

Watervogels en zwemwaterkwaliteit: hoe kan het beter?

okt 31 Geplaatst door [Mirjam Jochemsen](#) in [Watersysteem](#)

Marieke de Lange¹, Dennis Lammertsma¹, Hanneke Keizer-Vlek¹, Martin de Haan²

1) Alterra/Wageningen-UR, 2) Royal Haskoning DHV

Veel zwemplassen zijn vervuild met bacteriën uit uitwerpselen. Mogelijke bronnen zijn mensen, honden, paarden en watervogels. De herkomst van fecale bacteriën is echter nog niet traceerbaar. Om toch vast te stellen of vogelpoep belangrijk is voor de zwemwaterkwaliteit, verzamelde Alterra gegevens van 20 zwemplassen verspreid over Nederland. Het statistische verband tussen aantallen watervogels en concentraties van fecale bacteriën bleek significant. Bovendien waren in helder, plantenrijk water de aantallen bacteriën duidelijk lager dan in troebel water zonder waterplanten.

In Nederland zijn ongeveer 700 officiële zwemwaterlocaties in oppervlaktewater, die in het algemeen tweewekelijks worden gecontroleerd op het voorkomen van de fecale bacteriën *Escherichia coli* (*E. coli*) en intestinale enterococci (*IE*). In de Europese Zwemwaterrichtlijn [2] worden *E. coli* en *IE* gebruikt als indicator voor fecale verontreiniging. *IE* bestaan uit de soorten *Enterococcus faecalis*, *E. faecium*, *E. durans* en *E. hirae*. *E. coli* en *IE* komen voor in de uitwerpselen van mensen en dieren en geven een aanwijzing voor de aanwezigheid van ziekteverwekkende organismen in het water (virussen, bacteriën, protozoa). In zwemplassen in Nederland komen geregeld te hoge concentraties fecale bacteriën voor waardoor overschrijdingen optreden van de zwemwaterkwaliteitsnorm. Er zijn diverse mogelijke bronnen van fecale bacteriën, bijvoorbeeld afspoeling vanuit de omgeving, watervogels, honden of paarden, zwemmers en riooloverstorten.

Vogels worden vaak gezien als een belangrijke bron van fecale bacteriën, en daarmee een oorzaak van overschrijding van de zwemwaternorm c.q. besmettingsgevaar. De rol van vogels hangt af van een aantal factoren [3, 4]:

- de aanwezige vogels (soorten en aantallen),
- de hoeveelheid uitwerpselen die een soort produceert per tijdseenheid,
- de concentratie fecale indicatorbacteriën en ziekteverwekkers in de uitwerpselen,
- de locatie waar de uitwerpselen worden gedeponed,
- de duur van het verblijf van de vogels.

De concentratie fecale bacteriën in het water wordt niet alleen bepaald door de bron (bijv. vogels), maar ook door de karakteristieken van het ontvangende water. Zo bepaalt het volume van een plas in hoeverre er verdunning optreedt. De overlevingsduur van de fecale bacteriën in het water hangt samen met de weersomstandigheden (temperatuur en zonnestraling). In een eerder onderzoek [3] bleek de concentratie *E.coli* gerelateerd te zijn aan de hoeveelheid zwevend stof in het water. Op basis hiervan werd de hypothese geformuleerd dat zwevend stof de overleving van fecale bacteriën in de waterkolom bevordert.

In vervolgonderzoek gefinancierd door STOWA heeft Alterra in 2012 verder onderzoek gedaan naar de factoren die een rol spelen bij overschrijdingen van de zwemwaterkwaliteitsnorm. Het onderzoek was gericht op de volgende onderdelen:

- aantallen watervogels als bron van fecale bacteriën;
- structuur van het ecosysteem, met name de aanwezigheid van waterplanten en de helderheid van het water, in relatie tot overleving van fecale bacteriën;
- concentraties fecale bacteriën *E. coli* en *IE* als ziekteverwekker en als indicator voor watervogels als bron.

