

Rapport

DNA bronopsporing voor Delfland op twee zwemwaterlocaties in 2021

KWR 2021.104

Datum

7 december 2021

Opdrachtgever

Aquon

Meer informatie

dr.ir. M.J.M. Hootsmans

T 0622951843

Auteur(s)

M.J.M. Hootsmans

Opdrachtnummer

403801

E michiel.hootsmans@kwrwater.nl

Kwaliteitsborger(s)

L. Heijnen (gedelegeerd namens G. Medema)

Projectmanager

M.J.M. Hootsmans

Pagina

1/12

Inhoud

1	Inleiding	3
2	Methode en aanpak	3
2.1	Verzamelen van watermonsters	3
2.2	Filtratie	4
2.3	Keuze van te analyseren monsters	4
2.4	Interpretatie van analyseresultaten	4
2.5	DNA analyse	5
3	Resultaten en discussie	6
3.1	De opbrengst van de inhibitie en rendementscontrole	6
3.2	Resultaten DNA analyse en kweek	6
3.2.1	Waterspeeltuin Tanthof	6
3.2.2	Wollebrand waterskiplas	7
3.2.3	Wollebrand inlaat zwemplas	9
4	Conclusies	11
5	Referenties	11

1 Inleiding

In het beheergebied van het Hoogheemraadschap van Delfland liggen diverse zwemwaterlocaties. De zwemwaterkwaliteit van deze locaties valt niet altijd in de categorie 'uitstekend' of 'goed' zoals vastgelegd in de Europese zwemwaterrichtlijn. Voor de waterbeheerder is het van belang om de belangrijkste bronnen die bijdragen aan de overschrijdingen in concentraties *E. coli* en intestinale enterococci in beeld te krijgen. Deze indicatorbacteriën komen algemeen voor in darmen van warmbloedige dieren en de concentratie van deze bacteriën in oppervlaktewater geeft daarom een indruk van de concentratie fecaal materiaal in het water en daarmee van de potentiële aanwezigheid van ziekteverwekkende micro-organismen, zoals virussen en bacteriën.

Fecale verontreiniging in oppervlaktewater kan afkomstig zijn van een heel scala aan bronnen. Te denken valt aan de aanwezigheid van (water)vogels, vervuiling door recreanten, afspoeling van agrarisch gebied, effluentlozing door RWZI's, overstorten uit rioolwater- of hemelwaterriolering, aanwezigheid van wilde fauna en afspoeling van honden- en/of paardenfeces. Welk van dergelijke bronnen nu bijdraagt aan de verminderde (zwem)waterkwaliteit is op basis van alleen de indicator bacteriën (*E. coli* en intestinale enterococci) niet te achterhalen. Sinds enkele jaren maakt men daarvoor gebruik van specifieke DNA-methoden. Met dergelijke technieken is onderscheid te maken tussen diergroepspecifieke bacteriën met fecale herkomst en/of het DNA uit dierlijke cellen waarvan in de feces hoge concentraties aanwezig zijn (Heijnen & Learbuch 2013, Heijnen et al. 2014, Becker et al. 2017). Met behulp van DNA technieken (qPCR) kunnen dergelijke bacteriën of dierlijke cellen gedetecteerd en gekwantificeerd worden. De meest relevante diergroepen die momenteel in het laboratorium van KWR met DNA merkers onderscheiden kunnen worden zijn: fecale bacteriën van mensen, vogels, varkens, herkauwers (als groep), runderen (uit de groep van herkauwers) en paarden, en DNA uit cellen van honden en de Bruine rat. In het vervolg zal kortheidshalve worden gesproken over 'DNA merkers' voor de verschillende groepen.

De potentiële bronnen van fecale verontreiniging zijn met de bestaande zwemwaterprofielen redelijk in beeld. Met de resultaten van de DNA analyse in de hand kan de (water)beheerder gericht maatregelen nemen. Deze zijn erop gericht om de invloed van aangetoonde bronnen te minimaliseren en zo de (zwem)waterkwaliteit te verbeteren dan wel te garanderen. Het doel van dit DNA-onderzoek is om te achterhalen wat in 2021 de voornaamste bron van fecale verontreiniging is die bijdraagt aan overschrijdingen van de fecale parameters *E. coli* en intestinale enterococci gedurende het zwemwaterseizoen bij de waterspeeltuin Tanthof en de locatie Wollebrand.

