

# **Wat hebben we geleerd van drie jaar onderzoek naar waterkwaliteit in het leidingnet**

*Yvonne Mikkers (Royal HaskoningDHV), Aleksandra Magic-Knezev (Het Waterlaboratorium)*

**Gedurende een periode van 3 jaar zijn er onder de vlag van het project DisConTO twee onderzoeken gedaan naar veranderingen van waterkwaliteit in drinkwaterdistributienetwerken. Het eerste bestond uit batchtesten om te kijken naar de groeipotentie van bacteriologische cellen in de tijd in water van verschillende drinkwaterproductiebedrijven. De gebruikte analysemethode (TCC) heeft potentie voor de toekomst als indicatorparameter. De methode is snel en toont eenzelfde trend als de huidige kweekmethoden. Het tweede onderzoek bracht het effect in beeld van een nieuwe zuivering op de waterkwaliteit in het distributienet. Een verbeterde kwaliteit af pompstation is niet direct merkbaar in de periferie, dit duurt maanden.**

In het onderzoeksproject DisConTO (Distribution, Control, Training & Operation) werken veel partijen samen: Brabant Water, Dunea, PWN, RIVM, Royal HaskoningDHV, TU Delft, Ureason en Vitens, (gesubsidieerd door AgentschapNL, thans RVO). In DisConTO is onder andere onderzoek gedaan naar de verandering van de (microbiologische) kwaliteit van drinkwater in het distributienet. Vanuit het overkoepelende project was er behoefte aan input voor een waterkwaliteitsmodel. Er werd een experimentenprogramma opgezet waarin bacteriegroei in drinkwater gemeten is en het effect van de seizoenen hierop. Daarnaast werd de kans gegrepen om de invloed van een nieuwe drinkwaterzuivering op de waterkwaliteit in een bestaand net te onderzoeken. De resultaten van de eerste serie experimenten zijn beschreven in [1], de gevolgen van een nieuwe zuivering op de waterkwaliteit in een bestaand net zijn besproken in [2]. In dit artikel worden de resultaten van een tweede serie experimenten in september 2012 toegevoegd en kijken we terug op drie jaar onderzoek en wat we ervan geleerd hebben.

## **Model voor bacteriële groei**

Een van de doelen van het DisConTO-project was het bouwen van een waterkwaliteitsmodel voor leidingnetten. Dit model moet beschrijven waar waterkwaliteitsproblemen ontstaan en welk risico voor de volksgezondheid hieraan verbonden is. De basis van het model is een hydraulisch model zoals EPANET of SynerGEE. Hier omheen zit een schil die de waterkwaliteitsgegevens berekent op basis van de verblijftijd. De kwaliteitsgegevens hebben voor een deel betrekking op de biologie in het leidingwater en -net. Literatuur [3] [4] geeft aan dat biologische activiteit verschilt per seizoen. Daarom zijn er in november en december 2011, het voorjaar van 2012 en in september 2012 af pompstation monsters genomen van leidingwater bij zes verschillende productielocaties om bacteriologische groeimodellen op te stellen. De bemonsterde pompstations zijn Nuland van Brabant Water, Scheveningen van Dunea, Bergen van PWN en Amersfoortseweg, Kolff en Spannenburg van Vitens (zie afbeelding 1).

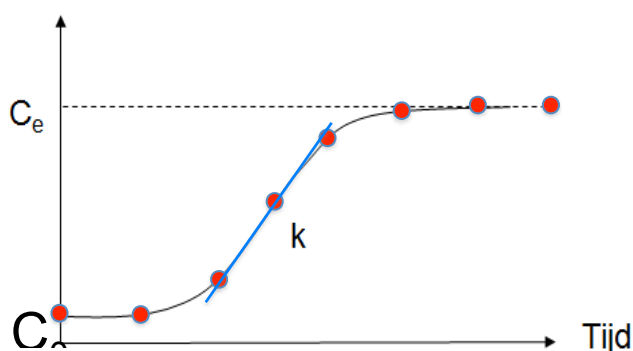


**Afbeelding 1. Bemonsterde pompstations**

De onderzochte parameters zijn TCC (*total cell count*: directe celtelling) en voor een deel van de monsters ATP (adenosine trifosfaat, in de celstofwisseling gebruikt als co-enzym en drager van chemische energie). Omdat tijdens de eerste serie ATP-metingen geen eenduidige relatie werd gevonden tussen TCC en ATP en er ook geen trends in de ATP-metingen te herkennen waren, is deze analyse in vervolgmetingen achterwege gelaten.

