

BTO 2017.021 | Februari 2018

## **BTO** rapport

Implementatieplan snel  
meten na  
werkzaamheden



# BTO

## Implementatieplan snel meten na werkzaamheden

BTO 2017.021 | Februari 2018

### Opdrachtnummer

400554-201

### Projectmanager

Luc Hornstra

### Opdrachtgever

BTO - Thematisch onderzoek - Hygiëne en veiligheid

### Kwaliteitsborger(s)

Gertjan Medema

### Auteur(s)

Mirjam Blokker, Patrick Smeets, Yuki Fujita

### Verzonden aan

Dit rapport is verzonden aan BTO participanten en is openbaar.

**Jaar van publicatie**  
2018

#### Meer informatie

Dr. Ir. Patrick Smeets  
T 06-45098533  
E [patrick.smeets@kwrwater.nl](mailto:patrick.smeets@kwrwater.nl)

#### Keywords

PO Box 1072  
3430 BB Nieuwegein  
The Netherlands

T +31 (0)30 60 69 511  
F +31 (0)30 60 61 165  
E [info@kwrwater.nl](mailto:info@kwrwater.nl)  
I [www.kwrwater.nl](http://www.kwrwater.nl)



BTO 2017.021 | Februari 2018 © KWR

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden veeleenvoudigd, 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, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

# Samenvatting

Uit een aantal BTO onderzoeken volgt de aanbeveling om binnen enkele uren na werkzaamheden monsters voor waterkwaliteitscontrole te nemen, in plaats van de in de Hygiëncode voorgeschreven wachttijd van 12-24 aan te houden. Verwacht wordt dat dit hiermee de kans op detectie bij het optreden van een verontreiniging toeneemt, en daarmee de waterkwaliteit wordt verbeterd. Daarnaast biedt dit mogelijkheden om werkzaamheden sneller af te ronden, wat logistieke en financiële voordelen kan hebben en het klantcomfort kan verbeteren.

Dit rapport beschrijft het implementatietraject waarbij de aanbevelingen in de praktijk worden toegepast, in combinatie met de verplichte wachttijd van 12-24 uur. Naast de voorgestelde meetstrategie en verwerking van gegevens wordt beschreven welke stappen er nodig zijn om tot implementatie te komen.

# Inhoud

<b>Samenvatting</b>	<b>2</b>
<b>Inhoud</b>	<b>3</b>
<b>1 Aanleiding en Doel</b>	<b>4</b>
1.1 Inleiding	4
1.2 Leeswijzer	4
1.3 Hygiëncode distributie	4
1.4 Onderzoek QMRA distributie	5
1.5 Onderzoek slimmer meten	6
1.6 Snelle detectiemethoden	7
1.7 Doel	7
<b>2 Eindsituatie na implementatie</b>	<b>9</b>
2.1 Huidige waterkwaliteitscontrole na werkzaamheden	9
2.2 Nieuwe waterkwaliteitscontrole na werkzaamheden	9
<b>3 Implementatietraject</b>	<b>10</b>
3.1 Waterkwaliteitscontrole	10
3.2 Registratie	10
3.3 Interpretatie van de resultaten	11
3.4 Voorleggen resultaten aan drinkwaterbedrijven	11
Deelnemende bedrijven	11
Andere bedrijven	11
3.5 Voorleggen aan Projectgroep Hygiëncode	
Distributie	11
3.6 Voorleggen aan inspectie (IL&T)	12
<b>4 Analyse van meetresultaten</b>	<b>13</b>
4.1 Mogelijke meetresultaten	13
4.2 Aanbeveling op basis van resultaten	13
4.3 Statistische analyse	14
4.4 Benodigd meetprogramma	16
<b>5 Planning</b>	<b>17</b>
5.1 Tijdsplanning	17
5.2 Budget	17
<b>6 Referenties</b>	<b>18</b>
<b>Bijlage I Statistische onderbouwing</b>	<b>19</b>

# 1 Aanleiding en Doel

## 1.1 Inleiding

In de Thematisch BTO onderzoek Hygiëne en Veiligheid hebben verscheidene onderzoeken raakvlakken met de manier waarop waterkwaliteitscontrole voor fecale verontreinigingen na werkzaamheden aan het leidingnet plaatsvindt. De Hygiëncode Distributie (PCD 1-4-2016) schrijft een wachtperiode van 12 tot 24 uur voor tussen beëindiging van werkzaamheden en de monstername. Uit de onderzoeken blijkt dat hierdoor de kans op detectie van een fecale verontreiniging afneemt en de aangesloten consumenten worden blootgesteld aan een verhoogd risico. Daarnaast leidt de wachttijd tot een vertraging in de afhandeling van de werkzaamheden, terwijl anderzijds snelle analysemethoden worden ontwikkeld zodat de waterkwaliteit eerder bekend is. Gezamenlijk leiden deze onderzoeken tot de aanbeveling om niet de voorgeschreven wachtperiode te hanteren, maar juist snel na werkzaamheden monsters te nemen. In dit implementatieplan worden de stappen omschreven hoe tot een dergelijke verandering van de praktijk te komen. Bedrijven kunnen op basis van dit plan besluiten om te participeren in het gezamenlijke implementatietraject. Wanneer bekend is welke bedrijven participeren, zal een definitief projectplan worden opgesteld met deze bedrijven. Uitgangspunt is dat dit implementatieproject geen onderdeel uitmaakt van het BTO onderzoek omdat het bedrijfsspecifieke implementatie betreft.

Bij het opstellen van het implementatieplan hebben twee bedrijven al aangegeven te willen deelnemen. Evides voert op dit moment al twee monsternames uit en heeft aangegeven de resultaten te willen delen voor dit implementatietraject. Daarnaast heeft Brabant Water aangegeven deel te willen nemen aan het implementatietraject. Een goede onderbouwing van de aanbevelingen kan pas worden gegeven wanneer voldoende positieve monsters zijn gevonden. Op basis van de huidige kennis wordt slechts een klein percentage positieve monsters verwacht (zie paragraaf 4.4). Het is daarom gewenst dat nog een of twee waterbedrijven meedoen.