2 Methode en aanpak

2.1 Verzamelen van watermonsters

Op de onderzochte zwemwaterlocaties is tijdens de reguliere bemonstering in het zwemseizoen 2021 voor de bepaling van indicator bacteriën (*E. coli* en intestinale enterococci) steeds ook extra water verzameld voor de DNA bronanalyse. In totaal ging het om veertien monster datums voor de locatie OW312-011 (Wollebrand, waterskiplas) en twaalf monster datums voor de locatie OW312-012 (Wollebrand, inlaat zwemplas). Voor de locatie bij de Waterspeeltuin Tanthof (OW208-005) ging het om vier monster datums. De monsternamen zijn uitgevoerd door Aquon in opdracht van Delfland. Alle monsters zijn binnen 24 uur afgeleverd bij het laboratorium van Aquon in

Leiden. De filtratie en aansluitende conservering door Aquon vond plaats volgens de hiervoor door KWR gehanteerde en met Aquon gedeelde procedure. Om een goede vergelijking van DNA-resultaten met kweekgegevens van *E. coli* en intestinale enterococcon mogelijk te maken, zijn door Aquon parallel aan de watermonsters voor DNA analyse ook monsters verzameld voor de bepaling van deze zwemwaterparameters.

2.2 Filtratie

Binnen 24 uur na monsternamen is een volume van 50-100 ml van een monster, onder vacuüm, gefiltreerd over een polycarbonaat (PC) membraanfilter (Track-edge filters, Sartorius) met een poriegrootte van 0,2 µm en een doorsnede van 4,5 cm. Het gefiltreerde monstervolume was afhankelijk van de filterbaarheid van het water. Bij elke monsternameronde is tevens een blanco filter (in alle gevallen 100 ml DNA vrij water) geprepareerd om daarmee het optreden van eventuele contaminaties of vals-positieve reacties vast te kunnen stellen. Na het filtreren van het monster is het filter gespoeld door filtratie met 10 ml van een 0,5 M ammonium-oxalaat oplossing om ijzer te onttrekken uit ijzerhoudende monsters. Dit verbetert het rendement van de DNA extractie van dergelijke monsters aanzienlijk. Na filtratie met ammonium-oxalaat zijn de filters nagespoeld met 20-30 ml PBS oplossing (fosfaat gebufferde fysiologisch zoutoplossing, Gibco – Life Technologies) om restanten ammonium-oxalaat te verwijderen en de pH te neutraliseren.

Gedurende de monsternamercampagne zijn de filters ingevroren in lysis buffer totdat de verdere DNA analyses plaatsvonden.

2.3 Keuze van te analyseren monsters

Uit de per locatie beschikbare watermonsters zijn er steeds tenminste twee gekozen voor de DNA analyse. De keuze is in overleg tussen Aquon, KWR en Delfland gemaakt en is met name bepaald door de resultaten van de analyses van fecale indicatorbacteriën (*E. coli* en intestinale enterococcon) zoals die gedurende het zwemseizoen verkregen werden met de MPN-methode (hierna uitgedrukt als kolonievormende eenheden (kve) per 100 ml). Deze bacterie gegevens zijn door Aquon bepaald en aan KWR ter beschikking gesteld. Bij de selectie van de te analyseren monsters is steeds gekozen voor tenminste één datum met verhoogde waarden van fecale indicatoren, en één datum met lage waarden (als referentie voor de waarden van de DNA merkers bij lage bacteriewaarden).

2.4 Interpretatie van analyseresultaten

Bij de vergelijking van DNA merker resultaten voor een monster met lage concentratie en een monster met hoge concentratie fecale indicatorbacteriën is de verwachting dat de concentratie DNA merkers in het monster met hoge concentratie informatie geeft over de verontreinigingsbron(nen) die op dat moment verantwoordelijk is voor de verhoogde concentratie fecale indicatorbacteriën. Deze verwachting gaat uit van een goede relatie tussen de concentratie van DNA merkers en de concentratie fecale indicatororganismen. Door verschillende omstandigheden kan deze relatie niet in alle gevallen goed zijn:

- Door het toepassen van verschillende detectietechnieken (qPCR/kweek) kunnen er verschillen optreden. Met de kweek zullen alleen de indicatororganismen, die in staat zijn tot vermeerdering in een selectief kweekmedium, worden gedetecteerd terwijl met qPCR DNA wordt aangetoond. Dit betekent dat DNA-merkers over een langere periode in water detecteerbaar kunnen zijn dan kweekbare indicatorbacteriën.
- Van *E. coli* en enterococcon is bekend dat er situaties zijn waarbij deze ook in het milieu kunnen overleven en vermeerderen zodat deze niet altijd een goede indicatie zijn voor de aanwezigheid van fecaal materiaal (en dus van mogelijke ziekteverwekkers).