In een TCC-analyse wordt met flowcytometrie gekeken wat het aantal bacteriën in een hoeveelheid water is, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen cellen met een intacte celwand (TCC-levend of TCC-intact) en die met een beschadigde celwand. Meer informatie over de methode is te vinden in [5]. Aangenomen wordt dat een organisme met een kapotte celwand niet meer levensvatbaar of dood is. Bij een TCC-analyse worden alle in het water aanwezige bacteriën gedetecteerd, in tegenstelling tot een analyse als koloniegetal 22 (KG22) of *Aeromonas*. De TCC-analyse geeft hiermee een vollediger beeld van het aantal aanwezige bacteriën. Een ander voordeel van de TCC-analyse is dat deze een half uur na inzetten van het monster al resultaat geeft, waar de uitslag van een *Aeromonas* analyse pas na 24 uur en een KG22 analyse pas na drie dagen bekend is.

Om het bacteriële groeimodel te kunnen maken, zijn de genomen monsters twee weken in een klimaatkamer bewaard, waarbij op dag 0, 2, 3, 7, 9, 11 en 14 (en in enkele gevallen op dag 17 en 21) een TCC-analyse is gedaan. Om het effect van temperatuur te onderzoeken, zijn de watermonsters in drie delen gesplitst en bij 5 °C, 15°C en 22/25 °C bewaard. De hoogste temperatuur is afhankelijk van de maximum watertemperatuur in het betreffende distributienet. De gemeten waarden bij 15 °C en 22/25 °C vormen een S-vormige curve waaruit de beginconcentratie  $C_0$ , maximum concentratie  $C_e$  en specifieke groeisnelheid  $k$  zijn af te lezen (afbeelding 2).



**Afbeelding 2. TCC-curves bij 15 °C en 22/25 °C**

De algemene trend bij 5 °C is een bijna horizontale lineaire lijn, wat aangeeft dat er nauwelijks bacteriële groei plaatsvindt bij deze temperatuur. Dit komt overeen met de verwachting en praktijkervaring.

De gevonden  $C_e$ -waarden bij 22/25 °C zijn in de meeste gevallen hoger dan bij 15 °C, alleen het water van pompstation Spannenburg is hierop een uitzondering (zie ook tabel 1).