## 1.2 Leeswijzer

In dit hoofdstuk worden de relevante documenten, richtlijnen en onderzoeksresultaten samengevat ter introductie. In Hoofdstuk 2 wordt uiteengezet welke eindsituatie wordt voorzien na de implementatiefase en welke voordelen daarbij worden verwacht. Vervolgens wordt in Hoofdstuk 3 besproken welke stappen nodig zijn in het implementatietraject om tot deze eindsituatie te komen. De gegevens die in het implementatietraject worden verzameld moeten worden geanalyseerd om tot een eenduidige conclusie en aanbeveling te komen. In Hoofdstuk 4 wordt beschreven hoe deze analyse plaatsvindt, welke resultaten worden verwacht op basis van huidige kennis en welke inspanning nodig is om een eenduidige conclusie te kunnen trekken. Dit leidt tot een planning van het implementatietraject en een schatting van het benodigde budget in Hoofdstuk 5

## 1.3 Hygiëncode distributie

De hygiëncode beschrijft hoe de drinkwaterbedrijven werkzaamheden aan het distributiesysteem uitvoeren. In de drinkwaterwet wordt verwezen naar de Hygiëncode als werkwijze waar de drinkwaterbedrijven aan moeten voldoen. In onderstaande tekst, grotendeels overgenomen uit het rapport QMRA van het distributienet (BTO 2016.017), is beschreven hoe de voorschriften voor het moment van waterkwaliteitscontrole in de loop van de tijd is ontstaan en aangepast.

Het aanhouden van 12-24 uur wachttijd tussen spuien en monsternemen wordt voor het eerst genoemd in *Mededeling 91 Hygiënische maatregelen bij werkzaamheden aan het distributienet* (KIWA 1994). In die periode nam een aantal bedrijven zowel monsters na 1 uur als na 12-24 uur. In 10% van de gevallen was het eerste monster na 1 uur negatief en het tweede monster na 12-24 uur positief. De betreffende gegevens en details (bijvoorbeeld afkeuring op *E. coli* of coliformen) ontbreken, zodat deze nu niet opnieuw kunnen worden geëvalueerd.

In de eerste hygiëncode (versie 2001, van Lieverloo et al. 2001) staat *“Een monster dat direct na het spuien genomen is, geeft meestal een te gunstig beeld van de waterkwaliteit. Om deze reden wordt minimaal 1 uur contacttijd tussen spuien en monsterneming aangehouden. Wanneer een monster na circa 24 uur genomen wordt, wordt tijdens deze wachttijd de leidinginhoud door middel van een kleine waterstroom tenminste éénmaal ververs. Deze waterstroom is nodig om een mogelijke verontreiniging aan het begin van de leiding aan het monsterpunt meetbaar te maken.”* (pg. 113, §22.5.3). Kennelijk gaat men er hier vanuit dat de besmetting lokaal in de leidingsectie aanwezig is en na het spuien langzaam vrijkomt.

In de herziene versie van de hygiëncode uit 2010 (Meerkerk en Kroesbergen 2010) is de tekst iets aangepast: *“Een monster dat direct na het spuien genomen is, geeft meestal een te gunstig beeld van de waterkwaliteit. De monsterneming dient dan ook 12-24 uur na het spuien plaats te vinden. Tijdens deze ‘wachttijd’ dient de leidinginhoud door middel van een waterstroom continu te worden ververs met een volumestroom die niet hoger mag zijn dan de volumestroom tijdens het normale verbruik ter plaatse. In bijzondere gevallen kan echter na één uur al een waterkwaliteitsbeoordeling worden uitgevoerd om snel een eerste indruk te krijgen. Die beoordeling moet echter worden gezien als extra meting.”* (pg. 67, §12.6.3). In deze versie is dus de aanbeveling voor 1 uur contacttijd vervallen (alleen bij bijzondere gevallen) en wordt 12 tot 24 uur wachttijd voorgeschreven. De veronderstelling is dan dat door 12 – 24 uur te wachten na het spuien de vervuiling zich met de turbulentie van het water kan verspreiden, er mogelijk nalevering plaatsvindt vanuit zand in de leiding en daardoor de kans op een positief monster groter wordt. Er is echter geen onderzoek bekend dat deze veronderstelling onderbouwt. In de huidige versie van de hygiëncode is bovenstaande werkwijze gehandhaafd (Meerkerk 2016, par. 11.4.2 Tijdstippen van monsterneming na werkzaamheden).

Er zijn mogelijk ook andere redenen geweest voor het aanbevelen van de 12-24 uur wachttijd. Het is meestal niet mogelijk om een monsternemer klaar te hebben staan direct na de werkzaamheden. De 12 – 24 uur is mogelijk ingegeven door de werktijden. Bij een ingreep overdag 8:00 – 16:00 kan een dag later een monsternemer efficiënt worden gepland. Bij een ingreep in de periode buiten de standaard werktijden is 12 – 24 uur handig om met de monsterneming weer overdag uit te komen.

Uit het bovenstaande blijkt dat de aanbeveling voor het aanhouden van 12-24 uur wachttijd geleidelijk is ontstaan, zonder een (traceerbare) onderbouwing vanuit gegevens of onderzoek.

#### 1.4 Onderzoek QMRA distributie

In het rapport QMRA van het distributienet (BTO 2016.017) is onderzocht hoe het infectierisico na werkzaamheden kan worden gekwantificeerd. Een onderdeel daarvan was het bepalen van de kans dat een opgetreden fecale verontreiniging bij de waterkwaliteitscontrole na werkzaamheden zou worden gedetecteerd. Dit is zowel modelmatig als met praktijkgegevens onderzocht.

Uit de modellering volgde dat: *“Gegeven de aanname dat “na het spuien de besmetting uniform verdeeld is over de geïsoleerde leidingsectie, en met het verbruik aan de kraan het leidingnet verlaat” neemt de detectiekans snel af in de tijd en is het aan te bevelen niet tot de volgende werkdag te wachten met het nemen van een monster. Aanbevolen wordt dat waterbedrijven een extra monsternamen invoeren ca. 2 uur na einde van de werkzaamheden. Na een aantal jaar kan een evaluatie worden gedaan of dit tot meer positieve monsters leidt. Bij 100 ml monsters kan de “oogst” tegenvallen.”* Met de QMRA-modelaanpak is gekwantificeerd dat er minder dan 25% kans op detectie is bij de huidige monsternamen, en meer dan 65% bij monsternamen 1 – 4 uur na einde werkzaamheden.

Uit de praktijkmetingen volgde dat: *“Eén van de bedrijven heeft sinds 2010 een monster 2 uur na het afronden van de werkzaamheden én een monster na 12-24 uur (volgens de hygiëncode) genomen. Zij hebben tussen januari 2010 en juni 2015 op ruim 10.000 locaties twee monsters genomen. Dit is geïnterpreteerd als dat het 1<sup>e</sup> monster na 2 uur en het 2<sup>e</sup> monster na 12-24 uur is genomen. Hiervan zijn er 11 locaties (ca. 0,1%) waarvan voor E. coli het 1<sup>e</sup> en het 2<sup>e</sup> monster niet allebei negatief waren:*

- 9 x 1<sup>e</sup> hogere concentratie dan 2<sup>e</sup>, waarvan
  - 4 x het 2<sup>e</sup> monster ook positief
  - 5 x het 2<sup>e</sup> monster negatief
- 1 x gelijk (beide 0.5 kve/100 ml)
- 1 x 2<sup>e</sup> positief en 1<sup>e</sup> negatief.