- De gemiddelde concentraties DNA-merkers en fecale indicatororganismen zijn hoog in feces waarbij de concentratie DNA merkers gemiddeld hoger zijn dan de concentratie indicatororganismen. Er zijn echter grote variaties in de concentraties van beide parameters in individuele fecesmonsters mogelijk (Heijnen, 2015).

Door bovenstaande punten kunnen er situaties optreden waarin geen fecale indicatororganismen worden aangetoond en wel DNA merkers; en soms ook omgekeerd. Deze situaties worden vooral waargenomen in monsters met verhoogde concentraties fecale indicatorbacteriën waarbij de signaalwaarden voor overschrijding van het acute risico niet worden overschreden. Hoewel door deze verschillen niet altijd een directe relatie kan worden gelegd tussen de concentraties indicatorbacteriën en de concentratie DNA merkers geven de metingen van DNA merkers ook in deze situaties inzicht in de herkomst van fecale verontreinigingen op de bemeeten locatie.

2.5 DNA analyse

De DNA-analyse is op te splitsen in een aantal stappen: DNA-isolatie, DNA-analyse (met behulp van qPCR) en kwaliteitscontrole. Zowel voor de DNA-isolatie als voor de qPCR-analyses is gebruik gemaakt van KWR-werkvoorschriften.

Voor dit onderzoek is op verzoek van Delfland gebruik gemaakt van qPCR methoden gericht op de detectie van de bronnen mens, rat, hond en vogel voor de beide Wollebrand locaties (OW312-11 en OW312-12). Voor de locatie waterspeeltuin Tanthof (OW208-005) is de merker voor rat vervangen door de merker voor herkauwers.

Voor het bepalen van het voorkomen van DNA indicatief voor fecale verontreinigings-bronnen afkomstig van mensen en herkauwers is gebruik gemaakt van groepspecifieke bacteriën uit de bacteriegroep *Bacteroides*. Voor het opsporen van verontreinigingen van vogels is gebruik gemaakt van de, veelvuldig in vogel uitwerpselen voorkomende, *Helicobacter* bacterie. Voor het aantonen van de bron Bruine rat is een methode gebruikt die zich richt op DNA uit cellen van de Bruine rat in plaats van fecaal gerelateerd bacterie materiaal. Fecaliën van ratten bevatten veel van dergelijke cellen afkomstig van de darmwand. De resultaten worden hierna weergegeven op een loglineaire schaal als DNA-kopieën/l.

De kwaliteitscontrole bevat drie onderdelen:

- In de analyse wordt gebruik gemaakt van een interne controle zodat zicht ontstaat op het rendement van de DNA-extractie en het verloop de qPCR-analyse.
- De analyse van een blanco monster om inzicht te krijgen in het eventueel optreden van contaminaties.
- Een controle van de juistheid van alle gerapporteerde uitkomsten door een collega-laborant.

3 Resultaten en discussie

3.1 De opbrengst van de inhibitie en rendementscontrole

Om te bepalen of alle oppervlaktewatermonsters geschikt waren voor qPCR-analyses is de DNA opbrengst van de interne controle (IC) bepaald in elk monster. Door het toevoegen van een bekende hoeveelheid IC-DNA kan men aan de hand van de hoeveelheid DNA die men na DNA extractie en analyse terugmeet, berekenen hoe goed de isolatie van IC-DNA en de qPCR analyses zijn verlopen: het rendement. Het rendement wordt uitgedrukt als percentage van de bekende hoeveelheid IC-DNA die aan de monsters toegevoegd is. Dit rendement wordt gebruikt om de gevonden hoeveelheden van het target DNA te kunnen corrigeren. Rendementen kunnen negatief beïnvloed worden door de aanwezigheid van stoffen die extractie of de PCR reactie verstoren, dat noemen we remming van de PCR analyse.

De rendementen van de DNA-extracties (zie de tabellen per locatie) bleken voor alle geanalyseerde monsters + de blanco's goed (rendement van 40% of hoger). Deze uitkomst geeft aan dat de watermonsters afkomstig van deze zwemwaterlocaties zich goed lieten behandelen. In geen van de blanco monsters werden DNA merkers aangetroffen, zodat er naar alle waarschijnlijkheid geen kruisbesmettingen tussen monsters zijn opgetreden.

