

Microbiologisch veilig water: oude en nieuwe bedreigingen vragen om een hernieuwde aanpak

Nikki van Bel, Patrick Smeets (KWR Watercycle Research Institute), Ana Maria de Roda Husman (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu), Lucie Vermeulen (Wageningen UR), Louise Vanysacker (De Watergroep)

Een groot deel van de wereld heeft geen toegang tot microbiologisch veilig drinkwater. Maar ook in landen met veilig drinkwater moeten we alert zijn op ziekteverwekkende virussen en bacteriën in water als dat wordt gebruikt voor recreatie, landbouw of als bron voor drinkwater. Naast de bekende microbiologische bedreigingen zijn er ook nieuwe bedreigingen waarvoor snellere en nieuwe meetmethoden en waterzuiveringstechnieken moeten worden ontwikkeld. Op veel vlakken in de watercyclus vindt vernieuwing plaats die kan worden toegepast om het water microbiologisch veilig te maken en te houden.

Een grote Nederlands-Vlaamse delegatie was in mei 2017 aanwezig op het internationale congres 'Health-Related Water Microbiology' van de International Water Association (IWA) in Chapel Hill, Verenigde Staten. Hier werden de laatste trends, de nieuwste inzichten en de huidige stand van zaken op het gebied van de microbiologie gerelateerd aan water gepresenteerd. Onderwerpen die ter sprake kwamen waren:

- de kwantitatieve microbiologische risicoanalyse en de brede inzetbaarheid van deze methode,
- het verkrijgen van data over ziekteverwekkende micro-organismen in het milieu en hun verwijdering door zuiveringsprocessen,
- de noodzaak en de effecten van ingrepen in het distributiesysteem (bijvoorbeeld spuien of chloren),
- nieuwe microbiologische methoden en daarmee samenhangend onderzoek naar de bronnen van microbiologische verontreinigingen,
- de rol van (drink)water in de verspreiding van antibioticaresistentie, en
- welke eisen er in de toekomst gesteld moeten worden aan het hergebruik van (afval-) water voor bijvoorbeeld drink- of irrigatiewater. In dit artikel worden de belangrijkste bevindingen van het congres op een rij gezet.

Risicoanalyse microbiologische veiligheid

Een belangrijk onderwerp op het congres was de kwantitatieve microbiologische risicoanalyse (QMRA: Quantitative Microbial Risk Assessment). In Nederland vormt QMRA de kern van de Analyse Microbiologische Veiligheid Drinkwater (AMVD). Wereldwijd wordt QMRA steeds breder ingezet om de microbiologische risico's van verschillende toepassingen van water en processen als het gebruik van (afval)water voor drinkwaterproductie, recreatie of irrigatie, te modelleren en in kaart te brengen. Het modelleringsprogramma QMRACatch, mede ontwikkeld door het RIVM, is gebruikt voor de modellering van het Oostenrijkse deel van de Donau [1]. In een tweede Nederlandse bijdrage werd gepresenteerd hoe de AMVD kan bijdragen aan het bepalen van de optimale

monitoringsstrategie voor drinkwaterbedrijven [2]. Monitoring wordt daarmee op risico gebaseerd, waar ook de Europese wetgeving in haar revisie naar streeft. Daarmee wordt ook beter inzicht verkregen in wat de resultaten van monitoringsprogramma's precies betekenen. Een belangrijk aspect hierbij is dat de maximale concentratie ziekteverwekkende bacteriën, virussen of fecale indicatoren (*E. coli*, *enterococci*) in de drinkwaterbron, met name oppervlaktewater, wordt meegenomen in de berekeningen. Omdat continue monitoring van deze pathogenen niet of zeer beperkt mogelijk is en hoge kosten met zich meebrengt, is het lastig om de maximale concentraties te bepalen. Als bij het vaststellen van het monitoringsprogramma rekening wordt gehouden met extra metingen tijdens mogelijke piekmomenten, zoals heftige regenval, de concentratie voor andere situaties met een grotere zekerheid kan worden voorspeld [3]. Implementatie van een zogenaamd waterveiligheidsplan (Water Safety Plan), waarvan de risicoanalyse een onderdeel is, heeft in Frankrijk en Spanje over het algemeen geleid tot een verbetering van de microbiologische en chemische waterkwaliteit [4].

