

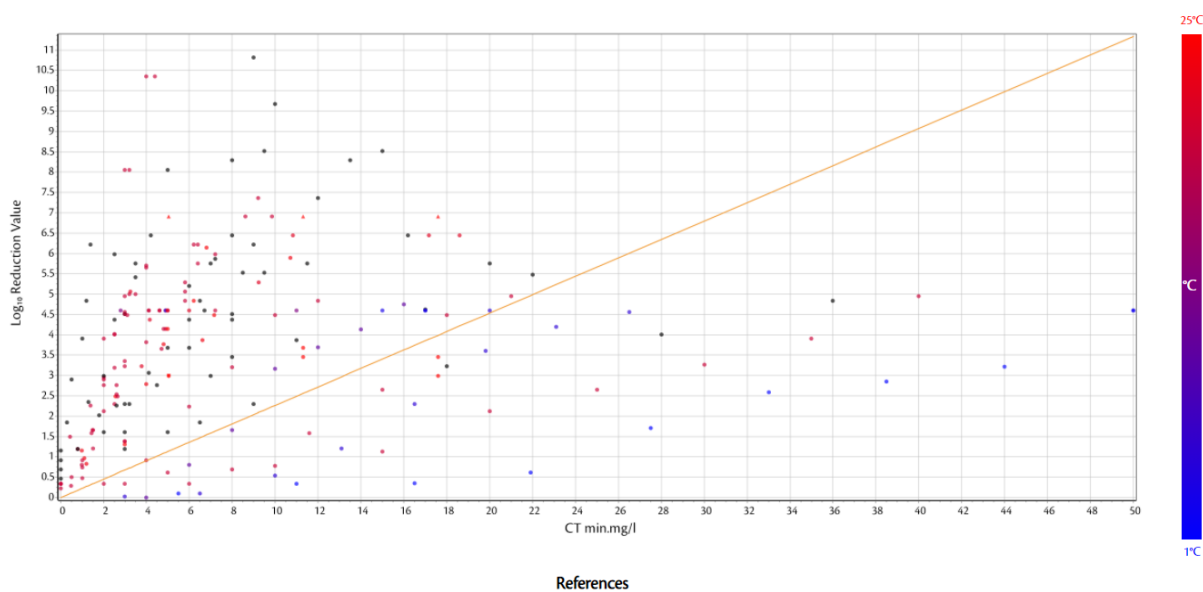
Proces	Ozonisatie	Versie	1.0
Naam webtool	Ozone Disinfection	Datum	22-09-2020
		Status	Concept

Introductie ozonisatie

Ozonisatie is een chemisch desinfectie proces waarbij de mate van desinfectie door diverse factoren wordt bepaald:

- de gevoeligheid van het organisme voor ozon
- de ozonconcentratie
- de contacttijd
- de temperatuur
- de pH
- de praktijk:
 - o hydraulische condities (menging en spreiding in contacttijd)
 - o ozonverbruik van het water (organische stof, troebelheid)
 - o CT (concentratie * tijd) die volgt uit de ozondosis, ozonconsumptie (afname concentratie), contacttijd en menging (let op aanwezigheid kortsluitstroming/slechte mengzones)

Het organisme, de CT en de temperatuur zijn de belangrijkste condities die bij desinfectie-experimenten worden onderzocht. Deze worden in de tool weergegeven met de CT (min*mg/l) op de X-as, de log-reductie op de Y-as en de temperatuur weergegeven als kleur. In het algemeen zal een hogere temperatuur leiden tot meer inactivatie. Figuur 1 geeft een voorbeeld voor de inactivatie van *Cryptosporidium*. Daarin is dit effect zichtbaar, maar dit is niet eenduidig. Dit is het gevolg van de verschillende condities in de studies en het feit dat het bepalen van de CT waarde voor ozon relatief lastig en onnauwkeurig is (bijvoorbeeld ten opzichte van een UV dosis in een laboratorium experiment).



Figuur 1 Voorbeeld log-reductie van *Cryptosporidium* door ozonisatie.

