

## Droogte en de gevolgen op koelsystemen

Datum: maart 2021  
Auteur: Harold Pijnenburg  
Subtitel: K-01 droogte koelwatersystemen



---

### Voorwoord

Klimaatverandering treft iedereen, zelfs Brzo-bedrijven met hun gevaarlijke processen en stoffen. Voor deze bedreiging moeten we de ogen niet sluiten, maar juist aanpakken. Natuurlijk is het aanpakken niet eenvoudig. Wat gaan die veranderingen betekenen voor het bedrijf? Welke maatregelen zijn de juiste? En is die ene dure maatregel niet over de top? Kun je dat verantwoorden naar bestuur, aandeelhouders of misschien belangrijker nog, je personeel?

Het is allemaal onduidelijk, maar dat is geen excuus om er dan maar niets aan te doen. Het is tijd dat Brzo-bedrijven klimaatverandering serieus gaan nemen. Er zijn inmiddels praktijkvoorbeelden waar de gevolgen van klimaatverandering zichtbaar gevolgen heeft gehad. Ik wil hiervoor verwijzen naar het RIVM/BRZO+ rapport 'Vorbereiding van Brzo-bedrijven op klimaatverandering', dat in juni 2021 is gepubliceerd. Voorts verwijs ik naar de beschrijving van dit informatieblad 'Droogte en de gevolgen op koelsystemen'. Uit beide documenten is duidelijk dat de gevolgen al aan de gang zijn.

De vraag rest: wat nu te doen met deze wetenschap? Stappen maken en vooruitlopen. Uit de werksessies die gehouden zijn en geleid hebben tot het RIVM/BRZO+ rapport, blijken bedrijven wel degelijk geïnteresseerd te zijn. Ook zij maken zich zorgen over de klimaatveranderingen en de mogelijke gevolgen daarvan.

Voor 2021 zijn twee opdrachten gegeven. Het ontwikkelen van een identificatiemethodiek, die de gevolgen van overstromingsrisico's, piekbuien, droogte en wellicht hittestress inzichtelijk kan maken. En het ontwikkelen van een informatieblad ten aanzien van piekbuien.

In mei 2021 is de checklist overstromingsrisico's geactualiseerd, waarbij gebruik is gemaakt van nieuwe inzichten en verwezen wordt naar nieuwe tools die meerdere scenario's met verschillende kansen en verschillende waterhoogtes weergeven. Het mooie is dat de risicobenadering erop kan worden toegepast.

Deze werkzaamheden zijn via de 6 Brzo-OD's geïnitieerd en vervolgens in BRZO+ verband afgestemd en bekrachtigd.

*15 april 2021  
Harold Pijnenburg*

# Inhoud

Samenvatting	3
1. Aanleiding	4
2. Beschrijving casus	4
3. Achtergrondinformatie delende waterstanden	4
4. Mogelijke gevolgen van onttrekken ingedikt water	4
4.1 Scaling	5
4.2 Versnelde degradatie van het materiaal	5
4.3 Verhoogde groei van micro-organisme	6
5. Gebruik van chemicaliën	7
6. Aandachtspunten tijdens Brzo-inspectie	7
7. Aanbevelingen	8
8. Inspectietool	8
9. Bronnen	8

## **Samenvatting**

Door klimaatverandering hebben we te maken met langere periodes van droogte. Hierdoor verandert het oppervlaktewater van samenstelling. Het wordt 'dikker', bevat meer hardheidsionen, chlorides en sulfaten. Ook de invloed van micro-organismen kan groot zijn op het gebruik van koelsystemen. Zijn de bedrijven en de controlerende overheden zich hiervan voldoende bewust?

Het doel van deze notitie is inzicht geven en informatie verstrekken over de mogelijke veiligheidsgevolgen van gekoelde reactoren, die hun koelwater uit oppervlaktewater onttrekken tijdens een periode van droogte.

De notitie beschrijft een aantal feiten van klimaatverandering en de mogelijke gevolgen op koelsystemen binnen de procesindustrie. Het verhaal wordt ondersteund aan de hand van een casus. Waar het verhaal gespiegeld is aan het praktijkvoorbeeld, is dit aangegeven in een blauw kader.