Aanpak

Vier provincies en tien waterschappen hebben deelgenomen aan deze studie. Voor de studie zijn 20 zwemwaterlocaties geselecteerd die naar verwachting duidelijk verschillen in het aantal overschrijdingen van de zwemwaternormen (te hoge concentraties fecale bacteriën) (zie tabel 1). Alterra heeft bij elke locatie de watervogels geteld gedurende 3 dagen in de periode 4 juni - 28 augustus en eenmalig een waterplanteninventarisatie uitgevoerd. De waterschappen hebben aansluitend op de vogeltelling een extra meting van *E. coli* en *IE* gedaan en gedurende het zwemseizoen de concentratie zwevend stof gemeten. Hiermee werd beoogd om de concentratie van fecale bacteriën te relateren aan de bron (aantallen

en soorten vogels) en aan factoren die van invloed zijn op de overleving van fecale bacteriën (zwevend stof, waterplanten, grootte en volume van de plas). De data van alle locaties zijn vervolgens samengevoegd en geanalyseerd met diverse statistische technieken.

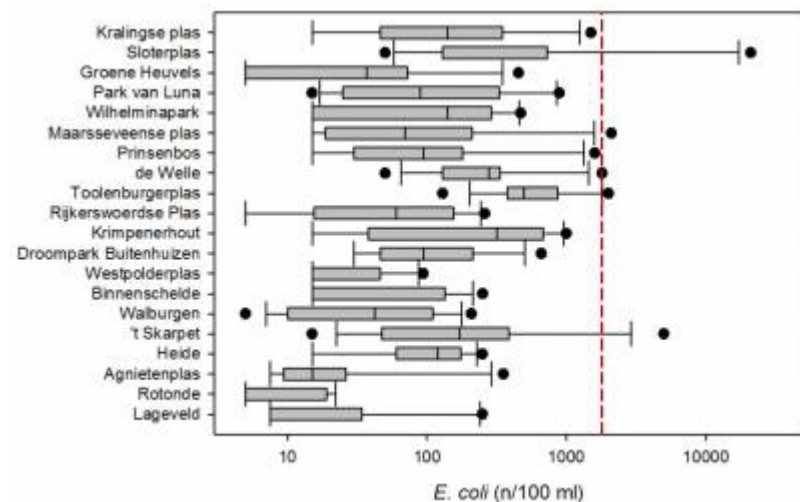
Resultaten en discussie

In totaal zijn tijdens de 3 veldbezoeken in alle zwemplassen 8046 vogels geteld, verdeeld over 25 soorten. De Top 5 van meest getelde soorten bestaat achtereenvolgens uit meerkoet, wilde eend, grauwe gans, nijlgans en kokmeeuw. Binnen de zwemzones zijn gemiddeld tussen de 1 en 192 vogels per veldbezoek geteld (tabel 1).

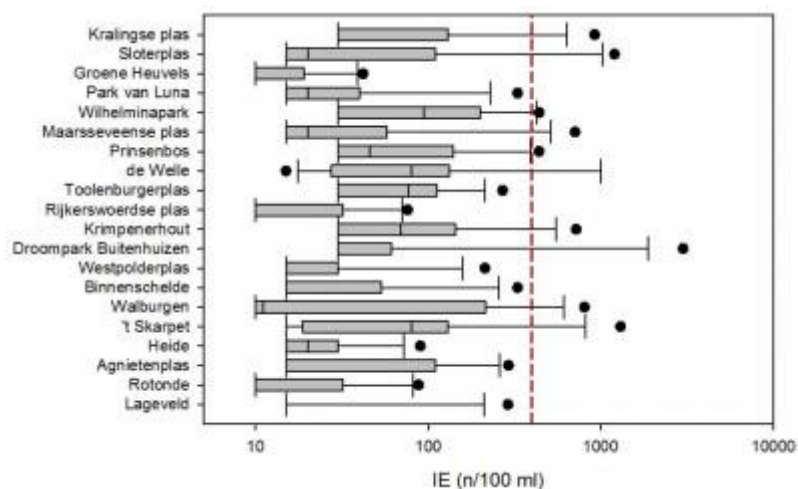
Tabel 1: Overzicht onderzochte locaties, waterbeheerders en het gemiddelde aantal vogels in de zwemzone (3 veldbezoeken gedurende de zomermaanden).