Toelichting webtool referentiedocument ozonisatie

In het referentiedocument zijn alle log-reducties uit peer-reviewed literatuur opgenomen waarvoor de CT waarde is vermeld. Overige condities zoals pH, temperatuur en water-matrix zijn ook opgenomen indien in referenties vermeld. Dit is echter niet altijd het geval. In de webtool kunnen de volgende selecties worden gemaakt:

- micro-organisme op niveau (NB door de wijze van rapporteren is dit niet altijd taxonomisch correct):
 - o type (20/08/2020 nog niet beschikbaar)
 - o genus
 - o species
 - o strain
- Temperatuur range (20/08/2020 nog niet beschikbaar)
- pH range (20/08/2020 nog niet beschikbaar)
- Watertype (20/08/2020 nog niet beschikbaar)

De geselecteerde gegevens geven in de grafiek een eerste indruk van de mate van inactivatie die kan worden bereikt. Door met de muis op een punt te wijzen krijgt u informatie over dat specifieke punt (de CT, log verwijdering en betreffende publicatie). Op basis van de selectie worden automatisch de parameters van het

procesmodel bepaald zodat ook voor andere condities de inactivatie kan worden geschat (zie onder *Procesmodel*). De resultaten worden boven de grafiek weergegeven.

Boven de grafiek is weergegeven hoeveel gegevens (log-reducties) er zijn geselecteerd en uit hoeveel referenties deze afkomstig zijn. Naarmate de selectie specifiek wordt zal het aantal gegevens en daarmee de kennisbasis voor conclusies afnemen. Dit geeft inzicht in de mate van kennis over de inactivatie bij specifieke condities. Het is niet mogelijk om aan te geven hoeveel gegevens of referenties nodig zijn voor een betrouwbaar en eenduidig resultaat. Ervaring leert dat vanaf circa 5 referenties een redelijk duidelijk beeld ontstaat van de effectiviteit, maar dit is ook afhankelijk van de specifieke resultaten.

Onder de grafiek zijn de referenties opgenomen waar de geselecteerde gegevens uit afkomstig zijn. Deze bevatten een link (DOI) waarmee u de originele publicatie kunt opzoeken bij de uitgever. Een schijnbaar afwijkende studie kan uit de selectie worden gehaald door deze uit te vinken (20/08/2020 nog niet beschikbaar).

Via de knop "Export.." kunt u de resultaten exporteren in een pdf bestand (20/08/2020 nog niet beschikbaar). Deze omvatten:

- de gemaakte selecties
- de grafiek met gegevens
- het procesmodel met gefitte parameters
- deze toelichting inclusief
 - o belangrijke factoren die de effectiviteit beïnvloeden,
 - o richtlijnen voor het implementeren van het zuiveringsproces,
 - o de standaardselecties in het referentiedocument om reductie van indexpathogenen te bepalen voor de AMVD
 - o hoe de gevonden reductie van indexpathogenen kunnen worden gebruikt in de AMVD
 - o hoe de gevonden reductie in te voeren in QMRAspot.

Procesmodel

Er zijn veel procesmodellen ontwikkeld voor desinfectie met ozonisatie. Voor het referentiedocument wordt een eenvoudig inactivatiemodel gebruikt, omdat de vereiste informatie voor meer complexe modellen niet in alle publicaties wordt gegeven. Door de modelparameters voor verschillende organismen te vergelijken ontstaat inzicht in de onderlinge verschillen in gevoeligheid voor ozon tussen de diverse organismen. Het model gaat uit van 'ideale condities' waarbij alle organismen aan dezelfde CT worden blootgesteld (propstroom- of batch-condities). Voor de vertaling naar de praktijk wordt aanbevolen om een model te gebruiken dat rekening houdt met de hydraulische condities in de praktijk (zie '*Vertaling naar de praktijk*').

Het Chick-Watson inactivatiemodel is in het referentiedocument geïmplementeerd. Als er sprake is van een lag-fase waarbij inactivatie pas na enige blootstelling zichtbaar wordt, wordt het delayed Chick-Watson model gebruikt.

$$\ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = -k * CT$$

k =inactivatieconstante (natuurlijke logaritme)

CT = ozon concentratie x contacttijd (min*mg/l)

De waarde van k wordt berekend uit de geselecteerde gegevens inclusief de onzekerheid over die waarde. Omdat de k -waarde afhankelijk is van de temperatuur, dient een beperkte temperatuur-range te worden geselecteerd (20/08/2020 nog niet beschikbaar).