3.2 Resultaten DNA analyse en kweek

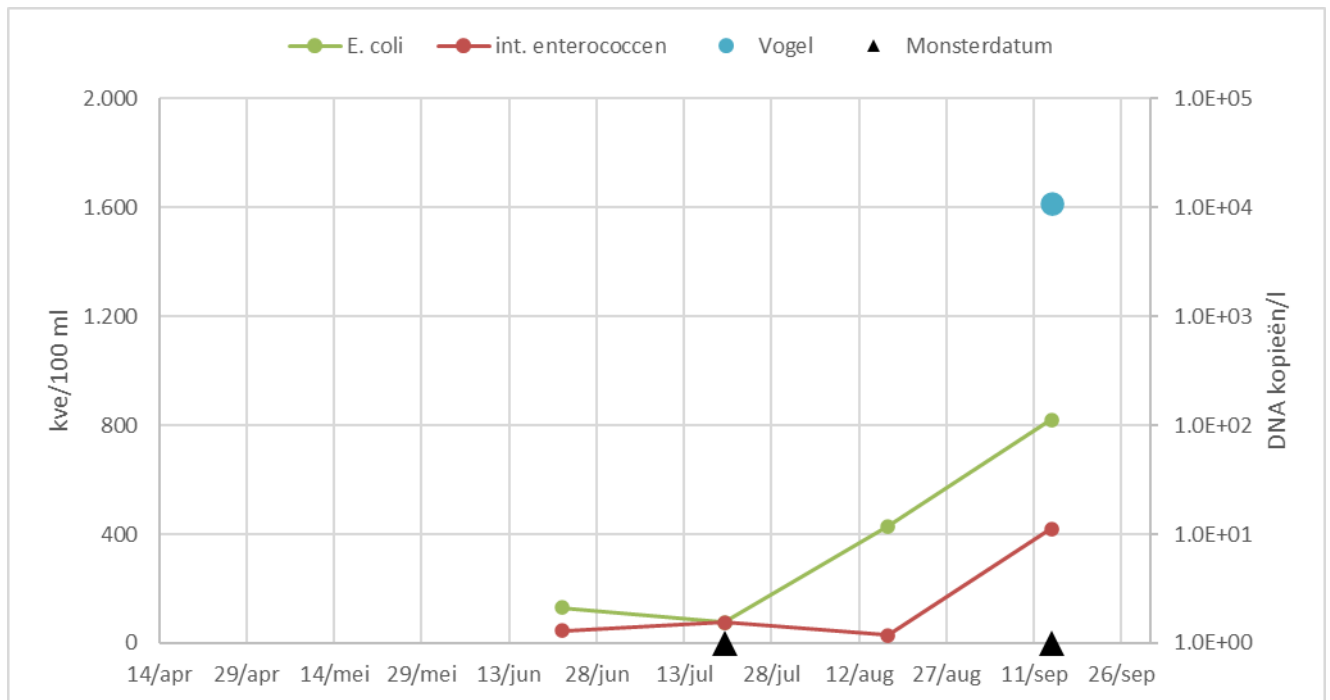
3.2.1 Waterspeeltuin Tanthof

In onderstaande Tabel 1 zijn de DNA concentraties van de onderzochte bronnen van fecale herkomst aangegeven voor de locatie OW208-005 bij Waterspeeltuin Tanthof. Het veldmonster van 14 september vertoont een positieve waarde voor de DNA merker voor vogels.

In Figuur 1 zijn de resultaten weergegeven voor de met kweek bepaalde waarden voor *E. coli* en intestinale enterococcen gedurende het zwemseizoen 2021 op deze locatie. Ook de resultaten voor de op de twee geanalyseerde datums vastgestelde DNA waarden voor de fecale merker voor vogels worden hier weergegeven. Conform de Europese zwemwaterrichtlijn is voor de zwemwaterkwaliteitsklasse 'goed' de bovengrenswaarde voor *E. coli* 1000 kve/100 ml, voor intestinale enterococcen is dit 400 kve/100 ml. In Nederland wordt de grens van 1800

Tabel 1. DNA concentraties (kopieën/l) zoals gedetecteerd voor de twee onderzochte veldmonsters van de locatie OW208-005 bij Waterspeeltuin Tanthof en bijbehorende blanco's. De vetgedrukte waarden liggen boven de detectiegrens. Gegevens met een '<' betreffen waarden beneden de detectiegrens.

monster code	datum / volume	omschrijving	rendement (%)	mens hond herkauwer vogel DNA kopieën/l			
LMB-131349-OW	20 jul 80 ml	Speeltu Tanthof	55.6	<2,2E+03	<2,2E+03	<2,2E+03	<1,1E+04
LMB-131350-UW	100 ml	Blanco	42.4	<2,4E+03	<2,4E+03	<2,4E+03	<1,2E+04
LMB-131363-OW	14 sep 100 ml	Speeltu Tanthof	64.7	<1,5E+03	<1,5E+03	<1,5E+03	1.1E+04
LMB-131364-UW	100 ml	Blanco	54.4	<1,8E+03	<1,8E+03	<1,8E+03	<9,2E+03



