

TNO PUBLIEK

**Traffic & Transport**Princetonlaan 6  
3584 CB Utrecht  
Postbus 80015  
3508 TA Utrecht[www.tno.nl](http://www.tno.nl)T +31 88 866 42 56  
F +31 88 866 44 75**TNO-rapport****TNO 2018 R10677****Veiligheidsanalyse Resomeren**

|                 |                                 |
|-----------------|---------------------------------|
| Datum           | 21 juni 2018                    |
| Auteur(s)       | J.E.A. Reinders, M.P.N. Spruijt |
| Exemplaarnummer |                                 |
| Oplage          |                                 |
| Aantal pagina's | 49 (incl. bijlagen)             |
| Aantal bijlagen | 5                               |
| Opdrachtgever   | Yarden Uitvaartorganisatie      |
| Projectnaam     | Yarden - Resomeren              |
| Projectnummer   | 060.29230                       |

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2018 TNO

TNO PUBLIEK

# Inhoudsopgave

|                                                                          |           |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Samenvatting</b>                                                      | <b>4</b>  |
| <b>1 Inleiding</b>                                                       | <b>6</b>  |
| <b>2 Doel</b>                                                            | <b>7</b>  |
| <b>3 Verantwoording van de onderzoeksmethode</b>                         | <b>8</b>  |
| <b>4 Beschrijving van het resomatieproces</b>                            | <b>9</b>  |
| 4.1 Het proces op hoofdlijnen                                            | 9         |
| 4.2 Bijwonen van het resomatieproces (witnessing)                        | 9         |
| <b>5 Veiligheidsanalyses</b>                                             | <b>19</b> |
| 5.1 Inleiding                                                            | 19        |
| 5.2 HAZOP en What-if studie                                              | 19        |
| 5.3 Bevindingen uit de studies                                           | 19        |
| <b>6 Chemische analyse van effluentmonsters</b>                          | <b>22</b> |
| 6.1 Inleiding                                                            | 22        |
| 6.2 Conclusies chemische analyse                                         | 22        |
| <b>7 Ervaringen en ontwikkelingen in binnen- en buitenland</b>           | <b>23</b> |
| 7.1 Inleiding                                                            | 23        |
| 7.2 De introductie en ontwikkeling van resomeren                         | 23        |
| 7.3 Ervaringen in de VS en Canada                                        | 25        |
| <b>8 Discussie en conclusies</b>                                         | <b>27</b> |
| <b>9 Referenties</b>                                                     | <b>29</b> |
| <b>10 Ondertekening</b>                                                  | <b>30</b> |
| <b>Bijlage(n)</b>                                                        |           |
| A Proces- in instrumentatiediagram (P&ID) van de Resomatie-opstelling    |           |
| B HAZOP resultaten                                                       |           |
| C Resultaten What-if                                                     |           |
| D Keuringscertificaat Resomator                                          |           |
| E Beoordeling effluent van resomeren (door Waste-point Afvalbeheer B.V.) |           |



## Samenvatting

Uitvaartorganisatie Yarden onderzoekt alternatieve methodes van lijkbezorging voor begraven en cremen. Eén van de alternatieven is resomeren. Op dit moment wordt onderzocht of dit proces in de nabije toekomst vanuit de sector kan worden aangeboden in Nederland.

In Nederland (alsmede vele andere landen) zijn momenteel uitsluitend begraven, cremen en donatie voor wetenschappelijk onderzoek wettelijke toegestane methodes in het kader van wetgeving op de lijkbezorging. Om resomeren legaal te kunnen aanbieden als een alternatieve methode zal dus een wetwijziging noodzakelijk zijn.

Uit een door TNO enkele jaren geleden uitgevoerde Life Cycle Analyse (LCA) bleek dat resomeren een lagere milieubelasting heeft dan begraven en cremen [1].

Echter tijdens een overleg van de vaste commissie voor Binnenlandse Zaken met de minister van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties [3] werden zorgen geuit met betrekking tot de veiligheid. Naar aanleiding hiervan heeft Yarden TNO verzocht de veiligheidsrisico's van resomeren nader te bestuderen.

Op basis van een in de Verenigde Staten onderzochte resomatie-installatie, alsmede informatie uit de literatuur en gesprekken met betrokkenen (in de Verenigde Staten en Engeland), concludeert TNO dat er op veiligheidsgronden geen significante redenen zijn om resomeren niet wettelijk toe te laten in Nederland. Hierbij wordt bedoeld dat het proces van resomeren kan voldoen aan voorschriften in de Nederlandse wetgeving met betrekking tot arbeids- en omgevingsveiligheid, met enkele, eenvoudig haalbare, technische aanpassingen in de uitvoeringswijze in vergelijking met de in de Verenigde Staten onderzochte installatie.

Het technische proces van resomeren is goed beheersbaar, gezien de uniforme input (het menselijk lichaam, alkalisch milieu) en gecontroleerde output (botresten, effluent met gedegradeerde vetten en eiwitten, voornamelijk in opgeloste toestand). De beperkte hoeveelheid gevaarlijke stoffen (zuren en logen) in de installatie kan hooguit een risico vormen voor de personen in de directe nabijheid van de resomator of de opslagtanks. Via gangbare veiligheidsanalyses (zoals een Risico-Inventarisatie en Evaluatie, RI&E) kunnen arbeidsveiligheid en -hygiëne worden gegarandeerd.

Op basis van de analysedata en aangeboden hoeveelheden kan verder worden geconcludeerd dat de impact van het aangeboden effluent van het resomatieproces op het influent van een afvalwaterzuiveringsinstallatie verwaarloosbaar is. Er worden geen negatieve effecten verwacht bij het zuiveren van het resomatie-effluent op de installaties. Indien aangeleverde hoeveelheden groter worden dan zal de impact ook groter zijn en dient opnieuw getoetst te worden.

Er is tevens gekeken naar ongevalsdata over (geregistreerde) incidenten met dergelijke installaties. Er hebben zich in de VS en Canada, waar deze wijze van lijkbezorging al ruim een decennium is toegestaan, tot nu toe geen geregistreerde incidenten voorgedaan die de arbeids- of omgevingsveiligheid in gevaar hebben gebracht. Indien er publieke aandacht was, of als zich controverses voordeden, lag de oorzaak steeds in levensbeschouwelijke of commerciële motieven.

Er zijn op dit momenteel 2 commerciële aanbieders van resomatoren voor toepassing in de uitvaartbranche. Verder wordt de methode binnen enkele wetenschappelijke instituten toegepast. Bij het onderzoek heeft TNO zowel aan de commerciële als wetenschappelijke toepassingen aandacht besteed. Het gehele proces van resomeren zoals uitgevoerd door een van commerciële partijen is door

TNO 'gewitnessed'. Het betrof een installatie met operationele cycli die gebaseerd zijn op een significante leercurve. Nieuwe toetreders op de markt en toekomstige fabrikanten van apparatuur zullen eenzelfde, geoptimaliseerde 'state of the art' moeten ontwikkelen, waarbij ook alle apparatuur en gebruikte ruimtes moeten zijn voorzien van de juiste toelatingskeuren, zoals voor drukvaten, opslagvoorzieningen en gebruik van gevaarlijke stoffen. De eindgebruiker (de uitvaartbranche) zal bij toepassing van deze techniek de juiste procedures moeten doorlopen om aan te tonen dat wordt voldaan aan de wettelijke voorschriften. Voor wat betreft de arbeidsveiligheid is dat (ref. artikel 5 van de Arbowet) het (laten)uitvoeren van een Risico-Inventarisatie en Evaluatie (RI&E) voor de veiligheid van werknemers en bezoekers van de inrichting. Voor wat betreft de omgevingsveiligheid moet worden voldaan aan de voorschriften in de omgevingsvergunning. Qua procesveiligheid is het de stand der techniek in Nederland om een storingsanalyse (of een vergelijkbare studie) uit te (laten) voeren om aan te tonen dat veiligheidsrisico's beheersbaar zijn, dat voldoende maatregelen zijn getroffen en dat deze, bijvoorbeeld middels een veiligheidsmanagementsysteem, voldoende zijn geborgd.

# 1 Inleiding

Uitvaartorganisatie Yarden onderzoekt alternatieve methodes van lijkbezorging voor begraven en cremen. Eén van de alternatieven is resomeren. Op dit moment wordt onderzocht of dit proces in de nabije toekomst vanuit de sector kan worden aangeboden in Nederland.

In Nederland (alsmede vele andere landen) zijn momenteel uitsluitend begraven, cremen en donatie voor wetenschappelijk onderzoek wettelijke toegestane methodes in het kader van wetgeving op de lijkbezorging. Om resomeren legaal te kunnen aanbieden als een alternatieve methode zal dus een wetswijziging noodzakelijk zijn.

Uit een door TNO enkele jaren geleden uitgevoerde Life Cycle Analyse (LCA) bleek dat resomeren een lagere milieubelasting heeft dan begraven en cremen [1].

Echter tijdens een overleg van de vaste commissie voor Binnenlandse Zaken met de minister van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties [3] werden zorgen geuit met betrekking tot de veiligheid. Naar aanleiding hiervan heeft Yarden TNO verzocht de veiligheidsrisico's van resomeren nader te bestuderen.

## 2 Doel

Het doel van deze studie is het inventariseren, evalueren en analyseren van de fysieke veiligheidsrisico's van het resomatieproces. Deze studie is gericht op de veiligheidsrisico's van personen in de directe omgeving van de resomatie--installatie (zoals werknemers en bezoekers) en de veiligheidsrisico's voor de omgeving (zoals omwonenden).

Andere overwegingen om resomeren al dan niet wettelijk toe te staan zijn o.a. ethische principes, godsdienstige overtuigingen of (partij)politieke belangen. Dergelijke overwegingen zijn geen onderdeel van onderhavige studie. In deze studie is het resomeren sec beschouwd als chemisch-technologisch proces. De analyse is uitgevoerd met een methode die binnen de (proces-)chemie gebruikelijk is.

### 3 Verantwoording van de onderzoeksmethode

De studie van TNO is gericht op het inventariseren, evalueren en analyseren van de veiligheidsrisico's van het technische proces van resomeren. De volgende veiligheidsrisico's zijn bestudeerd.

- Arbeidsveiligheid:
  - Zijn er mogelijke gezondheidsbedreigingen (bijvoorbeeld als gevolg van, hygiëne, menselijke resten, afmetingen werkruimte of ongewilde blootstelling aan chemicaliën)?
  - Wordt de operator niet te veel fysiek belast (werken met zware lichamen)?
  - Zijn er duidelijke werkinstructies?
- Omgevingsveiligheid (milieukwaliteitseisen):
  - Kan onbedoeld vrijkomen van gevaarlijke stoffen leiden tot onaanvaardbare risico's voor de omgeving?
  - Kan het effluent (afvalproduct) ziektes veroorzaken?
  - Wat is de samenstelling van het effluent (zoals concentraties (gevaarlijke) stoffen, eutrofiering, temperatuur, zuurgraad)?
  - Wordt het effluent veilig afgevoerd naar een afvalwaterzuiveringsinstallatie?
  - Bevat het effluent exotische componenten (zoals prionen, medicijnresten, zware metalen of pathogenen)?
- Procesveiligheid (stand der techniek):
  - Zijn er certificaten, keuringsrapporten of documenten, waarin de Best Available Technologies (BAT) zijn beschreven?
  - Wordt de apparatuur veilige bediend en in goede conditie gehouden (onderhoud)?

Om deze veiligheidsrisico's te duiden heeft TNO de volgende activiteiten uitgevoerd:

- Bestuderen van het resomatieproces (theorie).
- Bijwonen ('witnessen') van een resomatieproces (praktijk).
- Uitvoeren van twee veiligheidsstudies (een HAZOP-en een What-if studie).
- Laten bepalen van chemische samenstelling van effluentmonsters.
- Houden van interviews met uitvoerders en experts op het gebied van resomeren.
- Uitvoeren van een desktopstudie (internet).

De interviews en de desktopstudie hadden tevens als doel om na te gaan of er incidenten in het verleden hebben plaatsgevonden, en zo ja, welke veiligheidsrisico's dan mogelijk relevant zijn.

In het volgende hoofdstuk (hoofdstuk 4) wordt het resomatieproces beschreven, inclusief een beschrijving van de verschillende stappen binnen dit proces.

Hoofdstuk 5 bevat de resultaten van twee veiligheidsstudies. De resultaten van chemische analyses van de effluentmonsters zijn beschreven in hoofdstuk 6.

Hoofdstuk 7 bevat de resultaten uit de interviews en de desktopstudie. Hoofdstuk 8 bevat de discussie en conclusies.

## 4 Beschrijving van het resomatieproces

### 4.1 Het proces op hoofdlijnen

Resomeren is feitelijk een bekend chemisch reactieproces dat in vakjargon 'alkalische hydrolyse' wordt genoemd en al sinds 1888 wordt toegepast. Het reactiemilieu bewerkstelligt het uiteenvallen van het organisch materiaal, de vetten en eiwitten, tot in water oplosbare componenten, restproducten waaronder vetzuren en aminozuren.

Na te zijn geplaatst in de resomator, een speciaal daartoe ontworpen volledig gesloten druktank, wordt het stoffelijk overschot blootgesteld aan een ruime hoeveelheid basisch milieu (ruwweg 250 liter, 5 % Kaliumhydroxide oplossing in water). Samen met het medium in de tank, een sterk basische reactievloeistof, wordt het lichaam in de tank verwarmd en zo als geheel ook op druk gebracht. De totale hoeveelheid medium (reactievloeistof) die benodigd is om het menselijk lichaam volledig te laten uiteenvallen en oplossen, op een percentage van het botweefsel na, is afhankelijk van de omvang en de algehele constitutie van de overledene. Niet alleen het gewicht en de leeftijd zijn bepalend voor de hoeveelheid medium, maar ook de verhouding vet- en spierweefsel van de persoon in kwestie. Na aanvang van het resomatieproces is de toegang tot de tank onmogelijk, tenzij de noodstop wordt geactiveerd.

Na afloop van het resomatieproces wordt het medium verpompt naar een effluent tank, waarna de pH van circa 12 teruggebracht wordt naar 10 of lager, de norm die de afvalwaterbeheerder voor lozing stelt. Over blijven protheses, tanden en kiezen en deels uiteengevallen botweefsel, vrij van merg. Botweefsel wordt gedroogd en vermalen. Achtergebleven protheses (metaal of kunststof) en tanden en kiezen met kwikhoudende (amalgam) vullingen worden verwijderd en apart verwerkt of gerecycled.