Nu QMRA wereldwijd wordt toegepast, wordt de aanpak ook gaandeweg verbeterd. Het modelleren van drinkwaterconsumptie op persoonsniveau reflecteert beter de werkelijkheid, omdat personen die meer water drinken dit waarschijnlijk het hele jaar door doen [5]. Daarnaast was er kritiek op de diversiteit aan dosis-responsrelaties, het aantal micro-organismen dat iemand moet binnenkrijgen om ziek te worden. Van elk soort micro-organisme bestaan er meerdere typen en met het vaststellen van de dosis-responsrelatie richt men zich voornamelijk op één type per micro-organisme. Het berekend risico wordt sterk beïnvloed als niet alle typen van een micro-organisme worden meegenomen in de berekening [6]. Aangezien de verschillende typen niet dezelfde infectiviteit (besmettelijkheid) hoeven te hebben, kan dit (grote) gevolgen hebben voor het berekende risico. Diverse onderzoekers hebben tijdens het congres afgesproken de toegepaste QMRA-methoden meer transparant te omschrijven, en er zal op QMRA-gebied meer worden samengewerkt.



Foto: The Water Institute at UNC

Modelleren

Naast de microbiologische veiligheid was er veel aandacht voor het verkrijgen van data over pathogenen in het milieu en hun verwijdering door zuiveringsprocessen, zowel bij afvalwaterbehandeling als bij drinkwaterzuivering. Dit varieert van het zeer grootschalig modelleren van pathogeenconcentraties wereldwijd [7], [8] tot lokale modellering met QMRACatch [1]. Eén van de activiteiten tijdens het congres was een workshop over het modelleren van microbiële waterkwaliteit [9]. Hier spraken 24 deelnemers over de uitdagingen en kansen in de ontwikkeling van waterkwaliteitsmodellen. Thema's die aan de orde kwamen waren: de beschikbaarheid van gegevens op verschillende schaalniveaus in tijd en ruimte (van lokale tot wereldwijde modellering), het meenemen van specifieke processen in modellen (zoals sedimentatie, omgevingsinvloeden en dosis-responsrelaties), en het ontwikkelen van modellen met en voor beleidsmakers om risicovraagstukken door middel van scenarioanalyse te kunnen benaderen (b.v. management- of klimaatscenario's).

Distributiesysteem

Risicoanalyse laat ook zien dat het wegvallen van de druk in drinkwaterleidingen gedurende enkele seconden, waardoor besmet grondwater de leiding kan binnendringen, kan leiden tot infecties bij consumenten. De Nederlandse norm voor geproduceerd drinkwater van 1 infectie per 10.000 personen kan daarbij worden overschreden. Dit geldt voornamelijk voor distributiesystemen met een relatief groot lekverlies zoals bijvoorbeeld in de Verenigde Staten [10]. Risico's bij distributie zijn ook in een Nederlandse studie onderzocht. Indien het distributiesysteem eenmaal besmet is geraakt, is voor een zo efficiënt mogelijke verwijdering van zand of micro-organismen spuien noodzakelijk. Hierbij moet met een snelheid van 1,5 m/s worden gespuid, waarbij de inhoud van het te spuien leidingdeel driemaal wordt verversd (3 volumeverversingen) [10], [11]. Studies met *next generation sequencing* (NGS) laten zien dat tijdens het spuien van het drinkwaterdistributiesysteem de microbiologische populatie van de toevoerleidingen (300 mm diameter) stabiel blijft. In andere leidingen, met een diameter van 80 millimeter, zijn één week na het spuien wel grote verschillen zichtbaar. Dit hangt samen met de monsternamelocatie, de lengte en het volume van het te spuien deel [12]. Verlaging van de chloorconcentratie in een Frans distributiesysteem leidde tot een grotere microbiële diversiteit die bestaat uit niet-ziekteverwekkende organismen die onschadelijk zijn voor de gezondheid [13]. De aanwezigheid van een lage concentratie chloor in het distributiesysteem kan ook nadelen hebben. Als geen chloor wordt gebruikt krijgt een bepaald opportunistisch pathogeen (*Pseudomonas*), dat gevaarlijk kan zijn voor mensen met een verzwakt immuunsysteem, weinig kans zich te vermenigvuldigen door de competitie van andere, onschuldige bacteriën. Deze *Pseudomonas* is echter resistenter tegen lage concentraties chloor dan de andere micro-organismen, waarvan een deel gedood wordt bij zo'n lage chloorconcentratie. Door verminderde competitie is *Pseudomonas* nu in het voordeel en kan deze overleven en mogelijk zelfs groeien. Dit levert een gezondheidsrisico op dat er niet zou zijn geweest zonder chloordosering. Dankzij de hoge microbiologische kwaliteit van het drinkwater en de lage hoeveelheid voedingsstoffen, kan in Nederland drinkwater worden gedistribueerd zonder chloor.