In opdracht van de 6 Brzo-omgevingsdiensten is deze notitie ontwikkeld. Het gaat hierbij om koelsystemen die gebruik maken van oppervlaktewater, zoals condensoren en koelwaterspiralen. Koeling is van belang voor de productkwaliteit en in het belang van de veiligheid. Deze notitie is niet gericht op gesloten koelwatersystemen en koeltorens. Voor zover nu te overzien, speelt voor gesloten koelwatersystemen de droogteproblematiek niet. Voor koelsystemen die gebruik maken van zee-, drink- of grondwater, zal het indikken van water zeer waarschijnlijk ook geen probleem zijn. Desondanks kan deze notitie een inspiratiebron zijn voor dergelijke systemen.

Aan deze notitie is een inspectietool verbonden. Deze tool kan als hulpmiddel dienen bij de voorbereiding van een Brzo-inspectie. De tool geeft in één overzicht de aandachtspunten weer, waarbij de PDCA-cyclus is vastgelegd. De notitie beschrijft de context van de inspectietool. De inspectietool kan als basis gebruikt worden bij de voorbereiding van de inspectie. In de tool kunnen onderwerpen worden verwijderd of toegevoegd. Het blijft immers maatwerk. De inspectietool is weergegeven een Excel-bestand en opgenomen als bijlage.

*Benadrukt wordt dat elke reactie en elke bedrijfssituatie, zowel vanuit het proces als de impact van een droge periode, verschillend kan zijn. Binnen Nederland is het aantal bedrijven waar exotherme reacties plaatsvindt in combinatie met doorstroomkoelers beperkt. De informatie in deze notitie kan gebruikt worden als inspiratie, maar zal niet altijd 1-op-1 inpasbaar zijn voor andere situaties.*

Zowel de notitie als de inspectietool zijn voorgelegd aan de Brzo-inspectiepartners. Hun reactie is verwerkt in de notitie en de tool. Het Kernteam BRZO+ heeft positief geadviseerd aan het managementoverleg BRZO+.

## 1. Aanleiding

Door de klimaatverandering heeft Nederland meer te maken met droge periodes. Al een aantal jaren ervaren we daar direct de gevolgen van. In de afgelopen jaren heeft een aantal bedrijven dat gebruik maakt van oppervlaktewater als koelmedium, de productie moeten afschalen. Het afschalen van de productie is een van de laatste middelen die een bedrijf wil. Voordat afgeschaald wordt, is al ingedikt en 'warm' oppervlaktewater onttrokken. Het water is dan al van samenstelling veranderd en bevat meer zouten en, door de hogere temperatuur, meer micro-organismen. Deze veranderingen hebben gevolgen voor de koelcapaciteit in processen.

In de casus is geconstateerd dat de koelpijpen van een condensor binnen enkele jaren volledig op waren. Degradaties tot 90% van het oorspronkelijk materiaal. Het bedrijf was zich hier onvoldoende van bewust, wat ertoe heeft geleid om deze notitie op te stellen.

## 2. Beschrijving casus

Een bedrijf heeft een reactor waar meerdere stoffen gemengd worden en uiteindelijk een reactant wordt toegevoegd (exotherm proces). Na toevoegen van het reactant ontstaat op een gegeven moment een kritische fase in het proces, waarbij het ontstaan van een thermische run-away reactie mogelijk is. Door in de kritische fase voldoende te koelen, blijft de reactie onder controle. Wanneer die borging voor koelen in de kritische fase onvoldoende is, is een run-away situatie onomkeerbaar. Dit heeft grote gevolgen voor de veiligheid. In het verleden heeft zich in Nederland een dergelijk incident voorgedaan. Door het gebruik van een verkeerd receptuur, het te laat inzetten van voldoende koelcapaciteit heeft zich een zwaar ongeval voorgedaan. In de meeste gevallen waar koelsystemen falen, zal sprake zijn van kwaliteitsverlies van het product (off-spec), wat wordt aangemerkt als een bedrijfseconomische risico.

In de reactor is een koelwaterspiraal aanwezig. Daarnaast wordt het systeem gekoeld door warme dampen uit de reactor via een recirculatiesysteem/ refluxsysteem terug te voeren naar de reactor. In dit refluxsysteem is een condensor aanwezig, die voorzien is van koelpijpen. Deze koelt de warme dampen uit de reactor terug tot een vloeistof.

Zowel de koelwaterspiraal in de reactor als de koelpijpen in de condensor van het refluxsysteem, worden gevoed door oppervlaktewater. In de reactor kunnen verschillende recepturen worden bereid. De benodigde koelcapaciteit is afhankelijk van het te bereiden receptuur.