**Tabel 1. Overzicht TCC-Totaal waarden batch-groeitesten**

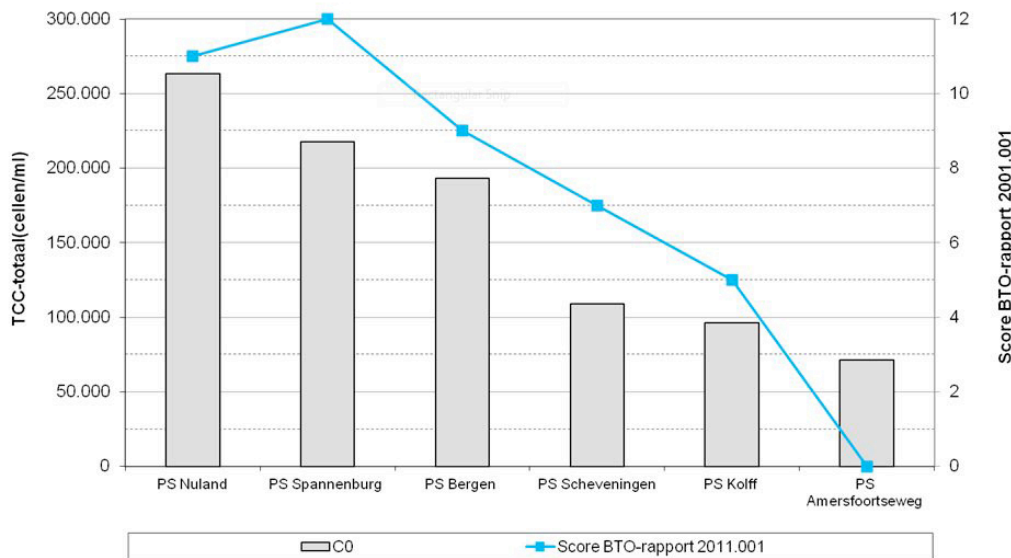
	PS Nuland			Scheveningen			PS Bergen		PS Spannenburg		PS Kolff			PS Amersfoortseweg	
	dec 2011	maart 2012	sept 2012	juli 2011	april 2012	sept 2012	april 2012	sept 2012	april 2012	sept 2012	dec 2011	april 2012	sept 2012	april 2012	sept 2012
Wartertemperatuur bij monstername	12,2 °C	12 °C	12,1 °C	13,6 °C	9,4 °C	17,3 °C	11,1 °C	15 °C	12 °C	12,5 °C	11 °C	12 °C	13 °C	10 °C	11 °C
C <sub>0</sub>	263.333	326.667	434.444	108.910	133.189	193.333	193.333	298.333	217.778	262.222	96.500	104.889	141.111	71.111	62.222
C <sub>e</sub> (hoogste temperatuur)	355.000	430.000	570.000	266.322	311.729	650.000	263.333	375.000	283.333	326.667	205.000	300.000	276.667	193.333	130.000
C <sub>e</sub> (15oC)	320.000	403.333	556.667	230.457	255.461	563.333	230.000	355.000	440.000	310.000	165.000	236.667	270.000	150.000	130.000
C <sub>e</sub> (5oC)	280.000	350.000	496.667	143.188			160.000	250.000	246.667	263.333	130.000	126.667	203.333	108.000	126.667
ΔC <sub>0</sub> -C <sub>e</sub> absoluut	91.667	103.333	135.556	157.413	178.540	456.667	70.000	76.667	65.556	64.444	108.500	195.111	135.556	122.222	67.778
ΔC <sub>0</sub> -C <sub>e</sub> (% tov C <sub>0</sub> )	35	32	31	145	134	236	36	26	30	25	112	186	96	172	109
K (hoogste temperatuur)	0,0051	0,0019	0,0032	0,0054	0,0097	0,0060	0,0008	0,0017	0,0012	0,0017	0,0058	0,0057	0,0062	0,0073	0,0086
K (15oC)	0,0026	0,0015	0,0021	0,0034	0,0041	0,0033	0,0002	0,0017	0,0037	0,0014	0,0034	0,0036	0,0039	0,0068	0,0063
K (5oC)	0,0014	0,0014	0,0016	0,0015			-0,0004	-0,0002	-0,0001	0,0001	0,0008	0,0005	0,0009	0,0016	0,0039

De groeitesten zijn uitgevoerd in meervoud en de analyses laten zien dat beide parameters, zowel ATP als TCC, zeer gevoelig zijn voor de temperatuur. De variatie in de resultaten lijkt afhankelijk te zijn van het volume waarin de groeitesten zijn uitgevoerd en welke meting is gedaan. De spreiding in de gemeten TCC-waarden is kleiner dan bij ATP. In de kolven van 1.000 ml (600 ml monster) was de gemiddelde variatie 5% (n=252 (TCC) en n=126 (ATP)), in de kolven van 200 ml (exacte monstervolume onbekend) is de gemiddelde variatie 15% (n=948 (TCC) en n=93 (ATP)) en in 100 ml kolven is de variatie 20% (n=1.386 (TCC) en n=693 (ATP)). Nader onderzoek is gewenst om het meest geschikte groeivolume voor ATP- en TCC-analyse te bepalen.

### Vergelijking pompstations

De celaantallen af pompstation (C<sub>0</sub>) van de verschillende watersoorten vertonen een vergelijkbare ranking als op basis van de REWAB-gegevens met betrekking tot KG22 en *Aeromonas* uit het BTO-rapport 2011.001 [6] (afbeelding 3). De BTO-rangschikking is gemaakt

