



Paul van der Wielen, KWR Watercycle Research Institute
Dick van der Kooij, KWR Watercycle Research Institute

Omvang en oorzaak overschrijding kwaliteitseisen door nagroei in drinkwater

Een analyse van gegevens van het koloniegetal van 22°C (KG22) en *Aeromonas* in gedistribueerd drinkwater in Nederland over de periode 2004 tot en met 2007 laat zien dat in 16 van 176 geanalyseerde voorzieningsgebieden de wettelijke eis voor *Aeromonas* werd overschreden; KG22 bleef steeds onder de wettelijke eis. Drie voorzieningsgebieden met drinkwater bereid uit oppervlaktewater en acht voorzieningsgebieden met drinkwater bereid uit grondwater scoorden het hoogst in de rangschikking naar *Aeromonas*- en KG22-aantallen.

Meervoudige regressieanalyses laten zien dat de aantallen *Aeromonas* en KG22 in het drinkwater uit vijftig verschillende voorzieningsgebieden zijn gerelateerd aan het gehalte organisch koolstof, temperatuur, calciumconcentratie, percentage gietijzer in het leidingnet en de ammoniumconcentratie in het ruwwater. Een clusteranalyse van de ruwwaterkwaliteit van een aantal grondwaterpompstations gaf aanwijzingen voor mogelijke verbeteringen in de waterbehandeling bij sommige grondwaterpompstations.

Nagroei van micro-organismen in drinkwaterdistributiesystemen en binneninstallaties is ongewenst, omdat daarbij vermeerdering van ziekteverwekkende micro-organismen kan optreden. Daarnaast kan nagroei leiden tot klachten van consumenten over troebelheid, afwijkende geur en smaak en groei van dierlijke organismen in drinkwater. In Nederland beperken de waterbedrijven de nagroei in het leidingnet door drinkwater te distribueren met een zeer lage concentratie aan groeibevorderende stoffen.

Aeromonas en KG22

In het Waterleidingbesluit zijn twee bedrijfstechnische parameters opgenomen als indicatie voor de mate van nagroei in het drinkwater uit het distributiesysteem: periodieke metingen van het koloniegetal op glucose-gist-extract-agar na drie dagen incuberen bij 22°C (KG22) en periodieke metingen van het koloniegetal van *Aeromonas* op ampicilline dextrine agar na 20 tot 24 uur incuberen bij 30°C. Jaarlijks

voeren de waterbedrijven het (geometrisch) gemiddelde en het aantal metingen en overschrijdingen in van KG22 en *Aeromonas* in de landelijke databank 'Registratie opgaven van WaterleidingBedrijven (REWAB)'. Het RIVM gebruikt deze databank voor de jaarlijkse landelijke rapportage over de kwaliteit van het drinkwater in Nederland¹⁾. In deze rapportage worden de overschrijdingen van de parameters beschreven. De REWAB-gegevens van KG22 en *Aeromonas* zijn echter ook te gebruiken om een landelijk overzicht van de nagroeiproblemen te maken. Daarnaast zijn gegevens van microbiologische en (fysisch-)chemische parameters en karakteristieken van de waterbehandeling en het distributiesysteem aan te wenden voor het achterhalen van de factoren die een relatie hebben met de aantallen *Aeromonas* en KG22 in het gedistribueerde drinkwater. Met de resultaten van

dergelijke analyses is het mogelijk een meer gerichte aanpak te ontwikkelen voor het verbeteren van de kwaliteit van het gedistribueerde drinkwater bij pompstations met te hoge aantallen van *Aeromonas* en KG22.

Aanpak

Over de periode 2004 t/m 2007 zijn de volgende gegevens uit REWAB gebruikt: het geometrisch gemiddelde van KG22, het rekenkundig gemiddelde van *Aeromonas*, het aantal geanalyseerde monsters en het aantal overschrijdingen van de wettelijke norm van *Aeromonas* (1000 kve/100 ml) en KG22 (geometrisch jaargemiddelde < 100 kve/ml) in drinkwatermonsters uit de voorzieningsgebieden van negen van de tien Nederlandse waterleidingbedrijven. Vervolgens werden de 50-, 75-, 90- en 95-percentiel berekend met de gegevens van KG22, *Aeromonas* en het percentage overschrijdingen van de

Tabel 1. De klassenindeling en bijbehorende score voor het geometrisch gemiddelde van KG22, het rekenkundig gemiddelde van *Aeromonas* en het percentage overschrijdingen wettelijke eis van *Aeromonas* gebaseerd op gegevens van 176 voorzieningsgebieden.