NB De mate van temperatuur-afhankelijkheid kan worden afgeleid uit experimenten bij verschillende temperaturen. Op dit moment zijn de gegevens in het referentiedocument per organisme echter beperkt, waardoor dit niet automatisch kan worden afgeleid. Ook blijken deze relaties niet altijd eenduidig te zijn bij het combineren van meerdere studies. Het afleiden van de temperatuurafhankelijkheid vraagt daarom een meer handmatige analyse en interpretatie van de gegevens in het referentiedocument. Neem daarvoor contact op met KWR. Dit kan via de contact-knop in de webtool (20/08/2020 nog niet beschikbaar).

Standaard selecties voor de AMVD

Onderstaande selecties worden voorgesteld voor het bepalen van de reductie van de diverse indexpathogenen in de AMVD. Voor de parameters kan een exacte waarde, een bereik of een ander criterium worden opgegeven. Een aantal selecties is afhankelijk van de specifieke situatie waarvoor de AMVD wordt opgesteld en dient door de gebruiker te worden gekozen. Hiervoor is aangegeven hoe groot de spreiding (range) van de selectie mag zijn. Hoe specifiek de condities, hoe minder gegevens beschikbaar zullen zijn. De keuzes zullen daarom steeds situatie-specifiek zijn en afhankelijk van de hoeveelheid gegevens.

Voor ozon-desinfectie is de temperatuur een belangrijke parameter die zowel de inactivatiesnelheid van het organisme als de afbraaksnelheid van ozon beïnvloedt, terwijl tevens de concentratie pathogenen in het water kan variëren met de seizoenen. Een winterperiode met lage watertemperatuur en hoge virusconcentraties kan daarom een kritieke periode zijn. Bij het opstellen van de AMVD kan rekening worden gehouden met dergelijke samenloop van omstandigheden.

Data selection			
Index pathogen	Cryptosporidium	Species	Strain
Type	Parasite		
Genus	Cryptosporidium	ALL	ALL
Temperature	<i>Select local condition</i>	°C	range <5°C
pH	<i>Select local condition</i>	-	range < 2
Water type	Backwash recycle water; drinking water, Broth, laboratory water, ground water, surface water, tap water		
Results			
k	(20/08/2020 nog niet beschikbaar)		
lag			
Remarks:			

Data selection			
Index pathogen	enterovirus	Species	Strain
Type	Virus Phage		
Genus	Calicivirus Enterovirus F-specific phage Poliovirus Somatic Coliphage	ALL	ALL
Temperature	<i>Select local condition</i>	°C	range <5°C
pH	<i>Select local condition</i>	-	range < 2
Water type	Backwash recycle water; drinking water, Broth, laboratory water, ground water, surface water, tap water		
Results			
k	0.088	± 0.004	
lag			
Remarks:			

Data selection			
Index pathogen	Giardia	Species	Strain
Type	Parasite		
Genus	Giardia	ALL	ALL
Temperature	<i>Select local condition</i>	°C	range <5°C
pH	<i>Select local condition</i>	-	range < 2
Water type	Backwash recycle water; drinking water, Broth, laboratory water, ground water, surface water, tap water		
Results			
k			
Lag			
Remarks:			

Data selection			
Index pathogen	Campylobacter	Species	Strain
Type	Bacteria		
Genus	Escherichia Fecal coliforms	ALL ALL	ALL ALL
Temperature	<i>Select local condition</i>	°C	range <5°C
pH	<i>Select local condition</i>	-	range < 2

Water type	Backwash recycle water; drinking water, Broth, laboratory water, ground water, surface water, tap water		
Results			
k			
Lag			
Remarks			

GENERAL FINDINGS FROM REVIEWS:

<p>Aspects reducing inactivation</p> <p><i>Presence of organics and suspended solids reduces efficacy</i></p> <p><i>Mixing of gas and water can be suboptimal, resulting in no ozone in parts of the water</i></p> <p><i>Hydraulics in the contact chamber may be sub-optimal, resulting in short contact time for parts of the water</i></p>	<p>Hijnen, W. A. M., Baars, E., Bosklopper, T. G. J., Van Der Veer, A. J., Meijers, R. T., & Medema, G. J. (2004). Influence of DOC on the inactivation efficiency of ozonation assessed with <i>Clostridium perfringens</i> and a lab-scale continuous flow system. <i>Ozon</i> DOI: 10.1080/01919510490507784</p> <p>Smeets, P. W. M. H., van der Helm, A. W. C., Dullemont, Y. J., Rietveld, L. C., van Dijk, J. C. & Medema, G. J. 2006 Inactivation of <i>Escherichia coli</i> by ozone under bench-scale plug flow and full-scale hydraulic conditions. <i>Water Res.</i> 40(17), 3239–3248.</p> <p>Smeets, P. W. M. H., van der Helm, A. W. C., Dullemont, Y. J., Rietveld, L. C., van Dijk, J. C. & Medema, G. J. 2006 Inactivation of <i>Escherichia coli</i> by ozone under bench-scale plug flow and full-scale hydraulic conditions. <i>Water Res.</i> 40(17), 3239–3248.</p>
<p>Aspects increasing inactivation</p> <p><i>In-line mixing of ozone resolves hydraulic limitations</i></p>	<p>Van Der Helm, A. W. C., Rietveld, L. C., Baars, E. T., Smeets, P. W. M. H., & Van Dijk, J. C. (2008). Modeling disinfection and by-product formation during the initial and the second phase of natural water ozonation in a pilot-scale plug flow reactor. <i>Jou</i> DOI: 10.2166/aqua.2008.089</p>

TOELICHTING IN HET KADER VAN DE AMVD

Randvoorwaarden

- Ozonosis moet continu worden bewaakt
- Ozonconcentratie moet op meerdere punten worden gemeten om CT waarde te bepalen
- Temperatuur moet worden geregistreerd
- De verblijftijdspreiding in de reactor moet worden bepaald.

Opmerkingen

Ozon is onder ideale omstandigheden een zeer effectief desinfectiemiddel. In praktijkinstallaties wordt de effectiviteit vaak beperkt door hydraulische condities zoals menging en verblijftijdspreiding. Voor een realistische schatting van de effectiviteit in de praktijk kan het CSTR model (continuously stirred tank reactor) worden gebruikt met de inactivatieconstante *k* die met het referentiedocument wordt bepaald. Het CSTR model is beschreven in Smeets, P. W. M. H., van der Helm, A. W. C., Dullemont, Y. J., Rietveld, L. C., van Dijk, J. C. & Medema, G. J. 2006 Inactivation of *Escherichia coli* by ozone under bench-scale plug flow and full-scale hydraulic conditions. *Water Res.* 40(17), 3239–3248.

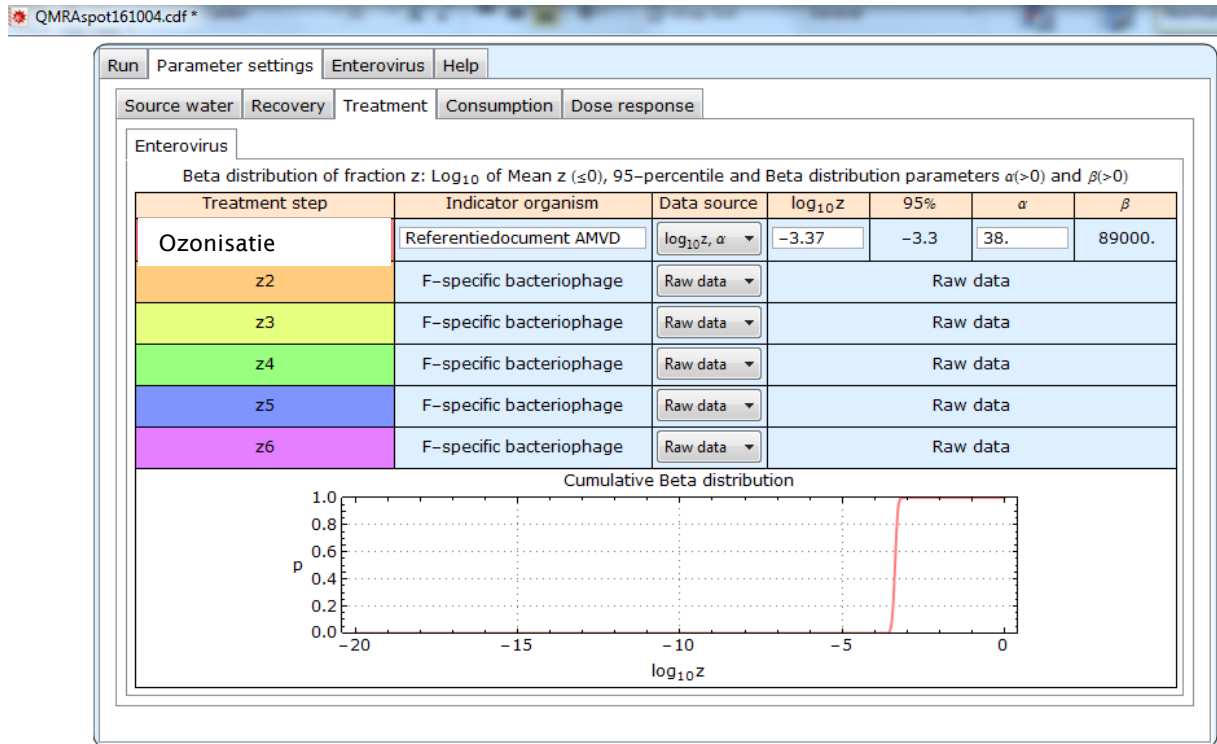
Voor meer geavanceerde studies wordt vaak CFD (computational fluid dynamics) modellering gebruikt.