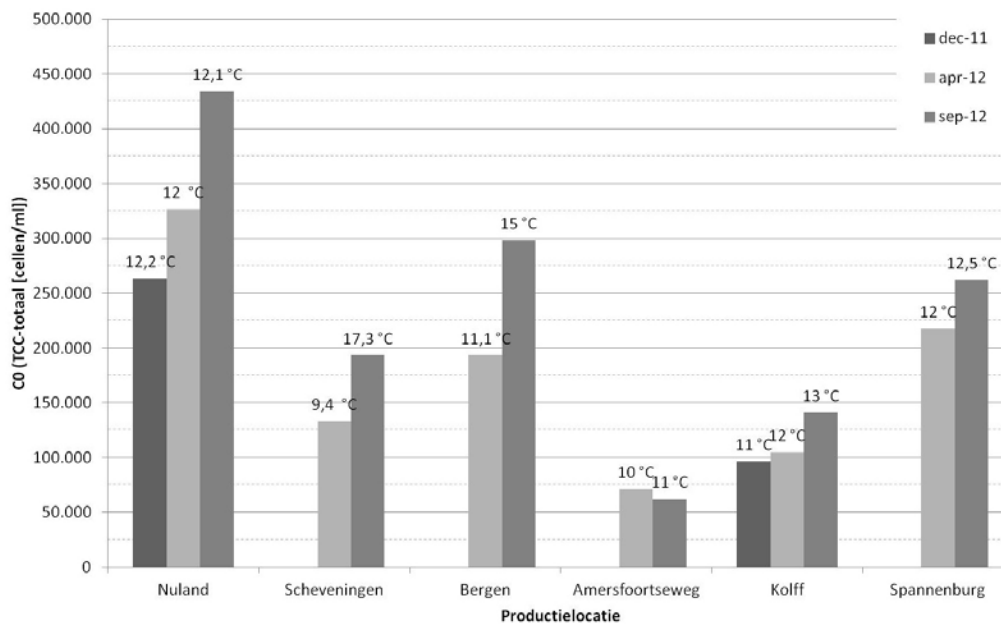
op basis van een gecombineerde score voor het geometrisch jaargemiddelde van KG22, het rekenkundig jaargemiddelde voor *Aeromonas* 30 °C en het aantal overschrijdingen van de wettelijke eis van *Aeromonas* in de periode 2004 tot en met 2007.



**Afbeelding 3. C<sub>0</sub>-waarden voorjaar 2012 vergeleken met rangschikking BTO-rapport**

### Invloed van de seizoenen

Uit de vergelijking tussen de meetresultaten van incubatie bij 5 °C, 15 °C en 22/25 °C blijkt dat temperatuur een belangrijk factor is bij bacteriologische groei. Temperatuur is echter niet het enige aspect. Want hoewel bij de grondwaterpompstations de watertemperatuur door het jaar heen nauwelijks verandert, is bij alle pompstations behalve Amersfoortseweg het aantal cellen C<sub>0</sub> na de zomer hoger dan in de winter/voorjaar (afbeelding 4).



**Afbeelding 4. C<sub>0</sub> waarden per pompstation in december, april en september**

De absolute  $C_e$ -concentraties nemen ook toe. Het water bevat in de zomerperiode dus niet alleen meer cellen, het is ook in staat om een grotere populatie te ondersteunen.

### **Veranderingen aan de drinkwaterzuivering**

Gedurende de looptijd van het project DisConTO zijn de zuiveringsstappen op productielocatie Kolff van Vitens vervangen. Het oude zuiveringsproces van snelfiltratie is vervangen door een uitgebreider proces van voorfiltratie, ontharding, nafiltratie en CO<sub>2</sub>-dosering. De oude zandfilters zijn gefaseerd afgestoten en de nieuwe gefaseerd in gebruik genomen. De ontharding is een half jaar later in bedrijf genomen.

Voor, tijdens en na de ombouw zijn op verschillende momenten monsters genomen af pompstation, halverwege het distributienet bij een eindgebruiker en aan het eind van het distributienet bij een eindgebruiker. De monsters zijn geanalyseerd op fysische, chemische en microbiologische parameters.

De fysische en chemische parameters reageren direct op de verandering in de zuivering. Vanaf het moment dat de nieuwe zandfilters gefaseerd in gebruik zijn genomen en de beluchting van het water verbeterde, namen in het water af pompstation de waarden voor onder andere ijzer, ammonium en mangaan af. De ingebruikname van de onthardingsreactoren had eenzelfde effect op de calciumconcentratie en de pH. Het effect bij de klant was met name voor ijzer en calcium minder snel te zien.

Op microbiologisch vlak is in de eerste anderhalf jaar na ingebruikname van de nieuwe zuivering weinig verandering vastgesteld in het distributienet. De waarden van koloniegetal 22°C zijn lager geworden, maar de daling is af pompstation sterker dan aan het eind van het distributienet. Andere microbiologische parameters, zoals *Aeromonas*, reageerden nog minder op de nieuwe waterkwaliteit. Op het moment van de laatste monsternamen – een half jaar nadat de vernieuwing compleet was – was het leidingnet nog niet gereinigd sinds ingebruikname van de nieuwe zuivering. Of de biologische kwaliteit verbetert na reiniging moet nog blijken.