Het ontwerp is dusdanig dat enkelvoudig koelen door de koelwaterspiraal in de reactor of de koelpijpen van de condensor van het refluxsysteem, moet volstaan om de reactor in controle te houden. Er is dus sprake van een redundant systeem, waardoor de betrouwbaarheid en beschikbaarheid van koelwater groter is. Daarbij moet het bedrijf nog rekening houden met common cause failures (het falen van beide systemen in een bepaalde tijd).

Tussen condensor en reactor is een refluxvat aanwezig waar de gecondenseerde vloeistof wordt opgevangen, voordat deze terug wordt gepompt naar de reactor.

## 3. Achtergrondinformatie dalende waterstanden

### *Dalende waterstanden oppervlakte- en rivierwater*

In periodes van langdurende droogte kan de waterstand van het oppervlaktewater zo laag zijn dat er sprake is van ingedikt water. Ingedikt water bevat meer hardheidsionen, chlorides en sulfaten. Door de hogere watertemperatuur, zal de groei van biologische micro-organismen (flink) toenemen. Deze veranderingen hebben invloed op de koelsystemen. Door de klimaatverandering, met als gevolg langere periodes van droogte en hogere temperaturen, krijgen we meer te maken met ingedikt oppervlaktewater en groei van micro-organismen. Het innemen van ingedikt water en verhoogde concentraties aan micro-organismen zullen dus vaker en langduriger voorkomen. Interessant is om hiervan de mogelijke gevolgen te belichten.

## 4. Mogelijke gevolgen van onttrekken ingedikt water

De gevolgen van het innemen van verdikt water kunnen zijn:

1. Scaling (aanslag) van zouten aan de binnenkant van de koelsystemen

2. Versnelde degradatie van materiaal
3. Verhoogde groei van micro-organismen

#### 4.1 Scaling

Scaling is een 'normaal' verschijnsel. Scaling ontstaat het eerst op de warmste onderdelen (aan de wand van de koelpijpen). In een inspectie- en onderhoudsregime is de frequentie vastgelegd van de te voeren inspectie en het onderhoud op koelsystemen. Een onderdeel daarbij is het reinigen van het koelsysteem, waarbij de aanslag in het koelsysteem wordt verwijderd. Structureel worden chemicaliën aan het koelwater toegevoegd om de gevolgen van het scalingproces te beperken. Veel bedrijven hebben de conditionering van het koelwater uitbesteed aan gespecialiseerde bedrijven. Hierop is een registratie, een monitoringssysteem opgezet (meting op in- en output koelwater). Of en hoe dergelijke firma's monitoren op degradatie van koelsystemen, is niet duidelijk.

Door de toename van hardheidsionen zal zich meer en sneller aanslag vormen aan de binnenkant van de wanden van koelsystemen. De effectiviteit van koelsystemen neemt hierdoor geleidelijk af. Door het debiet van het koelwater te verhogen, is het mogelijk om de gewenste koelcapaciteit (koelend vermogen) te behouden.

#### *Gevolgen onvoldoende koelcapaciteit van de reactor*

Aangezien scaling een geleidelijk proces is, kan het zijn dat de operator onvoldoende bedacht is op de ernst van de situatie. Wanneer bij een redundant koelsysteem een van de koelsystemen in storing gaat, is er niets aan de hand. Wanneer echter het koelsysteem niet meer optimaal kan functioneren door bijvoorbeeld scaling aan de binnenzijde van het koelsysteem, is de vraag of voor de kritische fase voldoende koelcapaciteit beschikbaar is. Wanneer dit niet het geval is, kan deze situatie een initiator zijn tot een zwaar ongeval.

In de beschreven casus was het Brzo-bedrijf zich onvoldoende bewust van de relatie tussen de afname van de koelcapaciteit en de kwetsbaarheid daarvan in de kritische fase.

#### 4.2 Versnelde degradatie van het materiaal

Het ingedikte oppervlaktewater bestaat niet alleen uit een verhoogd aantal hardheidsionen, maar ook een verhoogd gehalte aan chlorides en sulfaten. De chlorides in het ingedikte water zijn moeilijk te verwijderen. Verhoging van chlorides in het oppervlaktewater zullen roestvast staal aantasten. In veel gevallen is voor koelsystemen roestvast staal gebruikt. Chlorides doorbreken de gesloten oxidelaag (passieve corrosie), waardoor spanningscorrosie, spleetcorrosie of putcorrosie ontstaat op plaatsen waar de passieve laag beschadigd is.