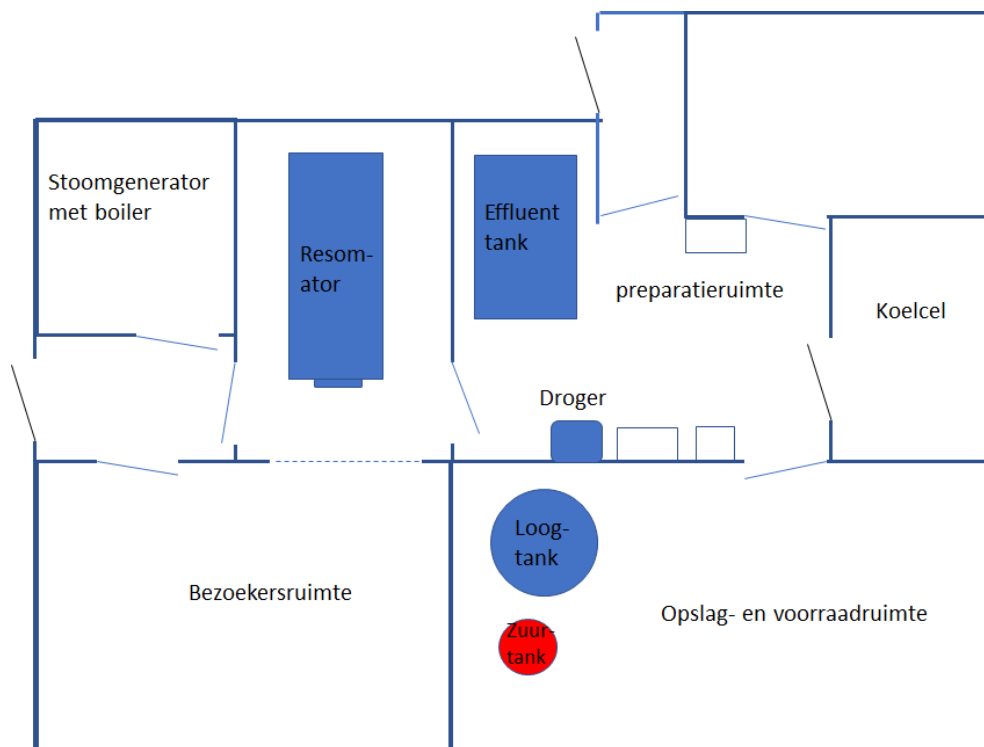
### 4.2 Bijwonen van het resomatieproces (witnessing)

In deze paragraaf wordt het resomatieproces stap voor stap beschreven, zoals door TNO bijgewoond ('gewitnessed') in Stillwater, Minnesota (USA) in maart 2018. Aanvullende informatie kan worden gevonden in de handleidingen [5,6].

#### De ruimte

Figuur 1 geeft de faciliteiten schematisch weer. De resomator is in een aparte ruimte geplaatst. Een bezoekersruimte bevindt zich hier tegenover, aan de voorkant van de resomator. Vanuit deze ruimte is via een glazen wand zicht op de voorkant van de resomator (het deel waar de deur zich bevindt), waardoor het proces door bezoekers kan worden gevolgd. In een andere ruimte is een stoomgenerator met boiler geplaatst. Hiermee wordt het benodigde (hete) water geproduceerd waarmee de resomator wordt verhit (via een gesloten systeem van leidingen en een verwarming-/koelspiraal onder in de resomator – zie Figuur 4). Ook wordt hiermee het benodigde water voor het resomatieproces verwarmd. In de derde aangrenzende ruimte (preparatieruimte) vinden de voor- en nabehandelingen plaats voor het resomatieproces. In deze ruimte is ook de effluent-tank geplaatst en een droger voor de overblijfselen van het proces. De activiteiten die in deze ruimte plaatsvinden zijn niet vanuit de bezoekersruimte zichtbaar. In de koelcel wordt het

lichaam bewaard totdat dit wordt geprepareerd voor het resomatieproces. Tenslotte is er nog een opslag- en voorraadruimte waarin ondermeer de voorraad tanks met zwavelzuur en kaliumhydroxide (loog) zijn opgesteld.



Figuur 1 Overzichtstekening van resomatiefaciliteiten bij 'Bradshaw funeral home' in Stillwater, MN, USA (tekening is niet op schaal).

De resomator is weergegeven in Figuur 2. De voorkant met de deur ('door panel') en een zijkant met daarop het bedieningspaneel ('operator panel') zijn zichtbaar. Een lichaam wordt in horizontale positie in de resomator geschoven. Gedurende het resomatieproces blijft het lichaam in deze positie.



Figuur 2 Voor- en zijaanzicht van de resomator [5].

De verschillende processtappen zoals door TNO bijgewoond worden hieronder beschreven.

### Vorbereiding

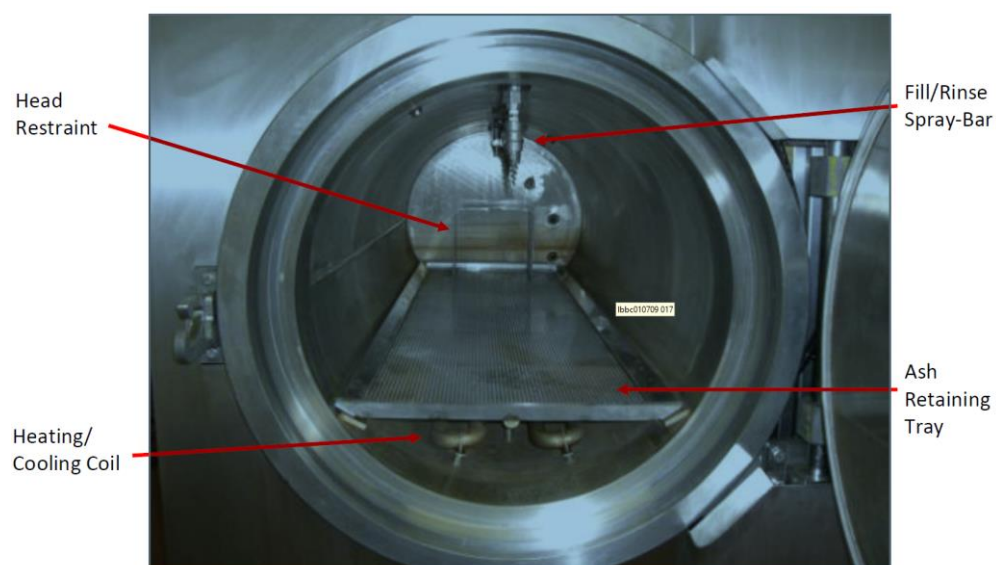
Het lichaam wordt uit de koelruimte gehaald en in een voor het proces geschikte lijkwade gewikkeld, die van tevoren is klaargelegd op een metalen plateau op een geprepareerde baar (Figuur 3).



Figuur 3 Lichaam op metalen plateau op een geprepareerde baar in wol of zijden doek gewikkeld.

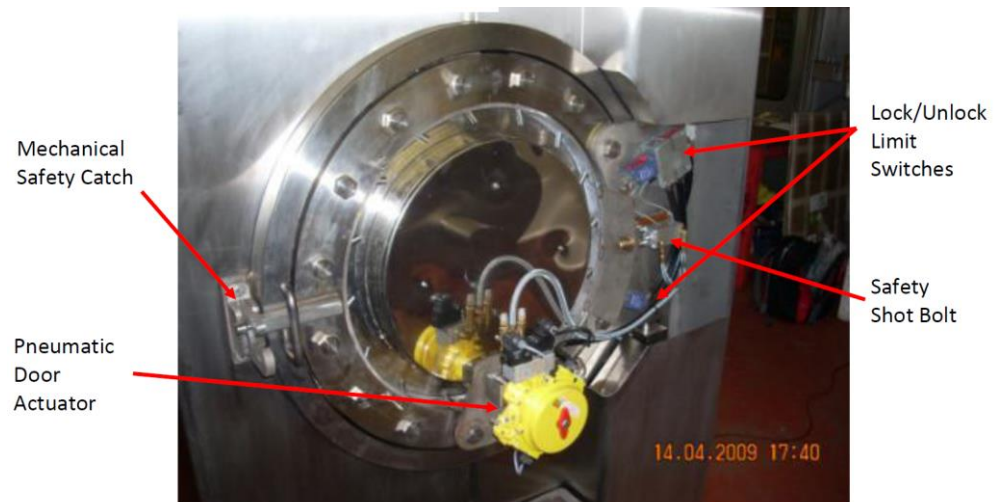
### Invoer lichaam in resomator

Met de baar wordt het lichaam naar de voorkant van de resomator gereden. (Figuur 4). De deur wordt geopend en het metalen plateau met daarop het lichaam wordt naar binnen geschoven, met het hoofd aan de achterkant en de voeten aan de voor- of deurszijde. De hoogte van de baar kan worden aangepast om de handelingen fysiek voor de operators gemakkelijk te maken.



Figuur 4 Binnenkant van de resomator [5]

Nadat het lichaam in de resomator is geschoven wordt de deur gesloten en vergrendeld d.m.v. van pennen (safety shot bolts) in de zijkant. (Figuur 5). Aangezien (per ongeluk kunnen) openen van de deur een van de grootste risico's is wordt het open- en sluitproces onafhankelijk van het resomatieproces gestuurd via o.m. een interlock systeem en speciale knoppen op het bedieningspaneel.



Figuur 5 Deurvergrendelingsysteem (zonder panelen) [5]

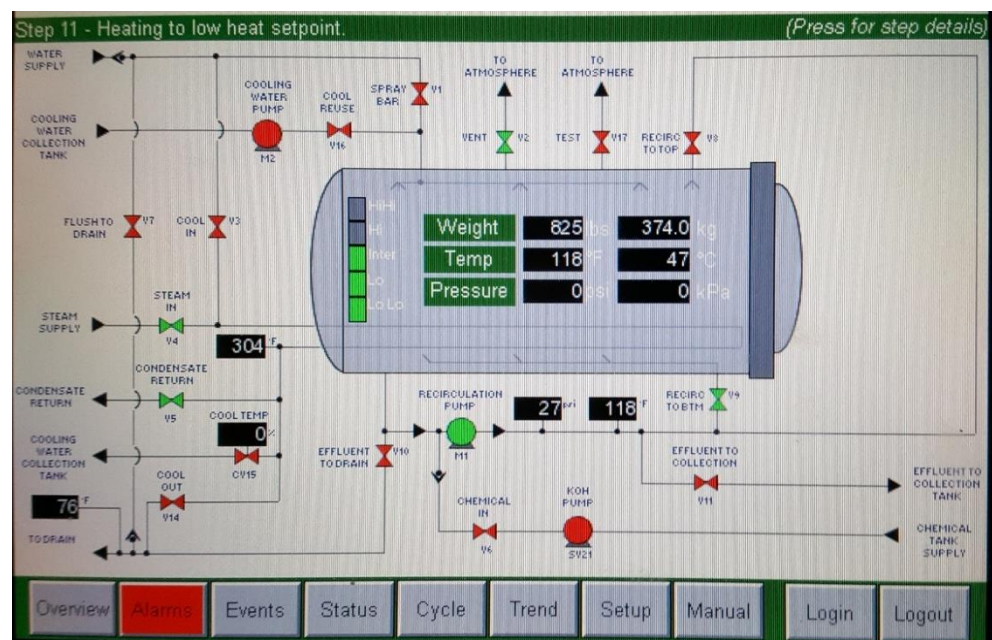
### Het resomatieproces

Het resomatieproces is computergestuurd [6]. Via een touchscreen display aan de zijkant van de resomator kunnen de procesparameters worden ingevoerd (Figuur 6). Het apparaat kent verschillende (voor)geprogrammeerde cycli, waarmee een correcte instelling per geval kan worden gekozen. Basis invoerparameters zijn: gewicht van het lichaam (in discrete gewichtsklassen) en of het lichaam gebalsemd is (zeer gebruikelijk in de VS, ongebruikelijk in Nederland – vereist een intensiever proces). De resomator is voorzien van een interne weegschaal zodat keuze van de juiste instellingen wordt vergemakkelijkt. Indien het lichaam relatief veel spierweefsel bevat (vetweefsel breekt sneller af dan spierweefsel) kan een hogere gewichtsklasse worden ingevoerd of de stand 'gebalsemd' kan worden gekozen. De keuze van de operator om in een individueel geval een intensiever (iets langer en/of iets hogere temperatuur) programma in te stellen is om zo de volledigheid van het proces te kunnen garanderen.



Figuur 6 Bedieningspaneel [5]

Hierna wordt de startknop ingedrukt en wordt het resomatieproces geheel automatisch doorlopen. De operator kan de normale procesvoortgang niet 'op zicht' volgen, maar kan wel de condities (schakeling van kleppen, druk, temperatuur en tenslotte spoelcycli en leegpompen) aflezen via het bedieningspaneel (Figuur 7). Het proces wordt ook gelogd.



Figuur 7 Bedieningspaneel met daarop de procescondities.

Het apparaat voorziet in druk- en temperatuursensoren, waarnaast ook weegcellen en een veiligheidsklep, die in geval van een grote overdruk automatisch geactiveerd wordt. Het proces kan worden af- of onderbroken door indrukken van een noodstop.

Nadat druk en temperatuur tot een veilig niveau zijn verlaagd en de basische vloeistof is weggepompt naar de effluenttank kan eventueel de resomator worden geopend.

Het proces begint met toevoeging van ca 250 liter water. Dit is voorverwarmd water dat vaak in een eerdere resomatiecyclus is gebruikt in het verwarmingssysteem. Hierna wordt een 5% KOH-oplossing vanuit de alkali voorraadtank toegevoegd totdat de pH een waarde van 12 heeft bereikt. Op dat moment wordt toevoeging van KOH automatisch gestopt.

Vervolgens wordt de temperatuur via de verwarmingsspiraal onderin de resomator (Heating/Cooling coil in Figuur 5) naar 305 F (ca. 150 °C) gebracht (de werkelijke temperatuur zal enigszins afhangen van de eerder ingevoerde parameters). Dit is een apart leidingsysteem in de tankwand van het apparaat dat gevoed wordt uit een separate boiler en dat geen direct contact heeft met het interieur van de tank. Omdat de tank volledig is gesloten zal door het verwarmen ook de druk oplopen. De werkdruk is ca. 65 Psi (4.5 bar).

Deze temperatuur en druk zullen ongeveer 1,5 uur worden gehandhaafd. Intern wordt de verhitte vloeistof continu rondgepompt en vanuit de bulk, het medium onderin de tank, via een leiding met gaten van bovenaf in de tank weer verspreid over het lichaam.

Na deze stationaire fase wordt de resomator eerst tot 297 F (147 °C) afgekoeld door koud water door de separate verwarmings- / koelspiralen te voeren.

Vervolgens wordt gedurende 2 minuten koud water in de resomator gespoten via de 'spray bar' bovenin (zie Figuur 4). Dit resulteert in een temperatuur van ca. 197 F (92 °C). Indien deze temperatuur na 2 minuten nog niet is bereikt wordt via de verwarmings- / koelspiralen de temperatuur verder verlaagd. Hierna wordt de inhoud van de resomator in de effluent tank gepompt. Een rooster ('ash retaining tray' in Figuur 4) zorgt ervoor dat alleen vloeistof wordt afgevoerd.