Nieuwe methoden

De microbiologie is nog steeds voor een groot deel afhankelijk van kweekmethoden voor de bepaling van het aantal micro-organismen in water, mede omdat met deze methoden ook informatie over de

levensvatbaarheid en de infectiviteit wordt verkregen. Er is echter wel veel gaande op het gebied van nieuwe, snellere methoden. Er is een nieuwe, snelle methode ontwikkeld die binnen 1,5 tot 5,5 uur de *E. coli*-concentratie via een indirecte manier bepaalt [14], [15]. Semi-continue monitoring van het *E. coli*-niveau in een rivier met een Coliminder-apparaat geeft een gedetailleerd beeld van de variatie en pieken in het voorkomen van *E. coli* [3], [16]. Deze informatie kan gebruikt worden om de modellen en risicoanalyse te verbeteren. Een potentieel alternatief voor de standaard kweekmethode om virussen te detecteren, zijn methoden die zijn gebaseerd op een DNA-bepaling (kwantitatieve PCR-methode) [17], [18]. Door de aanpassingen komen de resultaten beter overeen met de kweek, maar extra verbeteringen zijn nog nodig voordat deze methoden een goed en snel alternatief worden.

Het concentreren en opwerken van monsters met een groot volume blijft onderwerp van discussie. Een hoge opbrengst is met name belangrijk wanneer moleculaire (DNA-) methoden worden toegepast. Met nieuwe DNA-methoden kan de gehele microbiële populatie (virussen en bacteriën) van verschillende watersoorten gemakkelijk en snel in kaart worden gebracht. De mogelijkheden en het belang hiervan zijn groot: het voorkomen van infecties onder de bevolking worden gemeten door monitoring van het rioolwater [19], [20], [21]; het effect van spuien of chloreren van drinkwater [12], [13]; het voorkomen van antibioticaresistente bacteriën in oppervlaktewater [22], en voor het effect van seizoenen en (natuur)rampen op de microbiologische samenstelling van het water in drinkwaterbronnen [23]. Er wordt veel gewerkt aan methoden om deze resultaten te interpreteren. Over de betekenis van de samenstelling van het water, en veranderingen daarin, valt nog veel te leren.

Brononderzoek

In meerdere presentaties werd bronopsporing toegepast om de bron van microbiologische verontreiniging in verschillende soorten oppervlaktewater te achterhalen, waarna gepaste maatregelen tegen de bron kunnen worden genomen. De voorspellende waarde van het voorkomen van de traditionele fecale indicatoren (*E. coli* en *enterococce*n) voor de aanwezigheid en hoeveelheid pathogene micro-organismen blijft echter lastig vast te stellen en de verschillen tussen de locaties kunnen groot zijn [24], [25].



Foto: The Water Institute at UNC

Twee relevante studies voor de Nederlandse situatie zijn een grote uitbraak van de *Campylobacter*-bacterie in Nieuw-Zeeland en meerdere uitbraken van de *Pseudomonas*-bacterie in Canadese ziekenhuizen. Bij de uitbraak in Nieuw-Zeeland bleken schapen de bron te zijn [26]. Door hevige overstromingen en slecht afdekkende bodemlagen waren de bacteriën in het grondwater terecht gekomen. Daarnaast was er voor distributie geen zuiveringsstap aanwezig. De *Pseudomonas*-uitbraken bleken gerelateerd te zijn aan automatische kranen met infraroodsensor [27]. Een aantal factoren is bepalend voor het risico: het leidingmateriaal, het type kraan, de hogere bacterieconcentratie in de eerste liter water die uit de kraan werd getapt, leidinglengte nadat het koude en warme water werden gemengd en de locatie van de afvoer ten opzichte van de kraan. Een bijzondere uitbraak, met meer dan 4.000 gevallen van maagdarmklachten in Barcelona en Tarragona, was het gevolg van consumptie van flessenwater uit Andorra [28]. Onderzoek van flessen van dezelfde partij liet zien dat het mineraalwater norovirussen bevatte. Dit was de eerste uitbraak ooit beschreven door consumptie van flessenwater.