Figuur 1. Meetwaarden voor *E. coli* en intestinale enterococci op de locatie OW208-005 bij Waterspeeltuin Tanthof in 2021 en de op twee momenten vastgestelde DNA-resultaten van potentiële fecale bronnen. *E. coli* en intestinale enterococci zijn uitgedrukt in een lineaire schaal in kve (kolonievormende eenheden) per 100 ml; de DNA-merkers zijn uitgedrukt op een loglineaire schaal in DNA-kopie aantallen / l. De twee datums met DNA analyses zijn weergegeven met een zwarte driehoek op de horizontale as.

kolonievormende eenheden (kve)/100 ml met betrekking tot *E. coli* aangehouden als signaalwaarde voor overschrijding van het acute risico (Stuurgroep Water, 2013). Voor intestinale enterococci ligt die grens bij 400 kve /100 ml.

Er is een verhoging boven de signaalwaarde zichtbaar voor intestinale enterococci op 14 september. Ook *E. coli* heeft dan een verhoogde waarde, maar blijft ruim onder de signaalwaarde. De overschrijding voor de intestinale enterococci correspondeert met verhoogde waarde voor de DNA merker voor vogels.

In 2018 werden in de waterspeeltuin Tanthof zelf (OW208-017) hond en vogel aangetroffen als bron (Kardinaal, 2018).

Het zwemwaterprofiel (Delfland, 2019) wijst op de mogelijke invloed van polderwater, en ook op mensen en honden, maar niet op vogels.

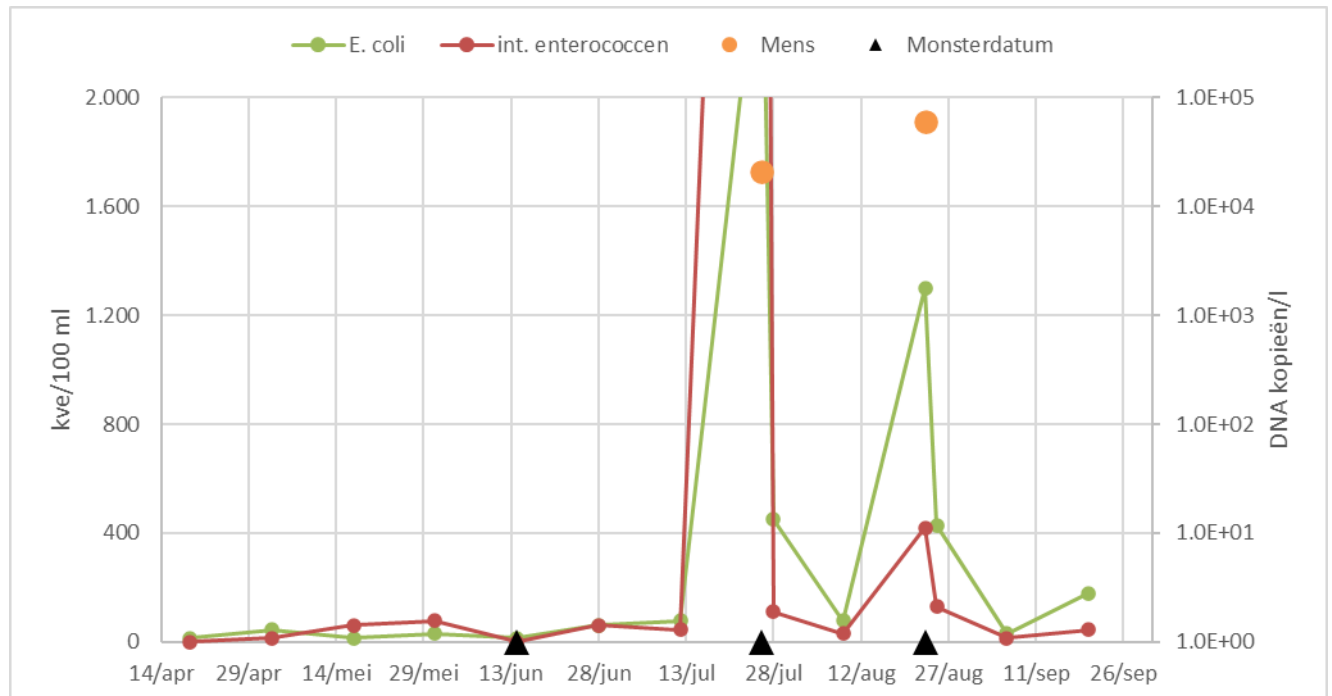
3.2.2 Wollebrand waterskiplas

In onderstaande Tabel 2 zijn de DNA concentraties van de onderzochte bronnen van fecale herkomst aangegeven voor de locatie OW312-011 Wollebrand waterskiplas. Van de veldmonsters is zowel het monster van 26 juli als van 23 augustus positief, en wel voor DNA merkers van mensen.