Waterschap	Locatie	Gemiddeld aantal vogels zwemzone
Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier	Park van Luna	65
	't Skarpet	11
Hoogheemraadschap van Delfland	Prinsenbos	45
	Wilhelminapark	57
Hoogheemraadschap van Rijnland	Droompark Buitenhuizen	22
	Toolenburgerplas	36
Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard	Kralingse plas	192
	Krimpenerhout	26
Waternet	Maarsseveense plas	50
	Sloterplas	134
Waterschap Brabantse Delta	Binnenschelde	13
	Westpolderplas	17
Waterschap Groot Salland	Agnietenplas	5
Waterschap Regge & Dinkel	Lageveld	1
Waterschap Rivierenland	Groene Heuvels	70
	Rijkerswoerdse plassen	29
	De Rotonde	2
	Walburgen	12
Waterskip Fryslân	De Heide	6
	De Welle	44

Ten tijde van de watervogeltellingen varieerden de gehalten aan E. coli tussen de 7,5 en 2100 kve/100 ml (kve = kolonievormende eenheden). De concentraties aan E. coli en IE variëren sterk gedurende het zwemseizoen, zoals geïllustreerd in afbeelding 1 en 2. Ook in de periode tussen twee meetmomenten kunnen de concentraties sterk variëren. Naast een analyse van gegevens over de concentratie van fecale bacteriën tijdens de veldbezoeken is daarom een tweede dataset geanalyseerd. Deze bevatte de mediane en maximum concentraties in een maand voor en na de vogeltelling, onder aanname dat in deze periode de aantallen vogels relatief constant zijn. Deze aanname lijkt gerechtvaardigd vanwege de geringe variatie van dag tot dag in de 3 tellingen in het onderzoek. Bovendien bleek bij eerder onderzoek dat de aantallen vogels in en rond de broedperiode (februari-augustus) relatief constant zijn [3].



Afbeelding 1. Spreiding van de E. coli-concentraties gedurende het zwemseizoen 2012 weergegeven in boxplots
 De grijze box geeft de range weer van het 25 percentiel tot aan het 75 percentiel, met de mediaan. De lijnen links en rechts geven de 10 en 90 percentiel waarden weer. De zwarte stippen zijn 'uitbijters', uitzonderlijk lage of hoge waarden. NB Let op de logaritmische x-as. De gearceerde rode lijn geeft de huidige signaalwaarde van 1800 aan. De locaties zijn gerangschikt naar afnemende vogelaantallen.



Afbeelding 2. Spreiding van van de IE concentraties gedurende het zwemseizoen 2012 weergegeven in boxplots
 De grijze box geeft de range weer van het 25 percentiel tot aan het 75 percentiel, met de mediaan. De lijnen links en rechts geven de 10 en 90 percentiel waarden weer. De zwarte stippen zijn 'uitbijters', uitzonderlijk lage of hoge waarden. NB Let op de logaritmische x-as. De gearceerde rode lijn geeft de huidige signaalwaarde van 400 aan. De locaties zijn gerangschikt naar afnemende vogelaantallen.

Tabel 2: Gecombineerde beoordeling van de drie statistische methoden

+ geeft een positieve (cor)relatie weer en – een negatieve (cor)relatie.

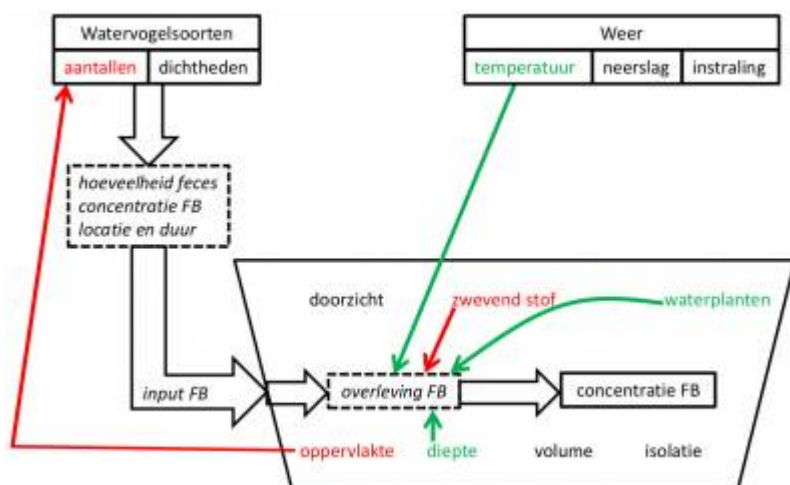
	Correlatie		Ordinatie		Regressie
	Op basis van rangorde, variabelen 1 op 1		Lineaire respons, alle variabelen in samenhang		Lineaire respons, zoeken naar de beste voorspellende variabele
E. coli	Aantal vogels	+	Zwevend stof	+	Zwevend stof
	Aantal herbivoren	+	Carnivoren	+	Oppervlakte zwemzone
	Oppervlakte zwemzone	+	Waterplanten	-	Diepte
IE	Waterplanten	-	Zwevend stof	+	Temperatuur
			Waterplanten	-	Oppervlakte zwemzone
					Waterplanten
					Temperatuur