De rol van water bij de verspreiding van antibioticaresistentie

Bacteriën die resistent zijn tegen meerdere soorten antibiotica vormen een groot probleem in de gezondheidszorg. De behandelkosten zijn hoog en de schatting is dat er op het moment jaarlijks 700.000 patiënten overlijden omdat ze niet langer behandeld kunnen worden. De verwachting is dat dit aantal zal stijgen tot jaarlijks 10 miljoen in 2050. Resistente bacteriën komen veel voor in verschillende watersoorten. Bacteriën kunnen onderling genen die antibioticaresistentie veroorzaken uitwisselen of hun eigen genen kopiëren en zo verspreiden naar andere bacteriën. Door het grote aantal bacteriën in water kunnen de genen die antibioticaresistentie veroorzaken relatief gemakkelijk op deze manier onderling worden gedeeld met, en verspreid naar, andere bacteriën. Gangbare zuiveringstechnieken die gebruikt worden voor de bereiding van drinkwater lijken deze slechts in beperkte mate te verwijderen. Het probleem groeit en er is nog veel onduidelijk dus er is meer informatie nodig, zoals de concentraties antibioticaresistente bacteriën en antibiotica in het water, de belangrijkste blootstellingsroutes en daarmee ook het risico voor mensen. De effectiviteit van

zuiveringstechnologieën om antibioticaresistente bacteriën en genen te verwijderen is onbekend. Monitoringsstrategieën of -richtlijnen moeten veelal nog opgezet worden [22], [29], [30].

Hergebruik van water

Vanwege waterschaarste als gevolg van klimaatverandering en bevolkingsgroei wordt steeds vaker gekeken naar hergebruik van (afval)water als bron voor drink- of irrigatiewater. In West-Europa wordt de waterschaarste voor consumenten met name duidelijk tijdens de steeds vaker voorkomende warme perioden, waarbij opgeroepen wordt om drinkwater niet te gebruiken om bijvoorbeeld auto's te wassen of de tuin water te geven. Hergebruik van (afval)water is een mogelijkheid die ook in Nederland door verschillende bedrijven wordt onderzocht. Een belangrijk aandachtspunt hierbij is dat ziekteverwekkende micro-organismen meestal in hoge concentraties in dit water aanwezig zijn en verwijderd of gedood moeten worden om de microbiologische veiligheid van het water te garanderen [31], [32], [33]. De Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) en Europese Unie brengen binnenkort voor de eerste keer richtlijnen uit over hoe groot deze verwijdering of afdoding van micro-organismen moet zijn. Grootschalige projecten over direct en indirect hergebruik in de Verenigde Staten zijn al gerealiseerd, waarbij QMRA een belangrijke basis vormt voor de keuze van het zuiveringssysteem [34]. Maar ook voor kleine, bijvoorbeeld militaire, systemen wordt dit steeds belangrijker [35]. Dit is met name interessant aangezien steeds meer bedrijven in de (drink)watersector willen bijdragen aan een circulaire watereconomie.

Tot slot

Kortom: er is veel vernieuwing in de hele watercyclus, die kan worden toegepast om alle toepassingen van water microbiologisch veilig te maken en te houden. Naast de bekende bedreigingen zijn er ook nieuwe uitdagingen, zoals de verspreiding van antibioticaresistentie door de watercyclus en de potentiële risico's van waterhergebruik, die de waterkwaliteit in gevaar kunnen brengen. Om met deze bedreigingen om te kunnen gaan, worden nieuwe, snellere meetmethoden en waterzuiveringsmethoden ontwikkeld. Gecombineerd met het breder inzetten van de risicoanalyse en onderzoek naar besmettingsbronnen kan gericht actie worden ondernomen.

Dankwoord

De auteurs bedanken Gerhard Wubbels (WLN), Jack Schijven (RIVM), Bas van der Zaan (Deltares) en Nynke Hofstra (WUR) heel hartelijk voor hun bijdrage aan dit artikel.

Meer details over de verschillende bijdragen op het congres kunnen worden verkregen bij Nikki van Bel (KWR Watercycle Research Institute, Nikki.van.Bel@kwrwater.nl), Patrick Smeets (Patrick.Smeets@kwrwater.nl), Jack Schijven (RIVM, Jack.Schijven@rivm.nl), Ana Maria de Roda Husman (Ana.Maria.de.Roda.Husman@rivm.nl), Nynke Hofstra (WUR, Nynke.Hofstra@wur.nl), Lucie Vermeulen (Lucie.Vermeulen@wur.nl), Gerhard Wubbels (WLN, G.Wubbels@wln.nl), Bas van der Zaan (Deltares, Bas.vanderZaan@deltares.nl) en Louise Vanysacker (De Watergroep, Louise.Vanysacker@dewatergroep.be).