In Figuur 2 zijn de resultaten weergegeven voor de met kweek bepaalde waarden voor *E. coli* en intestinale enterococci gedurende het zwemseizoen 2021 in deze locatie. Ook de resultaten voor de op de drie geanalyseerde datums vastgestelde DNA waarden voor de fecale merker voor mensen worden hier weergegeven.

Tabel 2. DNA concentraties (kopieën/l) zoals gedetecteerd voor de drie onderzochte veldmonsters van locatie OW312-011 Wollebrand waterskiplas en bijbehorende blanco's. De vetgedrukte waarden liggen boven de detectiegrens. Gegevens met een '<' betreffen waarden beneden de detectiegrens.

monster code	datum / volume	omschrijving	rendement (%)	DNA kopieën/l			
				mens	rat	hond	vogel
LMB-131343-OW	14 juni 100 ml	Waterskiplas	63.1	<1,6E+03	<1,6E+03	<1,6E+03	<7,9E+03
LMB-131344-UW	100 ml	Blanco	40.0	<2,5E+03	<2,5E+03	<2,5E+03	<1,3E+04
LMB-131351-OW	26 juli 100 ml	Waterskiplas	53.8	2.1E+04	<1,9E+03	<1,9E+03	<9,3E+03
LMB-131353-UW	100 ml	Blanco	45.3	<2,2E+03	<2,2E+03	<2,2E+03	<1,1E+04
LMB-131358-OW	23 aug 50 ml	Waterskiplas	62.8	6.0E+04	<3,8E+03	<3,8E+03	<1,6E+04
LMB-131360-UW	100 ml	Blanco	53.5	<1,9E+03	<1,9E+03	<1,9E+03	<9,4E+03



Figuur 2. Meetwaarden voor *E. coli* en intestinale enterococci op de locatie OW312-011 Wollebrand waterskiplas in 2021 en de op drie momenten vastgestelde DNA-resultaten van potentiële fecale bronnen. *E. coli* en intestinale enterococci zijn uitgedrukt in een lineaire schaal in kve (kolonievormende eenheden) per 100 ml; de DNA-merkers zijn uitgedrukt op een loglineaire schaal in DNA-kopie aantallen / l. De drie datums met DNA analyses zijn weergegeven met een zwarte driehoek op de horizontale as. De waarde voor *E. coli* op 26 juli is 2700 kve/100 ml; op diezelfde datum is de waarde voor intestinale enterococci 7100 kve/100 ml.

Er is een forse overschrijding van de signaalwaarde zichtbaar voor *E. coli* en intestinale enterococci op 26 juli. Voor de laatste gebeurt dat nog een keer op 23 augustus, waarbij ook *E. coli* een verhoogde waarde vertoont. Beide overschrijdingen corresponderen met een verhoogde waarde voor de DNA merker voor mensen.

Het zwemwaterprofiel (Delfland, 2020) wijst op de mogelijke invloed van inlaatwater uit het achterland, en op de locatie zelf vogels, naast mensen. Voor honden en paarden geldt een verbod.