De resultaten zijn op verschillende manieren statistisch geanalyseerd (tabel 2). Uit deze analyses volgt dat de belangrijkste verklarende variabelen voor concentraties van fecale bacteriën in de onderzochte zwemplassen zijn: zwevend stof, het oppervlak van de zwemzone, de diepte, de temperatuur en de hoeveelheid waterplanten. Deze factoren worden hieronder toegelicht, een schematische weergave van de samenhang tussen deze variabelen wordt in afbeelding 3 gegeven.

Er is een positieve relatie gevonden tussen zwevend stof en E. coli. Zwevend stof kan op twee manieren zorgen voor een langere overleving van fecale bacteriën in het water; door uitdoving van zonlicht en door het bieden van een bindingsplaats voor de bacteriën. Zonlicht, en met name het ultraviolette deel van de straling, is een belangrijke factor voor inactivatie van fecale bacteriën [5, 6]. Echter, UV-straling dooft in Nederland gemiddeld in de eerste 30 cm uit [7], waarmee dit mechanisme voor Nederland minder relevant lijkt te zijn. Zwevend stof, met name fijne kleideeltjes met een groot oppervlak, biedt bescherming tegen diverse factoren die de overleving van bacteriën verminderen, zoals UV-straling, zout, toxische effecten en predatie door bacteriofagen [8]. Onze studieopzet leent zich niet voor het bewijzen van dergelijke causale relaties. Het onderliggende mechanisme dat de waargenomen samenhang tussen zwevend stof en E. coli kan verklaren, zou in aanvullend onderzoek moeten worden aangetoond.

Uit het onderzoek blijkt verder dat de concentraties van E. coli en IE toenemen met een toename van het oppervlak van de zwemzone. Een grotere zwemzone is positief gecorreleerd met de aanwezige aantallen vogels. Het gehalte aan E. coli is het sterkst gecorreleerd met de aanwezige aantallen vogels. Waterplanten zijn goed voor de zwemwaterkwaliteit. Hoe meer waterplanten er zijn hoe lager de IE-concentratie. Mogelijk verloopt dit verband via een lager gehalte aan zwevend stof, waaraan bacteriën zich kunnen binden en langer overleven. Zwemwateren met een grote diepte vertonen in het

algemeen een lagere concentratie van E. coli. Uitzonderingen zijn drie diepe plassen (> 30m) waar mogelijk locatiespecifieke oorzaken een rol spelen. Bij een hogere gemiddelde temperatuur overleven fecale bacteriën minder lang. Dat komt doordat oppervlaktewater voor darmbacteriën een vreemde omgeving is, waarin ze in principe niet lang overleven. Indirect kan een hogere temperatuur zorgen voor meer input van bacteriën door zwemmers. Echter, het weer was tijdens het onderzoek (zomer 2012) niet zodanig dat hogere temperaturen gepaard gingen met meer zwemmers.



Afbeelding 3. Schematische weergave van samenhang tussen de systeemeigenschappen van een zwemplas

Groene variabelen hebben een verlagend effect op de concentratie van fecale bacteriën (FB). Rode variabelen hebben een verhogend effect op de concentratie. Zwarte variabelen hebben geen significant effect. Cursief gedrukte variabelen zijn niet bepaald in deze studie. De pijlen geven het voorgestelde mechanisme aan.

Conclusies

Op basis van de resultaten kunnen de volgende knelpunten voor een goede bacteriologische zwemwaterkwaliteit worden beschreven.

