gerubriceerd:

- Tabblad voor het waterbedrijf (indeling van infrastructuur in eenheden)
- Tabbladen per eenheden van de infrastructuur (productiebedrijf, voorzieningsgebied, klanten per groep etc.)
- Per tabblad
 - kolom voor stadium (winning, behandeling, opslag, distributie, etc.)
 - kolom voor processtap (bv. winputten type 1, transportleidingen Bonna, reparatie van leidingen, schoonmaken van reinwaterreservoirs etc.)
 - kolom voor onderdeel (bv. omstorting winput, leidingverbinding, opslag van materialen op een werkplek, openen brandkraan etc.)
 - zonodig en desgewenst een kolom voor omschrijving van het onderdeel.

In elke regel kan dan een onderdeel van de infrastructuur of bedrijfsvoering worden opgenomen (zie afbeelding 2).

Veel van de bedrijfsvoering is gerelateerd aan specifieke onderdelen van de infrastructuur en kan op een tabblad voor de infrastructuur als een regel worden opgenomen. Bestaande bedrijfsvoering die de te evalueren risico's specifiek beperkt en bedrijfsvoering voor monitoring van deze risico's, neemt een aparte plaats in. Deze onderdelen van de bedrijfsvoering worden niet als een regel in de inventarisatie opgenomen, maar worden als kolommen voor bestaande risicobeperking opgenomen (zie stappen 6, 7 en 8). Hierbij kan worden verwezen naar werkprocedures (beschrijvingen van de bedrijfsvoering). Voor algemene aspecten van de bedrijfsvoering (b.v. communicatie, cultuur, logistiek) kan een apart tabblad worden opgenomen.

	A	B	C	D	H	M	N
1	Voorzieningsgebied						
2	Uitvoering van risicoanalyse			februari 2001	(volgende in 2006)		
3	Inventarisatie infrastructuur en besmettingsdreiging						
4	Infrastructuur					Besmettingsdreiging	Effectbeperkende infrastructuur
5	Stadium	Processtap	Onderdeel	Omschrijving	Omschrijving	Omschrijving	Structureel (preventief)
6	kies uit lijst						
61	43	transport	Transportleidingen 400-800 mm	Procedures, storingsfrequentie	Reparatie		
62	44	transport	Transportleidingen 400-800 mm	Procedure	schoonmaken	Proppen of spuien van de leiding	
63	45	transport	Transportleidingen 400-800 mm	Procedure		Transportleidinen worden niet afgeperst na reparatie en lekken worden dus mogelijk niet goed gedetecteerd	
64	46	transport	Transportleidingen 400-800 mm	Procedure	Reparatie	Grote lekken in een transportleiding die in bedrijf wordt gehouden omdat hij niet vervangen kan worden. Er kan dan een besmetting optreden bij optreden van drukloosheid.	
65	47	transport	Transportleiding	Procedure		Monstername, betekenis van een "goed" monster bij een transportleiding?!	
66	48	distributie	hoofdleidingen			Dode hoeken in het leidingnet welke bij een spui-actie na besmetting niet geraakt worden	

Afbeelding 2 Inventarisatie van infrastructuur (b.v. distributiesysteem) en bedreigingen

3. Inventariseren van verontreinigingsdreigingen

Per onderdeel van de infrastructuur moeten bedreigingen worden geïnventariseerd en beschreven (zie ook afbeelding 2). Per onderdeel van de infrastructuur kunnen zonodig meerdere bedreigingen worden beschreven door de regel met de infrastructuur te kopiëren. Ook hier zijn verwijzingen naar meer uitgebreide evaluaties van dreigingen aan te bevelen.