*Met alleen het “2 uren”-monster zou maar één locatie vals negatief zijn (0,01% van alle monsters), terwijl met alleen het “24 uren”-monster 5 locaties vals negatief zouden zijn (0.05% van alle monsters). Wanneer dit representatief is voor alle waterbedrijven, zou het aantal E. coli besmettingen >1 kve/100 ml dus twee keer zo hoog zijn, gemiddeld 1%. Circa 150 werkzaamheden per jaar (0,5%) zouden dan onterecht worden goedgekeurd door de wachttijd van 12-24 uur aan te houden.*

*Op basis van deze zeer beperkte steekproef is duidelijk dat een monsternamen 12 tot 24 uur na de werkzaamheden tot een onderschatting van de besmettingen zou hebben geleid. Volgens de modelberekening zou een monsternamen 1-4 uur na de werkzaamheden 2,4 maal vaker dan de huidige praktijk van 12-24 uur wachttijd tijdens kantooruren (61,4% ten opzichte van 25,7% als er een besmetting is) leiden tot een positief monster. De meetgegevens vertonen ongeveer dezelfde verhouding ( $10/6 = 1,7$ ).”*

Deze resultaten duiden erop dat met de huidige wachttijd van 12-24 uur een aantal verontreinigingen niet wordt gedetecteerd.

### 1.5 Onderzoek slimmer meten

In het onderzoek Slimmer meten (rapport Slimmer Meten: effect van 12-24 uur wachttijd na spuien op microbiële verontreiniging in drinkwaterleidingen, BTO 2016.047) is in een proefopstelling onderzocht of het moment van monsternamen na werkzaamheden van invloed is op de detectiekans van een verontreiniging. Daarbij is ook onderzocht wat de invloed van biofilm is op de effectiviteit van het spuien en of de een fecale verontreiniging in de waterfase makkelijker wordt verwijderd dan verontreiniging in een zandmatrix. Bij het onderzoek is geen verversing of verbruik van de leidinginhoud tijdens de wachttijd toegepast. Conclusie uit dat onderzoek is: *“In tegenstelling tot de voorschriften in de Hygiëncode, lijkt de 12 tot 24 uur wachttijd tussen spuien en monsternamen geen effect te hebben op de gemeten concentraties van de verontreinigingen. De invloed van de afstand tussen doseerpunt en monsternamen hangt af van het spuiregime en de soort verontreiniging.*



*Bij optimaal spuien en verontreiniging in de vorm van water, is er geen verschil tussen de verschillende afstandspunten. Als te kort is gespuid worden de hoogste concentraties bij het verste monsterpunt aangetroffen. Bij toediening van de verontreiniging in de vorm van zand en water, bevinden de hoogste concentraties zich bij de dichtstbijzijnde monsternamenpunten.”* Daarom wordt aanbevolen: *“Op basis van de resultaten lijkt de 12 tot 24 uur wachttijd zoals beschreven in de hygiëncode niet noodzakelijk. Vasthouden aan die code maakt de tijd tot vrijgave van de leiding daarmee onnodig lang. Daarom verdient het de aanbeveling de wachttijd te verkorten tot 1 uur.”*

### 1.6 Snelle detectiemethoden

De huidige wettelijk voorgeschreven kweekmethoden analyse op *E. coli* en eventueel enterococci zijn erg tijdrovend en nemen 24 tot 28 uur in beslag. Inmiddels zijn alternatieve snelle methoden ontwikkeld zoals Q-PCR (moleculaire methode in 5 uur) of de BACTcontrol (auto semi-online analyse in 2 uur).

De Q-PCR methode ontwikkeling is beschreven in rapport Validatie van de RT-PCR methode voor snelle detectie van *E. coli* (BTO 2016.021): *“Dit onderzoek heeft gezorgd voor implementatie van een snelle methode voor detectie van E. coli (RT-PCR) bij alle Nederlandse drinkwaterlaboratoria. De resultaten van de validatie geven aan dat er weinig verschillen te verwachten zijn tussen de (kwantitatieve) analyseresultaten verkregen met de kweek- en RT-PCR methode. Op basis van deze onderzoeksresultaten zal, in een vervolgtraject, wettelijke acceptatie voor het gebruik van deze RT-PCR methode als alternatieve methode voor detectie van E. coli worden nastreefd. Een vergelijkbaar BTO project voor implementatie en validatie van een snelle methode voor detectie van enterococci start in 2016. “* Op dit moment loopt een traject om de methode geaccepteerd te krijgen. Bij bijzondere omstandigheden (calamiteiten) worden de resultaten van de snelle methoden wel gebruikt. Een voorbeeld is de grote storing drinkwatervoorziening in de omgeving van Doesburg begin maart 2017. Daarbij is in overleg met de inspecteur van IL&T de snellere RT-PCR methode (RNA) gebruikt om de veiligheid van het water aan te tonen. Ook bij de recente besmetting van het drinkwater in Vlaardingen is deze methode toegepast. Daar zijn wel vragen uit naar voren gekomen over toepasbaarheid van deze methode bij directe zuivering van oppervlaktewater met UV. Er zijn vervolgstappen gepland die naar verwachting wel tot acceptatie van de methode, en mogelijk een voorziening voor het toepassingsgebied, zullen leiden.

In het rapport Toegevoegde waarde online *E. coli* sensor in het distributienet (BTO 2017.014) is in een voorbeeld uitgewerkt hoe een meetsysteem als de BACTcontrol zou kunnen worden ingezet voor waterkwaliteitscontrole na werkzaamheden. Daarbij is in een voorbeeld uitgegaan van snel na de werkzaamheden starten met automatische waterkwaliteitscontrole en vervolgens binnen 12 uur een viertal metingen uit te voeren.

Door een snelle monsternamen na werkzaamheden te combineren met een snelle analysetechniek kunnen werkzaamheden binnen enkele uren worden afgehandeld in plaats van enkele dagen. Dit is alleen mogelijk wanneer zowel de snelle monsternamen als de snelle analyse wordt geaccepteerd door de inspectie (IL&T).