klasse	percentiel-bereik	KG22 (kve/ml)	<i>Aeromonas</i> (kve/100 ml)	% overschrijdingen eis <i>Aeromonas</i>	score
1	X < 50	X < 3,0 X	X < 4,8	X = 0	0
2	50 < X < 75	3,0 < X < 5,1	4,8 < X < 23,0	NVT	1
3	75 < X < 90	5,1 < X < 8,6	23,0 < X < 89,5	NVT	2
4	90 < X < 95	8,6 < X < 11,3	89,5 < X < 125	0 < X < 0,49	3
5	X > 95	X > 11,3	X > 125	X > 0,49	4

wettelijke eis van *Aeromonas*. Op basis van deze percentielswaarden werden klassen gedefinieerd en aan elk voorzieningsgebied scores toegekend op basis van KG22, *Aeromonas* en overschrijdingen van *Aeromonas* (zie tabel 1). Daarna werden de drie scores per voorzieningsgebied bij elkaar opgeteld. De totaalscore werd gebruikt om de voorzieningsgebieden te rangschikken.

De rangschikking van de voorzieningsgebieden werd mede gebruikt om in totaal 50 productielocaties te selecteren met een hoge (17 gebieden), gemiddelde (13 gebieden) of juist een lage score (20 gebieden). De waterbedrijven stelden hiervoor meetwaarden van een aantal parameters (zie tabel 2; periode 2006 t/m 2008) bij deze 50 productielocaties beschikbaar. Van elke parameter werd het rekenkundig gemiddelde (fysisch-chemische parameters), geometrisch gemiddelde (microbiologische parameters) en de 95-percentielwaarde uitgerekend. Tevens werden van de productielocaties gegevens gebruikt over de behandelingsprocessen in de zuivering, het aantal uren dat de zuivering per dag in bedrijf is, de jaarproductie en het percentage gietijzer, PVC en asbestcement in het leidingnet.

De relatie tussen het geometrisch gemiddelde of 95-percentiel van *Aeromonas* of het geometrisch gemiddelde of 95-percentiel van KG22 van het gedistribueerde drinkwater en het gemiddelde of 95-percentiel van meerdere (fysisch-) chemische parameters werd bepaald met meervoudige regressieanalyses die werden ontwikkeld met het statistisch computerprogramma SPSS 18.0. Eerst werd getest of de (loggetransformeerde) parameters normaal verdeeld waren. Vervolgens werd in de meervoudige lineaire regressieanalyse stapsgewijs steeds een parameter verwijderd waarvan het significantieniveau (p-waarde) het meest boven de 0,05 lag. Deze stapsgewijze procedure werd herhaald totdat de overgebleven parameters een p-waarde hadden onder de grenswaarde van 0,05. De regressieanalyses werden apart uitgevoerd voor de grondwater- (n=38) en oppervlaktewaterlocaties (n=12).

Met een clusteranalyse werden de 38 geselecteerde grondwaterpompstations gegroepeerd naar ruwwatersamenstelling (methaan, ammonium, TOC, ijzer en mangaan). In een eerste stap werden de concentraties van deze parameters getransformeerd, zodat de getallen voor iedere parameter hetzelfde bereik hadden. Vervolgens is met SPSS 18.0 een hiërarchische clusteranalyse uitgevoerd, waarbij Euclidische afstanden tussen de waarden zijn uitgerekend door de *within groups*-cluster methode te gebruiken. Deze clusteranalyse resulteerde in een dendrogram (diagram met boomstructuur). Op basis van dit dendrogram werden de pompstations vervolgens in clusters (groepen) verdeeld. Iedere groep van pompstations heeft daarbij dus een vergelijkbare ruwwatersamenstelling. Deze groepering is vervolgens gebruikt om te achterhalen of bepaalde processen in de zuivering of factoren in het leidingnet kunnen verklaren waarom er bij pompstations met een vergelijkbare

ruwwater	reinwater	gedistribueerd drinkwater
methaan	KG22	KG22
ammonium	<i>Aeromonas</i> 30°C	<i>Aeromonas</i> 30°C
DOC/TOC	DOC/TOC	DOC/TOC
ijzer	ijzer	ijzer
mangaan	mangaan	mangaan
temperatuur	temperatuur	temperatuur
	zuurgraad	zuurgraad
	calcium	calcium

Tabel 2. Parameters van het ruwwater, reinwater en drinkwater in het distributiesysteem (gedistribueerd drinkwater) van 50 productielocaties over de jaren 2006, 2007 en 2008.

ruwwatersamenstelling verschillen bestaan in de gevonden aantallen KG22 en *Aeromonas* in het voorzieningsgebied.