- Bron van fecale bacteriën: watervogels zijn een bron van fecale bacteriën. Grote aantallen watervogels op een zwemplas geven meer fecale bacteriën. Locaties met een grote zwemzone hebben in het algemeen meer watervogels en hogere concentraties E. coli.
- Overleving in het water: of een grotere input van bacteriën leidt tot verhoogde concentraties in het water wordt bepaald door de verdunning in het systeem, en door de overlevingsduur van de bacteriën in het water. Uit het veldonderzoek blijkt dat in het algemeen in een helder systeem met weinig zwevend stof en veel waterplanten lagere concentraties aan fecale bacteriën worden gemeten. Het mechanisme hierachter is waarschijnlijk dat bacteriën in een troebel systeem langer overleven. Uit het veldonderzoek blijkt ook dat diepe plassen in het algemeen lagere concentraties hebben dan ondiepe plassen.
- Concentratie en bescherming van de gezondheid van de zwemmer: uit deze studie, gecombineerd met een studie naar ruimtelijke en temporele variatie [9], blijkt dat de concentratie van E. coli enorm kan variëren binnen een plas, en van dag tot dag. De grote dagelijkse variatie geeft aan dat met name een gemeten concentratie van E. coli een momentopname is, waarbij in een tweewekelijks of maandelijks bemonsteringsschema pieken vaker gemist zullen worden dan gemeten. De huidige wijze van monitoring geeft een goed beeld van de zwemwaterkwaliteit op de lange termijn, waarbij goede en slechte locaties (de uitersten) goed onderscheiden kunnen worden. De vraag is in hoeverre locaties in het tussengebied goed worden gekarakteriseerd, en of op de korte termijn ("we gaan vandaag zwemmen") locaties met een overschrijding en dus een gezondheidsrisico worden herkend.

Bij de conclusies van dit onderzoek dient rekening gehouden te worden met de beperkte steekproef die is genomen. De selectie van 20 locaties had een bias richting locaties waar overschrijdingen plaatsvinden. Gedurende het gehele zwemseizoen 2012 hadden elf van de 20 locaties minstens één keer een overschrijding van IE en/of E. coli. Daarnaast is het aantal van 20 locaties niet bijzonder groot om biologische relaties in het veld te onderzoeken, aangezien biologische variabelen gekenmerkt worden door veel natuurlijke variatie. Het beste regressiemodel kan 35 tot 53% van de variatie niet verklaren. Dit onverklaarde deel van de variatie is veroorzaakt door factoren die niet zijn gemeten. Dat kunnen bijvoorbeeld andere bronnen van IE of E. coli zijn, de concentratie in de feces kan verschillen tussen locaties, of er zijn

andere lokale factoren die de overleving van *E. coli* en IE beïnvloeden. Alle geselecteerde locaties zijn geïsoleerde zwemplassen, zodat de conclusies niet 1-op-1 doorvertaald kunnen worden naar zwemlocaties langs rijkswateren zoals randmeren of het IJsselmeer. Locaties in rijkswateren zijn immers in het algemeen niet geïsoleerd en maken deel uit van een groter watersysteem. Bovendien zijn op en nabij deze locaties vaak andere vogelsoorten aanwezig (zoals zwanen) dan in de wateren uit dit onderzoek (met veel meerkoeten, eenden en ganzen).

Adviezen voor maatregelen

Aangezien elke locatie anders is, zal per locatie maatwerk moeten worden geleverd in de keuze van maatregelen. Het is in ieder geval belangrijk om vogels niet aan te trekken. Dit kan door: (1) het plaatsen van voldoende afvalbakken om zwerfvuil tegen te gaan en (2) goede voorlichting voor de recreanten zodat ze hun etensresten en ander afval netjes weggooien, en niet de vogels ermee gaan voeren. In de meeste gevallen zal de bron (de watervogels) moeilijk aan te pakken zijn. Beheer gericht op het verkorten van de overleving van bacteriën in het water is een betere aanpak. Dat betekent beheer gericht op meer waterplanten, een beter doorzicht en minder zwevend stof. Hierbij kan worden gedacht aan minder/niet maaien van waterplanten in de plas, het wegvangen van bodemwoelende vis en het afdekken van de bodem in de zwemzone met zand om opwerveling door zwemmers te voorkomen. Dergelijke maatregelen zullen de zwemwaterkwaliteit verbeteren en hebben ook een positief effect op de ecologische kwaliteit van het water.