### 1.7 Doel

Bovenstaande onderzoeken geven aan dat snelle monsternamen na werkzaamheden waarschijnlijk leidt tot betere detectie van fecale verontreiniging na werkzaamheden en een betere kwaliteitsbewaking. Bij adequate respons door het drinkwaterbedrijf, bijvoorbeeld door een kookadvies uit te vaardigen, leidt dit tot een betere bescherming van de gezondheid van de klant. Daarnaast kunnen werkzaamheden sneller worden afgerond, wat

kan leiden tot logistieke voordelen, lagere kosten en minder overlast voor de klant.

Samengevat zijn de voordelen voor eerdere monsternamen:

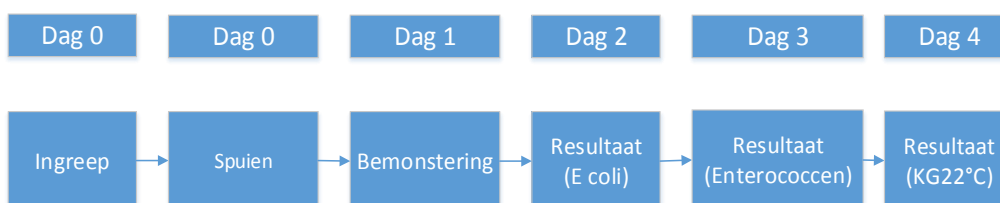
- Het infectierisico kan beter worden geschat.
- In het geval van besmetting van leidingen met verbruik, kunnen klanten beter beschermd worden door sneller verstrekken van kookadvies of andere correctieve maatregelen.
- Het vrijgeven van secties na reparatie kan sneller plaatsvinden.
- Hierdoor kunnen projecten eerder verder met het volgende te vervangen leidingstuk. Dit levert mogelijk tijdwinst op met financiële voordelen, en ook minder overlast voor de klant.
- Een verbeterde logistiek rondom monsternamen.

Doel van het implementatieproject is bevestiging van de bevindingen uit de onderzoeken in de praktijk voordat snelle monsternamen na werkzaamheden wordt opgenomen in de reguliere bedrijfsvoering. Daarbij kan ook worden bepaald of de beoogde voordelen voor logistiek en kosten kunnen worden behaald.

## 2 Eindsituatie na implementatie

### 2.1 Huidige waterkwaliteitscontrole na werkzaamheden

In het huidige protocol (na een ingreep wordt 12 - 24 uur na het afspuien, een watermonster genomen), en de huidige analysetijd (die voor bacteriën wordt bepaald door de kweektijd), komen de resultaten beschikbaar volgens onderstaand schema. Pas 3 dagen na ingreep is het bekend of een fecale besmetting (*E coli* en *Enterococcen*) is opgetreden.



### 2.2 Nieuwe waterkwaliteitscontrole na werkzaamheden

In het nieuwe protocol (na een ingreep wordt 2 uur na het afspuien, een watermonster genomen), en de huidige analysetijd (die voor bacteriën wordt bepaald door de kweektijd), komen de resultaten beschikbaar volgens het volgende schema. Detecteren van fecale besmetting is 24 uur eerder dan in de huidige werkwijze, en dus kunnen (eventuele) correctieve maatregelen om het infectierisico te verlagen ook 24 uur eerder worden ingezet.



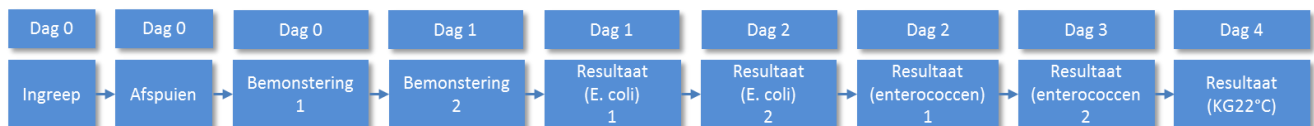
Het is mogelijk dat gedurende het implementatietraject de snelle RT-PCR methode voor *E. coli* wordt geaccepteerd en deelnemende bedrijven deze willen inzetten. Door naast de snellere monsternamen gebruik te maken van een snellere analysetechniek (de RT-PCR methode geeft binnen 5 uur een resultaat voor de indicatorparameters van fecale besmetting) kan na werkzaamheden nog dezelfde dag een resultaat worden gegeven, wanneer afspuien en bemonstering in de ochtend plaatsvindt.



## 3 Implementatietraject

### 3.1 Waterkwaliteitscontrole

Gedurende het implementatietraject worden gedurende een jaar zowel het nieuwe als het huidige protocol voor waterkwaliteitscontrole uitgevoerd (2 uur en 12-24 uur na het afspuien een watermonster nemen). In combinatie met de huidige analysetijd (die voor bacteriën wordt bepaald door de kweektijd), komen de resultaten beschikbaar volgens het volgende schema.



Wanneer op dag 1 een besmetting is geconstateerd wordt eerst het tweede monster genomen (het 12-24 uur monster), voordat maatregelen aan de leiding worden uitgevoerd. Indien van toepassing kan het drinkwaterbedrijf op basis van het eerste monster al een kookadvies uitvaardigen om de klant te beschermen.

Daarnaast dient een aantal zaken rond het werk en de monstername goed te worden geregistreerd.

### 3.2 Registratie

Per monster moet een aantal gegevens goed worden geregistreerd om analyse van de resultaten mogelijk te maken:

- Unieke code waarmee het uitgevoerde werk wordt geïdentificeerd
- Locatie
- Datum, waarmee ook direct onderscheid kan worden gemaakt in 1<sup>e</sup> monster en herhaalmonsters
- Indicatororganisme dat gemeten is, het volume dat bemonsterd is en aantal getelde organismen (of kve)
- Reden voor monstername (regulier, na storing, herhaalmonster, etc.)
- Codering voor omstandigheden tijdens het werk, zoals water in de sleuf, nabij riolering, in de buurt van oppervlaktewater, mogelijke besmetting met dierlijke feces, etc.
- Verloop reparatie (risicoscore door monteur)
- Wel/niet uitvaardigen van preventieve kookadviezen of andere maatregelen

Voor het drinkwaterbedrijf is het daarnaast belangrijk om logistieke- en kostenaspecten te registreren. Dit is van belang voor een latere onderbouwing richting het management voor het al dan niet implementeren van de nieuwe aanpak in het bedrijf. Aangezien deze aspecten zeer bedrijfsspecifiek kunnen zijn, wordt dit bij de start van het implementatietraject besproken met de deelnemende drinkwaterbedrijven.