Veel bedreigingen zijn al bekend, maar over het algemeen niet systematisch vastgelegd en daardoor niet voor iedereen en niet altijd toegankelijk. Een eenmalige inventarisatie en periodieke actualisatie vergroot daardoor de beschikbaarheid en uitwisselbaarheid van kennis binnen het bedrijf. Veel bedreigingen kunnen op meerdere plaatsen in de infrastructuur worden onderkend, hetgeen de efficiëntie van zowel de risico-inventarisatie als de risicobeheersing ten goede komt.

Alle theoretische bedreigingen moeten in de inventarisatie worden vastgelegd, ook de bedreigingen waarvan bekend is dat het risico door eerdere maatregelen beperkt is. De bestaande risicobeperkingen moeten in de volgende onderdelen van de risico-inventarisatie worden vastgelegd.

De methode is ontwikkeld in het kader van een project dat zich richt op beheersing van microbiologische verontreinigingsrisico's, met name tijdens distributie van drinkwater. De methode lijkt echter ook goed toepasbaar bij de analyse en beheersing van andere risico's. Tijdens de ontwikkeling van MaRiskA is daarom ook de mogelijkheid opgehouden om verontreinigingsrisico's in productiebedrijven en toxicologische verontreinigingsrisico's te inventariseren. Desgewenst kunnen deze onderdelen worden verwijderd of uitgebreid met andere risico's zoals esthetische risico's (leveringszekerheid, kleur, geur, smaak, deeltjes, ongewervelde dieren, milieueffecten, kosten).

4. Inventariseren van structurele effectbeperking in de infrastructuur

De effecten van identieke verontreinigingen van water zijn niet in alle fasen van productie en distributie even groot. Waterbehandeling na de fase waarin de verontreiniging optreedt, beperkt de effecten van verontreinigingen, met name indien deze waterbehandeling gericht is op de verwijdering van verontreinigingen die in de grondstof voorkomen. Gelet op de hogere verontreinigingsgraad van oppervlaktewater, zal een verontreiniging vroeg in het productieproces van oppervlaktewaterverwerkende productiebedrijven minder effect hebben dan een verontreiniging in bijvoorbeeld een grondwaterverwerkend productiebedrijf of in het distributiesysteem. Sommige verontreinigingen komen zo vaak voor, dat de waterbehandeling in productiebedrijven erop ingesteld is, zoals de verontreiniging van ruwwaterreservoirs met uitwerpselen van vogels of kadavers van dieren. De kosten van preventieve kansbeperkende maatregelen zoals het overdekken van dergelijke reservoirs zijn soms hoger dan de kosten van effectbeperkende waterbehandeling.

5. Inschatten van het risiconiveau per onderdeel (exclusief risicobeperkende handelingen)

Per bedreiging worden de risico's ingeschat, exclusief risicobeperkende handelingen:

- Kans op verontreinigingen, niveau 0 tot 10 (zodanig tot 100).
- Effect van deze verontreinigingen, niveau 0 tot 10 (zodanig tot 100).
- Risico = kans x effect, echter beperkt tot een niveau van 0 tot 100.

In afbeelding 3 is een ingevuld voorbeeld gegeven. Oorspronkelijk werd een bereik van 0 tot 10 gebruikt voor het inschatten van kansen en effecten (zoals ook gebruikelijk bij de FMEA-methode). Deze bereiken bleken echter in sommige gevallen een beperking van de mogelijkheden van het inschatten van risico's. Sommige risico's zijn namelijk opgebouwd uit een zeer kleine kans, welke dan gevoelsmatig altijd 1 is (en die dus ook getalsmatig niet meer te beperken is). In combinatie met het oorspronkelijke maximum effect van 10, was het risico nooit hoger dan 10, een relatief laag risico. Van sommige risico's zijn de effecten echter zo onacceptabel, dat risicobeperkende maatregelen vereist zijn ondanks de zeer lage kans. Anderzijds zijn er risico's met een zeer grote kans en een laag effect, dat evenwel in combinatie ook als onwenselijk ingeschat wordt.