Rangschikking voorzieningsgebieden

De wettelijke eis voor *Aeromonas* werd bij 16 van de 176 onderzochte voorzieningsgebieden overschreden in de periode 2004 t/m 2007; de wettelijke eis voor KG22 werd in die periode niet overschreden. De rangschikking van de voorzieningsgebieden naar KG22, *Aeromonas* en *Aeromonas*-overschrijdingen laat zien dat 11 van de 176 voorzieningsgebieden een score van negen of hoger hebben (zie afbeelding 1). Bij deze elf voorzieningsgebieden zijn relatief hoge aantallen *Aeromonas* en/of KG22 waargenomen in het gedistribueerde drinkwater. Hier is de mate van nagroei te verbeteren door het optimaliseren van de waterbehandeling en/of distributie. Drie van deze elf voorzieningsgebieden werden gevoed met drinkwater bereid uit oppervlaktewater. De overige acht voorzieningsgebieden werden gevoed met drinkwater bereid uit grondwater. Op een aantal van deze locaties vinden momenteel projecten plaats om de biologische stabiliteit van het drinkwater te verbeteren.

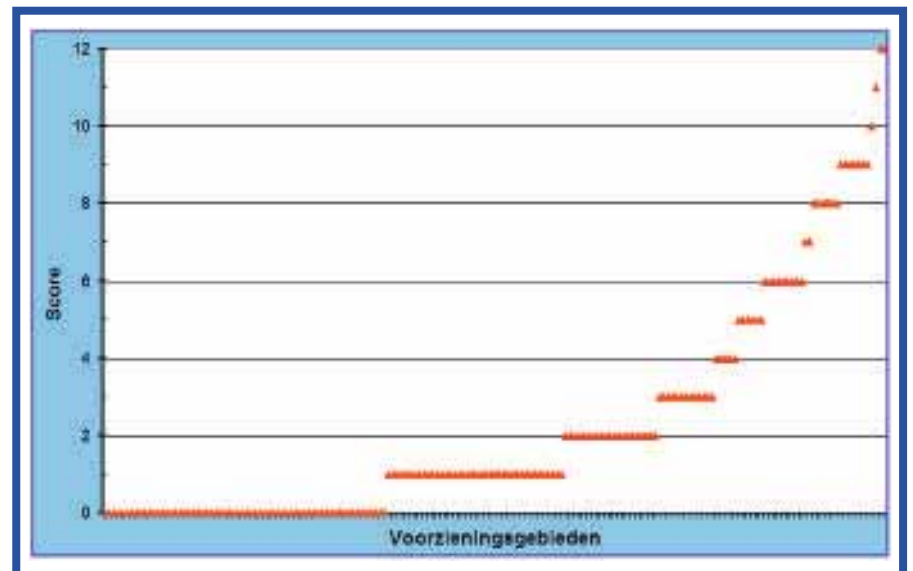
Het gebruik van REWAB heeft bruikbare informatie opgeleverd voor de rangschikking

van de voorzieningsgebieden, maar dat neemt niet weg dat het ook beperkingen heeft. Zo wordt het drinkwater in een aantal voorzieningsgebieden geleverd door twee of meer pompstations (menggebieden), waardoor de gemiddelden van KG22 en *Aeromonas* niet altijd representatief zijn voor het voorzieningsgebied van een bepaald pompstation. Ook worden de gemiddelden beïnvloed door gegevens van herhalingsmonsters die soms wel en soms niet in REWAB staan. Daarnaast geven *Aeromonas*- en KG22-aantallen onvolledige informatie over de biomassa en mate van nagroei in het distributiesysteem. Eerder uitgevoerd onderzoek heeft laten zien dat ATP beter geschikt is om de hoeveelheid actieve biomassa in het gedistribueerde drinkwater te bepalen²⁾. Daarom wordt aanbevolen om, naast *Aeromonas* en KG22, ook het ATP-gehalte van het water in het distributiesysteem periodiek te bepalen.

(Fysisch-)chemische parameters

Met behulp van meervoudige regressieanalyses is onderzocht of bepaalde (fysisch-) chemische factoren in het gedistribueerde drinkwater, reinwater en ruwwater (zie tabel 2) een relatie hebben met het geometrisch gemiddelde of het 95-percentiel van *Aeromonas* of KG22 in het gedistribueerde drinkwater. De meeste regressie-

Afb. 1: Rangschikking van de 176 voorzieningsgebieden naar de totale score voor de drie microbiologische parameters KG22, *Aeromonas* en percentage overschrijdingen wettelijke eis van *Aeromonas* in het voorzieningsgebied. De maximale totale score bedraagt 12.