Bij spanningscorrosie speelt de temperatuur een belangrijke rol. Boven de 60°C kan dit een serieus probleem worden. De spanningscorrosie ontstaat door trekspanningen als gevolg van het gebruik van de koelsystemen.

Spleetcorrosie ontstaat in spleten tussen aansluitingen, lasnaden, e.d. Door opeenhoping van zouten (chloriden) in de spleet vindt verzuring plaats met corrosie als gevolg. Deze corrosievorm is niet afhankelijk van de temperatuur.

Bij putcorrosie is de overgang van het temperatuurgebied waarin wel of geen putcorrosie plaats zal vinden abrupt. De temperatuur waarbij putcorrosie plaats zal vinden is bepaald door het type RVS in combinatie met de samenstelling van het koelwater. Daarnaast wordt putcorrosie in de hand gewerkt door stromingssnelheden die lager zijn dan 1.5 m/s.

Deze vormen van corrosie zijn niet trendbaar, wat wil zeggen dat de degradatie niet goed voorspelbaar is. Door gebruik van bepaalde legeringen roestvast staal, kan de degradatiesnelheid worden geremd. Zo wordt koolstofstaal niet aangetast door chlorides.

#### *Gevolgen aantasting*

De versnelde degradatie heeft gevolgen voor de inspectiefrequentie, die verhoogd moet worden. De inspectiefrequentie zal bepaald moeten worden aan de hand van de factoren die inherent zijn aan de verschillende soorten van degradatie. Dus wat is maatgevend, temperatuur,

stroomsnelheid, lasverbindingen, type RVS, etc. Het is dus niet eenvoudig om een nieuwe frequentie vast te stellen.

Het aantasten van koelsystemen of lekkages aan koelsystemen wil niet automatisch zeggen dat dit zal leiden tot (zware) ongevallen. In geval van exotherme reacties is de procesdruk over het algemeen hoger dan de koelwaterdruk in koelsystemen. Hierdoor zal niet snel koelwater in de reactor stromen. De meeste lekkages vormen daarmee geen acuut veiligheidsprobleem. Afhankelijk van het monitoringssysteem dat het bedrijf heeft, kunnen lekkages in het koelsysteem worden opgespoord.

Lekkages van koelsystemen worden beschouwd in de MRA-methodiek, in het geval de procesdruk hoger ligt dan de koelwaterdruk. Ook in een Hazop-studie kan informatie zijn vastgelegd over uitval, lekkages of verminderend koelend vermogen. In dergelijke studies worden maatregelen geïdentificeerd.

#### 4.3 Verhoogde groei van micro-organismen

Bij langere periode van droogte zal het oppervlaktewater warmer zijn en kan een exponentiele groei van micro-organismen ontstaan in het oppervlaktewater. Micro-organismen kunnen microbiële corrosie veroorzaken (MIC). In de meeste gevallen wordt deze corrosie veroorzaakt door sulfatreducerende bacteriën (SRB's)<sup>1</sup>, die onder zowel aerobe als anaerobe omstandigheden kunnen leven. De anaerobe bacteriën kunnen een biofilm creëren op het metaaloppervlak, waaronder een zuurmilieu ontstaat dat tot grote corrosieschade kan leiden (de zogenaamde tubercules = kleine bloemkooltjes). Het verschil in zuurstofconcentratie binnen en buiten deze tubercules is de oorzaak van dit corrosiesysteem. Tuberculevorming vindt met name plaats bij lage stroomsnelheden, bij hoge snelheden worden tubercules losgeslagen en moet het proces weer van voren af aan beginnen.

In de praktijk blijkt deze relatief nieuwe vorm van biologische corrosie zeer agressief te zijn. Het manifesteert zich op vele metalen en metaallegeringen. Koolstofstaal en roestvast staal zijn zeer gevoelig voor deze corrosievorm. MIC treedt vooral op in koelsystemen<sup>2</sup>. Naarmate de temperatuur oploopt, zullen dergelijke bacteriën zich sneller gaan vermenigvuldigen met alle nadelige gevolgen van dien. Ook raken deze bacteriën steeds meer bestand tegen hogere temperaturen vanwege het muterend gedrag. Enige jaren geleden werd gesteld dat in een omgeving van circa 62°C deze bacterie niet kon overleven. Tegenwoordig blijkt dat de temperatuur rond de 80°C ligt.