### 3.3 Interpretatie van de resultaten

Het aantal positieve monsters zal naar verwachting beperkt zijn. Het bundelen van alle gegevens van de deelnemende bedrijven zal de conclusies sterker maken. Daarnaast kan er zo worden onderzocht of er significante verschillen bestaan tussen bedrijven, typen werk en andere karakteristieken. De drinkwaterbedrijven leveren hun resultaten aan KWR aan, inclusief de geregistreerde informatie. Voorgesteld wordt om na drie maanden een eerste analyse van de gegevens uit te voeren om eventueel de activiteiten bij te sturen. KWR voert een statistische analyse van de gegevens uit. Dit is uitgewerkt in Hoofdstuk 4. Op basis van de analyse zal KWR een advies opstellen vanuit het oogpunt van risicobeheersing. Dit advies kan zijn om waterkwaliteitscontrole te beperken tot het eerste monster, de huidige praktijk voort te zetten, of twee monsters te nemen.

Daarnaast geven de deelnemende bedrijven een overzicht van hun ervaringen, waar mogelijk onderbouwd met gegevens over logistiek (is het goed uitvoerbaar, kan tijdswinst worden geboekt) en kosten (eerste monster t.o.v. het tweede). Deze worden toegevoegd aan het advies

### 3.4 Voorleggen resultaten aan drinkwaterbedrijven

#### Deelnemende bedrijven

Het advies wordt in eerste instantie voorgelegd aan de deelnemende bedrijven. Zij kunnen daarmee bepalen of ze de resultaten willen delen met de andere bedrijven en welke keuze het eigen bedrijf wil maken.

#### Andere bedrijven

Indien de deelnemende bedrijven instemmen, wordt het advies ook gedeeld met de andere drinkwaterbedrijven in het BTO via de themagroep Biologische Veiligheid. Naar aanleiding van het advies kan in dat gremium worden besproken of de bedrijven allemaal dezelfde keuze willen maken of dat daarin verschillen zijn. Op basis daarvan kan ook de strategie voor verdere implementatie van deze keuze worden besproken.

### 3.5 Voorleggen aan Projectgroep Hygiëncode Distributie

De drinkwaterwet verwijst naar de Hygiëncode Distributie voor de werkwijze bij werkzaamheden aan het distributienet. Als de bedrijven op basis van het advies de willen afwijken van het voorgeschreven monster na 12-24 uur, zal dit in de hygiëncode moeten worden gewijzigd. Eens in de vijf jaar wordt beoordeeld of revisie van de hygiëncode nodig is. Het eerstvolgende moment voor revisie is 2021. Naar verwachting zal de meetcampagne eind 2018 voldoende gegevens hebben opgeleverd om een advies uit te brengen. Het is dan niet gewenst om tot 2021 te wachten met een eventuele aanpassing van de hygiëncode. Daarom worden al eerder acties ondernomen. De voorzitter van de projectgroep Hygiëncode Distributie is middels memo 'Conclusies onderzoek infectierisico distributie voor Hygiëncode' (28-10-2015) op de hoogte gesteld van de aanbeveling voor het sneller monsters nemen na werkzaamheden. Op dat moment werd besloten om eerst de nog lopende onderzoeken af te wachten en daarna deze wijziging aan de projectgroep voor te leggen. Bij de start van het implementatietraject zal de Platformgroep Bedrijfsvoering op de hoogte worden gesteld van de geplande activiteiten en mogelijke implicaties voor de Hygiëncode Distributie. Zij kan dan voorbereidingen treffen om eventueel een eerdere herziening van de Hygiëncode Distributie mogelijk te maken (bijvoorbeeld in budget 2018 of 2019).

### 3.6 Voorleggen aan inspectie (IL&T)

Voor zover bekend is het niet nodig om wijzigingen aan de hygiënecode voor te leggen aan de inspectie (IL&T). Anderzijds is het wel mogelijk dat IL&T op enig moment wordt geconfronteerd met een nieuwe aanpak van waterkwaliteitscontrole. Wanneer de bedrijven besluiten om over te gaan op een andere aanpak zal ook de strategie richting IL&T worden afgestemd.

## 4 Analyse van meetresultaten

### 4.1 Mogelijke meetresultaten

KWR zal het advies baseren op de meetresultaten tijdens het implementatietraject. In dit hoofdstuk worden mogelijke resultaten beschreven en wordt vooraf besproken hoe deze worden geïnterpreteerd. Dit is gebaseerd op de praktijkgegevens die in het rapport QMRA van het distributienet (BTO 2016.017) zijn besproken.

Bij de dubbele monsternamen zal heel vaak geen sprake zijn van een fecale besmetting, zodat de kans op detectie van *E. coli* in zowel 1<sup>e</sup> als 2<sup>e</sup> monster gelijk aan 0 is. Wanneer er wel een besmetting is kunnen de volgende resultaten gelden:

- A. 1<sup>e</sup> monster positief, 2<sup>e</sup> monster positief
- B. 1<sup>e</sup> monster positief, 2<sup>e</sup> monster negatief
- C. 1<sup>e</sup> monster negatief, 2<sup>e</sup> monster positief
- D. 1<sup>e</sup> monster negatief, 2<sup>e</sup> monster negatief

Uitgangspunt is dat na spuien nog een besmetting aanwezig is in het leidingdeel en dat daarna niet opnieuw besmetting optreedt. Ook wordt uitgegaan dat er geen besmetting van de monsters (vals positieven) plaatsvindt. Gegeven de uitgangspunten is de kans dat het 1<sup>e</sup> of 2<sup>e</sup> monster positief is (gegeven een besmetting) niet volledig onafhankelijk. Gegeven de uitslagen van de testfase kan met een statistische benadering worden bepaald welke uitslagen in de toekomst verwacht worden, dus welk monster vaker positief is. Hiermee kan ook worden geschat wat de kans dat beide monsters negatief zijn bij een besmetting (D). Dit kan immers niet direct worden gemeten in het veld.

### 4.2 Aanbeveling op basis van resultaten

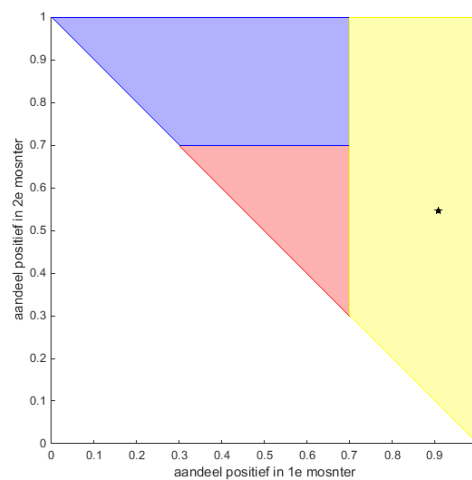
De verschillende aanbevelingen die kunnen volgen zijn:

- I. Ga over naar alleen het monster na 2 uur
- II. Blijf bij het huidige protocol (alleen monster na 12-24 uur)
- III. Ga over naar een dubbele monsternamen.