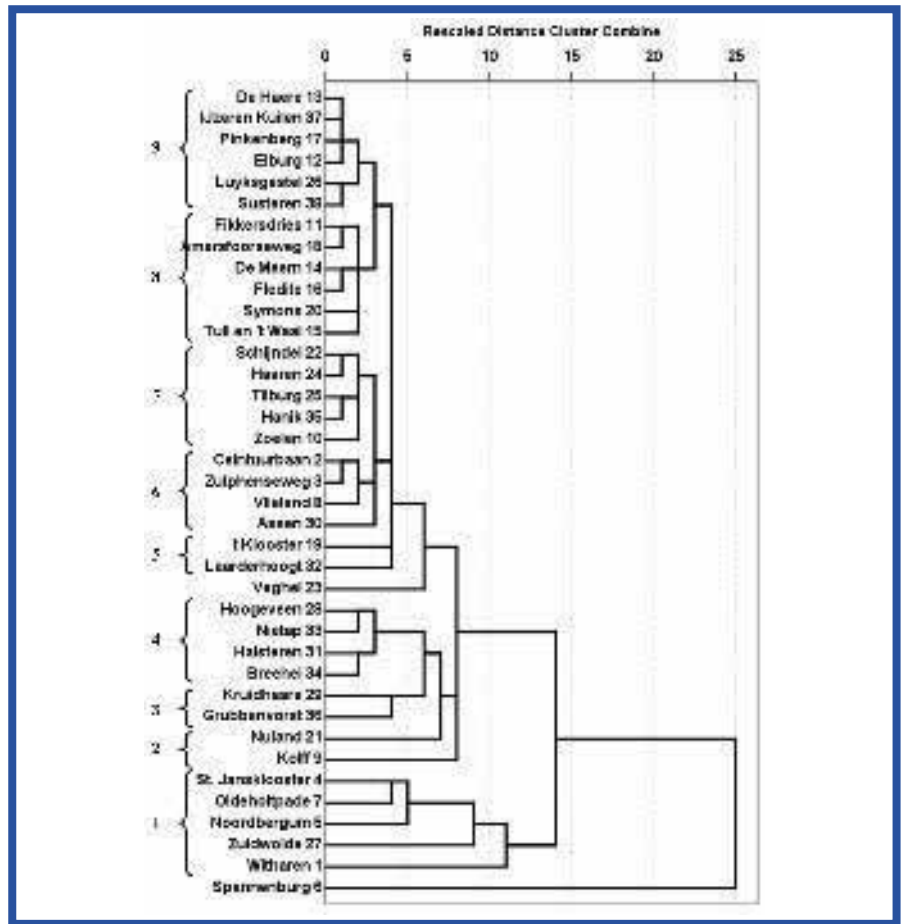
modellen verklaren een hoog percentage van de variantie (59 tot 79 procent) van *Aeromonas* en KG22 in het gedistribueerde drinkwater met een aantal (fysisch-)chemische parameters, maar geen van de verkregen modellen verklaart 100 procent van de variantie. Dit betekent dat ook niet-onderzochte parameters, zoals factoren in de zuivering of het distributiesysteem, van invloed zijn op de aantallen *Aeromonas* en KG22 in het gedistribueerde drinkwater.

In de meeste meervoudige regressieanalyses is de TOC-concentratie van het ruwwater of het gedistribueerde drinkwater één van de significante parameters die de logaantallen *Aeromonas* en KG22 in het drinkwater van het distributiesysteem beschrijven. Een hogere TOC-concentratie resulteert hierbij in hogere aantallen *Aeromonas* en KG22. Waarschijnlijk heeft de TOC-concentratie een indirecte relatie met KG22 en *Aeromonas*, doordat een hogere TOC-concentratie in het ruwe water bijvoorbeeld resulteert in hogere AOC-concentraties in het reinwater en tot meer biomassa-vorming in de zuivering, dat ook in het reinwater terecht komt. De hogere biomassa- en AOC-concentraties in het reinwater versterken de groei van *Aeromonas* en heterotrofe bacteriën (KG22) in het distributiesysteem.

