



ONDERZOEKSRaad  
VOOR VEILIGHEID

# Dodelijk ongeval in een reactor



# Dodelijk ongeval in een reactor

*Den Haag, april 2025*

*De rapporten van de Onderzoeksraad voor Veiligheid zijn openbaar en beschikbaar op [www.onderzoeksraad.nl](http://www.onderzoeksraad.nl).*

*Foto cover: Flying Holland / John Gundlach*

## De Onderzoeksraad voor Veiligheid

Als zich een ongeval of ramp voordoet, onderzoekt de Onderzoeksraad voor Veiligheid hoe dat heeft kunnen gebeuren, met als doel daar lessen uit te trekken. Op die manier draagt de Onderzoeksraad bij aan het verbeteren van de veiligheid van Nederland. De Raad is onafhankelijk en besluit zelf welke voorvallen hij onderzoekt. Daarbij richt de Raad zich in het bijzonder op situaties waarin mensen voor hun veiligheid afhankelijk zijn van derden, bijvoorbeeld van de overheid of bedrijven. In een aantal gevallen is de Raad verplicht onderzoek te doen. De onderzoeken gaan niet in op schuld of aansprakelijkheid.

### Onderzoeksraad

Voorzitter: mr. C.J.L. van Dam MPM  
dr. E.A. Bakkum  
dr. S.C. Douglas  
Secretaris-directeur: mr. C.A.J.F. Verheij

Bezoekadres: Lange Voorhout 9, 2514 EA Den Haag  
Postadres: Postbus 95404, 2509 CK Den Haag

Telefoon: 070 333 7000

Website: [www.onderzoeksraad.nl](http://www.onderzoeksraad.nl)  
E-mail: [info@onderzoeksraad.nl](mailto:info@onderzoeksraad.nl)

N.B. Dit rapport wordt in het Nederlands en Engels gepubliceerd. Indien er verschil bestaat in de interpretatie van het Nederlandse rapport en het Engelse rapport, is het Nederlandse rapport leidend. De samenvatting, beschouwing en lessen en aanbevelingen worden in het Duits gepubliceerd. Ook hier geldt dat bij een verschil van interpretatie de Nederlandse tekst leidend is.

# INHOUD

---

<b>Samenvatting .....</b>	<b>5</b>
<b>Beschouwing .....</b>	<b>7</b>
<b>Lessen en aanbevelingen .....</b>	<b>8</b>
<b>Lijst van afkortingen .....</b>	<b>10</b>
<b>1 Inleiding .....</b>	<b>11</b>
1.1 Aanleiding .....	11
1.2 Doel, onderzoeksvragen en reikwijdte.....	11
1.3 Onderzoeksaanpak.....	12
1.4 Leeswijzer .....	13
<b>2 Achtergrondinformatie en toedracht .....</b>	<b>14</b>
2.1 Achtergrondinformatie .....	14
2.2 Het uitgevoerde werk.....	15
2.3 Toedracht .....	19
<b>3 Analyse .....</b>	<b>24</b>
3.1 Veiligheidsrisico's bij inerte betredingen in reactoren .....	24
3.2 Alternatieve manieren van ontladen .....	34
3.3 Risico-inschatting betrokken partijen .....	36
3.4 De keuze voor inerte betreding .....	46
<b>4 Conclusies .....</b>	<b>50</b>
<b>5 Lessen en aanbevelingen .....</b>	<b>53</b>
<b>Bijlage A Onderzoeksverantwoording .....</b>	<b>55</b>
<b>Bijlage B Reacties op het conceptrapport .....</b>	<b>58</b>
<b>Bijlage C Referentiekader .....</b>	<b>59</b>

# SAMENVATTING

---

Op vrijdagochtend 3 februari 2023 verongelukte een medewerker van T.I.M.E. Service Catalyst Handling (de opdrachtnemer) op het terrein van olieraffinaderij Zeeland Refinery (de opdrachtgever). Dit gebeurde tijdens het verwijderen van katalysator-materiaal uit een reactor. Katalysator-materiaal in een reactor moet periodiek vervangen worden. Daarvoor bestaan verschillende methoden, die vaak in combinatie worden toegepast. Een van die methoden bestaat uit het betreden van de reactor door een werknemer om het katalysator-materiaal met een vacuümslang op te zuigen en eventueel los te pikken. Die werknemer wordt een 'duiker' genoemd. Omdat vervuild katalysator-materiaal ontbrandt als het in aanraking komt met zuurstof, moet de reactor voor aanvang van de werkzaamheden zuurstofvrij worden gemaakt. Dit gebeurt door de reactor te vullen met stikstof, waardoor een inerte atmosfeer ontstaat. Om te kunnen ademen in die inerte atmosfeer heeft de duiker een ademluchtvoorziening nodig.

Bij dit voorval raakte de duiker in de reactor met inerte atmosfeer bedolven onder katalysator-materiaal. Daarbij kwam uit zijn ademluchthelm zuurstofhoudende lucht vrij, die in contact kwam met het katalysator-materiaal dat op hem lag. Daardoor ontbrandde dit katalysator-materiaal. Aanwezige collega's hebben gepoogd het slachtoffer uit de reactor te halen; bij de derde poging lukte dat. Eenmaal uit de reactor vertoonde het slachtoffer geen teken van leven meer.

Het betreden van een reactor om, onder een inerte atmosfeer, katalysator-materiaal te verwijderen, kent verschillende risico's op het gebied van arbeidsveiligheid. Tijdens het werk wordt de duiker blootgesteld aan de volgende risico's: verstikking, vallen, bedelving en verbranding. Daarbij geldt dat de vlucht- en reddingsmogelijkheden beperkt zijn. Een ongeval in een inerte reactor kent daardoor veelal een fatale afloop. Dat maakt een reactor onder inerte atmosfeer een levensbedreigende werkomgeving.