Verbeteren monitoring

De huidige wijze van monitoring volgens de Europese Zwemwaterrichtlijn geeft een goed beeld van de zwemwaterkwaliteit op de lange termijn. Het geeft echter geen beeld van het actuele gezondheidsrisico, en het geeft geen beeld van de bron van verontreiniging. De Lange et al. [9] geven enkele aanbevelingen voor het verbeteren van de monitoring. Het ontwikkelen van een "early warning tool", waarbij op basis van aanwezige vogels, het weer en karakteristieken van de zwemplas een inschatting gemaakt kan worden van de kans op normoverschrijding, lijkt een goede insteek om de gezondheid van de zwemmers beter te beschermen. Bij een overschrijding van IE of *E. coli* is het belangrijk om te weten welke bron van fecale verontreiniging hiervoor verantwoordelijk is, zodat de juiste maatregelen genomen kunnen worden. DNA-fingerprinting – nog niet uitontwikkeld – kan hierbij een waardevol hulpmiddel worden. Met deze techniek kan op elke locatie duidelijk worden welke bron(nen) van fecale bacteriën belangrijk zijn: vogels (opgesplitst naar soorten), honden, paarden of de mens.

Samenvatting

Voor zwemwater gelden strenge kwaliteitsnormen, die op veel locaties regelmatig worden overschreden. Uitwerpselen van watervogels zijn een mogelijke oorzaak. De herkomst van fecale bacteriën is echter nog niet traceerbaar. Alterra onderzocht in 2012 het verband tussen aanwezige watervogels, gehalten aan fecale bacteriën en karakteristieken van 20 zwemplassen verspreid over Nederland (o.a. ecologie, afmetingen). Uit het onderzoek blijkt dat de aanwezigheid van watervogels kan leiden tot verhoogde concentraties fecale bacteriën. Het statistische verband tussen watervogels en gemeten concentraties fecale bacteriën is niet eenduidig: grotere aantallen vogels leveren niet automatisch meer bacteriën in het water op. In helder, plantenrijk water zijn de aantallen bacteriën significant lager dan in troebel water zonder waterplanten. Ook zijn in diepere plassen de concentraties lager.

Literatuur

1. Lange, H.J. de, Lammertsma, D.R., Keizer-Vlek, H., & Haan, M. de (2013). De invloed van watervogels op de bacteriologische zwemwaterkwaliteit. Veldonderzoek in 20 zwemplassen naar relaties tussen aantallen en soorten watervogels, waterplanten, helderheid en concentraties fecale bacteriën. STOWA 2013-12, Amersfoort.
2. Europese Unie (2006). Richtlijn 2006/7/EG van het Europees Parlement en de Raad van 15 februari 2006 betreffende het beheer van de zwemwaterkwaliteit en tot intrekking van Richtlijn 76/160/EEG.
3. Kleijn, D., & Meerburg, B.G. (2011). Watervogels en fecale bacteriën in de plassen van het Park van Luna. Studie naar relaties en oplossingen. Alterra rapport 2191, Wageningen.
4. Alderisio, K.A., & DeLuca, N. (1999). Seasonal enumeration of fecal coliform bacteria from the feces of ring-billed gulls (*Larus delawarensis*) and Canada geese (*Branta canadensis*). *Applied and Environmental Microbiology*, 65, 5628–5630.

5. Whitman, R.L., Nevers, M.B., Korinek, G.C., & Byappanahalli, M.N. (2004). Solar and temporal effects on *Escherichia coli* concentration at a Lake Michigan swimming beach. *Applied and Environmental Microbiology*, 70, 4276-4285.
6. Deller, S., Mascher, F., Platzer, S., Reinthaler, F.F., & Marth, E. (2006). Effect of solar radiation on survival of indicator bacteria in bathing waters. *Central European Journal of Public Health*, 14, 133-137.
7. Lange, H.J. de (2000). The attenuation of ultraviolet and visible radiation in Dutch inland waters. *Aquatic Ecology*, 34, 215-226.
8. Kleijn, D., Meerburg, B.G., & Harmsen, J. (2010). Fecale bacteriën in de plassen van het Park van Luna, Heerhugowaard. Een verkenning van oorzaken en oplossingen. Alterra rapport 2057, Wageningen.
9. Lange, M. de, Haan, M. de, & Gylstra, R. (2013). Huidige wijze van monitoring fecale bacteriën in zwemwateren geeft geen betrouwbaar beeld van actueel gezondheidsrisico zwemmers. *H2O-Online*, www.vakbladH2O.nl, 31 oktober 2013.

- [Afdrukken](#)