### **Conclusies en aanbevelingen**

De batchexperimenten laten zien dat TCC dé indicator van biologische stabiliteit in drinkwater van de toekomst is. Het is een snelle methode, de C<sub>0</sub>-metingen laten eenzelfde patroon zien als de huidige indicatoren Koloniegetal 22 °C en *Aeromonas* 30 °C en alle in het water aanwezige cellen worden meegenomen. Voordat de methode standaard gebruikt kan worden, moet er eerst een database opgebouwd worden met meetwaarden, om deze op structurele basis te kunnen vergelijken met de bestaande indicatoren en zo een baseline vast te leggen.

De batchexperimenten laten zien dat het aantal cellen in het water beïnvloed wordt door de watertemperatuur en het seizoen. Bij een hogere watertemperatuur groeien de cellen in het water beter door. In de zomer zijn er al meer cellen in het water aanwezig op het moment dat het water gedistribueerd wordt, zelfs bij de productielocaties die grondwater gebruiken (Nuland en Spannenburg). De hoogste zomerconcentratie is daardoor hoger dan de hoogste voorjaarsconcentratie.

De uitkomsten van de batchexperimenten worden beïnvloed door de grootte van de gebruikte kweekflessen. Flessen van 1.000 ml geven meetresultaten met relatief kleine spreiding. Bij flessen van 200 ml en 100 ml is de spreiding veel groter.

Het verbeteren van het zuiveringsproces heeft een positief effect op de kwaliteit van het water bij de klant. Fysische en chemische parameters reageren snel. Wat betreft microbiologie lijkt het leidingnet een geheugen te hebben. Enkele parameters laten een daling zien, maar deze is vooral waarneembaar in het water af pompstation. Aan het eind van het distributienet, bij de klant thuis, was het verschil op het moment van meten nog niet merkbaar. De verwachting is dat na verloop van tijd ook de microbiologische parameters in de verder afgelegen delen van het distributienet een verbetering zullen laten zien.

Het is duidelijk: de waterkwaliteit is alleen te beheersen tijdens het zuiveringsproces. Als water eenmaal in het distributienet zit, kan de kwaliteit alleen nog achteruit gaan. Stoffen die in het verleden in het net terecht gekomen zijn, kunnen ook in de toekomst de waterkwaliteit nog beïnvloeden.

#### **Literatuur**

1. Guo, H., Mark, E. van der, Schaap, P., Bakker, G., Zaadstra, E. (2014). Batchexperimenten voor de analyse van bacteriegroei in distributienetten. [H2O-Online], gepubl. 22 oktober 2014, [http://www.vakbladh2o.nl/index.php?option=com\\_easyblog&view=entry&id=169&Itemid=171](http://www.vakbladh2o.nl/index.php?option=com_easyblog&view=entry&id=169&Itemid=171)
2. Mikkers, Y., Bakker, G., Visee, J., Terhorst, G. (2014). Effect van nieuwe zuivering bij productiebedrijf Kolff op de drinkwaterkwaliteit bij de klant. [H2O-Online], gepubl. 22 oktober 2014, [http://www.vakbladh2o.nl/index.php?option=com\\_easyblog&view=entry&id=170&Itemid=171](http://www.vakbladh2o.nl/index.php?option=com_easyblog&view=entry&id=170&Itemid=171)
3. Kerneis, A. and Nakache, F. (1995). The effects of water residence time on the biological quality in a distribution network, *Water Research*, vol. 29, no. 7, pp. 1719-1727.
4. Uhl, W. and Schaule, G. (2004), "Establishment of HPC (R2A) for regrowth control in non-chlorinated distribution systems," *Int. J. Food Microbiol.*, vol. 92, pp. 317-325.
5. Knibbe, W., Kolpa, R., Mercer, A. and Verberk, J. (2012). Biologische stabiliteit van drinkwater verkend met flowcytometrie, *H2O*, 2012(12), pp. 35-37.
6. Wielen, P. v. d. and Kooij, D. v. d. (2011). Inventarisatie van *Aeromonas* en koloniegetal 22°C in drinkwater en relatie met fysisch/chemische parameters (BTO2011.001), KWR, Nieuwegein.