De opdrachtgever en opdrachtnemer waren bekend met de risico's die gepaard gaan met het ontladen<sup>1</sup> van een reactor door middel van een inerte betreding<sup>2</sup>. Zij waren er desalniettemin van overtuigd dat dit veilig kon, als de juiste beheersmaatregelen getroffen zouden worden. Dit waren zowel individuele als generieke maatregelen. Individuele maatregelen bestonden onder meer uit het voorzien in een veiligheidslijn en persoonlijke beschermingsmiddelen. Generieke maatregelen bestonden onder meer uit het vullen van de reactor met stikstof en het voorschrijven van werkinstructies.

---

1 Het ontladen van een reactor betekent dat al het vervuilde katalysator-materiaal uit een reactor wordt verwijderd.  
2 Een inerte betreding is het zich begeven in een besloten ruimte waarin geen of een zeer laag percentage zuurstof aanwezig is. Een reactor wordt inert gemaakt door hem te vullen met stikstofgas.

Een belangrijke waarborg voor veilig werken in de reactor was het volgen van de werkvoorschriften. Van deze werkvoorschriften wordt in de praktijk bewust en onbewust afgeweken. Daardoor blijft de kans op een fataal ongeval reëel en zullen bij het ontladen van een reactor onder inerte atmosfeer, ondanks de geldende werkvoorschriften, gevaarlijke situaties blijven ontstaan.

De eerdergenoemde maatregelen waren er vooral op gericht om te voorkomen dat er een ongeval zou plaatsvinden. Aanvullend daarop hadden de opdrachtgever en opdrachtnemer procedures opgesteld voor het uitvoeren van een reddingsactie als de duiker onwel zou worden, een ongeval zou krijgen of om een andere reden niet meer zelf uit de reactor zou kunnen komen. Het succes van een redding hangt sterk af van de positie van de duiker en of hij zelf medewerking kan verlenen. De mogelijkheden tot een succesvolle redding zijn door de betrokken partijen overschat.

Het is mogelijk om een reactor te ontladen zonder dat daarvoor een inerte betreding hoeft plaats te vinden. Hieraan kleven nadelen. Vaak is het kostbaar en belastend voor het milieu. Meerdere bedrijven in de sector hebben dan ook een voorkeur voor ontladen door middel van inerte betredingen. De ontwikkeling van robotica en het gesprek in de sector over benodigde aanpassingen van reactoren zijn gaande.

### **Hoofdconclusie**

Het dodelijk voorval bij Zeeland Refinery heeft laten zien dat het ontladen van reactoren met behulp van een inerte betreding inherent onveilig is voor de werknemer die als duiker de reactor ingaat. De getroffen maatregelen, die bij dit voorval de veiligheid moesten waarborgen, waren onvoldoende robuust. De betrokken partijen namen onterecht aan dat de genomen maatregelen de veiligheid van de werknemer voldoende konden waarborgen en het veiligheidsrisico tot een acceptabel niveau konden terugbrengen.

# BESCHOUWING

---

Om van ruwe aardolie bruikbare stoffen (zoals diesel of LPG) te maken wordt onder meer gebruikgemaakt van reactoren. Deze reactoren zijn gevuld met katalysator-materiaal dat periodiek vervangen moet worden. Bij de werkwijze die hiervoor nog veel wordt toegepast moet een mens de reactor met een inerte atmosfeer in. Zo'n inerte betreding is gevaarlijk; een enkele fout kan snel leiden tot een fataal ongeval. Omdat het niet of nauwelijks mogelijk is om de veiligheidsrisico's met maatregelen afdoende te beperken, is het werken in een reactor onder inerte omstandigheden inherent onveilig.

Het is mogelijk een reactor geheel te ontladen zonder dat daarvoor een inerte betreding nodig is. Veelal zal daartoe – in laatste instantie – het katalysator-materiaal natgemaakt moeten worden en moet het alsnog handmatig verwijderd worden. Deze werkwijze kent echter belangrijke nadelen; het is kostbaar en belastend voor het milieu. En er zijn ook veiligheidsrisico's aan verbonden, omdat er nog steeds een mens de reactor in gaat. Hoewel de atmosfeer in de reactor op dat moment niet inert is, is het nog steeds risicovol werk, bijvoorbeeld vanwege het val- en bedelvingsgevaar.

Ondanks de nadelen en risico's van dit alternatief, vinden wij dat het ontladen van reactoren door middel van inerte betredingen per direct moet stoppen. Het is eenvoudigweg te risicovol om nog langer mensen in reactoren onder inerte atmosfeer te laten werken. Een aantal raffinaderijen, waaronder die waar dit voorval plaatsvond, geeft het goede voorbeeld en is gestopt met inerte betredingen van reactoren. Anderen zullen moeten volgen.

Binnen de sector wordt al gewerkt aan manieren van ontladen waarbij in het geheel niemand meer een reactor in hoeft. Het is belangrijk dat opdrachtgevers ruimte geven aan opdrachtnemers om nieuwe methoden toe te passen, ook als dat betekent dat het ontladen van een reactor aan het begin langer duurt, een verminderd resultaat geeft of duurder is. De bij dit voorval betrokken opdrachtgever en opdrachtnemer kunnen het voortouw nemen bij het verder ontwikkelen van deze methoden.

Ondanks dat we verwachten dat sectorpartijen zelf hun verantwoordelijkheid nemen, is het goed als de overheid hen ook stimuleert. Dat kan middels een wettelijk verbod op het werken in een reactor onder inerte omstandigheden, maar ook andere mogelijkheden om de sector te bewegen te stoppen met deze werkwijze en veiligere methoden te ontwikkelen en te gebruiken, kunnen worden overwogen.