Bepaalde bacteriën produceren agressieve stoffen tijdens het afsterven, zoals sulfide, zwavelzuur, zoutzuur of organische zuren. Zwavelzuur en zoutzuur betreffen sterk reducerende zuren, waar staal en roestvast staal niet tegen bestand zijn. Het gevolg is ernstige corrosie. Wanddiktes van enkele millimeters kunnen daardoor in een paar maanden compleet geperforeerd zijn. Ook MIC is een corrosie die niet trendbaar is.

De SRB's vormen de laatste jaren een steeds groter probleem, omdat ook gezonde materialen besmet raken en in relatief korte tijd ernstig kunnen degraderen. Wat de oorzaak is van het opkomen en de toename van MIC, is nog niet duidelijk. Het meest aannemelijk is dat zwavelreducerende bacteriën door de temperatuurverhoging zich over de gehele wereld hebben kunnen verspreiden. Normaal kwamen deze bacteriën allen voor in vulkanische gebieden.

In de beschreven casus is een situatie ontstaan waarbij koelpijpen in een paar jaar tijd een degradatie in wanddikte hadden ondergaan tot 90%. In de rapportages is het woord MIC niet voorgekomen, terwijl (gelet op de versnelde degradatie) het zeer aannemelijk is, dat hiervan sprake was. Het bedrijf was zich niet bewust van de ernst van de situatie.

Wat de gevolgen zijn wanneer koelwater uit de koelwaterspiraal in de reactor lekt, of bij breuk van de koelwaterspiraal een grote hoeveelheid water de reactor instroomt, is afhankelijk van de type

<sup>1</sup> Zwavelreducerende bacteriën komen het meest voor, maar ijzer en mangaan oxiderende micro-organismen bestaan ook.

<sup>2</sup> Andere veel voorkomende locaties zijn sprinklerinstallaties, opslagtanks, warmtewisselaars.

reactie, gebruikte drukken, etc. Van een Brzo-bedrijf mag verwacht worden dat hierop een analyse is uitgevoerd.

In de casus is geconstateerd dat zich slakken en apenhaar in de koelpijpen bevonden. Dit heeft gezorgd voor een flowverlies tot 75%. De pijpen zaten nagenoeg dicht.

Slakken en apenhaar komen als zaad en met hun kleine omvang redelijk eenvoudig in koelsystemen terecht (ondanks filteren) om vervolgens tot grote schelpen uit te groeien. Verstoring van (laminaire) stroming door de koelsystemen, heeft vervolgens desastreuze effecten op het materiaal (erosie).

#### *Gevolgen van micro-organismen in koelsystemen*

Het gevolg van micro-organismen in koelsystemen is een ernstige aantasting van het materiaal en het dichtslibben door allerlei biologisch materiaal. MIC mag niet onderschat worden. Dit kan materiaal binnen afzienbare tijd grote schade toebrengen, wat niet in de verwachting ligt. Met name het onvoorspelbare karakter, zorgt ervoor dat reactie te laat kan komen. Er zijn metalen die niet gevoelig zijn voor MIC, zoals titanium. Daar hangt wel een kostenplaatje aan.

### **5. Gebruik van chemicaliën**

Om zowel het scalingproces te reduceren als de biofilm van micro-organismen in koelsystemen te beperken of tegen te gaan, wordt gebruik gemaakt van chemicaliën. Door middel van sturing op de dosering van de chemicaliën, kan de effectiviteit worden geoptimaliseerd.

Er zijn verschillende chemicaliën die gebruikt kunnen worden voor het aanzuren van het oppervlaktewater. Door aanzuren lost de scaling op en worden micro-organismen gedood.

Gebruik van *organische zuren* kan het scalingprobleem oplossen. Het nadeel is dat micro-organismen organische zuren gebruiken als voedingsbron. Bij circa 40°C kan een explosieve groei van micro-organismen plaatsvinden, wat uiteraard niet gewenst is. Het gebruik van *natriumhypochloriet* is zeer efficiënt. Maar tijdens droge en warme periodes is een hoge dosering nodig om effectief te blijven. Het nadeel is dat natriumhypochloriet zeer corrosief is voor roestvaststaal, omdat het een instabiele chloorverbinding heeft.

Gebruik van *zoutzuur* is ongewenst door de grote waarden aan chlorides, wat roestvast staal weer kan aantasten.

Bij aanzuren met *zwavelzuur* zal H<sub>2</sub>S en CaS (kalk) ontstaan, wat beide niet gewenst is.