Een risiconiveau komt tot stand door inschatting van het kansniveau en het effectniveau door het team en is dus subjectief. Het is niet bedoeld voor het inschatten van het werkelijke kwantitatieve risico (het aantal geïnfecteerde mensen per jaar), maar als hulpmiddel bij de beoordeling van de risico's en voor niet-kwantitatieve vergelijking van de risico's van de verschillende bedreigingen.

	O	P	Q	R	S	U	V	W	X
1	acceptabel < 20			(criteria voor risiconiveau, alleen hier evt. aanpassen)					
2	onacceptabel >= 50								
3	Evaluatie risico's infrastructuur			Inventarisatie risicobeperkende handelingen (bedrijfsvoering)					
4	Kans	Effect	Risico	Preventief		Periodieke kwaliteitsbeoordeling		Corrigerend	
5	Niveau	Niveau	Niveau	Toelicht (structureel en periodiek)		Variabele Programma		Criterium	
6	0 tot 10	0 tot 10	0 - 100	evt. com evt. comment		evt. comment		evt. comment	
19			0						
20	5	6	30	Periodiek schoonmaken					
21			0						
22	6	8	48			beddichte	dagelijks	minimaal 80 cm	filterbed aanvullen
7	9	63		hygienisch werken tijdens werkzaamheden		indicatorbacterien na werkzaamheden	dagelijks	minimaal 3 dagen negatief	filter uit productie houden
23						vlies op bovenwater	elke twee weken	visueel waarneembaar	vliesspuien bovenwater
9	4	36							
24									

Afbeelding 3 Evaluaties van risico's (exclusief beperkende handelingen) en inventariseren van risicobeperkende handelingen.

6. Inventariseren van preventieve handelingen

Preventieve handelingen maken onderdeel uit van 3 soorten handelingen die samen een beperking van de risico's tot gevolg hebben:

- Preventieve handelingen;
- Detectie van afwijkingen (kwaliteitsbeoordeling, beschreven onder punt 8)
- Corrigerende handelingen (beschreven onder punt 9).

Preventieve handelingen beperken de kans op verontreinigingen door ze altijd of periodiek uit te voeren, ongeacht de kwaliteit van de infrastructuur, de bedrijfsvoering of het water. In veel gevallen betreft het periodiek onderhoud of richtlijnen voor hygienisch werken aan de watervoerende infrastructuur (zie afbeelding 3).

7. Vaststellen van de noodzaak van periodieke kwaliteitsbeoordeling en

8. Inventariseren van de periodieke kwaliteitsbeoordeling

Een belangrijk onderdeel van de bedrijfsvoering dat zowel een rol speelt bij de beperking van de kans op verontreinigingen als bij de beperking van de effecten van verontreinigingen is de periodieke kwaliteitsbeoordeling. Op kritische punten kan het nodig zijn om periodiek de kwaliteit van de infrastructuur, de bedrijfsvoering en/of het water worden beoordeeld om de risico's tot een aanvaardbare niveau te beperken. Er zijn drie vormen van kwaliteitsbeoordeling:

- Waterkwaliteitsbeoordeling.
- Inspectie van de kwaliteit van infrastructuur.
- Auditing van de kwaliteit van werkzaamheden.

Indien het risico (kans x effect) van een verminderde kwaliteit van water, infrastructuur of werkzaamheden op een bepaald punt in de productie of distributie van drinkwater acceptabel is, dan kan deze kwaliteitsbeoordeling achterwege gelaten worden. Indien het risico echter niet acceptabel is, dan is kwaliteitsbeoordeling dus essentieel voor het waarborgen van de kwaliteit van het geleverde product.