# LESSEN EN AANBEVELINGEN

---

Het ontladen van reactoren door middel van inerte betredingen kent grote veiligheidsrisico's. Deze risico's kunnen onvoldoende worden beheerst. Om de veiligheid van het ontladen van reactoren te verbeteren, heeft de Onderzoeksraad een aantal lessen en aanbevelingen geformuleerd.

## Lessen voor de sector

### *Stop met het ontladen van reactoren door middel van inerte betredingen*

De maatregelen die worden genomen om de risico's van inerte betredingen in reactoren te beheersen, bestaan voor een belangrijk deel uit werkvoorschriften. Deze zijn effectief zolang ze goed worden nageleefd. De werkvoorschriften worden in de praktijk echter niet altijd nageleefd (bewust dan wel onbewust) en bieden daardoor onvoldoende garanties voor de veiligheid van werknemers. Omdat het niet of nauwelijks mogelijk is om de risico's met andere soorten maatregelen verder te beperken, is het werken in een reactor onder inerte omstandigheden inherent onveilig. De sector moet daarom stoppen met deze werkwijze.

### *Ontwikkel nieuwe, veiligere werkwijzen voor het ontladen van reactoren*

Teneinde het ontladen van reactoren in de toekomst veiliger te maken, dient de sector door te gaan met de ontwikkeling van nieuwe werkwijzen. Daarbij hebben opdrachtgevers en opdrachtnemers elkaar nodig. Een opdrachtnemer beschikt over de kennis van het verwijderen, opslaan en afvoeren van katalysatormateriaal, maar heeft tijd en ruimte nodig om nieuwe werkwijzen te ontwikkelen en ze uit te proberen. Een opdrachtgever kan in de uitvraag voor het ontladen van een reactor eisen stellen en ruimte geven aan opdrachtnemers om nieuwe werkwijzen toe te passen.

### *Deel informatie over (bijna-)ongevallen binnen de sector*

Voor het bevorderen van een veilige werkomgeving is het van belang te leren van ongevallen en bijna-ongevallen. Partijen delen op dit moment beperkt informatie over ongevallen en bijna-ongevallen die plaatsvinden tijdens de reiniging van een reactor binnen de sector. Dat ontnemt andere bedrijven de mogelijkheid om te leren van andere voorvallen en hun werkwijze daarop aan te passen. De partijen in de sector moeten kennis over incidenten beter met elkaar delen om het besef van de risico's van het werk te bevorderen.



## Aanbevelingen

*Aan T.I.M.E. Service Catalyst Handling:*

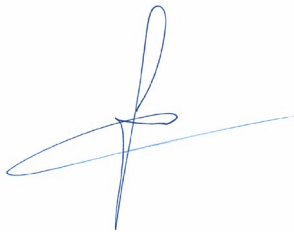
1. Stop met het ontladen van reactoren door middel van inerte betredingen.

*Aan Zeeland Refinery en T.I.M.E. Service Catalyst Handling:*

2. Deel de bovengenoemde lessen met branchegenoten om hen ertoe te bewegen te stoppen met inerte betredingen en veiligere methoden voor het ontladen van reactoren te ontwikkelen. Maak daarbij gebruik van de relevante nationale en internationale samenwerkingsverbanden, zoals Vemobin, SIR en ECMA.
3. Neem het voortouw in de verdere ontwikkeling van nieuwe, veiligere methoden voor het ontladen van reactoren.

*Aan de staatssecretaris van Sociale Zaken en Werkgelegenheid:*

4. Bevorder dat de sector stopt met het ontladen van reactoren door middel van inerte betredingen.



mr. C.J.L. van Dam MPM  
Voorzitter



mr. C.A.J.F. Verheij  
Secretaris-directeur

# LIJST VAN AFKORTINGEN

---

<b>Afkorting</b>	<b>Betekenis</b>
DHC	<i>Distillate Hydrocracking</i>
DHT	<i>Distillate Hydrotreating</i>
HSEQ	<i>Health, Safety, Environment and Quality</i>
LSU	<i>Life Support Unit</i>
NLA	Nederlandse Arbeidsinspectie
SIR	Stichting Industriële Reiniging
T.I.M.E.	<i>T.I.M.E. Service Catalyst Handling. T.I.M.E. staat voor Total Inert Maintenance and Engineering.</i>
V&G	Veiligheid en Gezondheid

# 1 INLEIDING

---

## 1.1 Aanleiding

Op vrijdagochtend 3 februari 2023 verongelukte bij Zeeland Refinery in Nieuwdorp een medewerker van aannemer T.I.M.E. Service Catalyst Handling. Dit gebeurde tijdens het ontladen van katalysatormateriaal uit een *fixed bed* reactor van de *hydrocracker*<sup>3</sup> van Zeeland Refinery. Om te voorkomen dat het vervuilde en voor zelfontbranding vatbare katalysatormateriaal een reactie met zuurstof uit de buitenlucht zou aangaan, werd een zogenaamde inerte atmosfeer gecreëerd. Dat gebeurt door stikstofgas naar de reactor te voeren, waardoor de buitenlucht niet de reactor kan binnendringen. Tijdens het werk in de reactor onder deze inerte omstandigheden<sup>4</sup> raakte een medewerker bedolven onder katalysatormateriaal. Omdat zuurstofhoudende lucht uit zijn ademluchthelm vrijkwam ontbrandde het katalysatormateriaal in zijn directe omgeving.<sup>5</sup> Aanwezige collega's hebben verscheidene pogingen gedaan om het slachtoffer uit de reactor te halen. Twee pogingen werden afgebroken. Bij een derde poging lukte het om het slachtoffer naar boven te krijgen. Het slachtoffer vertoonde op dat moment geen teken van leven meer.