Referenties

1. Andreas Farnleitner. The QMRACatch modelling approach: using best available pathogen, indicator and source tracking data to support catchment protection & water safety management.
2. Patrick Smeets. Separating uncertainty from variability in QMRA to support management decisions.
3. Emile Sylvestre. Do current regulatory monitoring frameworks account for microbial risk associated with peak contamination events?
4. Karen Setty. Water quality, compliance, and health outcomes among utilities implementing water safety plans in France and Spain.
5. Paul Hunter. A microsimulation approach to estimating annual risk in QMRA. Coping with non-random variation in risk amongst populations
6. Jeffrey Soller. Microbial risk sensitivity analysis of direct potable reuse treatment trains.
7. Lucie Vermeulen. Global *Cryptosporidium* loads from livestock manure.
8. Nynke Hofstra. A modelling and scenario approach to assess waterborne pathogen concentrations in surface water and consequent health risk.
9. Workshop Nynke Hofstra en Lucie Vermeulen. Modeling microbial water quality.
10. Mark LeChevallier. Managing microbial risks in drinking water.
11. Nikki van Bel. Efficacy of flushing and chlorination in removing faecal microorganisms from a pilot distribution system.
12. Louise Vanysacker. The effect of pipeline flushing on the microbial community in drinking water distribution systems.
13. Sophie Courtois. Minimizing chlorine in drinking water distribution systems: impact on bacterial diversity in drinking water biofilms.
14. Anicet Blanch. Use of somatic coliphages measured in real time (4 hours) in the prediction of fecal contamination in recreational Mediterranean waters.
15. Maite Muniesa. A fast method for the detection of somatic coliphages, used as indicators of viral fecal pollution in water.
16. Jean Baptiste-Burnet. Automated high frequency monitoring of Beta-D-Glucuronidase activity in source water in Quebec, Canada: relationship with E. coli and catchment dynamics.
17. Mats Leifels. From lab to lake – evaluation of current molecular methods for the detection of infectious enteric viruses in complex water matrices.
18. Johannes Ho. qPCR based monitoring of virus UV inactivation
19. Rosina Girones. The study of viral contamination of water in the metagenomics era.
20. Fuminari Miura. Time series analysis of seasonal correlation between concentration of *Norovirus* in sewage and clinical cases of acute gastroenteritis.
21. Tiong Gim Aw. Environmental surveillance of viruses in Kenya using metagenomics.
22. Laurence Glass-Haller. Prevalence and characterization of gram-negative bacteria producing Extended Spectrum Beta-Lactamase and Carbapenemase from different water sources in Singapore.
23. Sital Uprety. The effect of the 2015 earthquake on the bacterial community compositions in water in Nepal.
24. Silvia Monteiro. Microbiological quality in small water supplies: are the traditional indicators enough?
25. Shin Giek Go. Predicting the occurrence of human pathogens and associated health risks in surface waters. Comparison between two predictive models: Bayesian network and decision tree.
26. Brent Gilpin. The world's largest waterborne *Campylobacteriosis* outbreak.
27. Émilie Bédard. Do electronic faucets cause *Pseudomonas Aeruginosa* outbreaks in hospital environments? A review,

28. Albert Bosch Navarro. Characterization of a *Norovirus* outbreak caused by bottled mineral water.
29. Ana Maria de Roda Husman. Towards a global perspective on antimicrobial resistance (AMR) and WaSH.
30. Christiane Höller. Do we have to regulate on ARB in recycled water?
31. Mark Sobsey. Microbial quality and risk assessment of alternative sources of drinking water impacted by waste water: an analysis of NC type 2 reclaimed water for potable reuse.
32. Walter Betancourt. Occurrence of *reovirus* at a recycled water managed aquifer recharge site.
33. Rosina Girones. Pathogens and reference pathogens in WWTP and recycled water.
34. Daniel Gerrity. QMRA analysis of de facto, planned IPR, DPR in the United States
35. Martin Page. Frameworks for mitigating water reuse risk in military contingency operations