De microbiologische waterkwaliteitsbeoordeling heeft over het algemeen een beperkte risicobeperkende werking, omdat de resultaten vaak nog tenminste een dag op zich laten wachten. Indien zich bijvoorbeeld een microbiologische verontreiniging van het drinkwater in het distributiesysteem heeft voorgedaan, dan hebben afnemers reeds verontreinigd drinkwater gedronken op het moment dat de verontreiniging bekend is. Daarna kan alleen nog een verdere toename van het risico voorkomen worden door corrigerende maatregelen. Indien het een fecale verontreiniging betreft, moeten vaak vergaande maatregelen getroffen worden, zoals de toevoeging van desinfectiemiddelen aan water en het afgeven van een kookadvies aan de afnemers. De reputatie van het waterbedrijf en van drinkwater lijden onder dergelijke incidenten, ook al zijn de effecten op de gezondheid van afnemers over het algemeen zeer beperkt. Het is niet zinvol om de periodieke waterkwaliteitsbeoordeling die niet specifiek is voor het te evalueren onderdeel van de infrastructuur of bedrijfsvoering, in elke regel in te voeren.

De kolom waterkwaliteitsbeoordeling zijn worden opgesplitst in kolommen voor beschrijving van de variabelen, het beoordelingsprogramma (frequentie en locaties) en de criteria voor af- en goedkeuring (zie afbeelding 3).

In productiebedrijven maakt periodieke kwaliteitsbeoordeling vaak uit van de bewaking van de effectiviteit van de waterbehandeling. Afwijking van criteria leidt dan tot bijstelling van het waterbehandelingsproces. Indien deze kwaliteitsbeoordeling geautomatiseerd is en automatisch tot een bijstelling van het waterbehandelingsproces leidt, bijvoorbeeld door bijstelling van doseringen, dan betreft het geen handelingen en worden deze als onderdeel van de infrastructuur geëvalueerd. Risico's van deze onderdelen zijn bijvoorbeeld het uitvallen of afwijken van meetapparatuur. Periodieke inspectie en kalibratie van dergelijke apparatuur is dan weer een onderdeel van de periodieke kwaliteitsbeoordeling.

9. Inventariseren van corrigerende handelingen

Deze beschrijving beperkt zich tot de handelingen die specifiek voorgeschreven zijn voor correctie van afwijkingen die vastgesteld worden tijdens de periodieke kwaliteitsbeoordeling (punt 8). Vaak hebben deze afwijkingen nog niet direct een kwaliteitsvermindering van het geleverde product tot gevolg gehad, maar wordt desondanks ingegrepen om verdergaande kwaliteitsvermindering te voorkomen (zie afbeelding 3). Als echter een verontreiniging van drinkwater gedetecteerd wordt tijdens de periodieke waterkwaliteitsbeoordeling of naar aanleiding van andere indicaties, dan staan het bedrijf corrigerende maatregelen (spuien, chloren, kookadvies, uitschakelen eenheden etc.) ter beschikking om de effecten van de verontreiniging voor de volksgezondheid te beperken. Het is niet zinvol om deze algemene beperkende maatregelen in elke regel in te voeren.

10. Inschatten van het risiconiveau per onderdeel (inclusief risicobeperkende handelingen)

Stap 5 kan nu herhaald worden, maar dan inclusief een evaluatie van de risicobeperkende effecten van stap 6, 8 en 9 (zie afbeelding 4). Het vaststellen van deze risiconiveaus is een hulpmiddel bij de beoordeling van de risico's in stap 11.