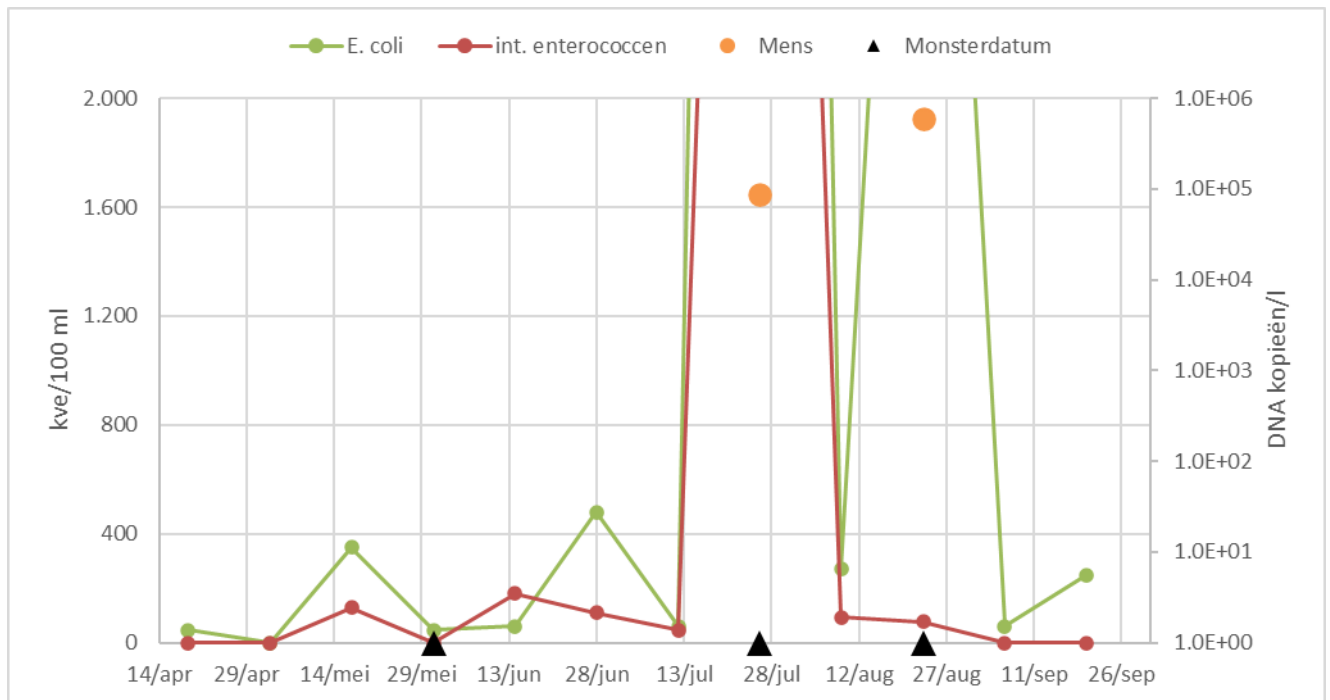
3.2.3 Wollebrand inlaat zwemplas

In onderstaande Tabel 3 zijn de DNA concentraties van de onderzochte bronnen van fecale herkomst aangegeven voor de locatie OW312-012 Wollebrand inlaat zwemplas. Van de veldmonsters is zowel het monster van 26 juli als van 23 augustus positief, en wel voor DNA merkers afkomstig van mensen.

In Figuur 3 zijn de resultaten weergegeven voor de met kweek bepaalde waarden voor *E. coli* en intestinale enterococci gedurende het zwemseizoen 2021 in deze locatie. Ook de resultaten voor de op de drie geanalyseerde datums vastgestelde DNA waarden voor de fecale merker voor mensen worden hier weergegeven.

Tabel 3. DNA concentraties (kopieën/l) zoals gedetecteerd voor de drie onderzochte veldmonsters van locatie OW312-011 Wollebrand inlaat zwemplas en bijbehorende blanco's. De vetgedrukte waarden liggen boven de detectiegrens. Gegevens met een '<' betreffen waarden beneden de detectiegrens.

monster code	datum / volume	omschrijving	rendement (%)	DNA kopieën/l			
				mens	rat	hond	vogel
LMB-131339-OW	31 mei 100 ml	Inlaat zwemplas	55.8	<1,8E+03	<1,8E+03	<1,8E+03	<9,0E+03
LMB-131340-UW	100 ml	Blanco	47.6	<2,1E+03	<2,1E+03	<2,1E+03	<1,1E+04
LMB-131352-OW	26 juli 100 ml	Inlaat zwemplas	58.0	8.9E+04	<1,7E+03	<1,7E+03	<8,6E+03
LMB-131353-UW	100 ml	Blanco	45.3	<2,2E+03	<2,2E+03	<2,2E+03	<1,1E+04
LMB-131359-OW	23 aug 50 ml	Inlaat zwemplas	60.2	6.0E+05	<3,3E+03	<3,3E+03	<1,7E+04
LMB-131360-UW	100 ml	Blanco	53.5	<1,9E+03	<1,9E+03	<1,9E+03	<9,4E+03



Figuur 3. Meetwaarden voor E. coli en intestinale enterococci op de locatie OW312-012 Wollebrand inlaat zwemplas in 2021 en de op drie momenten vastgestelde DNA-resultaten van potentiële fecale bronnen. E. coli en intestinale enterococci zijn uitgedrukt in een lineaire schaal in kve (kolonievormende eenheden) per 100 ml; de DNA-merkers zijn uitgedrukt op een loglineaire schaal in DNA-kopie aantallen / l. De drie datums met DNA analyses zijn weergegeven met een zwarte driehoek op de horizontale as. De waarde voor E. coli op 26 juli is 15.000 kve/100 ml; op diezelfde datum is de waarde voor intestinale enterococci 8300 kve/100 ml. De waarde voor E. coli op 23 augustus is 5400 kve/100 ml

Er is een forse overschrijding van de signaalwaarde zichtbaar voor *E. coli* op 26 juli en op 23 augustus. Voor de intestinale enterococci is dit het geval op 26 juli. Beide overschrijdingen corresponderen met een verhoogde waarde voor de DNA merker voor mensen.