Dit dodelijke ongeval geldt als een zwaar ongeval als bedoeld in Bijlage VI onder 2a van richtlijn nr. 2012/18/EU (Sevesorichtlijn), waarvoor een kennisgeving dient te worden ingediend bij de Europese Commissie. Artikel 8 van het Besluit Onderzoeksraad voor veiligheid schrijft voor dat de Onderzoeksraad een onderzoek instelt naar een zwaar ongeval als bedoeld in deze richtlijn. Ook de Nederlandse Arbeidsinspectie heeft geconstateerd dat dit ongeval onder richtlijn nr. 2012/18/EU valt.

## 1.2 Doel, onderzoeksvragen en reikwijdte

### 1.2.1 Doel

De Onderzoeksraad heeft drie doelen met het voorliggende onderzoek. De Onderzoeksraad wil (1) inzicht in de veiligheidsrisico's van inerte betreding voor het ontladen van katalysatormateriaal uit een reactor; (2) inzicht in alternatieven voor deze wijze van ontladen en (3); inzicht in de afwegingen die Zeeland Refinery en T.I.M.E. hebben gemaakt voorafgaand aan de keuze voor inerte betreding door medewerkers van T.I.M.E. Deze inzichten kunnen bijdragen aan het verbeteren van de veiligheid.

---

3 Zie voor een verdere uitleg paragraaf 2.2.

4 In het vervolg van dit rapport spreken we van een inerte betreding: het zich begeven in een besloten ruimte waarin geen of een zeer laag percentage zuurstof aanwezig is. Een reactor wordt inert gemaakt door hem te vullen met stikstofgas.

5 Zie figuur 6 in paragraaf 3.1.1 voor een afbeelding van de ademluchthelm.

### 1.2.2 Onderzoeksvragen

Op basis van de doelen van dit onderzoek zijn de volgende onderzoeksvragen opgesteld:

- ▶ Wat was de toedracht van het dodelijk ongeval in een reactor op het terrein van Zeeland Refinery?
- ▶ Wat zijn de veiligheidsrisico's van inerte betreding voor het ontladen van katalysatormateriaal uit een reactor?
- ▶ Wat zijn – ten opzichte van inerte betreding – alternatieven voor het ontladen van katalysatormateriaal uit een reactor?
- ▶ Wat waren voor Zeeland Refinery en T.I.M.E. de doorslaggevende factoren voor de keuze voor inerte betreding voor het ontladen van katalysatormateriaal uit een reactor?

### 1.2.3 Reikwijdte

Dit onderzoek richt zich op betreding van en werken in een inerte atmosfeer in reactoren en redding daaruit in geval van nood. Het voorval bij Zeeland Refinery vormt de basis van dit onderzoek, waarbij de toedracht en de risico-inschatting door zowel Zeeland Refinery als T.I.M.E. zijn onderzocht. Het voorval bij Zeeland Refinery is als uitgangspunt genomen om veiligheidsrisico's van inerte betreding van reactoren en redding daaruit te bestuderen. Het onderzoek richt zich ook op alternatieve manieren voor het ontladen van katalysatormateriaal uit reactoren en de ontwikkelingen op dat vlak. Andere voorvallen bij inerte betreding bij olieraffinaderijen worden in dit onderzoek genoemd, maar zijn niet nader onderzocht. Voorvallen bij inerte betreding van besloten ruimtes buiten de petrochemische industrie zijn niet in dit onderzoek opgenomen.

## 1.3 Onderzoeksaanpak

In dit onderzoek is gebruikgemaakt van de informatie uit de rapportage over de analyse van het ongeval door de betrokken bedrijven en het onderzoek naar het ongeval door het Openbaar Ministerie. Daarnaast heeft de Onderzoeksraad gebruikgemaakt van informatie zoals voorgeschreven procedures, contracten, veiligheidsstudies en beeldmateriaal. Voor de analyse heeft de Onderzoeksraad gebruikgemaakt van de voor het ongeval relevante onderdelen van de veiligheidsmanagementsystemen van de betrokken bedrijven. De Onderzoeksraad heeft interviews gehouden bij de betrokken bedrijven en andere partijen in de sector, zowel nationaal als internationaal.

Daarnaast hebben leden van het onderzoeksteam werkbezoeken afgelegd bij Zeeland Refinery en een examenlocatie van de Stichting Industriële Reiniging (SIR)<sup>6</sup> tijdens een examen voor werken in en redden uit een reactor. De verkregen gegevens zijn geanalyseerd in interne groepsdiscussies en met behulp van de Tripod-Bèta analysemethode.

## 1.4 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 geeft de feitelijke informatie weer en begint in paragraaf 2.1 met een beschrijving van de betrokken bedrijven, te weten Zeeland Refinery en T.I.M.E. Daarna volgt in paragraaf 2.2 een algemene beschrijving van het type werkzaamheden en de organisatie daarvan. Hoofdstuk 2 sluit af met een beschrijving van de toedracht van het voorval, zoals dat plaatsvond op 3 februari 2023.

In paragraaf 3.1 van hoofdstuk 3 worden de risico's geanalyseerd die aan het werk verbonden zijn en hoe deze risico's gemitigeerd worden. Katalysatormateriaal kan ook anders ontladen worden dan op de manier zoals die in paragraaf 3.1 beschreven is. Deze alternatieve methoden worden in paragraaf 3.2 beschreven. Paragraaf 3.3 gaat vervolgens in op de risico-inschatting door de betrokken partijen, alsmede hun inschatting van het succes van een redding als risicomitigerende maatregel. Paragraaf 3.4 sluit het hoofdstuk af met een analyse van de voordelen van inerte betredingen en een analyse van deze door Zeeland Refinery en T.I.M.E gekozen werkwijze, inclusief de afspraken die zij daarover vastlegden.

In hoofdstuk 4 staan de conclusies die volgen uit het onderzoek. De lessen en aanbevelingen staan in hoofdstuk 5.