Wanneer het merendeel uitslag A heeft kan aanbeveling I of II worden gegeven, afhankelijk van andere afwegingen zoals kosten of logistiek. Wanneer alle uitslagen in de test type B zijn, dan is duidelijk dat aanbeveling I wordt gegeven. Wanneer alle uitslagen type C zijn wordt aanbeveling II gegeven. Uitslag D wordt niet direct gemeten maar kan wel worden voorspeld op basis van de analyse. Wanneer dit waarschijnlijk vaak voorkomt kan een heel andere meetstrategie voorgesteld worden.

Wanneer er een mix van uitslagen A, B en C is kan aanbeveling III worden gegeven, of de bedrijven moeten een percentage vals-negatieve uitslagen accepteren (wat in de huidige situatie ook het geval lijkt te zijn). Om deze redenering verder te kwantificeren wordt de hulp ingeroepen van een grafiek (Figuur 1). Een 'meting' betreft een combinatie van 1<sup>e</sup> en 2<sup>e</sup> monster bij een werk. De uitslagen A-C (D wordt niet gemeten) worden eerst vertaald naar het aandeel metingen waarvan het 1<sup>e</sup> monster positief was (x-as), en de het aandeel

metingen waarvan het 2<sup>e</sup> monster positief was (y-as). De som is altijd minimaal 1 (want monsters waarvan zowel 1<sup>e</sup> als 2<sup>e</sup> monster negatief waren doen niet mee), en kan maximaal 2 zijn (alle monsters waren zowel in 1<sup>e</sup> als 2<sup>e</sup> positief). In de grafiek kunnen nu vlakken worden aangegeven. Het vlak linksonder is wit, dat is het vlak waarin de som kleiner dan 1 is. Als meer dan 70% van de dataset een positief 1<sup>e</sup> monster heeft, is het merendeel van de uitslagen type A of B. Uit deze uitslag zou aanbeveling I volgen. In feite wordt dan een aandeel vals-negatieven van maximaal 30% geaccepteerd. Dit kan worden weergegeven als het gele vlak. Deze keuze voor 70% is in eerste instantie bedoeld ter illustratie, een keuze voor de grenzen van de verschillende vlakken moet nog worden gemaakt. Als meer dan 70% van het type A of C is volgt daaruit aanbeveling II, het blauwe vlak. Het rode vlak bevat hoofdzakelijk uitkomsten van type B of C en komt overeen met aanbeveling III.



FIGUUR 1. MOGELIJKE UITSLAG VAN POSITIEVE DATASETS EN DE BIJBEHORENDE AANBEVELING VOOR MONSTERNAME (I GEEL, II BLAUW, III ROOD).

Het eerder aangehaalde voorbeeld van de dataset van 11 monsters is in de grafiek weergegeven met de zwarte ster, en is in het gele vlak terecht gekomen. In rapport QMRA rapport (Blokker et al. 2016) is van deze dataset gezegd dat deze te klein is om een onderbouwde aanbeveling op te baseren. De grootte van de dataset heeft een invloed op de zekerheid waarmee een bepaalde uitspraak gedaan kan worden. De zwarte ster moet dus eigenlijk omgeven worden met onzekerheidsmarges, waarvoor statistische analyse kan worden toegepast.

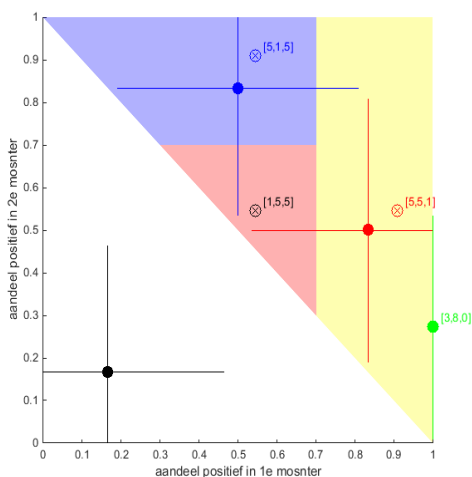
#### 4.3 Statistische analyse

In Figuur 2 is voor een aantal mogelijke uitslagen bij een dataset van 11 monsters aangegeven wat het resultaat is van de metingen (rondje met kruis), waarbij het rode puntje het voorbeeld van 11 monsters is. Daarnaast is voor iedere dataset met behulp van de statistiek de werkelijke kans op 1<sup>e</sup> of 2<sup>e</sup> monster positief geschat. Deze kansen zijn weergegeven als een punt met error bars. Het voorbeeld van de meting is in rood aangegeven en we zien direct dat de geschatte kansen afwijken van de waargenomen kansen. Dit komt doordat bij de schatting van de kansen ook uitkomst D (besmetting maar beide monsters negatief) mogelijk is, terwijl deze niet wordt herkend tussen de overige metingen waarbij beide monsters negatief zijn. Verder is duidelijk dat de onzekerheid over de werkelijke kans op 1<sup>e</sup> of 2<sup>e</sup> monster positief erg groot is. De onzekerheid valt deels in het



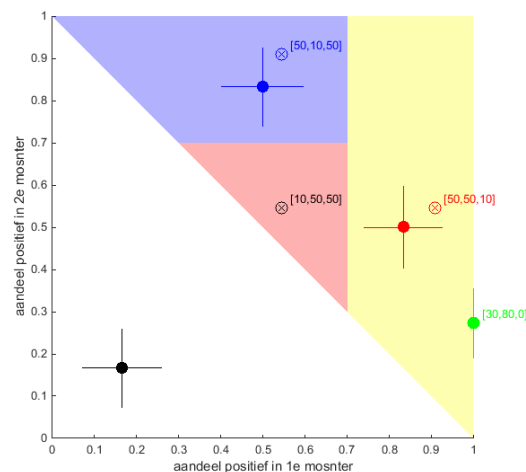
gele en deels in het rode vlak en we kunnen dus nog geen aanbeveling doen voor I of III. Wel lijkt aanbeveling II minder logisch.

De zwarte observatie (rondje met kruis) is een voorbeeld waarbij er weinig correlatie is tussen het eerste en tweede monster, meestal is slechts één van beiden positief. Het zwarte punt met error bars (statistische schatting van de werkelijke kans op 1<sup>e</sup> of 2<sup>e</sup> monster positief) wijkt dan sterk af van het zwarte rondje met kruis (wat direct zichtbaar is uit de metingen). Als er nauwelijks correlatie is tussen het eerste en tweede monster, volgt uit de statistische analyse dat er veel verontreinigingen optreden waarbij beide monsters negatief zijn (resultaat D). D kan echter niet worden onderscheiden van situaties waarin geen verontreiniging is opgetreden. In dit voorbeeld volgt uit de uitslag van het 1<sup>e</sup> en 2<sup>e</sup> monster dus dat er veel verontreinigingen optreden die niet worden waargenomen. Dit zou een aanleiding zijn om ook andere monsterstrategieën te gaan onderzoeken.