Het zwemwaterprofiel (Delfland, 2020) wijst op de mogelijke invloed van inlaatwater uit het achterland, en op de locatie zelf vogels, naast mensen. Voor honden en paarden geldt een verbod. De in 2021 in deze inlaat aangetroffen bacteriewaarden samen met de DNA merker voor mensen suggereren dat hier riooloverstorten een rol hebben gespeeld. Volgens het zwemwaterprofiel spelen riooloverstorten op de zwemwaterlocatie waterskiplas zelf geen rol, maar het noemt wel een verkeerde rioolaansluiting in 2019 bij het in de buurt liggende terrein van de bloemenveiling 'Royal Flora Holland' waarna daar een riooloverstort heeft plaatsgevonden die in vloed had op deze locatie. Ook fungeert de waterskiplas als bergingsgebied. Als er in 2021 berging heeft plaatsgevonden kan dit de sterk verhoogde bacteriewaarden verklaren in zowel de hier besproken inlaat als de waterskiplas zelf.

4 Conclusies

De DNA-analyses zijn naar behoren verlopen, zonder enige indicatie van remming die van invloed zou kunnen zijn op de betrouwbaarheid van de hier gerapporteerde resultaten.

De onderzochte locatie bij de Waterspeeltuin Tanthof vertoonde in 2021 een overschrijding van de signaalwaarde voor intestinale enterococci. De DNA merkers wijzen uit dat vogels hier waarschijnlijk de bron vormden. Het vermoeden dat omringende veeteelt effecten zou hebben via inlaatwater wordt in ieder geval in 2021 niet door de DNA analyse bevestigd.

De locatie Wollebrand waterskiplas liet twee overschrijdingen van de signaalwaarden zien. Tegelijkertijd werd ook de DNA merker voor mensen vastgesteld. Voor de bijbehorende inlaat werden op diezelfde datums nog hogere bacteriewaarden gevonden, die eveneens samenvielen met verhoogde waarden voor de DNA merker voor mensen. Op basis van deze resultaten en het zwemwaterprofiel lijkt het dat hier riooloverstorten de verklaring moeten zijn.

5 Referenties

Becker, E., Ruiter, H., Ahmed, A., Goris, M., Wullings, B.A., Kardinaal, W.E.A., (2017). Nieuw DNA-instrument voor opsporen van ziekte van Weil bacteriën en de bron in oppervlaktewater. *WaterMatters* (2017) 2, pp.28-31.

Delfland, (2019). Zwemwaterprofiel Waterspeeltuin Tanthof.

Delfland, (2020). Zwemwaterprofiel Wollebrand.

Heijnen, L., (2015). Eigenschappen van DNA-merkers voor fecale verontreiniging. KWR BTO rapport 2015.023.

Heijnen, L., & Learbuch, K., (2013). Ontwikkeling en toepassing van kwantitatieve PCR methoden voor het identificeren van de bron van fecale besmettingen BTO rapport 2013.014.

Heijnen, L., Learbuch, K., Kardinaal, E., Rotteveel, S., Ruiter, H., & Leenen, I., (2014). Fecale verontreiniging in zwemwater identificeren met DNA-merkers. H2O April 2014.

Kardinaal, E., (2018). DNA bronopsporing fecale verontreiniging op zwemwaterlocaties Delfland. KWR rapport 2019.007.

Stuurgroep Water, (2013). Beslisnotitie werkwijze individuele metingen en meetfrequentie microbiologische parameters zwemwaterrichtlijn, vastgesteld op 14 maart 2013.

Jaar van publicatie
2021

[Meer informatie](#)

dr.ir. Michiel Hootsmans

T 0622951843

E michiel.hootsmans@kwrwater.nl

Keywords

fecale verontreiniging, DNA bronopsporing,
zwemwater

Groninghaven 7

Postbus 1072

3430 BB Nieuwegein

T +31 (0)30 60 69 511

F +31 (0)30 60 61 165

E info@kwrwater.nl

I www.kwrwater.nl

KWR 2021.104 | 7 december 2021 ©KWR

Alle rechten voorbehouden aan KWR. Niets uit deze uitgave mag - zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van KWR - 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.