Bij gebruik van *salpeterzuur* zullen problemen ontstaan met het CZV (koolstofzuurstofverbruik) gehalte, wat problemen geeft voor het lozen van het oppervlaktewater.

Er worden bemoedigende resultaten bereikt met UV-licht en ozon. Het gebruik van ozon is weliswaar duurder, maar zal de levensduur van de installatie niet verkorten, wat wel het geval is bij gebruik van chemicaliën. Daardoor zal het waarschijnlijk toch kosteneffectief kunnen zijn.

### **6. Aandachtspunten tijdens Brzo-inspectie**

De volgende aandachtspunten kunnen worden gebruikt bij een inspectie op koelsystemen.

1. Onderzoek de dimensionering van de koelwaterspiraal en de koelpijpen, en de minimaal benodigde koelcapaciteit per receptuur die nodig is om de reactie in de kritische fase te kunnen koelen. De dimensionering en de minimaal benodigde koelcapaciteit moet in de operation windows zo zijn ingeregeld, dat rekening is gehouden met veiligheidsmarges.
2. De operation windows en de grenzen waarbinnen het koelsysteem nog functioneel is, borgen in het operationeel regelsystemen en in het VMS (procedures, checklisten, e.d.), maar ook in de controlekamer (alarmeringen en automatisch ingrijpen).
3. Onderzoek of de koelwaterspiraal in de reactor en de koelpijpen van de condensor in het refluxsysteem daadwerkelijk elkaars redundantie zijn.
4. Is in het startprotocol (de startvoorwaarden per receptuur) geborgd dat een functionele koelwatertest moet worden uitgevoerd voordat het reagens mag worden toegevoegd? De

koelwaterspiraal en de koelpijpen van de condensor worden dan individueel getest op de te leveren koelcapaciteit die nodig is voor het koelen van de reactie tijdens de kritische fase. Binnen deze test moet binnen een bepaalde tijdseenheid een delta T bereikt worden. Wanneer beide koelsystemen hieraan voldoen, mag verondersteld worden dat elk koelsysteem voldoende capaciteit heeft om de reactie te kunnen koelen. De delta T is receptuurafhankelijk.

5. Er kan onderzocht worden waarop delta T gebaseerd is.
6. Is er een monitoringssysteem waarbij de exploitant in de gaten heeft, dat het in te nemen koelwater verdikt is?
7. Bij langdurige droogte kan worden gecontroleerd welke maatregelen getroffen worden door de exploitant.
  - Inspectie- en onderhoudsfrequentie verhogen.
  - Dosering chemicaliën aanpassen.
  - In- en output koelwater frequenter testen, met aanvullende analyses.
  - Extra filtersysteem aanbrengen bij input en maatregelen in eigen systeem om de koelcapaciteit te verhogen, zoals reinigen systemen.
  - Welke voorzieningen heeft het bedrijf bij onvoldoende koelcapaciteit? Waar en hoe is dit vastgelegd?
8. Heeft het bedrijf invulling gegeven aan de omvang van niet trendbare corrosievormen en op welke wijze is geborgd dat de degradatie tijdig wordt opgemerkt?
9. Heeft de exploitant een solide analyse uitgevoerd op de gevolgen van het innemen van ingedikt oppervlaktewater?
10. Heeft de exploitant de juiste en voldoende maatregelen getroffen om tijdig te kunnen ingrijpen om corrosie of het dichtslibben van koelsystemen met micro-organismen te voorkomen?

## 7. Aanbevelingen

Inventariseer binnen welke Brzo-bedrijven sprake is van het gebruik van reactoren, waarbij koelsystemen aanwezig zijn die gebruik maken van oppervlaktewater. Voor deze bedrijven kan de inspectietool worden gebruikt als inspiratiebron voor de voorbereiding op de inspectie. Er zijn overigens ook bedrijven die (net) niet onder het Brzo vallen, maar waar deze situatie eveneens van toepassing kan zijn. Wellicht kan daar de Wabo-inspecteur iets vergelijkbaars doen.

## 8. Inspectietool

Aan dit informatieblad is een inspectietool verbonden. Deze is opgenomen in onderstaand Excel bestand.



inspectietool  
koelwaterspiraal en k

## 9. Bronnen

- Almeco (axongroup), kenniscentrum vloeibare koelsystemen
- ALURVS.nl -> MIC
- Corrosie en corrosiebeheersing, Hans Sonke, 2011
- Eigen praktijkervaring en gesprek met een Brzo-bedrijf