FIGUUR 2. MOGELIJKE UITSLAG VAN POSITIEVE DATASETS OP BASIS VAN FICTIEVE VOORBEELDEN MET 11 SAMPLES.

In Figuur 3 is een vergelijkbaar voorbeeld gegeven, maar met een tienmaal zo grote dataset. De onzekerheid (error bars) is een stuk kleiner geworden, en de rode schatting ligt nu volledig in het gele vlak, zodat een duidelijke aanbeveling gedaan kan worden. Dit illustreert hoe de keuze voor de grenzen en de gewenste zekerheid het benodigde meetprogramma beïnvloed.



FIGUUR 3. MOGELIJKE UITSLAG VAN POSITIEVE DATASETS OP BASIS VAN FICTIEVE VOORBEELDEN MET 110 SAMPLES.

#### 4.4 Benodigd meetprogramma

Het meetprogramma bestaat uit metingen in de praktijk en kan daarom niet gestuurd worden. Wel kan worden geschat hoe lang het meetprogramma moet worden uitgevoerd om voldoende positieve metingen te verzamelen om een advies te kunnen geven. Daarvoor is het belangrijk vast te stellen waar de grenzen van de aanbevelingen (gekleurde vlakken) liggen en welke mate van zekerheid gewenst is voor het advies. Op basis van de voorbeelden in Figuur 2 en Figuur 3 lijkt een dataset van 110 metingen met 1<sup>e</sup>, 2<sup>e</sup>, of beide monsters positief voldoende.

Brabant Water geeft aan voor 2016: *“In 2016 zijn 3.263 ad-hoc met verbruik monsters genomen waarin 12 monsters E. coli of Enterococci bevatten en 1.312 ad-hoc monsters zonder verbruik waarin 17 monsters E. coli of Enterococci bevatten. Deze positieve monsters zijn genomen na verschillende soorten werkzaamheden zoals reparaties, nieuwe distributie en aanbouwingen.”*

Voor de situatie met verbruik is er  $12/3263=0,37\%$  en zonder verbruik  $17/1312 = 1,3\%$  afkeur. Door monsters direct na werkzaamheden te nemen is de verwachting dat het aantal positieve monsters hoger is, omdat de verontreiniging niet wordt uitgespoeld. Daarom wordt voor monsters na 2 uur het percentage zonder verbruik aangenomen, omdat in die situatie ook geen sprake is van uitspoeling. Onder die aanname zouden na 2 uur  $1,3\% \times 3263=42$  positieve monsters zijn gevonden. In totaal levert dat dan  $17 + 42 = 59$  positieve waarnemingen per jaar op.

Bij Evides zijn in een periode van 5 jaar bij 10.000 locaties na werkzaamheden dubbele monsters genomen en geanalyseerd op *E. coli*, waarvan 11 locaties positief waren. Bij voortzetting van dit programma worden dus circa 2 positieve waarneming per jaar verwacht.

In totaal worden dus 61 positieve waarnemingen verwacht, waarmee een situatie tussen Figuur 2 en Figuur 3 wordt verwacht. Gezien het verwachte grote verschil tussen beide bedrijven is het de vraag of beide meetresultaten samen mogen worden genomen. Bij gescheiden analyse zal voor Brabant Water minder onzekerheid zijn over de aanbeveling dan bij Evides. Wanneer ook andere waterbedrijven meedoen met de pilot wordt de casus nog sterker onderbouwd.

## 5 Planning

### 5.1 Tijdsplanning

Uit paragraaf 4.4 volgt dat een jaar aan meetgegevens nodig lijkt om voldoende positieve waarnemingen te verkrijgen voor Brabant Water. Evides zou in theorie 28 jaar moeten meten om evenveel zekerheid te verkrijgen, maar heeft al 6 jaar aan meetgegevens. Na drie maanden sturen de deelnemende bedrijven de gegevens aan KWR voor een tussentijdse analyse. Op basis van de uitkomsten kan het meetprogramma eventueel worden aangepast. De benodigde doorlooptijd voor de verschillende activiteiten is in onderstaand schema weergegeven. Daarbij is aangenomen dat er een aanbeveling voor wijziging van de Hygiëncode volgt uit de resultaten.

Activiteit/Jaar	2018												2019											
Maand	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Vorbereidingen	■	■																						
Dubbele monstername		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■											
Verwerking gegevens KWR						■	■	■						■	■									
Bespreken resultaten								■								■	■							
Herziening Hygiëncode																					■	■	■	■

Na herziening van de Hygiëncode zullen bedrijven de nieuwe werkwijze moeten implementeren in het bedrijf. Dat traject is afhankelijk van de aanbeveling en hoe deze wordt overgenomen in de Hygiëncode en valt buiten dit implementatieplan.

### 5.2 Budget

De drinkwaterbedrijven zullen extra kosten maken voor het nemen van dubbele monsters, waarbij de noodzaak tot flexibiliteit rond het eerste monster van invloed kan zijn op de kosten. Deze kostenraming is bedrijf- en laboratorium-specifiek en is hier niet uitgewerkt.

Werkzaamheden van KWR bestaan uit het opstellen/afstemmen van gegevensregistratie, begeleiden van de meetcampagne, de tussenanalyse, de eindanalyse, het opstellen van het advies en organiseren van bespreking met de drinkwaterbedrijven. Werkzaamheden voor herziening van de Hygiëncode zullen onder het Platform Bedrijfsvoering vallen en zijn hier niet opgenomen. Bij start van het onderzoek zal een offerte worden opgesteld waarin de deelnemende bedrijven deze kosten delen. Onderstaande schatting gaat uit van twee deelnemende bedrijven.

Activiteit	dagen	kosten
opstellen/afstemmen van gegevensregistratie	3	€ 4.082
Begeleiden meetcampagne	3	€ 4.082
Tussenanalyse	5	€ 6.804
Eindanalyse	5	€ 6.804
Opstellen advies en afstemming bedrijven	5	€ 6.804
<b>Totaal</b>	<b>21</b>	<b>€ 28.577</b>

## 6 Referenties

- Blokker, E. J. M., Moerman, A. and Smeets, P. W. M. H. (2016). "QMRA van het distributienet." *BTO 2016.017*, KWR, Nieuwegein.
- Blokker, E.J.M.and Smeets, P.W.M.H (2017). Toegevoegde waarde online E. coli sensor in het distributienet. *BTO 2017.014* KWR, Nieuwegein.
- Meerkerk, M. A. (2016). "PCD 1-4 Hygienecode Drinkwater. Opslag, transport en distributie." *PCD 1-4 (2016)*, KWR, Nieuwegein
- van Bel, N., Hornstra, L. and Medema, G. (2016). "Slimmer Meten: effect van 12-24 uur wachttijd na spuien op microbiële verontreiniging in drinkwaterleidingen." *BTO 2016.047*, KWR, Nieuwegein.