De bijlagen bevatten de onderzoeksverantwoording (bijlage A), de inzagereacties op het conceptrapport (bijlage B), en het referentiekader dat de Onderzoeksraad heeft gebruikt (bijlage C).

---

6 De Stichting Industriële Reiniging (SIR) is een brancheorganisatie met als doel *het bevorderen en reguleren van veilig werken in de industriële reiniging* in Nederland en België. Dit doet de SIR door het opstellen van richtlijnen en het verzorgen van opleidingen, bijvoorbeeld op het gebied van werken in een inerte omgeving en het dragen van ademlucht. De SIR kent vijf werkgroepen, die richtlijnen opstellen en (bijna-)ongevallen bespreken. Deze werkgroepen worden bemenst door deskundigen uit de aangesloten bedrijven. In Nederland en België hebben de meeste bedrijven die actief zijn op het terrein van industriële reiniging, of die als eigenaren van installaties werkzaamheden op dit terrein laten uitvoeren, zich verenigd in de SIR. Zowel Zeeland Refinery als T.I.M.E. waren ten tijde van het voorval aangesloten bij de SIR.

## 2 ACHTERGRONDINFORMATIE EN TOEDRACHT

---

### 2.1 Achtergrondinformatie

#### 2.1.1 Zeeland Refinery

De olieraffinaderij Zeeland Refinery is sinds 1974 actief in het Sloegebied, het oostelijk deel van de haven van Vlissingen. De raffinaderij begon als Total Raffinaderij Nederland N.V. en opereert sinds 2011 onder de naam Zeeland Refinery.<sup>7</sup> Het bedrijf verwerkt aardolie tot een reeks van brandstoffen en grondstoffen voor de chemische industrie. Voor dit doel beschikt Zeeland Refinery sinds 1984 onder meer over een *hydrocracker* (zie paragraaf 2.2.1). Vanwege de aanwezige hoeveelheid gevaarlijke stoffen valt Zeeland Refinery onder de Sevesorichtlijn.<sup>8</sup>

Zeeland Refinery produceert voor TotalEnergies en voor Litasco (een dochteronderneming van Lukoil)<sup>9</sup>, samen eigenaar van Zeeland Refinery. TotalEnergies heeft een meerderheidsbelang van 55% in Zeeland Refinery.<sup>10</sup>

Bij Zeeland Refinery zijn ruim vierhonderd medewerkers in dienst, waarvan de helft werkt in vijfploegendienst. Daarnaast huurt Zeeland Refinery via aannemers zo'n tweehonderdvijftig medewerkers in. Op piekmomenten voor grootschalig onderhoud kan dit oplopen tot vijftienhonderd extern ingehuurd medewerkers.<sup>11</sup>

Het ontladen van de reactor was onderdeel van de *DHC Shutdown 2023*. Het bedrijf dat door Zeeland Refinery voor deze ontlading werd ingehuurd was T.I.M.E. Service Catalyst Handling.

#### 2.1.2 T.I.M.E. Service Catalyst Handling

T.I.M.E. Service Catalyst Handling (hierna aangeduid als T.I.M.E.) is een van origine Duits industrieel reinigingsbedrijf, opgericht in 1996 en gespecialiseerd in het onder inerte omstandigheden vervangen van katalysatormateriaal dat aanwezig is in reactoren bij olieraffinaderijen. Voor het raffinageproces zijn reactoren nodig, die gevuld zijn met katalysatormateriaal. Periodiek moet een reactor leeggehaald worden, zodat deze

---

<sup>7</sup> Provinciale Zeeuwse Courant, *Total wordt Zeeland Refinery*, 28 september 2011, p. 12.

<sup>8</sup> In Nederland vallen ruim 400 bedrijven onder de Europese richtlijn 2012/18/EU van 4 juli 2012 betreffende de beheersing van de gevaren van zware ongevallen waarbij gevaarlijke stoffen zijn betrokken, omdat zij met grote hoeveelheden gevaarlijke stoffen werken. Deze bedrijven moeten specifieke maatregelen nemen om de risico's van zware ongevallen te beperken. Deze richtlijn staat bekend als de Sevesorichtlijn. In de Nederlandse regelgeving is deze uitgewerkt in afdeling 3.3 van het Besluit activiteiten leefomgeving.

<sup>9</sup> <https://litasco.com/en/Activities/KeyBusinessActivities> [laatst geraadpleegd op 19 december 2024].

<sup>10</sup> Zeeland Refinery N.V. en T.I.M.E. Services GmbH, *Contract Z R-C -2017 - 1306 59-01: Bijlage 2 Manual "Working safely at Zeeland Refinery"*, 1 februari 2013.

<sup>11</sup> Zeeland Refinery N.V. en T.I.M.E. Services GmbH, *Contract Z R-C -2017 - 1306 59-01: Bijlage 2 Manual "Working safely at Zeeland Refinery"*, 1 februari 2013.

gevuld kan worden met nieuw katalysatormateriaal. De frequentie hiervan verschilt van een keer per drie maanden tot een keer per zes jaar (meer daarover in paragraaf 2.2.1).<sup>12</sup> Dit wordt gedaan door gespecialiseerde bedrijven zoals T.I.M.E. Naast het hoofdkantoor in het Duitse Manching heeft T.I.M.E. dochterondernemingen in Italië, Frankrijk en Roemenië, die eveneens onder de naam T.I.M.E. Service Catalyst Handling opereren. Sinds 2019 heeft T.I.M.E. ook een dochteronderneming in het Nederlandse Sliedrecht. Bij deze Nederlandse vestiging werkten op het moment van het voorval acht mensen. Bij alle vestigingen van T.I.M.E. samen werken ruim 150 medewerkers.<sup>13</sup>