De meeste meervoudige regressieanalyses voor *Aeromonas* laten zien dat gietijzer in het leidingnet een significante factor is in de regressiemodellen; een toename in gietijzer resulteert daarbij in hogere aantallen *Aeromonas* in het drinkwater. Onderzoek toonde eerder aan dat door corrosie van gietijzeren leidingen meer biomassa wordt gevormd³⁾. Een deel van deze biomassa wordt waarschijnlijk door *Aeromonas* afgebroken in het distributiesysteem. Andere significante (fysisch-)chemische parameters in de meervoudige regressiemodellen die de logaantallen van *Aeromonas* en KG22 in het gedistribueerde drinkwater bereid uit grondwater beschrijven, zijn de calciumconcentratie van het gedistribueerde drinkwater, de pH van het gedistribueerde drinkwater of reinwater en de ammoniumconcentratie van het ruwwater. Bij de oppervlaktewaterlocaties zijn het 95-percentiel van de drinkwartertemperatuur, de ijzerconcentratie van het gedistribueerde drinkwater en de mangaanconcentratie van het ruwwater significante parameters in de regressiemodellen voor *Aeromonas* en/of KG22.

Groepering grondwaterpompstations

Met de clusteranalyse, die is uitgevoerd met waarden van een aantal chemische parameters (methaan, ammonium, TOC, ijzer en mangaan) in het ruwwater, worden 38 onderzochte grondwaterpompstations verdeeld over negen groepen van twee of meer grondwaterpompstations en twee afzonderlijke pompstations (Spannenburg en Veghel) die niet bij andere pompstations groeperen (zie afbeelding 2). De pompstations Witharen, Zuidwolde, Noordbergum en Oldeholtjade groeperen bij elkaar (groep 1 in deze afbeelding). Pompstation Oldeholtjade eindigde echter lager in de rangschikking naar *Aeromonas* en KG22 in het



Afb. 2: Groepering van 38 grondwaterpompstations naar de samenstelling van het ruwwater (methaan, ammonium, DOC, ijzer en mangaan).

gedistribueerde drinkwater dan de andere drie pompstations. Mogelijk is het toepassen van ionenwisseling in de zuivering van Oldeholtjade de oorzaak voor dit verschil.

Bij de gegroepeerde pompstations Hoogeveen, Nietap, Halsteren en Breehei (groep 4 in afbeelding 2) zijn de aantallen *Aeromonas* en KG22 in het gedistribueerde drinkwater van pompstation Halsteren hoger dan bij de drie andere pompstations. Op basis van de ruwwatersamenstelling zou Halsteren drinkwater moeten kunnen leveren met lagere aantallen *Aeromonas* en KG22 in het gedistribueerde water. In het voorzieningsgebied van Assen zijn de aantallen *Aeromonas* en KG22 lager dan in het voorzieningsgebied van pompstations Vlieland, Zutphenseweg en Ceintuurbaan die gezamenlijk groeperen (groep 6 in afbeelding 2). Assen is het enige pompstation van de groep waar de beluchting plaatsvindt voor de filters die, in tegenstelling tot filters van de andere drie pompstations, zijn gevuld met zand en antraciet. Mogelijk verklaren deze verschillen de lagere aantallen *Aeromonas* en KG22 in het voorzieningsgebied van pompstation Assen.

De clusteranalyse groepeerde ook de pompstations Zoelen, Hanik, Tilburg, Haaren en Schijndel bij elkaar (groep 7 in afbeelding 2). De aantallen KG22 en *Aeromonas* in het distributiesysteem van Zoelen zijn echter hoger dan in de distributiesystemen van de vier andere pompstations (zie afbeelding 1). De zuivering bij pompstation Zoelen bestaat

uit een enkele beluchting/filtratie. De andere pompstations passen dubbele beluchting/filtratie toe. Dit verschil veroorzaakt mogelijk hogere aantallen *Aeromonas* en KG22 in het distributiesysteem van Zoelen.

Conclusies

- Bij meer dan 90 procent van de 176 onderzochte voorzieningsgebieden wordt de wettelijke eis van *Aeromonas* en KG22 in het drinkwater niet overschreden;
- Bij elf voorzieningsgebieden is de mate van nagroei te verminderen door de waterbehandeling en/of distributie te optimaliseren;
- De nagroei van *Aeromonas* en KG22 in het distributiesysteem is van meerdere factoren afhankelijk;
- De clusteranalyse is een bruikbaar instrument om verschillen tussen grondwaterpompstations op te sporen en aanbevelingen te definiëren voor optimalisatie van de zuivering.

LITERATUUR

- 1) Versteegh A. en H. Dik (2010). De kwaliteit van het drinkwater in Nederland in 2009. VROM-inspectie. Publicatienummer VI-2010-21.
- 2) Van der Wielen P. en D. van der Kooij (2010). ATP-metingen geven informatie over kans op nagroei problemen bij drinkwaterdistributie. H₂O nr. 21, pag. 38-40.
- 3) Camper A., W. Jones en J. Hayes (1996). Effect of growth conditions and substratum composition on the persistence of coliforms in mixed-population biofilms. Appl. Environ. Microbiol. nr. 62, pag. 4014-4018.