## Bijlage I Statistische onderbouwing

### Calculation of probability of detection in 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> measurement

Suppose that 'positive' is detected with a detection chance of  $\pi$  (fraction, between 0 and 1), and the positive response remains from the 1<sup>st</sup> to the 2<sup>nd</sup> measurement with a proportion of  $\mu$  (fraction, between 0 and 1). The probability that the 1<sup>st</sup> measurement is positive can be written as  $\pi$ , and the probability that the 2<sup>st</sup> measurement is positive can be written as  $\mu\pi$ .

When the 'true' response is positive, the probabilities that both 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> measurement are positive ( $p_{1-1}$ ), only the 1<sup>st</sup> measurement is positive ( $p_{1-0}$ ), only the 2<sup>nd</sup> measurement is positive ( $p_{0-1}$ ), and none of them are positive ( $p_{0-0}$ ) are written as:

$$\begin{aligned} p_{1-1} &= \pi \cdot \mu\pi \\ p_{1-0} &= \pi \cdot (1 - \mu\pi) \\ p_{0-1} &= (1 - \pi) \cdot \mu\pi \\ p_{0-0} &= (1 - \pi) \cdot (1 - \mu\pi) \end{aligned}$$

Because  $p_{0-0}$  is not detectable (as it cannot be distinguished from the cases where the true response is negative, which are the majority), I normalized  $p_{1-1}$ ,  $p_{1-0}$  and  $p_{0-1}$  so that the sum of the three probabilities becomes 1:

$$\begin{aligned} np_{1-1} &= \frac{\pi \cdot \mu\pi}{\pi + \mu\pi - \mu\pi^2} \\ np_{1-0} &= \frac{\pi \cdot (1 - \mu\pi)}{\pi + \mu\pi - \mu\pi^2} \\ np_{0-1} &= \frac{(1 - \pi) \cdot \mu\pi}{\pi + \mu\pi - \mu\pi^2} \end{aligned}$$

With  $\alpha = \mu\pi$ , the probabilities can also be written as follows:

$$\begin{aligned} np_{1-1} &= \frac{\pi \cdot \alpha}{\pi + \alpha - \pi\alpha} \\ np_{1-0} &= \frac{\pi \cdot (1 - \alpha)}{\pi + \alpha - \pi\alpha} \\ np_{0-1} &= \frac{(1 - \pi) \cdot \alpha}{\pi + \alpha - \pi\alpha} \end{aligned}$$

Assuming that the observed count data of each combination (i.e.  $N_{1-1}$ ,  $N_{1-0}$ ,  $N_{0-1}$ ) follows trinomial distribution, the likelihood function is written as:

$$L(\pi, \alpha | N_{1-1}, N_{1-0}, N_{0-1}) = np_{1-1}^{N_{1-1}} \cdot np_{1-0}^{N_{1-0}} \cdot n \cdot \frac{(N_{1-1} + N_{1-0} + N_{0-1})!}{N_{1-1}! N_{1-0}! N_{0-1}!}$$

The maximum likelihood estimators of  $\pi$  and  $\alpha$  can be obtained by solving the followings:

$$\frac{\partial}{\partial \pi} \ln L = 0$$

$$\frac{\partial}{\partial \alpha} \ln L = 0$$

This gives:

$$\pi_{MLE} = \frac{N_{1-1}}{N_{0-1} + N_{1-1}}$$

$$\alpha_{MLE} = \frac{N_{1-1}}{N_{1-0} + N_{1-1}}$$

This leads to:

$$\mu_{MLE} = \frac{N_{0-1} + N_{1-1}}{N_{1-0} + N_{1-1}}$$

#### Calculation of errors

To compute variance of the estimators, I first made Fisher Information matrix  $I(\pi, \alpha)$ :

$$I(\pi, \alpha) = \begin{pmatrix} I_{11} & I_{12} \\ I_{21} & I_{22} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\frac{\partial^2}{\partial \pi^2} \ln L(\pi, \alpha | N_{1-1}, N_{1-0}, N_{0-1}) & -\frac{\partial^2}{\partial \pi \partial \alpha} \ln L(\pi, \alpha | N_{1-1}, N_{1-0}, N_{0-1}) \\ -\frac{\partial^2}{\partial \pi \partial \alpha} \ln L(\pi, \alpha | N_{1-1}, N_{1-0}, N_{0-1}) & -\frac{\partial^2}{\partial \alpha^2} \ln L(\pi, \alpha | N_{1-1}, N_{1-0}, N_{0-1}) \end{pmatrix}$$

The standard deviation of  $\pi$  and  $\alpha$  can be obtained from the inverse of the Fisher information matrix as:

$$\sigma_{\pi} = \sqrt{(I^{-1})_{11}} = \frac{N_{0-1} \cdot N_{1-1}}{(N_{0-1} + N_{1-1})^2}$$

$$\sigma_{\alpha} = \sqrt{(I^{-1})_{22}} = \frac{N_{1-0} \cdot N_{1-1}}{(N_{0-1} + N_{1-1})^2}$$

Identically, the standard deviation of  $\mu$  can be obtained by solving the likelihood function without substituting  $\pi_{\mu}$  with  $\alpha$ :

$$\sigma_{\mu} = \frac{(N_{0-1} + N_{1-0}) \cdot (N_{0-1} + N_{1-1})}{(N_{0-1} + N_{1-1})^{\frac{3}{2}}}$$

95% confidence interval of  $\pi$ ,  $\alpha$ , and  $\mu$  can be calculated as:

$$\begin{aligned} & (\pi_{MLE} - 1.96 \cdot \sigma_{\pi}, \pi_{MLE} + 1.96 \cdot \sigma_{\pi}) \\ & (\alpha_{MLE} - 1.96 \cdot \sigma_{\alpha}, \alpha_{MLE} + 1.96 \cdot \sigma_{\alpha}) \\ & (\mu_{MLE} - 1.96 \cdot \sigma_{\mu}, \mu_{MLE} + 1.96 \cdot \sigma_{\mu}) \end{aligned}$$

Thus, if there is any target for the magnitude of the error (e.g. 95% CI), appropriate sample size can be quantified using these equations.