Hierna wordt het interieur van de resomator nog tweemaal met warm water gespoeld. Dit water wordt ook in de effluenttank opgevangen. Dit wordt gevolgd door een fase van reiniging van de botresten. Warm water (130 F of 54 °C) en KOH worden gedurende 45-75 seconden toegevoegd (leidend tot een lagere concentratie KOH dan hiervoor). Deze temperatuur wordt gedurende 15 minuten gehandhaafd. Met warm water wordt nog tweemaal gespoeld (zoals hiervoor) en een laatste reiniging van de resomator vindt plaats met koud water. Het water van deze laatste reinigingsfase wordt direct op het riool geloosd en gaat dus niet naar de effluenttank.

### **Openen van resomator**

Na afloop van het proces kan de deur worden geopend, zij het stapsgewijs. Hiertoe wordt eerst een testknop ingedrukt op het bedieningspaneel. Hierdoor wordt een onafhankelijk controlesysteem geactiveerd. Indien de indicatoren voor temperatuur, druk en vloeistofniveau alle veilige waardes aangeven wordt een veiligheidsklep (drukventiel) op de resomator geopend, waarna de deur wordt ontgrendeld. Hierna kan de deur manueel worden geopend.

### **Verwijderen en verwerken van resten**

Slechts brosse beenderen en beenderresten, protheses, het gebit en gebitvullingen blijven over na het resomatieproces (Figuur 8, links). Botten en botresten worden gedroogd aan warme lucht (Figuur 8, rechts) waarna ze worden vermalen met een cremulator.

De andere overblijfselen worden gerecycled (bijvoorbeeld metalen van prothesen), of als industrieel afval afgevoerd.



Figuur 8 Overblijfselen van het resorptieproces; in de resomator (links); in de droger (rechts).

### Behandeling van het effluent

Na afloop van het resorptieproces bevat de effluenttank (Figuur 9, links) ca. 2000 liter vloeistof. Om aan de eisen van de lokale waterzuiveringsinstallatie te voldoen moet de pH worden verlaagd tot 10 of lager. Hiertoe wordt een kleine hoeveelheid geconcentreerd zwavelzuur toegevoegd uit een voorraadtank. Het proces wordt gestuurd via een pH meter. Nadat de gewenste pH is bereikt stopt toevoeging van zuur automatisch.

Hierna wordt het effluent op het riool geloosd vanwaar het naar de lokale afvalwaterzuiveringsinstallatie gaat.



Figuur 9 Effluent tank (links) en pH meter die pH in de effluent tank reguleert (rechts)

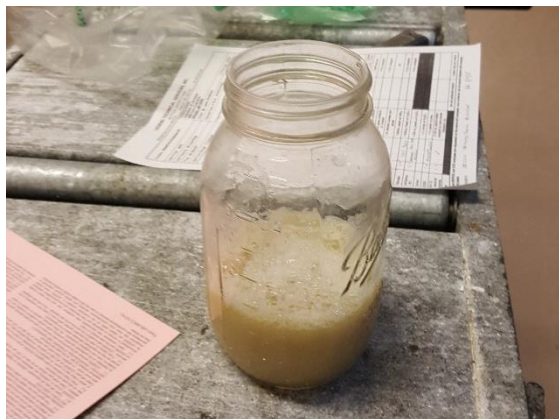
### Andere activiteiten

Nadat alle resten uit de resomator zijn verwijderd wordt de binnenkant met water schoongespoten (Figuur 10). Een ont kalkingsmiddel (citroenzuur) wordt gebruikt om kalkaanslag op de verwarmings-/koelspiralen en verstopping van de sproeiers te voorkomen. De siliconen deurafdichting wordt nauwgezet gecontroleerd op slijtage en van een dun laagje siliconenspray voorzien. Dit vindt na elke resomatie plaats.



Figuur 10 Reiniging van de resomator na afloop van het resomatieproces.

Monsters van de vloeistof in de effluenttank kunnen worden (en werden tijdens het bezoek) genomen voor chemische analyse (Figuur 11). Hiervoor is een speciale kraan aangebracht op de effluenttank. Tijdens het bezoek werden verschillende glazen flessen gevuld voor analyse (zie hoofdstuk 6 voor de resultaten).



Figuur 11 Monster van het effluent.

De dubbelwandige Kaliumhydroxide (KOH) en Zwavelzuur ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) bulk tanks (Figuur 12) in de opslag- en voorraadruimte kunnen van buitenaf worden gevuld (Figuur 13). Indien het niveau te laag wordt, wordt dit via een knipperend rood licht op de 'Alarm Signal Tower' in de preparatieruimte aangegeven (Figuur 14) en kan de leverancier van de chemicaliën erop worden geattendeerd dat bijvullen gewenst is.

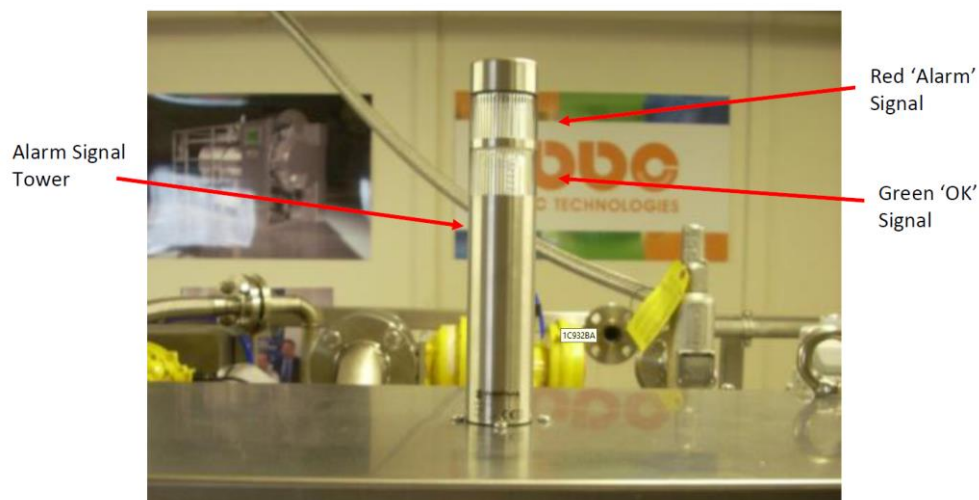


Figuur 12 Zuur ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) en Alkali of Loog (KOH) tanks.



Figuur 13 Vulpunten voor KOH en H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> oplossingen aan de buitenkant van het gebouw.

Indien er gedurende het proces afwijkende condities of storingen wordenesignaleerd door een van de sensoren in het systeem zal dit ook via een knipperend rood licht signaal op de 'Alarm Signal Tower' worden aangegeven. Indien dit het geval is moet op het bedieningspaneel de knop 'Alarms' (Figuur 7) worden ingedrukt. Er verschijnt dan een ander scherm op het bedieningspaneel waarin wordt aangegeven wat de storing heeft veroorzaakt. Vanaf dat moment blijft het rode licht continu branden totdat de storing verholpen is, waarna het rode licht uitgaat (en een groen licht aan). Het proces kan dan worden hervat.



Figuur 14 Alarmeringssysteem ('Alarm Signal Tower') [5].

Tenslotte dient te worden opgemerkt dat in de operationele ruimtes (met uitzondering van de bezoekersruimte, zie Figuur 1) een enigszins onprettige geur viel waar te nemen.

## 5 Veiligheidsanalyses

### 5.1 Inleiding

TNO beschouwt binnen deze studie resomeren als een technisch, chemisch-fysisch proces, vergelijkbaar met processen zoals in de procesindustrie. De analyse is gedaan met methoden die binnen de procesindustrie gangbaar zijn, zijnde een storingsanalyse (ook wel 'Hazard and OPERability' of HAZOP-studie genaamd) en de (Structured) What-if studie.

De wijze waarop een HAZOP moet worden uitgevoerd staat beschreven in NEN-EN-IEC 61882 [4]. In een HAZOP-studie wordt op een gestructureerde manier nagegaan welke gevaren zouden kunnen ontstaan bij afwijkingen van procesparameters, zoals druk, temperatuur of stroming. In de HAZOP worden vervolgens de oorzaken en de gevolgen van afwijkingen beschouwd. In de studie wordt elk element van de installatie apart bestudeerd (zoals het drukvat, de stoomgenerator, de pomp). Per element is voor de procesparameters (zoals druk, temperatuur of stroming) nagegaan wat het gevolg is, en welke beheersmaatregelen zijn getroffen om afwijkingen te detecteren en te beheersen. Een What-if studie heeft het karakter van een brainstormsessie. De What-if is als aanvulling op de HAZOP-studie toegepast met als doel om veiligheidsrisico's te inventariseren die niet direct met afwijkingen van procesparameters verbonden waren.

### 5.2 HAZOP en What-if studie

De HAZOP is uitgevoerd door bestudering van het zogeheten Proces- en Instrumentatie Diagram (P&ID). Op de P&ID zijn de verschillende componenten van een installatie weergegeven, inclusief leidingen en veiligheidsvoorzieningen. Vaak zijn ook (elektronische) controlesystemen weergegeven. De ter beschikking gestelde P&ID is weergegeven in Bijlage A. Details van de resomator ('autoclaaf') konden worden verkregen via schermafdrucken van het elektronische controlepaneel. Een voorbeeld hiervan is gegeven in Figuur 7. Een meer gedetailleerd (confidentieel) Proces Flow Diagram (PFD) werd naderhand toegezonden. De PFD was tijdens de HAZOP niet beschikbaar, maar kon bij uitwerking van de resultaten als controle worden gebruikt. De resultaten van de HAZOP zijn weergegeven in Bijlage B.

Na de HAZOP is een What-if studie uitgevoerd. De What-if is gericht op identificatie en evaluatie van mogelijk gevaren die niet direct aan chemische- en/of fysische procesparameters gebonden zijn. De resultaten van de What-if zijn weergegeven in Bijlage C

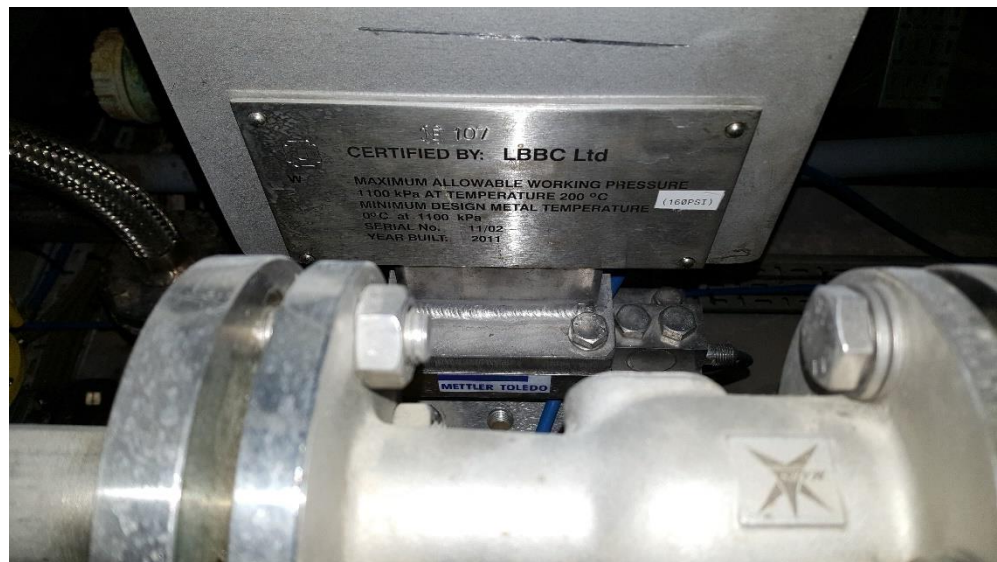
### 5.3 Bevindingen uit de studies

#### 5.3.1 Arbeidsveiligheid

Als 'worst case' gevolg ten aanzien van arbeidsomstandigheden is opgetekend blootstelling van de operator aan hete stoom afkomstig uit stoomgenerator of boiler of blootstelling aan de inhoud van de resomator. Aangezien de stoomvoorziening in

een andere ruimte plaatsvindt en de stoomleidingen zich grotendeels afgeschermd in de omkasting/schil van de resomator bevinden is het risico op blootstelling aan stoom zeer klein. Blootstelling aan de (hete en basische) inhoud van de resomator is ook onwaarschijnlijk, aangezien:

- De resomator alle vereiste veiligheidsvoorzieningen heeft van een druktank (zoals overdrukbeveiligingen);
- De resomator is gecertificeerd voor de condities 1100 kPa en 200 °C (zie Figuur 15 en bijlage D);
- Alvorens de tank te kunnen openen eerst 3 indicatoren het 'groene licht' moeten geven: druk, temperatuur en vulniveau;
- Het ontgrendelingssysteem volledig onafhankelijk is uitgevoerd van de procescontrole (PLC);
- Er veel aandacht wordt besteed aan de afdichting van de deur (het onderhoud van de siliconen afdichtingsring – zie Figuur 10).



Figuur 15 Plaquette aangebracht op resomator met certificeringsdetails.

Verder zullen afwijkingen vooral hun invloed hebben op de loop (de kwaliteit) van resomatie, bijvoorbeeld dat deze onvolledig is of mogelijk juist te ver doorloopt (waardoor zelfs geen restanten van beenderen meer zouden kunnen overblijven). De gevolgen van storingen die tot uitval van de installatie leiden kunnen door opnieuw opstarten eenvoudig worden verholpen. Gevolgen van eventueel lekken van vloeistof kunnen via hygiënische maatregelen worden verholpen. Doordat het materiaal tot boven de 100 °C is verhit en onder druk stond (vergelijkbaar met een autoclaaf) zal dit lekkende materiaal (aanvankelijk) steriel zijn, en dus geen directe gevolgen hebben voor de gezondheid van operators. Zie ten aanzien hiervan ook de chemische analyse van de genomen monsters in hoofdstuk 6.

Ten aanzien van de arbeidsomstandigheden wordt opgemerkt dat de onprettige geur in de werkruimtes niet wenselijk is. In hoeverre deze geur tot overlast in de omgeving kan leiden (indien hij bijvoorbeeld wordt afgezogen) is niet duidelijk. Maar mocht dit zo zijn, dan kan een geurfilter een oplossing bieden. Volgens de operator was deze geur een gevolg van een lekke afdichting, waarvoor reeds vervanging gepland was.

### 5.3.2 *Omgevingsveiligheid*

Gevaren voor de omgeving (omwonenden) als gevolg van onbedoeld vrijkomen van gevaarlijke stoffen zijn zeer onwaarschijnlijk. De inhoud van de resomator is dermate gering dat deze alleen een risico kan vormen voor (personen in) de ruimtes waar het proces wordt uitgevoerd.