## 2.2 Het uitgevoerde werk

### 2.2.1 Ontladen van de reactor

Ruwe aardolie is niet zonder meer bruikbaar om bijvoorbeeld als motorbrandstof dienst te doen. Chemisch gezien bestaat ruwe aardolie uit moleculen met lange koolstofketens. Om hier bijvoorbeeld diesel, LPG of andere bruikbare stoffen van te maken, moeten ongewenste verbindingen (zwavel- en stikstofverbindingen) uit de ruwe olie worden gehaald. Dit wordt *hydrotreating* genoemd. Vervolgens moeten de grote moleculen 'opgeknipt' worden in kleinere moleculen. Dit wordt *hydrocracking* genoemd. De verschillende moleculen die zo ontstaan, moeten vervolgens weer gescheiden worden, de fractionatie. Het zuiveren, het veranderen en het scheiden van de moleculen wordt 'raffinage' genoemd. Voor de chemische reacties die hierbij komen kijken zijn katalysatoren nodig. Deze katalysatoren zijn stoffen die de chemische reactie beïnvloeden, maar zelf niet veranderen als gevolg van die chemische reactie. Katalysatormateriaal bestaat uit pellets die tot enkele centimeters groot kunnen zijn en kunnen variëren in vorm (rond, cilindrisch, stervormig, et cetera) waarop katalysatoren zijn aangebracht (zie figuur 1).



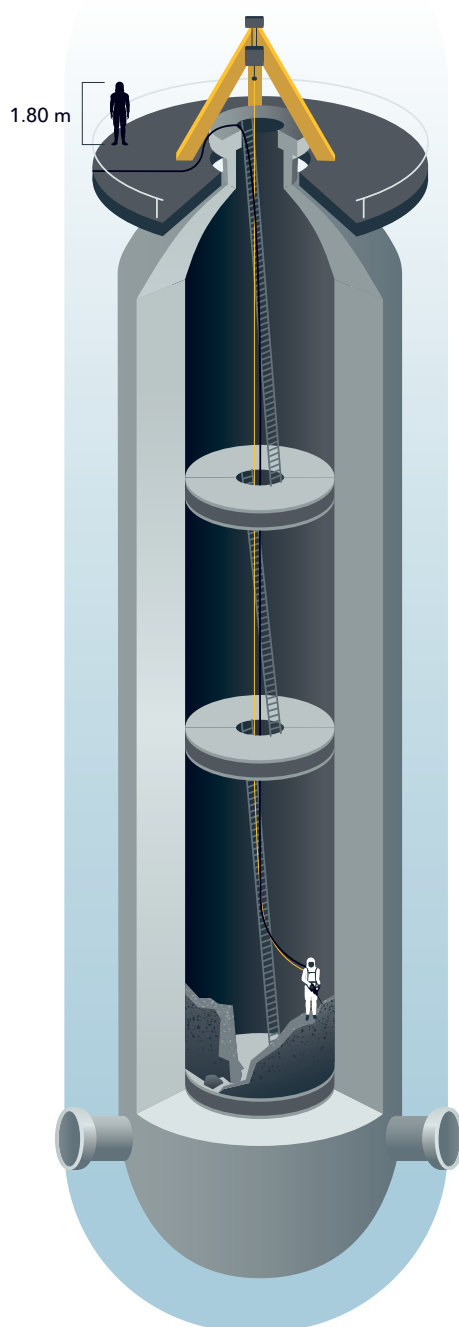
Omdat het katalysatormateriaal na verloop van tijd verontreinigd raakt en daardoor zijn werkzaamheid verliest wordt een reactor ontdaan van (een deel van) het aanwezige katalysatormateriaal. Dit wordt het ontladen van de reactor genoemd. Vervolgens wordt de reactor schoongemaakt, geïnspecteerd, waar nodig gerepareerd en weer geladen met nieuw katalysatormateriaal. Voor al deze werkzaamheden wordt de installatie stilgelegd.

◀ Figuur 1: Voorbeeld van pellets met katalysatormateriaal. (Bron: Shubhrpdil op Wikimedia Commons)

<sup>12</sup> De frequentie waarmee katalysator wordt vervangen hangt af van het type reactor, de wijze van laden van het katalysatormateriaal, het proces en de procesomstandigheden.

<sup>13</sup> <https://ts-cat.com/en/about-us/> [laatst geraadpleegd op 19 december 2024].

In de reactor wordt gewerkt met katalysatormateriaal dat na behandeling herbruikbaar kan zijn. *Free flow* ontladen komt de herbruikbaarheid van het materiaal ten goede. Bij deze manier van ontladen stroomt het losse katalysatormateriaal onder invloed van de zwaartekracht uit de reactor naar buiten. Buiten wordt het katalysatormateriaal opgevangen in gesloten containers, ook wel *bins* genoemd, die van droogijs ( $\text{CO}_2$  in vaste vorm) worden voorzien en vrij van zuurstof worden afgesloten. Deze methode van ontladen is relatief eenvoudig en levert een hoge herbruikbaarheid van het katalysatormateriaal op.



Een deel van het katalysatormateriaal is echter aan elkaar verkleefd. Dergelijke verkleefingen zorgen ervoor dat niet al het katalysatormateriaal via *free flow* de reactor kan verlaten. Een deel van het materiaal blijft achter in de vorm van een laag, een brok of een pilaar of aangekoekt tegen de wand van de reactor. Om het verkleefde materiaal los te krijgen kan *Cardox* worden toegepast. Bij het gebruik van *Cardox* wordt koolstofdioxide ( $\text{CO}_2$ ) onder hoge druk in de reactor gebracht. Door de schokgolf die veroorzaakt wordt door het snel expanderende gas wordt veel van het vastgekoekte katalysatormateriaal verbrokken zodat dit materiaal alsnog via *free flow* kan worden ontladen. Dit is een gangbare techniek voor dergelijke werkzaamheden. De opbrengst van herbruikbaar materiaal is bij deze techniek lager dan wanneer het materiaal met spontane *free flow* wordt ontladen.