	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD
1	acceptabel <		20						
2	onacceptabel >=		50						
3	Evaluatie risico's incl. handelingen								
4	Kans	Effect	Risico		Conclusie	Aanbevelingen voor maatregelen		Kosten (out of pocket)	
5	Niveau	Niveau	Niveau	Toelichting	Acceptabel?	Mogelijke maatregelen		eenmalig	jaarlijks
6	0 tot 100	0 tot 100	0 - 100	evt. comment	kies uit lijst	Aard	Omschrijving	euro	euro
						kies uit lijst	evt. comment		
2	8	16			nee	infrastructuur	open verbindingen dichtmaken	zie 12	
41									
1	8	8			ja	geen			
42									
2	10	20			?	onderzoek	Vee op afstand houden door hekken	7.000	pm
43									
6	9	54		Procedure is in voorbereiding	nee	bedrijfsvoering	procedure DOP (hygienisch opleveren putten), zonodig bacteriologisch onderzoek grote volumes voor oplevering		
44									
6	9	54		Procedure is in voorbereiding	nee	bedrijfsvoering	procedure DOP (hygienisch opleveren putten), zonodig bacteriologisch onderzoek grote volumes voor oplevering		
45									
5	9	45		Procedure is in voorbereiding	nee	bedrijfsvoering	procedure DOP (hygienisch opleveren putten), zonodig bacteriologisch onderzoek grote volumes voor oplevering		
46									

Afbeelding 4 Evaluaties van risico's (inclusief beperkende handelingen) en vaststellen van maatregelen gericht op (mogelijk) onacceptabele risico's

11. Toetsing van risico aan referentiewaarden

Indien de kwantitatieve risico's bekend zijn, dan kunnen de totale risico's worden getoetst aan de streefwaarde of norm. Voor microbiologische veiligheid van het uitgaande water van oppervlaktewaterverwerkende productiebedrijven is deze grenswaarde voorlopig vastgesteld op een infectierisico (infectiekans) met pathogene micro-organismen van 1.10^{-4} per persoon per jaar.

Zodra die overschreden wordt, kan het totale risico worden beperkt door één of meerdere risico's door maatregelen te beperken en de risico's opnieuw te kwantificeren. Hierbij kan het goedkoper zijn om veel kleine risico's te beperken in plaats van het beperken van één groot risico. Een kosten/baten-evaluatie van maatregelen is daarom wenselijk.

Over de verontreinigingsrisico's per onderdeel van de infrastructuur in grondwaterverwerkende productiebedrijven en in distributiesystemen, maar ook voor een aantal onderdelen van oppervlaktewaterverwerkende productiebedrijven zijn over het algemeen nauwelijks of geen kwantitatieve gegevens beschikbaar. Voor deze onderdelen kan door het team slechts worden ingeschat of een risico al dan niet te hoog is. Er is vooralsnog geen inzicht in de mogelijkheid om absolute streefwaarden vast te stellen. De inschatting van de kans- en effectniveaus zijn een hulpmiddel om te komen tot de 3 conclusies:

- Acceptabel (het risico krijgt een groene achtergrond)
- Mogelijk onacceptabel (het risico krijgt een oranje achtergrond)
- Onacceptabel (het risico krijgt een rode achtergrond).

De grenswaarden voor deze niveaus zijn arbitrair en kunnen door het team worden vastgesteld. De grenswaarden zijn tijdens de eerste toepassingen op 20 en 50 gesteld.

In MaRiskA kan per onderdeel van de infrastructuur worden aangegeven of de risico's acceptabel zijn. Als dit onbekend is, kan dit ook worden aangegeven (zie afbeelding 4).

12. Maatregelen vaststellen en begroten

Indien een risico als onacceptabel wordt beoordeeld, dan moeten maatregelen worden geïdentificeerd. In MaRiskA kunnen de maatregelen kort worden omschreven en de kosten worden weergegeven (zie afbeelding 4). In eerste instantie zal het hier inschattingen betreffen, maar in een later stadium van de risicobeheersingscyclus kan worden verwezen naar documenten die de aanpak en begroting onderbouwen.

13. Inschatten van het effect van maatregelen op het risiconiveau

Ter ondersteuning van de kosten/baten-evaluatie is het wenselijk om het effect van de maatregelen op het risiconiveau in te schatten. Dit verwachte effect kan in MaRiskA worden vastgelegd (zie afbeelding 5).