### 5.3.3 *Procesveiligheid*

Een punt van aandacht vormen de vulopeningen van de opslagen van chemicaliën (loog - KOH en zuur - H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Deze zijn naast elkaar buiten aangebracht (zie Figuur 13). Zij zijn identiek van vorm en ondeugdelijk gelabeld, de afdichting kan eenvoudig worden geopend en de vulpunten zijn voor eenieder vrij toegankelijk. Hierdoor kunnen door vergissing tijdens vullen de vloeistoffen gemakkelijk met elkaar verwisseld worden (met hevige reacties in de vultanks, binnen, tot gevolg) en is bovendien sabotage of vandalisme eenvoudig mogelijk. Dergelijke risico's kunnen worden voorkomen door een betere markering en het aanbrengen van verschillende typen en afsluitbare vulaansluitingen en toegangsbeveiliging

## 6 Chemische analyse van effluentmonsters

### 6.1 Inleiding

Monsters van het effluent van het door TNO bijgewoonde resomatieproces zijn door een lokaal laboratorium in de Verenigde Staten onderzocht op chemische samenstelling. Dit onderzoek werd uitgevoerd onder leiding van de firma WastePoint Afvalbeheer B.V. [21].

Achtergrond was de vraag of het effluent zou kunnen worden aangeboden aan een afvalwaterzuiveringsinstallatie (AWZI) in Nederland. Om te beoordelen of afvalwater naar een AWZI kan worden afgevoerd verlangt een waterschap in Nederland een zogenaamd 'lozingspakket afvalwater uitgebreid'. Hierin wordt aangegeven aan welke eisen (zoals pH, temperatuur) het aangeboden afvalwater moet voldoen en wat de maximaal toegestane concentraties zijn van een aantal chemische stoffen. De resultaten zijn separaat gerapporteerd in [21]. Hieronder zijn alleen de conclusies uit de analyses weergegeven. Het rapport is bijgevoegd als bijlage E.

### 6.2 Conclusies chemische analyse

Op basis van de analysedata van de vereiste parameters (aangevuld met enkele aanvullende parameters) en aangeboden hoeveelheden kan worden geconcludeerd dat de impact van het aangeboden effluent van het resomatieproces op het influent van de AWZI verwaarloosbaar is. Er worden geen negatieve effecten verwacht bij het zuiveren van het resomatie-effluent op de installaties. Indien aangeleverde hoeveelheden groter worden zal de impact ook groter zijn en dient opnieuw getoetst te worden.

Voor wat betreft de riolering spelen met name pH, droge stof en olie/vet een belangrijke rol. Echter gezien de eenvoudige correctie van de pH en de gunstige ervaringen in het buitenland met betrekking tot droge stof en olie/vet worden voor de rioolbeheerder net als bij de AWZI geen problemen verwacht.

De analyseresultaten zoals bijlage E vermeld zijn geheel in lijn met reeds bekende analysegegevens. Verschillen tussen analyse-uitslagen zullen vooral worden veroorzaakt door de omvang en de lichaamsbouw van het geresomeerde lichaam.

## 7 Ervaringen en ontwikkelingen in binnen- en buitenland

### 7.1 Inleiding

Voorgaande hoofdstukken omvatten de analyse van de technische risico's welke eventueel verbonden zouden kunnen zijn aan alkalische hydrolyse, het chemische proces achter resomeren. Hierbij was de aandacht gericht op arbeids-, proces- en omgevingsveiligheid waarnaast ook mogelijk ongewenste milieu-hygiënische aspecten (samenstelling van het effluent, andere restproducten) werden beschouwd.

Ook zijn door TNO enkele jaren geleden, door middel van een Life Cycle Analysis, milieu- en duurzaamheidsaspecten van resomeren vergeleken met begraven en cremen [1].

Bij discussies rondom de invoering en vergunningverlening van resomeren spelen behalve de veiligheid van de techniek, het al dan niet werkelijk hebben van een 'groen label', en een (mogelijk te grote?) belasting van het (water)milieu ook ethische, emotionele, spirituele en religieuze overwegingen een rol. Feiten, meningen en overtuigingen lopen hierbij door elkaar heen.

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de geschiedenis van en ervaringen met (de introductie) van resomeren in het buitenland. Hierbij speelt met name de vraag in hoeverre veiligheidsissues hierbij een rol hebben gespeeld. Ook is gezocht naar specifieke operationele veiligheidsproblemen (zoals bijvoorbeeld incidenten) en -aandachtspunten.

TNO baseert zich hierbij op persoonlijke gesprekken met betrokkenen (in de VS en Engeland) en literatuur, met name van het internet.

### 7.2 De introductie en ontwikkeling van resomeren

Niet alleen in Nederland, maar ook in andere EU-lidstaten wordt momenteel gesproken over deze alternatieve vorm van lijkbezorging. Resomeren wordt nu nog alleen in delen van de VS en Canada toegestaan (Figuur 16). Zo maken recente persberichten in België melding van de techniek van resomeren waarbij discussies plaatsvinden vergelijkbaar met die in Nederland. Aanvullend op de andere alternatieve vormen van lijkbezorging (zoals het cryomeren) is in België zelfs het composteren van het stoffelijk overschot als methode voorgesteld [7]. In het Verenigd Koninkrijk haalt deze methode ook de pers en is aan een initiatiefnemer een vergunning toegekend [8, 9, 10, 11].

De vaste commissie voor Binnenlandse Zaken voerde op 16 oktober 2014 overleg met de toenmalige Minister Plasterk inzake de eventuele wijziging op Wet op de Lijkbezorging. Het verslag (4 december 2014) [3] maakt melding van de voorgenomen introductie van resomeren in Nederland. Tevens worden de initiatiefnemer (Yarden) en een onafhankelijke onderzoekspartij (TNO) met naam genoemd. Conform het verslag maakte een der commissieleden melding van terughoudendheid in de Verenigde Staten ten aanzien van de introductie van het resomeren aldaar. Een suggestie is gedaan naar vermeende onvolmaaktheid van de techniek en enkele (overigens niet benoemde) incidenten. TNO-brononderzoek wees uit dat deze opmerking c.q. suggestie niet exact correct is, in ieder geval nuance behoeft.

Voor wat betreft de techniek heeft het Engelse bedrijf LBBC (een machinebouwer, gevestigd te Leeds, van oudsher gespecialiseerd in autoclaaf technologie) de resomeermethode recent formeel (en commercieel) omarmd. Een andere fabrikant is het Amerikaanse bedrijf Bio-Response.

De Verenigde Staten mag gezien worden als voorloper voor wat betreft de introductie van het resomeren, zowel bij enkele wetenschappelijke instituten als in de uitvaartbranche [12, 13].

Het proces alkaline hydrolysis is in 1888 gepatenteerd in de Verenigde Staten, en is als methode oorspronkelijk bedoeld om dierlijke resten om te zetten in gelatine en kunstmest. Ongeveer een eeuw later hebben wetenschappers van het Albany Medical College deze methode (het chemisch procedé) opnieuw opgepakt, allereerst om zich steriel van proefdieren te ontdoen. Ook kent de techniek sedertdien een toepassing binnen de veehouderij, resulterend in on site mobiele units ten behoeve van kadaververwerking.

In 2006 is vervolgens een specifiek drukvat (resomator) ontworpen voor het verwerken van menselijke resten. Het betrof hier de restanten van menselijke lichamen welke aan de wetenschap ter beschikking waren gesteld. Initiatiefnemer was een Amerikaans wetenschappelijk instituut: 'the Mayo Clinic' in Rochester, Minnesota met het 'Anatomical Bequest Program' [14].

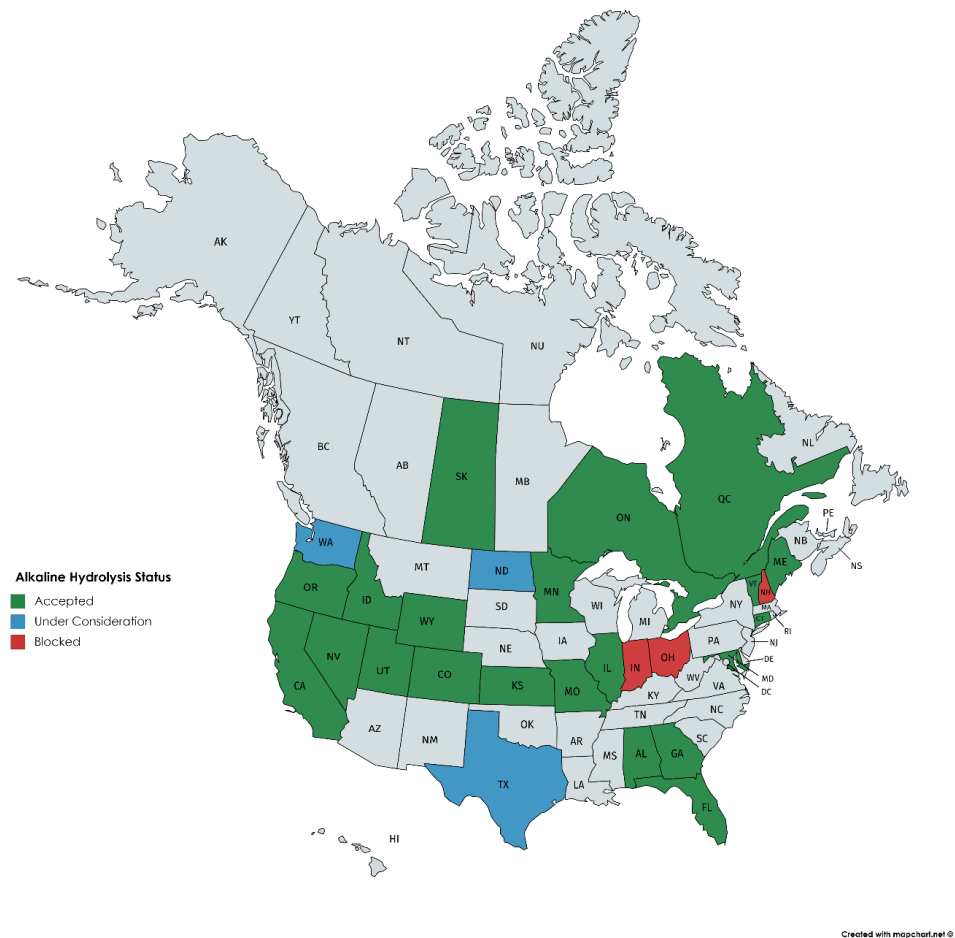
Later werd de methodiek (op niet-commerciële basis) opgepakt door de Universiteit van California in Los Angeles (UCLA), met als pleitbezorger Dr. Dean Fisher, de huidige Directeur van 'The David Geffen School of Medicine' ('the UCLA Donated Body Program') [15]. TNO heeft contact met hem opgenomen, en verkreeg zo aanvullende informatie.

De staat California kent de meest strikte milieuwetgeving in de Verenigde Staten. Het heeft UCLA daarom veel tijd gekost om aan te tonen dat de techniek resomeren de milieutoetsen kon doorstaan. Men heeft veel meet(emissie)data beschikbaar welke, onder voorwaarden, te delen zijn. Het betreft hierbij een unieke installatie, met een beproefde (lessons learned) procesgang en UCLA wenst geen algemene uitspraak te doen over de functionaliteit van allerlei andere (heden ten dage of toekomstig commercieel verkrijgbare) typen machines; evenmin over de wijze waarop deze machines in individuele gevallen in de uitvaartbranche (of elders) opereren.

Interessant genoeg, anders dan de uitvaartbranche, valt de toepassing 'resomeren' bij UCLA niet onder de zogenaamde 'Cemetery and Funeral Act' (per staat zijn er subtiele verschillen), maar valt men als wetenschappelijke instelling onder de regulering van de 'Medical Waste Management Act' in Californië. In dezen volgt de 'California Department of Public Health' de standaarden van de World Health Organization (WHO) en volgt men (specifiek voor wat betreft 'pathogen destruction') de standaarden zoals die zijn geformuleerd door het Centre for Disease Control and Prevention (CDC). Resomeren, zoals uitgevoerd door UCLA, is inmiddels ondergebracht onder de categorie 'Alternative Medical Waste Disposal'. Hiertoe moest men de validiteit van deze methode bewijzen met een intensief meetprogramma waarna men de vergunning (de 'license to operate') verkreeg. De eisen voor toelating van het resomeren in Californië, in de uitvaartbranche, de definities, de wijze van toepassing en de overwegingen die hieromtrent gemaakt zijn door de State of California (onder 'The Cemetery and Funeral Act') zijn naleesbaar in wetteksten welke stammen uit 2017 [16,17]. Samengevat, was Californië niet de eerste Amerikaanse staat die de methode resomeren toestond. Ze was echter wel het grondigste voor wat betreft het onderzoek naar het eventueel schadelijk zijn van het effluent.

### 7.3 Ervaringen in de VS en Canada

De introductie van zogenaamde 'Water Cremation' (de meest gebruikte term in de branche, anders dan bijvoorbeeld 'Resomation', 'Bio Cremation', 'Flameless Cremation', 'White Cremation' of de meer procesmatige naam 'Alkaline hydrolysis') heeft het afgelopen decennium in de Verenigde Staten (en Canada) een behoorlijke vlucht genomen. De site van de 'Cremation Association of North America' (CANA) [18] biedt een overzicht van de actuele stand van zaken, de staten waarin deze methode formeel is toegestaan.



Figuur 16 Overzicht van wettelijke acceptatie van 'Alkaline Hydrolysis', in mei 2018 in de Verenigde Staten en Canada [18].

Het feit dat in een zekere staat de wettelijke ruimte wordt geboden om resomeren als lijkbezorging toe te passen wil niet zeggen dat dit werkelijk in alle gevallen mogelijk is. Het kan bijvoorbeeld zo zijn dat de wettelijke mogelijkheid er ligt, maar dat nog geen uitvaartorganisatie een vergunning heeft aangevraagd of gekregen. Aanvankelijk is er discussie geweest over de vraag of deze methode apart zou moeten worden beschreven (en apart moet worden vergund), of dat het resomeren

geschaard kan worden onder de 'overall' noemer 'cremeren', het standpunt dat door de CANA werd ingenomen.

In drie Staten (New Hampshire, Indiana en Ohio) is de introductie van resomeren geblokkeerd. Geen van deze drie gevallen is te herleiden naar incidenten, zoals het rondit falen der techniek of het bewezen niet bekwaam uitvoeren daarvan. Eén van deze afwijzingen is te herleiden naar een commerciële (en politiek uitgespeelde) twist tussen uitvaartbedrijven. Een tweede geval houdt verband met een te voortvarende ondernemer (wel met vergunning, maar niet apart voor het uitvoeren van deze techniek). In het derde geval was mogelijk verlies van werkgelegenheid in de traditionele uitvaartbranche het argument tegen.

Tegenstand uit religieuze overwegingen bestaat ook in de Verenigde Staten, bijvoorbeeld omdat bij het resomeren in de omgang met het stoffelijk overschot onvoldoende waardigheid betoond zou worden voor het menselijk lichaam. De site van NOLO [19,20] is zeer Informatief inzake de juridische stand van zaken in de afzonderlijke Amerikaanse staten. De site geeft verwijzingen naar de senaatstukken en verder wordt de ontwikkeling van de wetgeving inzake alkaline hydrolysis per case helder neerzet.