Invoeren in QMRAspot

Voor het uitvoeren van de risicoanalyse in de AMVD kan QMRAspot worden gebruikt. Effectiviteit uit de literatuur kan daarin onder het tabblad ‘Treatment’ worden ingevoerd als parameters van een Bèta-verdeling met de parameters α en β . Het referentiedocument geeft, na selectie van de voorgeschreven organismen en condities, een schatting van de inactivatie onder specifieke condities.

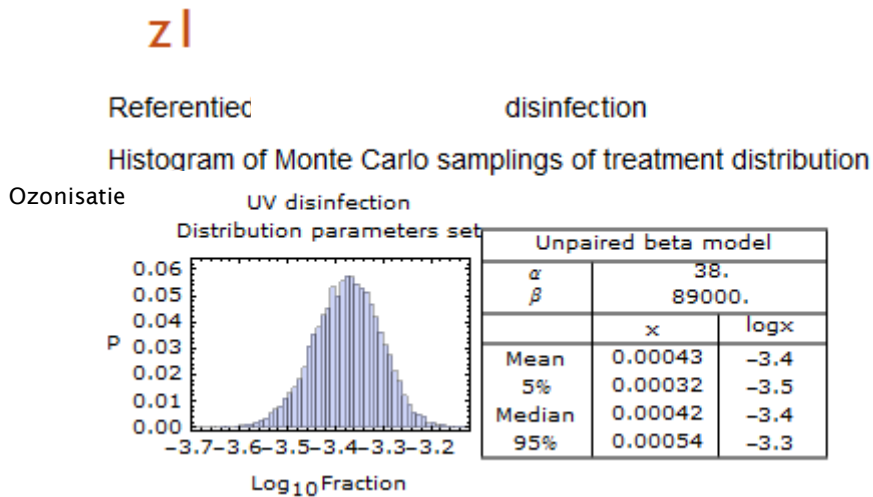
De in de praktijk toegepaste (en gevalideerde) condities (CT, temperatuur, pH) bepalen dus de inactivatie. In QMRAspot kan voor de betreffende zuiveringsstap “log₁₀z,α” worden gekozen. Onder “log₁₀z” vult men de log-verwijdering in als negatief getal (let op het min teken). Vervolgens kan met ‘trial and error’ een waarde

voor α worden ingevuld zodanig dat het 95 percentiel (95%) overeen komt met de door het referentiedocument aangegeven onzekerheid. (NB. het 95 percentiel is met een decimaal weergegeven in QMRAspot zodat de schatting van α niet exact kan worden gemaakt). Dit resulteert in onderstaand voorbeeld.



Figuur 2 Screenshot van handmatige invoer van effectiviteit zuivering in QMRAspot.

In de QMRAspot rapportage resulteert dit in onderstaande beschrijving van de effectiviteit:



Figuur 3 Voorbeeld van handmatig ingevoerde reductie van pathogeen in rapportage van QMRAspot.