Ook na het gebruik van *Cardox* blijft er vaak nog katalysatormateriaal aanwezig in de reactor. Om dit restant uit de reactor te verwijderen is het gebruikelijk dat iemand de reactor betreedt; een zogenoemde 'duiker'. Zijn werk bestaat uit het losbikken van het katalysatormateriaal met een schep, een drillboor of met ander gereedschap, waarna hij het materiaal opzuigt met een sterke vacuümslang of alsnog via de *dump nozzles* uit de reactor laat stromen. Voordat iemand dit werk mag doen, wordt hij intern opgeleid, dient hij gecertificeerd te zijn<sup>14</sup> en volgt hij een inwerktraject.

◀ Figuur 2: Schematische weergave van werken in een reactor.

14 In dit geval het certificaat Adembescherming-C van de Stichting Industriële Reiniging.



Er zijn grofweg twee methoden om katalysatormateriaal te ontladen in een inerte atmosfeer. Bij de eerste methode wordt eerst het bovenliggende mangat geopend waarna het katalysatorbed wordt gecontroleerd en een camera boven het bed wordt gehangen. De duiker verlaat vervolgens de reactor of blijft op het bovenliggende *support grid*<sup>15, 16</sup>. Dan worden de *dump nozzles* geopend en op basis van de camerabeelden wordt ongeveer een meter hoogte aan katalysatormateriaal uit de reactor, via *free flow*, ontladen. De *dump nozzles* worden vervolgens gesloten waarna de duiker het katalysatorbed controleert en eventuele hoogteverschillen egaliseert. Vervolgens verlaat de duiker het betreffende bed of de reactor weer en worden de *dump nozzles* opnieuw geopend voor het ontladen van de volgende meter katalysatormateriaal. Dit proces herhaalt zich tot al het losliggende materiaal via *free flow* is verwijderd.

De tweede methode, vaak *blind dumping* (of blind ontladen) genoemd, is sneller. Daarbij worden de *dump nozzles* geopend voordat het mangat wordt geopend en wordt al het middels *free flow* te ontladen katalysatormateriaal uit de reactor ontladen. Er is op dat moment geen duiker in de reactor aanwezig. Het materiaal kan vervolgens direct naar een opwerkingsbedrijf getransporteerd worden, dat het oude katalysatormateriaal behandelt zodat het weer opnieuw gebruikt kan worden. Als het *free flow* ontladen is gestopt, ook na eventueel gebruik van *Cardox*, wordt het mangat geopend en gaat de duiker naar binnen om het vastzittende materiaal in de reactor los te pikken. Hij staat dan niet meer bovenop het katalysatormateriaal, maar op een punt waar hij vanaf de ladder bij kan, mogelijk omringd door tegen de wand samengekleefd materiaal. Als de duiker niet oppast, kan het katalysatormateriaal dan hoger reiken dan de duiker. Dit vormt een risico, omdat de duiker dan katalysatormateriaal op zich kan krijgen. Een extra risico bij deze manier van werken vormen de keramische ballen<sup>17</sup> onderin de reactor. Deze verkleven meestal niet en zijn daardoor eenvoudig op te zuigen. Als deze weggezogen worden, wordt echter ook een deel van de ondersteuning van het vastgekleefde katalysatormateriaal weggezogen. De hogere delen vastgekleefd katalysatormateriaal kunnen dan omvallen en in stukken breken. Als dat gebeurt, maakt dat het werk van een duiker eenvoudiger. Hij hoeft dan niet op slecht bereikbare plaatsen met een drillboor aan het werk maar kan het materiaal gewoon opzuigen.

### 2.2.2 Inerte atmosfeer

Tegen de tijd dat het voor zelfontbranding vatbare katalysatormateriaal ontladen moet worden, is het vervuild geraakt met brandbare componenten, wat de brandbaarheid van het materiaal verhoogt. Het katalysatormateriaal ontbrandt als het in contact komt met zuurstof. Om het achterblijvende katalysatormateriaal middels een betreding uit de reactor te ontladen moet deze geopend worden. Hierdoor kan zuurstofrijke buitenlucht in de reactor komen. Om te voorkomen dat het katalysatormateriaal ontbrandt als de reactor geopend wordt, moet het zuurstofpercentage in de reactor laag worden

---

15 Een *support grid* of ondersteuningsrooster is de vaste bodem waarop het katalysatormateriaal is aangebracht.

16 Of de duiker bij het openen van de *dump nozzles* de gehele reactor moet verlaten of dat hij zich tijdelijk kan terugtrekken op een hoger gelegen *support grid*, hangt af van de afspraken die hierover zijn gemaakt. Dit kan per bedrijf verschillen.

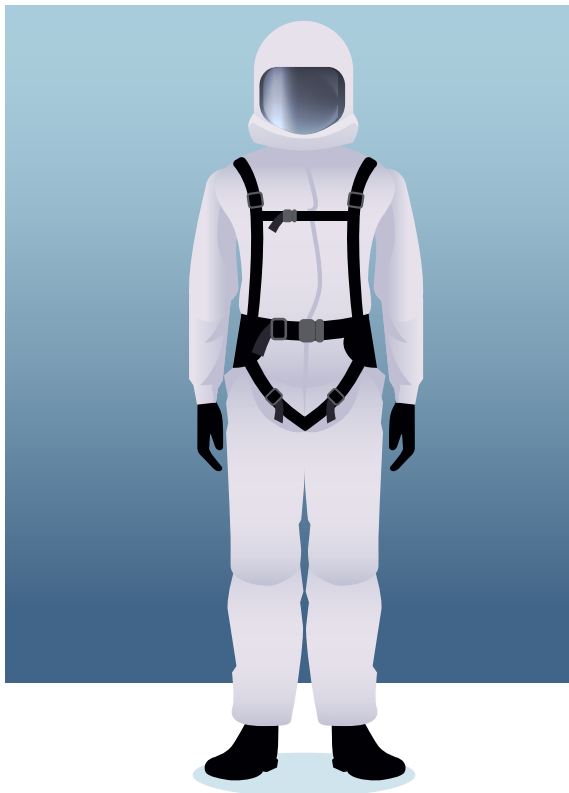
17 Deze zorgen voor een gelijkmatige verspreiding van de door de reactor lopende vloeistoffen.