Er hebben zich volgens de personen en instanties waarmee TNO contact heeft gehad (UCLA, Bradshaw, LBBC) geen incidenten voorgedaan die te wijten waren aan tekortkomingen in de veiligheid van de techniek. Ook de literatuurstudie leverde dergelijke incidenten niet op.

## 8 Discussie en conclusies

Op basis van een in de Verenigde Staten onderzochte resomatie-installatie, alsmede informatie uit de literatuur en gesprekken met betrokkenen (in de Verenigde Staten en Engeland), concludeert TNO dat er op veiligheidsgronden geen significante redenen zijn om resomeren niet wettelijk toe te laten in Nederland. Hierbij wordt bedoeld dat het proces van resomeren kan voldoen aan voorschriften in de Nederlandse wetgeving met betrekking tot arbeids- en omgevingsveiligheid, met enkele, eenvoudig haalbare, technische aanpassingen in de uitvoeringswijze in vergelijking met de in de Verenigde Staten onderzochte installatie.

Het technische proces van resomeren is goed beheersbaar, gezien de uniforme input (het menselijk lichaam, alkalisch milieu) en gecontroleerde output (botresten, effluent met gedegradeerde vetten en eiwitten, voornamelijk in opgeloste toestand). De beperkte hoeveelheid gevaarlijke stoffen (zuren en logen) in de installatie kan hooguit een risico vormen voor de personen in de directe nabijheid van de resomator of de opslagtanks. Via gangbare veiligheidsanalyses (zoals een Risico-Inventarisatie en Evaluatie, RI&E) kunnen arbeidsveiligheid en -hygiëne worden gegarandeerd.

Op basis van de analysedata en aangeboden hoeveelheden kan verder worden geconcludeerd dat de impact van het aangeboden effluent van het resomatieproces op het influent van een afvalwaterzuiveringsinstallatie verwaarloosbaar is. Er worden geen negatieve effecten verwacht bij het zuiveren van het resomatie-effluent op de installaties. Indien aangeleverde hoeveelheden groter worden zal de impact ook groter zijn en dient opnieuw getoetst te worden.

Er is tevens gekeken naar ongevalsdata over (geregistreerde) incidenten met dergelijke installaties. Er hebben zich in de VS en Canada, waar deze wijze van lijkbezorging al ruim een decennium is toegestaan, tot nu toe geen geregistreerde incidenten voorgedaan die de arbeids- of omgevingsveiligheid in gevaar hebben gebracht. Indien er publieke aandacht was, of als zich controverses voordeden, lag de oorzaak steeds in levensbeschouwelijke of commerciële motieven.

Er zijn op dit momenteel 2 commerciële aanbieders van resomatoren voor toepassing in de uitvaartbranche. Verder wordt de methode binnen enkele wetenschappelijke instituten toegepast. Bij het onderzoek heeft TNO zowel aan de commerciële als wetenschappelijke toepassingen aandacht besteed. Het gehele proces van resomeren zoals uitgevoerd door een van commerciële partijen is door TNO 'gewitnessed'. Het betrof een installatie met operationele cycli die gebaseerd zijn op een significante leercurve. Nieuwe toetreders op de markt en toekomstige fabrikanten van apparatuur zullen eenzelfde, geoptimaliseerde 'state of the art' moeten ontwikkelen, waarbij ook alle apparatuur en gebruikte ruimtes moeten zijn voorzien van de juiste toelatingskeuren, zoals voor drukvaten, opslagvoorzieningen en gebruik van gevaarlijke stoffen. De eindgebruiker (de uitvaartbranche) zal bij toepassing van deze techniek de juiste procedures moeten doorlopen om aan te tonen dat wordt voldaan aan de wettelijke voorschriften. Voor wat betreft de arbeidsveiligheid is dat (ref. artikel 5 van de Arbowet) het (laten)uitvoeren van een Risico-Inventarisatie en Evaluatie (RI&E) voor de veiligheid van werknemers en bezoekers van de inrichting. Voor wat betreft de omgevingsveiligheid moet worden voldaan aan de voorschriften in de omgevingsvergunning.

Qua procesveiligheid is het de stand der techniek in Nederland om een storingsanalyse (of een vergelijkbare studie) uit te (laten) voeren om aan te tonen dat veiligheidsrisico's beheersbaar zijn, dat voldoende maatregelen zijn getroffen en dat deze, bijvoorbeeld middels een veiligheidsmanagementsysteem, voldoende zijn geborgd.

## 9 Referenties

- [1] TNO Rapport R11303 'Milieuaspecten van verschillende uitvaarttechnieken – een update van eerder TNO onderzoek' d.d. 14 november 2014.
- [2] i&o research: Draagvlakonderzoek Resomeren. Onderzoek uitgevoerd in opdracht van het Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties. Februari 2017.
- [3] 30 696 - Wijziging van de Wet op de lijkbezorging – Verslag van een algemeen overleg. Vastgesteld 3 december 2014.
- [4] NEN-EN-IEC 61882 Hazard and Operability studies (HAZOP studies) – Application guide.
- [5] Resomation Ltd.: Resomator S750 Operation and Maintenance Manual (draft), 2012.
- [6] Resomation Ltd.: Resomator S750 Control System Operating Manual, 2011.
- [7] <https://uitvaartpro.be/resomeren-of-composter-en-straks-mogelijk-in-brussel/#respond>
- [8] [http://www.bbc.co.uk/news/resources/idt-sh/dissolving\\_the\\_dead](http://www.bbc.co.uk/news/resources/idt-sh/dissolving_the_dead)
- [9] <http://bbcbgroup.com/news/>
- [10] <http://resomation.com/alkaline-hydrolysis-news/>
- [11] <http://resomation.com/news/rowley-regis-crematorium-first-uk-offer-new-green-method-disposing-corpse/>
- [12] [https://www.nytimes.com/2017/10/19/business/flameless-cremation.html?\\_r=3](https://www.nytimes.com/2017/10/19/business/flameless-cremation.html?_r=3)
- [13] <https://www.scientificamerican.com/article/dissolve-the-dead-controversy-swirls-around-liquid-cremation/>
- [14] <https://www.mayoclinic.org/body-donation/biocremation-resomation>
- [15] <https://www.uclahealth.org/donatedbody/>
- [16] AB 967 Senate Committee on Environmental Quality, Analysis 7.3.17
- [17] State of California - Assembly Bill 967. Human remains disposal: alkaline hydrolysis: licensure and regulation.
- [18] <http://www.cremationassociation.org/page/alkalinehydrolysis>
- [19] <https://www.nolo.com/legal-encyclopedia/alkaline-hydrolysis-laws-your-state>
- [20] <https://www.nolo.com/legal-encyclopedia/burial-cremation-laws>
- [21] Rapport WastePoint Afvalbeheer B.V. 'Beoordeling effluent van Resomeren', 30 april 2018

## 10 Ondertekening

Utrecht, 21 juni 2018

Auteurs:



J.E.A. Reinders



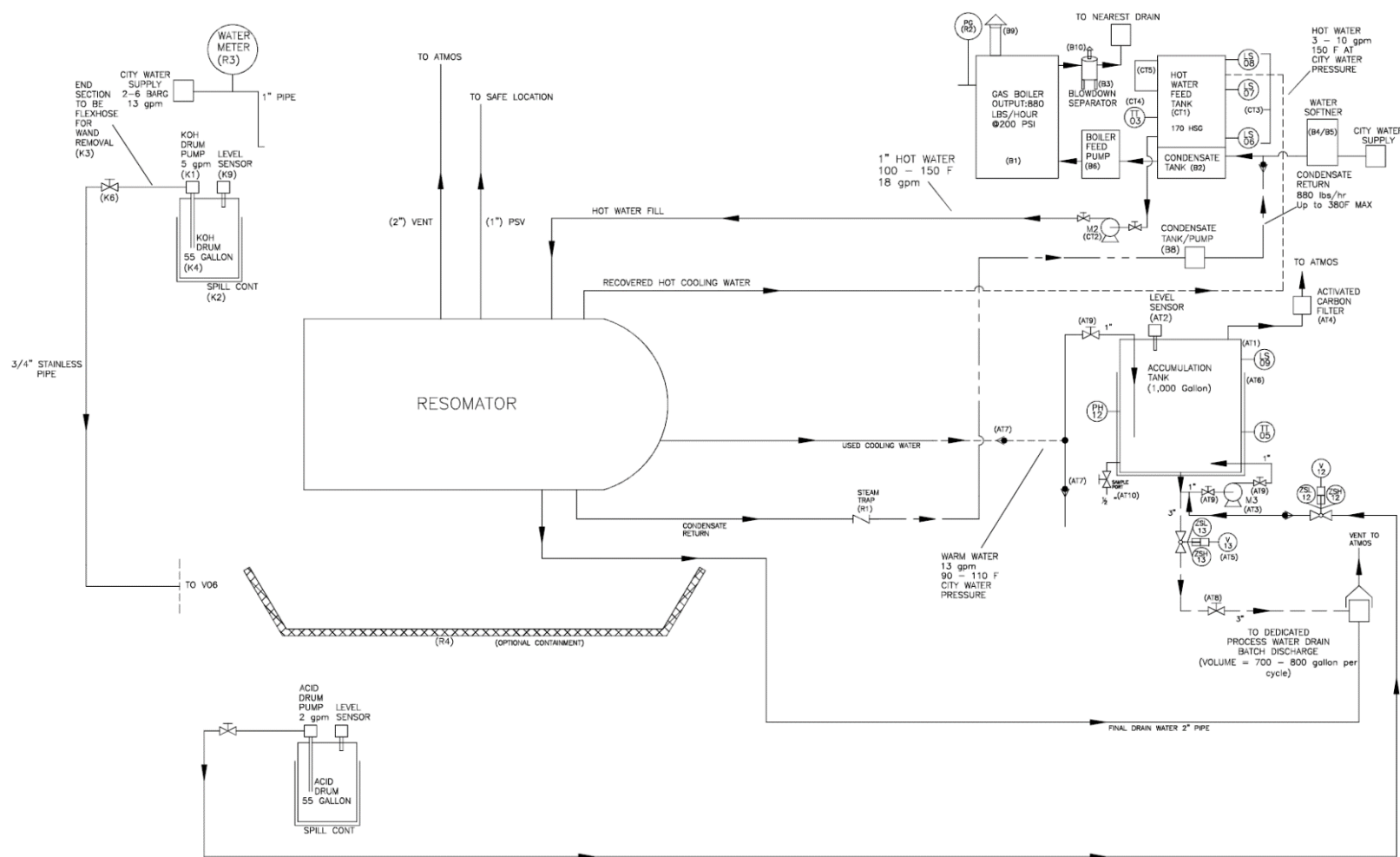
M.P.N. Spruijt

Goedkeuring:



J.P. Dezaire  
Researchmanager

## A Proces- in instrumentatiediagram (P&ID) van de Resomatie-opstelling



Proces- in instrumentatiediagram (P&ID) van de Resomatie-opstelling

## B HAZOP resultaten

| nr | Activity    |   | System part             | Parameter    | Deviation compared to desired value | Cause                                  | Consequence description                           | Mitigation measure (pressure valves, level indicators, temp sensors)                                              | Comment |
|----|-------------|---|-------------------------|--------------|-------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1  | Load body   | a | Resomation main tank    | fill level   | more/higher                         | liquid in tank while opening           | liquid spilled and possibly contact with operator | drain valve always open; position makes this impossible                                                           |         |
|    |             | b | Recirculation pump (M1) | flow         | more/higher                         | pump would be running dry              | broken pump                                       | none                                                                                                              |         |
|    |             | c | Steam generator/boiler  | Temperature  | more/higher                         | v4 steam valve would have been blocked | burning of person nearby                          | steam generator in separate room, pipes behind resomator cladding                                                 |         |
|    |             | d | Alkali tank             | not relevant |                                     |                                        |                                                   |                                                                                                                   |         |
|    |             | e | Effluent tank           | not relevant |                                     |                                        |                                                   |                                                                                                                   |         |
|    |             | f | Acid tank               | not relevant |                                     |                                        |                                                   |                                                                                                                   |         |
| 2  | Water fill  | a | Resomation main tank    | fill level   | more/higher                         | broken level indicator                 | flooding                                          | hh level indicator, also drain under tank is constantly open                                                      |         |
|    |             | b | Recirculation pump      | not relevant |                                     |                                        |                                                   |                                                                                                                   |         |
|    |             | c | Steam generator/boiler  | not relevant |                                     |                                        |                                                   |                                                                                                                   |         |
|    |             | d | Alkali tank             | not relevant |                                     |                                        |                                                   |                                                                                                                   |         |
|    |             | e | Effluent tank           | not relevant |                                     |                                        |                                                   | Check valves prevent effluent to go back into resomator                                                           |         |
|    |             | f | Acid tank               | not relevant |                                     |                                        |                                                   | Check valves prevent acid to go back into resomator                                                               |         |
| 3  | Alkali fill | a | Resomation main tank    | fill level   | less / lower                        | broken level indicator                 | too strong solution - improper processing         | none, time out on KOH pump                                                                                        |         |
|    |             |   |                         | fill level   | more/higher                         | broken level indicator                 | too diluted solution - underprocessing            | none, If KOH pump is not working properly machine will alert if sufficient weight of chemical has not been added. |         |
|    |             | b | Recirculation pump      | flow         | less / lower                        | worn out parts in pump                 | possibly less alkali into tank - underprocessed   | pressure meter after pump would pick this up and stop cycle                                                       |         |

|   |                                                                     |   |                        |              |              |                                                 |                                                    |                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                             |
|---|---------------------------------------------------------------------|---|------------------------|--------------|--------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | Heat to Resomation temperature (150 – 170C) and hold for 60-90 mins | c | Steam generator/boiler |              |              | affects temp; see resomation tank temp          |                                                    |                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                             |
|   |                                                                     | d | Alkali tank            | fill level   | less / lower | alarm for Alkali refill of tank not functioning | possibly less alkali into tank - underprocessed    | software prevents starting process if level is too low                                                                        |                                                                                                                                                                                                             |
|   |                                                                     |   |                        | other        | other        | NaOH                                            | plug pipes, other wastewater quality; overpressure | P-relief valve would open.                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                             |
|   |                                                                     |   |                        | other        | wrong        | wrong material                                  | no resomation                                      | none                                                                                                                          | there is no check on the material added. Also, no lock on the filling pipe outside; can easily be mixed up with alkali fill. Adding acid to KOH tank may yield intense reaction leading to damage of tanks. |
|   |                                                                     | e | Effluent tank          | not relevant |              |                                                 |                                                    |                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                             |
|   |                                                                     | f | Acid tank              | not relevant |              |                                                 |                                                    | Please NOTE: interchanging acid-alkali feeds will result in a neutralization reaction and intense heat formation in bulk tank |                                                                                                                                                                                                             |
| 4 | Heat to Resomation temperature (150 – 170C) and hold for 60-90 mins | a | Resomation main tank   | Temperature  | more/higher  | broken thermostat                               | temp at max (steam temp)                           | tank is designed for max steam temp.                                                                                          |                                                                                                                                                                                                             |
|   |                                                                     |   |                        | Temperature  | less / lower | broken boiler; flame out                        | slower resomation                                  | system stops through temp sensor and resumes if temp is restored                                                              |                                                                                                                                                                                                             |
|   |                                                                     |   |                        | Pressure     | more/higher  | see temp                                        | Higher P                                           | Temp is designed for P at max steam T; also: PRV                                                                              | Resomator is certified for 200 °C and 1100 kPa)                                                                                                                                                             |
|   |                                                                     |   |                        |              | less / lower | see temp                                        |                                                    |                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                             |
|   |                                                                     |   |                        | fill level   | less / lower | broken level sensor                             | heat up too fast                                   | system stops through temp sensor and resumes if temp is restored                                                              |                                                                                                                                                                                                             |
|   |                                                                     | b | Recirculation pump     | flow         | less / lower | damaged pump                                    | possibly less effective resomation                 | none                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                             |
|   |                                                                     | c | Steam generator/boiler |              |              | affects temp; see resomation tank temp          |                                                    |                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                             |
|   |                                                                     | d | Alkali tank            | not relevant |              |                                                 |                                                    |                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                             |
|   |                                                                     | e | Effluent tank          | not relevant |              |                                                 |                                                    |                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                             |