14. Maatregelen kiezen op basis van kosten/baten-evaluatie

Indien de kosten/baten-verhouding van benodigde maatregelen laag is, dan zullen deze over het algemeen uitgevoerd worden. Indien deze verhouding hoog is, dan is het mogelijk dat maatregelen gericht op andere onderdelen van de infrastructuur of bedrijfsvoering een betere kosten/baten-verhouding hebben (voor lagere kosten worden de risico's bijvoorbeeld net zoveel beperkt). Het kan ook zijn dat er onvoldoende kennis is over de risico's zelf en/of over de kosten/baten-verhouding van (verschillende) maatregelen. Nader onderzoek is in dergelijke gevallen meestal een goede investering. Indien de kosten van een dergelijk onderzoek hoger zijn dan maatregelen, dan is investeren in onderzoek niet zinvol. De conclusies kunnen in MaRiskA worden vastgelegd (zie afbeelding 5).

15. Implementatie van maatregelen plannen

Budgetten en menskracht zijn vaak beperkend voor de snelheid waarmee maatregelen kunnen worden geïmplementeerd. Uit een prioritering en planning kan naar voren komen dat eerder geplande projecten en de tijdens de risico-inventarisatiecyclus voorgestelde maatregelen invloed op elkaar hebben. Uit een dergelijke evaluatie kan blijken dat de voorgestelde maatregelen tegen de tijd dat ze

geïmplementeerd zouden worden, niet meer nodig zijn als gevolg van de uitvoering van andere projecten. In MaRiskA kunnen desgewenst ook resultaten van prioritering en planning worden opgenomen (zie afbeelding 5).

	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL
1	acceptabel <		20					
2	onacceptabel >=		50					
3								
4	Baten (risiconiveau)			Kosten/baten	Doen?	Planning		
5	kans	effect	risico	conclusie		Implem.tijd	Prioriteit	Gereed
6	0 tot 100	0 tot 100	0 tot 100	kies uit lijst	kies uit lijst	aantal jaar	kies uit lijst	datum
1	8	8						
41								
1	8	8						
42								
0	10	0	goed	ja	1	2 (hoog)	1-jan-03	
43								
1	9	9	goed	ja	0,5	1 (zeer hoog)	1-jan-02	
44								
1	9	9	goed	ja	0,5	1 (zeer hoog)	1-jan-02	
45								
1	9	9	goed	ja	0,5	2 (hoog)	1-jan-02	
46								

Afbeelding 5 Conclusies over verwachte effecten, kosten/baten-verhouding en planning van maatregelen

16. Vastleggen resultaten en een nieuwe cyclus plannen

Zodra de risico-inventarisatie is uitgevoerd, is het van belang om de resultaten ervan goed vast te leggen, bij voorkeur in een rapport waarin de geïdentificeerde risico's en aanbevolen maatregelen worden samengevat, inclusief een evaluatie van de risico-inventarisatie. De in MaRiskA ingevoerde gegevens kunnen worden bewaard en een kopie kan als basis dienen voor de volgende cyclus.

De frequentie van risico-inventarisaties zal verschillen van bedrijfs onderdeel tot bedrijfs onderdeel. Per bedrijfs onderdeel (tabblad) kan in MaRiskA aangegeven worden wanneer de vorige risico-inventarisatie is uitgevoerd en voor wanneer de volgende wordt voorgesteld.

Het is in ieder geval van belang om bij elke ontwikkeling of verandering van infrastructuur en bedrijfsvoering een risico-inventarisatie voor de betreffende onderdelen uit te voeren.

Gefaseerde invoering van risico-inventarisatie en risicobeheersing

Voor een volledige risico-inventarisatie en -beheersing kunnen alle hiervoor beschreven onderdelen uitgevoerd worden. Met name als dergelijke analyses nog niet eerder zijn uitgevoerd, vergt een volledige analyse van alle bedrijfs onderdelen een grote investering. Het is aan te bevelen om de methode modulair en in het begin in beperkte mate toe te passen, waarbij de kennis en informatie stap voor stap in MaRiskA wordt ingevoerd.