|   |                                                                                                          |   |                        |              |              |                                       |                                                           |                                                                                                                   |  |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|------------------------|--------------|--------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|   |                                                                                                          | f | Acid tank              | not relevant |              |                                       |                                                           |                                                                                                                   |  |
| 5 | Cool to drain temperature                                                                                | a | Resomation main tank   | fill level   | more/higher  | error in level reading                |                                                           | hh alarm will stop adding water, else: PRV will release liquid                                                    |  |
|   |                                                                                                          | b | Recirculation pump     | flow         | less / lower |                                       | process takes longer                                      | none                                                                                                              |  |
|   |                                                                                                          | c | Steam generator/boiler | flow         | more/higher  | V3 open                               | steam in water supply, and further heating up; no cooling | check valve prevents steam going into water supply; tank is designed for max steam temp                           |  |
|   |                                                                                                          | d | Alkali tank            | not relevant |              |                                       |                                                           |                                                                                                                   |  |
|   |                                                                                                          | e | Effluent tank          | fill level   | more/higher  | e.g. not emptied from earlier process | overflow                                                  | hh level alarm will stop emptying resomator; above hh signal will stop resomator; then overflow into drain        |  |
|   |                                                                                                          | f | Acid tank              | not relevant |              |                                       |                                                           |                                                                                                                   |  |
| 6 | Drain to effluent tank                                                                                   | a | Resomation main tank   | fill level   | more/higher  | error level reading                   | more in effluent tank than foreseen                       | hh level alarm will stop emptying resomator; above hh signal will stop resomator; then higher overflow into drain |  |
|   |                                                                                                          |   |                        | Temperature  | more/higher  | broken thermostat                     | too hot effluent in tank - tank can handle this           | both correct P and T readings required for drainage                                                               |  |
|   |                                                                                                          |   |                        | Pressure     | more/higher  | see Temp                              | P released in effluent tank                               | Effluent tank has release to atmosphere                                                                           |  |
|   |                                                                                                          | b | Recirculation pump     | not relevant |              |                                       |                                                           |                                                                                                                   |  |
|   |                                                                                                          | c | Steam generator/boiler | flow         | more/higher  | V3 open,                              | steam in water supply, and further heating up; no cooling | check valve prevents steam going into water supply; tank is designed for max steam temp                           |  |
|   |                                                                                                          | d | Alkali tank            | not relevant |              |                                       |                                                           |                                                                                                                   |  |
|   |                                                                                                          | e | Effluent tank          | fill level   | more/higher  | e.g. not emptied from earlier process | overflow                                                  | hh level alarm will stop emptying resomator; above hh signal will stop resomator; then higher overflow into drain |  |
|   |                                                                                                          | f | Acid tank              | not relevant |              |                                       |                                                           |                                                                                                                   |  |
| 7 | Rinse with hot water from water feed tank (2x) and dump in effluent tank (filled up to low level sensor) | a | Resomation main tank   | fill level   | more/higher  | broken level indicator                | flooding                                                  | hh level indicator, also drain under tank is constantly open                                                      |  |
|   |                                                                                                          |   |                        | Temperature  | more/higher  | broken thermostat                     | temp at max (steam temp)                                  | tank is designed for max steam temp.                                                                              |  |
|   |                                                                                                          |   |                        | Temperature  | less / lower | broken thermostat                     | less effective washing                                    |                                                                                                                   |  |

|    |                                                        |   |                        |              |              |                                                        |                        |      |  |
|----|--------------------------------------------------------|---|------------------------|--------------|--------------|--------------------------------------------------------|------------------------|------|--|
|    |                                                        | b | Recirculation pump     | flow         | less / lower | damaged pump                                           | less effective washing | none |  |
|    |                                                        | c | Steam generator/boiler |              |              | affects temp; see resomation tank temp                 |                        |      |  |
|    |                                                        | d | Alkali tank            | not relevant |              |                                                        |                        |      |  |
|    |                                                        | e | Effluent tank          | not relevant |              |                                                        |                        |      |  |
|    |                                                        | f | Acid tank              | not relevant |              |                                                        |                        |      |  |
| 8  | Rinse alkali fill (20 - 25 lbs) fills up to int. level | a | Resomation main tank   |              |              | as alkali fill before, with lower concentration of KOH |                        |      |  |
|    |                                                        | b | Recirculation pump     |              |              |                                                        |                        |      |  |
|    |                                                        | c | Steam generator/boiler |              |              |                                                        |                        |      |  |
|    |                                                        | d | Alkali tank            |              |              |                                                        |                        |      |  |
|    |                                                        | e | Effluent tank          |              |              |                                                        |                        |      |  |
|    |                                                        | f | Acid tank              |              |              |                                                        |                        |      |  |
| 9  | Heat to rinse temperature (250-275 F) 10-30 min        | a | Resomation main tank   |              |              | as heating before, to lower temp                       |                        |      |  |
|    |                                                        | b | Recirculation pump     |              |              |                                                        |                        |      |  |
|    |                                                        | c | Steam generator/boiler |              |              |                                                        |                        |      |  |
|    |                                                        | d | Alkali tank            |              |              |                                                        |                        |      |  |
|    |                                                        | e | Effluent tank          |              |              |                                                        |                        |      |  |
|    |                                                        | f | Acid tank              |              |              |                                                        |                        |      |  |
| 10 | Cool to drain temperature 195 F using cooler coils     | a | Resomation main tank   |              |              | as cooling before                                      |                        |      |  |
|    |                                                        | b | Recirculation pump     |              |              |                                                        |                        |      |  |
|    |                                                        | c | Steam generator/boiler |              |              |                                                        |                        |      |  |
|    |                                                        | d | Alkali tank            |              |              |                                                        |                        |      |  |
|    |                                                        | e | Effluent tank          |              |              |                                                        |                        |      |  |
|    |                                                        | f | Acid tank              |              |              |                                                        |                        |      |  |
| 11 | Drain to effluent tank                                 | a | Resomation main tank   |              |              | as drain before                                        |                        |      |  |
|    |                                                        | b | Recirculation pump     |              |              |                                                        |                        |      |  |
|    |                                                        | c | Steam generator/boiler |              |              |                                                        |                        |      |  |
|    |                                                        | d | Alkali tank            |              |              |                                                        |                        |      |  |
|    |                                                        | e | Effluent tank          |              |              |                                                        |                        |      |  |

|    |                                                       |   |                        |              |              |                                              |                               |                                                                                                                                                          |       |
|----|-------------------------------------------------------|---|------------------------|--------------|--------------|----------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
|    |                                                       | f | Acid tank              |              |              |                                              |                               |                                                                                                                                                          |       |
| 12 | Final water rinse (4 min) also cooling, then to drain | a | Resomation main tank   | fill level   | more/higher  | broken level indicator                       | flooding                      | hh level indicator, also drain under tank is constantly open                                                                                             |       |
|    |                                                       |   |                        | Temperature  | more/higher  | steam in - v4 open                           | temp at max (steam temp)      | tank is designed for max steam temp.                                                                                                                     |       |
|    |                                                       |   |                        | Temperature  | less / lower | not possible                                 |                               |                                                                                                                                                          |       |
|    |                                                       |   |                        | Pressure     | more/higher  | steam in - v4 open                           | Higher P                      | Temp is designed for P at max steam T; also: PRV prevents overpressure                                                                                   |       |
|    |                                                       | b | Recirculation pump     | flow         | less / lower | damaged pump                                 | less effective washing        | none                                                                                                                                                     |       |
|    |                                                       | c | Steam generator/boiler |              |              | affects temp; see resomation tank temp and P |                               |                                                                                                                                                          |       |
|    |                                                       | d | Alkali tank            | not relevant |              |                                              |                               |                                                                                                                                                          |       |
|    |                                                       | e | Effluent tank          | not relevant |              |                                              |                               |                                                                                                                                                          |       |
|    |                                                       | f | Acid tank              | not relevant |              |                                              |                               |                                                                                                                                                          |       |
| 13 | Adjust pH in effluent tank                            | a | Resomation main tank   | not relevant |              |                                              |                               |                                                                                                                                                          |       |
|    |                                                       | b | Recirculation pump     | not relevant |              |                                              |                               |                                                                                                                                                          |       |
|    |                                                       | c | Steam generator/boiler | not relevant |              |                                              |                               |                                                                                                                                                          |       |
|    |                                                       | d | Alkali tank            | not relevant |              |                                              |                               |                                                                                                                                                          |       |
|    |                                                       | e | Effluent tank          | fill level   | more/higher  | e.g. not emptied from earlier process        | overflow                      | overflow into drain                                                                                                                                      |       |
|    |                                                       |   |                        | fill level   | less / lower | leak, or less in tank from resomator         | too much acid added           | pH meter will stop adding acid                                                                                                                           |       |
|    |                                                       | f | Acid tank              | fill level   | less / lower | not enough supplied                          | pH remains too high           |                                                                                                                                                          |       |
|    |                                                       |   |                        | other        | wrong        | wrong material                               | pH remains too high           |                                                                                                                                                          | As 3d |
| 14 | Open door, remove ash                                 | a | Resomation tank        | fill level   | more/higher  | broken level indicator                       | flooding                      | pressure (atmospheric) and temperature (<130 F) and level (<low low) test before opening, if v17 opens (pneumatic) then after 10 sec door gets unlocked. |       |
|    |                                                       |   |                        | Temperature  | more/higher  | error in thermostat                          | operator exposed to hot fluid |                                                                                                                                                          |       |
|    |                                                       |   |                        | Temperature  | less / lower | not possible                                 |                               |                                                                                                                                                          |       |
|    |                                                       |   |                        | Pressure     | more/higher  | error in pressure reading                    | operator exposed to hot fluid |                                                                                                                                                          |       |
|    |                                                       | b | Recirculation pump     | not relevant |              |                                              |                               |                                                                                                                                                          |       |
|    |                                                       |   |                        |              |              |                                              |                               |                                                                                                                                                          |       |

|    |                                           |   |                        |              |              |                                                                                                  |                          |                                                                                    |       |
|----|-------------------------------------------|---|------------------------|--------------|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------|
|    |                                           | c | Steam generator/boiler | not relevant |              |                                                                                                  |                          |                                                                                    |       |
|    |                                           | d | Alkali tank            | not relevant |              |                                                                                                  |                          |                                                                                    |       |
|    |                                           | e | Effluent tank          | not relevant |              |                                                                                                  |                          |                                                                                    |       |
|    |                                           | f | Acid tank              | not relevant |              |                                                                                                  |                          |                                                                                    |       |
| 15 | empty drainage tank on waste water system | a | Resomation main tank   | not relevant |              |                                                                                                  |                          |                                                                                    |       |
|    |                                           | b | Recirculation pump     | not relevant |              |                                                                                                  |                          |                                                                                    |       |
|    |                                           | c | Steam generator/boiler | not relevant |              |                                                                                                  |                          |                                                                                    |       |
|    |                                           | d | Alkali tank            | not relevant |              |                                                                                                  |                          |                                                                                    |       |
|    |                                           | e | Effluent tank          | fill level   | more/higher  | e.g. not emptied from earlier process                                                            | overfill                 | overflow into drain                                                                |       |
|    |                                           |   |                        | fill level   | less / lower | leak, or less in tank from resomator                                                             | too much acid added      | pH meter will stop adding acid                                                     |       |
|    |                                           |   |                        | other        | wrong        | wrong effluent composition e.g. resulting from improper resomation or unexpected body components | wastewater specs not met | improper resomation will be noted during the process; no check on body composition |       |
|    |                                           | f | Acid tank              | fill level   | less / lower | not enough supplied                                                                              | pH remains too high      | pH meter will prevent drainage to sewer                                            |       |
|    |                                           |   |                        | other        | wrong        | wrong material                                                                                   | pH remains too high      | pH meter will prevent drainage to sewer                                            | As 3d |

## C Resultaten What-if

| Program setting and                  | Activity                                       | What-if aspect to consider                                                                                                                                                                                             | analysis / evaluation / discussion                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Arrival deceased - corpse            | Identification<br>Checks - Boundary Conditions | Legislation<br>handling deceased<br>Labour conditions<br>equipment standards<br>Hygiene<br>Environment                                                                                                                 | not discussed                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Handling deceased                    | Transfer to machine                            | contact with body, difficult moving, Hygeia,<br>infection, bodily fluids, used wrapping material,<br>no cotton (cotton wool) should be used<br>(removal of external medical devices)                                   | diapers, (cotton) wool: some stay behind, make adaptations for body composition (fat vs. muscle); wrap should prevent leakage.                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| load body                            | Checks on apparatus functionalities            | door unlocked,<br>wrong positioning, positioning, embalmment,<br>tray not bent,                                                                                                                                        | tray fitting tolerances - bent tray may leave a gap between door and tray - causing material to damage the pump (M1). Double check on body weight. Mitigation: Knowledge of technology - technician, engineer<br>pump protection                                                                                                                                                                                                |
| Program settings - Closure apparatus | Check boundary conditions<br>Set apparatus     | Seal treatment and maintenance<br>Door closure - good practice                                                                                                                                                         | Biggest areas of focus for safety is the door. Door seal maintenance is key to leak prevention and exposure of operator to effluent and chemical. The door can also get very hot and is the number one area of exposure of high heat to the operator. Check seal, don't slam door. Check weight, make sure right valves are open/close, boiler in on; pH effluent tank should be less than 11, else it will prevent filling it. |
| Water fill                           |                                                | overfilling<br>wrong valve settings<br>valve failure                                                                                                                                                                   | just push a button, make sure it has filled, make sure that alkali has filled, make sure no water locks, make sure no leaking from the door.                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| alkali fill                          |                                                | wrong pH<br>wrong quantity<br>wrong valve setting<br>valve failure                                                                                                                                                     | operator present during this phase; make sure alkaline is present                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| heat-up phase                        |                                                | power cut, water cut, hampered door (un)lock,<br>leakage seal, leakage gasket,<br>leakage piping, leakage tubing, confirm correct<br>pump pressure, VO2 valve closes at 185F and<br>Resomator begins to build pressure | operator is still present during this phase to observe good operation                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| stationary phase                     |                                                | power cut, water cut                                                                                                                                                                                                   | power cut: machine in emergency shut-down to safe state. Valves closed, nothing open, water cut: no effect here only during cooling. After stop process can be resumed.                                                                                                                                                                                                                                                         |

|                                |                                                                                                                                    |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| cooling phase                  |                                                                                                                                    | insufficient cooling                                                                                                                                      | 305 F to 207 F: then cooling stops and M1 stops. Then cold water spray to 195 F or rather 2 minutes spraying. then to effluent tank. biggest problem: scaling - not enough cooled. 2 sensors for T and 3 for P. Third check in effluent tank. If criteria are not met: further cooling through cooling coils indefinitely until manually stopped.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| drainage                       |                                                                                                                                    | summer, winter, effluent concentration, plugging                                                                                                          | Too hot water will not go to drainage if temp too high for effluent regulations. Although too high T is no problem for the (metal) cooling tank. Possibly person could burn himself. Good pump maintenance is biggest area of focus for good operation. Making sure the inside is clean, tray and secondary tray are clean, and sides of tray meet the walls of resomator are key to long life of pump and good daily operation. The pump works well but, it is the most exposed piece of equipment in the machine to abuse. Good pump care is important to assure complete cycles and avoidable maintenance during cycles as this is the time operator and machine technician could be most exposed to chemical or untreated effluent. |
| rinsing after resomation cycle |                                                                                                                                    | proper volume of rinsing fluid                                                                                                                            | adding warm water to low level from cooling tank - pump to accumulation tank - this 2 times - purpose cleaning remains, resomator and piping.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| chemical rinse final step      |                                                                                                                                    | same risk as before e.g. adding the wrong chemical                                                                                                        | to clean the remains - fill up to medium level - 130 F water then chemical. 15 min at this temp (gives white bones) adding chemical is automatic - after 120 s times out - usually takes 45-75 secs.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| cooling phase                  |                                                                                                                                    |                                                                                                                                                           | as above                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| final rinse                    |                                                                                                                                    | meeting environmental requirements (effluent)                                                                                                             | cold water - goes directly to drain. Adds water for 4 mins. Meant for cooling (so no steam when opening up).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| open door                      |                                                                                                                                    | safety operator, Door can be very Hot                                                                                                                     | pressure and temperature and level test before opening, if v17 opens (pneumatic) then after 10 sec doors gets unlocked.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| remove remains                 | Initiate process                                                                                                                   |                                                                                                                                                           | contact with operator, PPP (gloves, coat) is used                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| clean interior                 | Check process<br>Intervene process                                                                                                 | Cold water rinsing; Citric Acid spraying; meeting environmental requirements (effluent), Clean seal and apply Silicone grease behind seal to extend life. | prevention of lime formation on spray bar<br>water quality - rinse to drain                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| restart                        | Check on completion<br>Check on cooling down<br>Check on neutralization<br>Check on drain of effluent<br>Resume incomplete process | pump trip<br>power intermission<br>boiler restart<br>needs human intervention to restart!                                                                 | oversized<br>overembalmed, cotton wool,<br>processed by other funeral home - control of persons preparations<br>seal management                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| drying                         | Check on safe-opening<br>Removal non - soluble remains                                                                             | pH value<br>Separation of bone, tooth and molar fillings,<br>artificial joints or other                                                                   | Meeting environmental requirements                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| cremulation                    |                                                                                                                                    |                                                                                                                                                           | not discussed                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

|                       |                                                                                                                                                            |                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                          |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| chemicals             | Delivery alkaline Solution, Preparation and Feedlines<br>Neutralization (Acidic) Solution Preparation and Feedlines<br>Effluent Solution Treatment / Check | Unique filling point<br>Proximity<br>Acid - Base<br>Concentration<br>Vulnerability<br>Storage tanks, and Effluent tank | filling is done early in the morning, unwitnessed, no measures against sabotage. No checks on content added (outside of office/service hours) - dependent on one knowledgeable supplier, one dedicated delivery operator |
| equipment maintenance | Daily Checks<br>Regular Due Maintenance<br>Dedicated Maintenance<br>On the spot repair<br>Preparation for new resomation cycle                             | Walk around on the machine                                                                                             | lime on spray bar, or in lines,<br>gaskets / bolts - warm and cooling down cycles<br>(fresh water) inlet valve.<br>Descaling is important (spray bar and on heating/cooling coils);<br>retightening screws on joints     |

## D Keuringscertificaat Resomator

**FORM U-1A MANUFACTURER'S DATA REPORT FOR PRESSURE VESSELS**  
 (Alternative Form for Single Chamber, Completely Shop or Field Fabricated Vessels Only)  
 As Required by the Provisions of the ASME Boiler and Pressure Vessel Code Rules, Section VIII, Division 1

1. Manufactured and certified by: LBBC Ltd, Beechwood Street, Stanningley, Leeds, LS28 6PT, ENGLAND, U.K.  
 (Name and address of manufacturer)

2. Manufactured for: Resomation Ltd, 25 Honeywell Avenue, Stepps, Glasgow, G33 6HS, SCOTLAND, U.K.  
 (Name and address of purchaser)

3. Location of installation: Not Known  
 (Name and address)

4. Type: Horizontal 11/02 - 12677 Rev.1 & 107 2011  
 (Horizontal or vertical tank) (Manufacturer's serial Number) (CRN) (Drawing number) (National Board number) (Year built)

5. The chemical and physical properties of all parts meet the requirements of material specifications of the ASME BOILER AND PRESSURE VESSEL CODE. The design, construction, and workmanship conform to ASME Rules, Section VIII, Division 1 2010  
 Year

6. Shell: SA 240-316L 8 mm Nil 746 mm 1980 mm  
 (Material spec. number, grade) (Nominal thickness) (Corr. allow) (Inner diameter) (Length (overall))

7. Seams: Type 1 0.7 Types 1 & 2 0.65 1  
 [Long (welded, cbl. singl., lap, butt)] R.T. (spot or full) (Eff.) (H.T. temp.) (Time, hr) [Grth (welded, cbl. singl., lap, butt)] [R.T. (spot or full) (Eff. %)] No. of courses

8. Heads: (a) Material SA 240-316L (b) Material SA 240-316L  
 (Spec. number, grade) (Spec. number, grade)

|     | Location (Top, Bottom, Ends) | Minimum Thickness | Corrosion Allowance | Crown Radius | Knuckle Radius | Elliptical Ratio | Conical Apex Angle | Hemispherical Radius | Flat Diameter | Side to Pressure (Convex or Concave) |
|-----|------------------------------|-------------------|---------------------|--------------|----------------|------------------|--------------------|----------------------|---------------|--------------------------------------|
| (a) | Bottom End                   | 55 mm             | Nil                 | -            | -              | -                | -                  | -                    | 746 mm        | Flat inside                          |
| (b) | Front Door                   | 50 mm             | Nil                 | -            | -              | -                | -                  | -                    | 800 mm        | Flat inside                          |

If removable, bolts used (describe other fastenings) (b) Quick Actuating Closure with Latch Mechanism (Material spec. number, grade, size, number)

9. MAWP 1100 kPa Atmospheric at max temp. 200 C Atmospheric  
 (Internal) (External) (Internal) (External)  
 Min. design metal temp. 0 C at 1100 kPa Hydro. pneu., or comb. test press. 1573 kPa

10. Nozzles, inspection, and safety valve openings:

| Purpose (Inlet, Outlet, Drain) | Number | Diameter or Size | Type    | Material      | Nominal Thickness | Reinforcement | How Attached | Location |
|--------------------------------|--------|------------------|---------|---------------|-------------------|---------------|--------------|----------|
| Nozzles A, C, & F              | 3      | DN 50            | CL150so | SA 312 - 316L | 4 mm              | Integral      | Fig UW16-1i  | -        |
| Nozzle G = Drain               | 1      | DN 50            | CL150so | SA 312 - 316L | 4 mm              | Integral      | Fig UW16-1c  | -        |
| Nozzle B, E, H, & J            | 4      | DN 25            | CL150so | SA 312 - 316L | 3.5 mm            | Integral      | Fig UW16-1i  | -        |
| Nozzle D = Relief Valve        | 1      | DN 25            | CL150so | SA 312 - 316L | 3.5 mm            | Integral      | Fig UW16-1i  | -        |
| Nozzle K                       | 1      | DN 15            | CL150so | SA 312 - 316L | 3 mm              | Integral      | Fig UW16-1i  | -        |
| Nozzle L                       | 4      | DN 25            | CL150so | SA 312 - 316L | 3.5 mm            | Integral      | Fig UW16-1i  | -        |

11. Supports: Skirt No Lugs 4 Legs 4 Others - Attached Weld-shell  
 (Yes or No) (No.) (No.) (Describe) (Where and How)

12. Remarks: Manufacturer's Partial Data Reports properly identified and signed by Commissioned Inspectors have been furnished for the following items of the report: Not Applicable  
 (Name of part, item number, Manufacturer's name and identifying stamp)

1) Impact Tests Exempt As Per UHA-51(d), 2) Safety Valve Fitted In Accordance with UG-125 (c)

**CERTIFICATE OF SHOP/FIELD COMPLIANCE**

We certify that the statements made in this report are correct and that all details of design, material, construction and workmanship of this vessel conform to the ASME Boiler and pressure Vessel Code, Section VIII, Division 1. "U" Certificate of Authorization Number 21,075 expires February 14<sup>th</sup> 2013

Date 25<sup>th</sup> AUGUST 2011

Co. Name

LBBC Ltd

Signed

(Manufacturer)

(Representative)

**CERTIFICATE OF SHOP/FIELD INSPECTION**

Vessel constructed by LBBC Ltd at Beechwood street, Stanningley, Leeds LS28 6PT, U.K.  
 I, the undersigned, holding a valid commission issued by the National Board of Boiler and Pressure Vessel Inspectors and/or the State or Province of New Brunswick and employed by Royal & SunAlliance Insurance - Manchester UK  
 have inspected the component described in this Manufacturer's Data Report on 25 AUG 2011, and state that, to the best of my knowledge and belief, the Manufacturer has constructed this pressure vessel in accordance with ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section VIII, Division 1. By signing this certificate neither the Inspector nor his/her employer makes any warranty, expressed or implied, concerning the pressure vessel this described in this Manufacturer's Data Report. Furthermore, neither the Inspector nor his/her employer shall be liable in any manner for any personal injury or property damage or a loss of any kind arising from or connected with this inspection.

Date 25 AUG 2011

Signed

Commissions NB# 11728A, B, N, NS, New Brunswick 41

(Authorized Inspector)

(National Board (incl endorsements) State, Prov. and number)

## E Beoordeling effluent van resomeren (door Waste-point Afvalbeheer B.V.)

Yarden  
T.a.v. Projectgroep Resomeren  
Postbus 10118  
1301 AC Almere

DATUM

1 juni 2018

KENMERK

010618Gr2

CONTACT

033-4701143

ONDERWERP

Beoordeling effluent van resomeren

Geachte projectgroepleden,

Bijgaand versie 3.

Met vriendelijke groeten,  
WastePoint Afvalbeheer B.V.



ing. A.W. Rang  
Directeur

**Achtergrond:**

Op 14 maart 2018 zijn in het uitvaartcentrum van de firma Bradshaw te Stillwater MN (Verenigde Staten) onder toezicht van deskundigen van TNO monsters genomen uit de effluent tank van een resomatie unit, direct na een volledige resomatie cyclus.

De monsters zijn verzegeld en gekoeld opgeslagen en op 15 maart 2018 afgegeven bij een gecertificeerd laboratorium, t.w. Lead Technical Services Inc. te Minneapolis/St. Paul, Minnesota.

Op 29 maart 2018 zijn de lab-uitslagen bekend gemaakt.

**Doel:**

Doel van de analyse was om objectief vast te stellen of de verkregen analysedata (op hoofdlijnen) overeenkwamen met reeds bekende analysegegevens en uitgangspunten van eerder laboratoriumonderzoek van resomatie effluent welke door de leveranciers van resomatie apparatuur beschikbaar was gesteld. Daarnaast zullen de verkregen data ter beschikking worden gesteld aan de gemeentelijke rioolbeheerder en de waterbeheerder in verband met de beoordeling met betrekking tot het kunnen lozen van dit effluent op het vuilwater riool.

**Effluent:**

Tijdens het resomeren wordt menselijk (zacht) weefsel in een autoclaaf 'opgelost' in een oplossing van 5 % kaliumhydroxide in ca. 250 ltr. water. Tijdens de primaire resomatie cyclus wordt derhalve ca. 250 ltr. (heet) water gedoseerd. Het zachte weefsel lost op waarbij splitsing c.q. chemische degeneratie van de eiwitten en vetten in aminozuren en vetzuren optreedt -onder invloed van basische omstandigheden (kalium)hydroxide ionen-, het zogenaamde 'verzeppen'.

Het menselijk lichaam bestaat voor ca. 60 % uit water, dit water komt uiteindelijk tevens volledig in het effluent. Aan het einde van de resomatie cyclus wordt met ca. 125 ltr. water gespoeld en wordt tevens naar behoeven koelwater toegevoegd voor het bereiken van de juiste lozingstemperatuur. Ter correctie en ter afronding van het proces wordt de pH enkele eenheden teruggebracht naar de lozingswaarde  $\leq 10$ . Hiertoe wordt tevens ca 2 a 3 ltr. 98 %-tge zwavelzuur gedoseerd dat een deel van de overmaat aan toegevoegde base neutraliseert. Bij een gemiddelde resomatie komt zodoende ca. 2.000 ltr. effluent vrij.

**Lozingsnormen/regelgeving:**

De (technische) mogelijkheden om afvalwater te kunnen verwerken in een zogenaamd zuiveringstechnisch werk (afvalwaterzuiveringsinstallatie, AWZI) kunnen per beheerder (waterschap) verschillen maar zijn in het algemeen gerelateerd aan de samenstelling van huishoudelijk en daarmee, qua biologische afbreekbaarheid, gelijkend afvalwater. Transport naar een AWZI verdient voor dergelijk afvalwater de voorkeur. AWZI's vormen voor dit afvalwater een beproefde doelmatige verwerkingsmethode met als centrale zuiveringsstap bezinking en een biologische afbraak van zuurstofbindende stoffen, gecombineerd met verwijdering van stikstof en fosfaat.

Daarnaast gelden er regels met betrekking tot het gebruik van het (veelal gemeentelijk) rioolstelsel waarmee afvalwater naar de AWZI wordt getransporteerd.

Bij het lozen in rioolstelsels kunnen (in het algemeen) nadelige gevolgen voor het milieu optreden indien afvalwater wordt geloosd:

- Met een temperatuur die hoger is dan 30°C;
- waarvan de zuurgraad, uitgedrukt in waterstofionenexponent (pH), lager dan 6,5 of hoger dan 10 is;
- waarvan de sulfaatconcentratie hoger is dan 300 milligram per liter (mg/l);
- dat brand- of explosiegevaar kan veroorzaken, of dat door een beerput, rottingsput of septictank is geleid.

Bij het opnemen van voorschriften voor lozen op de riolering in de Wm is er in 1996 voor gekozen om de hierboven genoemde parameters niet als strikte doelvoorschriften in de besluiten op te nemen. Dit omdat in de praktijk situaties kunnen voorkomen waarbij de duur of de omvang van de lozing zo beperkt is dat van een belemmering van de doelmatige werking van de voorzieningen voor het beheer van afvalwater of nadelige gevolgen voor het oppervlaktewaterlichaam geen sprake is, ook niet wanneer afvalwater dat niet rechtstreeks afkomstig is van huishoudens met een of meer van de genoemde kenmerken in een riolering wordt gebracht. Een voorbehandeling van dergelijk afvalwater zou in die situaties buitenproportioneel zijn. Het verdient uiteraard wel aanbeveling om indien het voornemen bestaat om afvalwater te lozen waarbij van bovengenoemde parameters afgeweken wordt, hierover overleg met het bevoegd gezag te hebben, om zeker te zijn dat het belang van de bescherming van het milieu niet wordt geschaad.

In het zogenaamde activiteitenbesluit welke zeer waarschijnlijk ook voor een bedrijfsmatige resomatie praktijk zal gelden is een zorgplichtbepaling <sup>1</sup> opgenomen waarin aangegeven is dat degene die deze inrichting drijft en weet of redelijkerwijs had kunnen weten dat door het in werking zijn van de inrichting nadelige gevolgen voor het milieu en/of de riolering ontstaan of kunnen ontstaan, die niet of onvoldoende worden voorkomen of beperkt door naleving van de bij of krachtens dit besluit gestelde regels, die gevolgen voorkomt of beperkt voor zover voorkomen niet mogelijk is en voor zover dit redelijkerwijs van hem kan worden gevergd. Daarnaast biedt het zorgplichtbesluit het bevoegd gezag de mogelijkheid om maatwerkvoorschriften te stellen.

### **Voorlopige beoordeling waterschap:**

Het waterschap Zuiderzeeland heeft in februari 2017 aan initiatiefnemer Yarden aangegeven dat op basis van de destijds beschikbare analysegegevens <sup>2</sup> van effluent, afkomstig van eerder uitgevoerde resomaties in de VS en aanvullende kwalitatieve (ervarings)gegevens van buitenlandse AWZI's in principe geen (technische) bezwaren lijken te bestaan tegen het verwerken van dit effluent in een referentie AWZI (Almere en Lelystad).

Daarbij is uitgegaan van het volgende: het uitgangsmateriaal voor de resomatie betreft menselijk weefsel en het geproduceerde effluent varieert qua samenstelling met name vanwege het geproduceerde volume aan effluent (meer of minder koelwater benodigd), meer of minder aanwezig lichaamsweefsel, vetverdeling, etc. Tevens geldt in het algemeen -zeker bij aanvang van deze nieuwe methode- dat de volumes van dergelijk effluent in relatie tot het totaal volume te verwerken afvalwater (per etmaal) voor een gemiddeld AWZI bijzonder laag is.

In normaal 'huishoudelijk' rioolwater dat doorlopend wordt aangeboden aan AWZI's bevindt zich ter vergelijking menselijke ontlasting, onbehandeld bloed en ander vloeibaar organisch afval van menselijke oorsprong afkomstig van bijvoorbeeld ziekenhuizen (obducties) en uitvaartverzorging (balseming) maar

<sup>1</sup> Art 2.1 van het activiteitenbesluit milieubeheer

<sup>2</sup> Rapport 'Resomation Effluent Release Data' (Resomation Ltd. 2016) + Correspondentie 'United Utilities' (Engels Waterschap) dd 30/07/2009

ook van dierlijke oorsprong zoals bij vleesverwerking en de voedingsmiddelenindustrie e.d. Deze afvalwaterstroom die tevens in het vuilwaterriool terecht komt, komt uiteraard in veel grotere volumes vrij dan welke zijn te verwachten van effluent van het resomatie proces. Ter informatie, eind 2015 telde Nederland 334 afvalwaterzuiveringsinstallaties. Deze worden beheerd door 21 waterschappen. De AWZI's zuiverden in 2015 gezamenlijk bijna 2 miljard m<sup>3</sup> rioolwater wat neerkomt op gemiddeld 16.406 m<sup>3</sup> rioolwater per AWZI per etmaal (684 m<sup>3</sup>/uur.) Uiteraard kunnen de te verwerken volumes afvalwater per AWZI onderling sterk verschillen, afhankelijk van met name het aantal aangesloten inwoners. De meeste grote RWZI's liggen in het westen en zuiden van het land <sup>3</sup>.

#### **Typische kenmerken resomatie effluent:**

- Zware metalen: beneden reguliere grenswaarden
- (Semi) vluchtige organische stoffen (SVOS), beneden reguliere grenswaarden
- Chemisch Zuurstof Verbruik (CZV) tussen: 12.000 en 40.000 mg/L, gem. 20.000 mg/L
- Biochemisch Zuurstof Verbruik (BZV) tussen 8.000 en 27.000 mg/L

Opm. Het effluent bevat hoger dan gebruikelijk in het riool aanwezige nivo's aan CZV en BZV, uiteraard veroorzaakt door de aanwezigheid van organisch lichaamssweefsel als ingangsmateriaal. Bij deze vaststelling moet echter worden meegenomen dat het effluent volledig steriel is en aldus geen biologische vectoren aanwezig zijn. Resomeren is in de kern tevens een vorm van steriliseren. Reguliere AWZI's zijn goed in staat dergelijke CZV en BZV-waarden te kunnen verwerken zeker gezien het beperkte volume van het effluent en het gegeven dat de CZV/BZV ratio's laag zijn.

- Olie en vet: waarden tussen 2.000 en 5.000 mg/L (betreft echter geen vaste vetten)

Opm. de analyse op 'olie en vet' is in het algemeen bedoeld om vast te stellen of aanwezige onoplosbare oliën en vetten zich in het riool of de AWZI zouden kunnen vasthechten aan apparatuur of wandoppervlakken zoals bijvoorbeeld in het geval van frituurvetten e.d. De door het lab gemeten waarde 'olie en vet' is in het onderhavige geval afkomstig van de oplosbare zouten van organische carbonzuren (vetzuren) zoals octahexaanzuur, tetradecaanzuur en hexaanzuur. Deze producten blijven in oplossing en hechten niet aan waterzuiveringsapparatuur e.d. Dit effect doet zich tevens voor bij bijvoorbeeld afvalwaters uit de zuivelindustrie. Testen bij buitenlandse AWZI's toonden reeds aan dat resomatie effluent dat 'ineens' in contact komt met -ander- kouder en pH-neutraal rioolwater niet leidt tot precipitatie van vaste stoffen.

- Verhoogde stikstof en fosfornivo's

Op basis van het gegeven dat een menselijk lichaam voor ca. 3,2 % uit stikstof en voor 1 % uit fosfor bestaat (als %-tage van het lichaamsgewicht)<sup>4</sup> impliceert dit dat de theoretische N en P-concentraties in 2000 ltr. effluent resp. 1.120 mg/l en 350 mg/l bedragen (voor een man van ca. 70 kg.). Uit eerder uitgevoerde analyses in het Verenigd Koninkrijk door 'United Utilities' kunnen waarden van 2.150 mg/l stikstof en 80 mg/l fosfor in resomatie effluent worden geabstraheerd. Gemeten fosforwaarden in resomatie effluent zijn echter beduidend lager dan op basis van de theoretische inschatting omdat het meeste fosfor aanwezig is in na de resomatie resterend botweefsel dat voornamelijk uit calciumfosfaat bestaat.

<sup>3</sup> CBS, 2015

<sup>4</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Composition\\_of\\_the\\_human\\_body](https://en.wikipedia.org/wiki/Composition_of_the_human_body)

- Verhoogd droge stofgehalte: waarden tussen 1000 en 4000 mg/l.

Aan de orde is -in vergelijking met huishoudelijk afvalwater- een verhoogd droge stofgehalte van het resomatie effluent. Nadeel daarvan zou in theorie kunnen zijn dat zwevende deeltjes snel (lokaal) uitzakken in het riool en leiden tot ophoping en verstopping. Een specifieke test bij het lokale 'waterschap' in St. Petersburg (Florida) heeft aangetoond dat bijvoorbeeld na het bewaren van een verse effluent 'suspensie' van ca. 4 ltr., binnen een week geen waarneembare uitzakking plaatsvond. Ook reguliere controles van rioolputten in gebruik nabij resomatie units in zowel Minnesota, Florida en Los Angeles gaven geen enkele aanleiding te veronderstellen dat sprake zou zijn van (lokale) bezinking van zwevende deeltjes. De deeltjes zijn erg klein en ook de viscositeit van het effluent heeft hier een gunstig effect. In het algemeen geldt ook voor dit aspect dat het totale volume aan effluent relatief laag is waardoor negatieve effecten van een verhoogd droge stofgehalte uitblijven.

- pH (gecorrigeerd)  $\leq 10$

Met name in verband met directe aantasting/beschadiging van het riool is de pH-waarde relevant maar uiteraard beïnvloedt een afwijkende pH-waarde ook de biochemische werking van een AWZI. Door eenvoudige correctie van het effluent na elke resomatie cyclus zal alleen worden geloozd indien de pH-waarde lager is dan 10. Ongecorrigeerd bedraagt de pH waarde ca. 13. Correctie vindt bij voorbeeld plaats doormiddel van het gebruik van zwavelzuur (ca. 3 ltr. 98 %-tge  $H_2SO_4$ )

- Steriliteit en besmettingsrisico

In Amerikaans onderzoek is aangetoond dat gedurende het normale resomatieproces een volledige vernietiging van pathogene micro-organismen plaats vindt onder invloed van alkalische condities, verhoogde druk en temperatuur gedurende een voldoende lange periode <sup>5</sup>. De methode van resomeren wordt daarmee tevens geschikt geacht voor het vernietigen van menselijke overblijfselen welke zijn besmet met infectieuze agentia zoals bacteriën, virussen en prionen <sup>6</sup>. Tevens is in officieel Brits onderzoek vastgesteld dat in resomatie effluent geen enkel DNA of DNA-spoor kan worden aangetoond <sup>7</sup>. Daarmee wordt resomatie effluent op dit punt ongevaarlijk geacht voor personeel dat daarmee onverhoopt fysiek in contact komt.

### **Conclusie Waterschap op basis van genoemde uitgangspunten:**

De impact op het influent van de AWZI is verwaarloosbaar. Er worden geen negatieve effecten verwacht bij het zuiveren van het resomatie effluent op de installaties. Indien aangeleverde hoeveelheden groter worden dan zal de impact ook groter zijn en dient opnieuw getoetst te worden. De aangeleverde 'P-vracht' zal bij verdubbeling van het volume ook verdubbelen en kan dan significant worden voor bijvoorbeeld AWZI Lelystad.

Voor wat betreft de riolering spelen met name pH, droge stof en olie/vet een belangrijke rol, echter gezien de eenvoudige correctie van de pH en de gunstige ervaringen in het buitenland met betrekking tot droge stof en olie/vet worden voor de rioolbeheerder net als bij de AWZI geen problemen verwacht.

<sup>5</sup> Brief: Department of Public Health, County of LA (US), 2012

<sup>6</sup> Ref. Dean Fisher, Director Donated Body Program, UCLA (VS): "Aanvankelijk is de techniek van resomeren ingezet om gevaarlijk (pathogeen) materiaal te vernietigen".

<sup>7</sup> Brief: Forensic Services Scottish Police Services Authority, 2012

## Analyse van diverse effluent monsters na resomatie d.d. 14 maart 2018.

Een gebruikelijk analyse die een waterschap in Nederland verlangt ter beoordeling van mogelijke verwerking/afvoer van afvalwater naar een AWZI is een zogenaamd 'lozingspakket afvalwater uitgebreid'.

De (standaard) te analyseren parameters betreffen in het algemeen:

- Metalen (arseen, ijzer, mangaan)
- Fosfaat totaal (als P gemeten)
- Sulfaat (opgelost)
- Chloride
- Droogrest (DS)
- Chemisch Zuurstof Verbruik (CZV)
- Stikstof volgens Kjeldahl

Gezien de bijzondere herkomst van het effluent zijn bovenstaande te analyseren parameters op eigen initiatief bovendien uitgebreid met:

- De metalen: kwik, cadmium, chroom, lood, koper en zink.
- Vet, olie, smeermiddel (FOG)
- Biochemisch Zuurstofgebruik (BOD)
- Koolstofgerelateerd Biochemisch Zuurstofgebruik (cBOD)

Tevens is onderzocht of zich nog bacteriën bevinden in het effluent. Vrij arbitrair is gekozen voor onderstaande tamelijk resistente bacteriën.

- E-colli
- Enterococci
- Pseudomonas aeruginosa

## Conclusie:

De analyseresultaten zijn als hieronder vermeld en zijn geheel in lijn met bovengenoemde uitgangspunten en reeds bekende analysegegevens. Als vermeld zullen verschillen tussen analyse uitslagen vooral worden veroorzaakt door de omvang en het type lichaamsbouw van het geresomeerde lichaam.

## Analyseresultaten (beschikbaar op 29/3/2018)

| Analyseparameter | Eenheid | Resultaat |
|------------------|---------|-----------|
| Kwik             | mg/L    | <0.010    |
| Arsen            | mg/L    | <0.030    |
| Cadmium          | mg/L    | <0.0025   |
| Chromium         | mg/L    | 0,29      |
| Koper            | mg/L    | 0,037     |
| Ijzer            | mg/L    | 0,73      |
| Lood             | mg/L    | <0.015    |
| Mangaan          | mg/L    | 0,015     |
| Nikkel           | mg/L    | <0.0050   |

|                                   |            |       |
|-----------------------------------|------------|-------|
| Zink                              | mg/L       | 0,36  |
| Chemisch Zuurstof Verbruik        | mg/L       | 14000 |
| Droge stofgehalte                 | mg/L       | 3800  |
| Fosfor                            | mg/L       | 21    |
| pH                                | Std. Units | 10    |
| Sulfaat als (SO) <sub>4</sub>     | mg/L       | 5500  |
| Ammoniakale stikstof              | mg/L       | 130   |
| Biochemisch Zuurstof Verbruik     | mg/L       | 18550 |
| (C) Biochemisch Zuurstof Verbruik | mg/L       | 22680 |
| Olie en vet                       | mg/L       | 5408  |
| E. coli                           | MPN/100mL  | <1    |
| Enterococci                       | MPN/100mL  | <1    |
| Pseudomonas aeruginosa            | MPN/100mL  | <1    |

WastePoint Afvalbeheer B.V.

ing. A.W. Rang