gehouden. Dat gebeurt door de reactor al in een eerder stadium te vullen met een onbrandbaar (inert) gas dat voorkomt dat zuurstofrijke lucht in de reactor aanwezig kan zijn. Dit wordt inertiseren genoemd.

In een ruimte die gevuld is met stikstof is het niet mogelijk om zonder hulpmiddelen te ademen. Om in een dergelijke ruimte te verblijven is een ademluchtvoorziening vereist. Deze ademluchtvoorziening staat beschreven in paragraaf 3.1.1.

### 2.2.3 De duiker en zijn team

Volgens de procedure van Zeeland Refinery<sup>18</sup> wordt de duiker ondersteund door zijn duikteam.<sup>19</sup> Op de reactor staat de directe ondersteuning van de duiker, bestaande uit een *stand-by-operator* en een bordesveiligheidswacht. Onderaan de reactor staat de *Life Support Unit* (LSU), een soort mobiele controlekamer, die bemand wordt door een LSU-operator.<sup>20</sup> Deze drie collega's en de duiker houden via een open portofoonverbinding contact met elkaar en vormen aangevuld met een supervisor het duikteam. De LSU-operator heeft onder meer als taak om de toevoer van ademlucht en stikstof te bewaken en toe te zien op de veiligheid van de duiker in de reactor met behulp van een camerasysteem.



Het duikteam moet bij het betreden van de met stikstof geïnertiseerde ruimte de procedures in acht nemen, zoals deze in het contract en onderliggende documenten tussen Zeeland Refinery en T.I.M.E. zijn beschreven. Dat betekent onder meer voltallig aanwezig zijn en door middel van communicatieapparatuur met elkaar in verbinding staan. Het duikteam moet in dezelfde taal met elkaar kunnen communiceren. De bordesveiligheidswacht moet dezelfde taal spreken als de rest van het duikteam en moet ten behoeve van de communicatie met de medewerkers van Zeeland Refinery Nederlands of Engels spreken.<sup>21</sup>

◀ Figuur 3: Voorbeeld van een uitrusting van een duiker.

18 De informatie over het duikteam is afkomstig uit procedure 720-05 van Zeeland Refinery. Procedures bij andere olieraffinaderijen kunnen hiervan afwijken.

19 Zeeland Refinery N.V. en T.I.M.E. Services GmbH, Contract Z R-C -2017 - 1306 59-01: Bijlage 1 Procedures part 1.

20 Functiebenamingen kunnen variëren. Dit rapport sluit aan bij de benamingen zoals die in het contract tussen Zeeland Refinery en T.I.M.E. staan.

21 Zeeland Refinery N.V. en T.I.M.E. Services GmbH, Contract Z R-C -2017 - 1306 59-01: Bijlage 1 Procedures part 1.

## 2.3 Toedracht

### 2.3.1 De reactor

Een centraal onderdeel in het raffinageproces bij Zeeland Refinery is de *hydrocracker*-eenheid (unit 302DHC), die een reactie- en een fractionatiesectie kent.<sup>22</sup> In de reactiesectie vindt *hydrotreating* en *hydrocracking* plaats. Deze *hydrocracker*-eenheid bevat twee *hydrotreating* reactoren en één *hydrocracking* reactor. In deze zogenoemde multibedreactoren zijn meerdere katalysatorbedden aanwezig. *Hydrotreating*-reactor 302R03, de reactor waarin het voorval plaatsvond, heeft een binnendiameter van 4,1 meter, is aan de buitenkant circa 30 meter hoog en heeft drie katalysatorbedden (van bovenaf geteld; bed 3 is het onderste bed). De inlaat van de reactor heeft een interne diameter van 762 millimeter. De toegang naar zowel bed 2 als bed 3 heeft een minimale afmeting van 850 millimeter bij 750 millimeter.<sup>23, 24</sup>

Het ongeval vond plaats tijdens een *DHC Shutdown* bij Zeeland Refinery. De betreffende reactor is een van de drie reactoren van Zeeland Refinery die tijdens de *shutdown* door T.I.M.E. werden ontladen. Deze reactor is in 2020 door Zeeland Refinery in bedrijf genomen en zou voor het eerst ontladen worden. De reactor bevatte in totaal zo'n 231 m<sup>3</sup> verschillende soorten katalysatormateriaal met een totaal gewicht van ongeveer 214 ton.<sup>25, 26</sup> Een dagploeg en een nachtploeg wisselden elkaar bij het ontladen af.

Zeeland Refinery koos tot aan het ongeval ervoor om de reactor te inertiseren door deze met een continue aanvoer te vullen met stikstof (N<sub>2</sub>). Het toevoegen van stikstof zorgt voor een laag zuurstofpercentage in de reactor. Bij een zuurstofgehalte van 3 (volume)procent of minder is spontane ontbranding van het katalysatormateriaal volgens Zeeland Refinery en T.I.M.E. niet mogelijk. De atmosfeer in de reactor wordt dan een inerte atmosfeer genoemd. Ter controle worden het zuurstofpercentage en het stikstofpercentage voortdurend gemonitord.

---

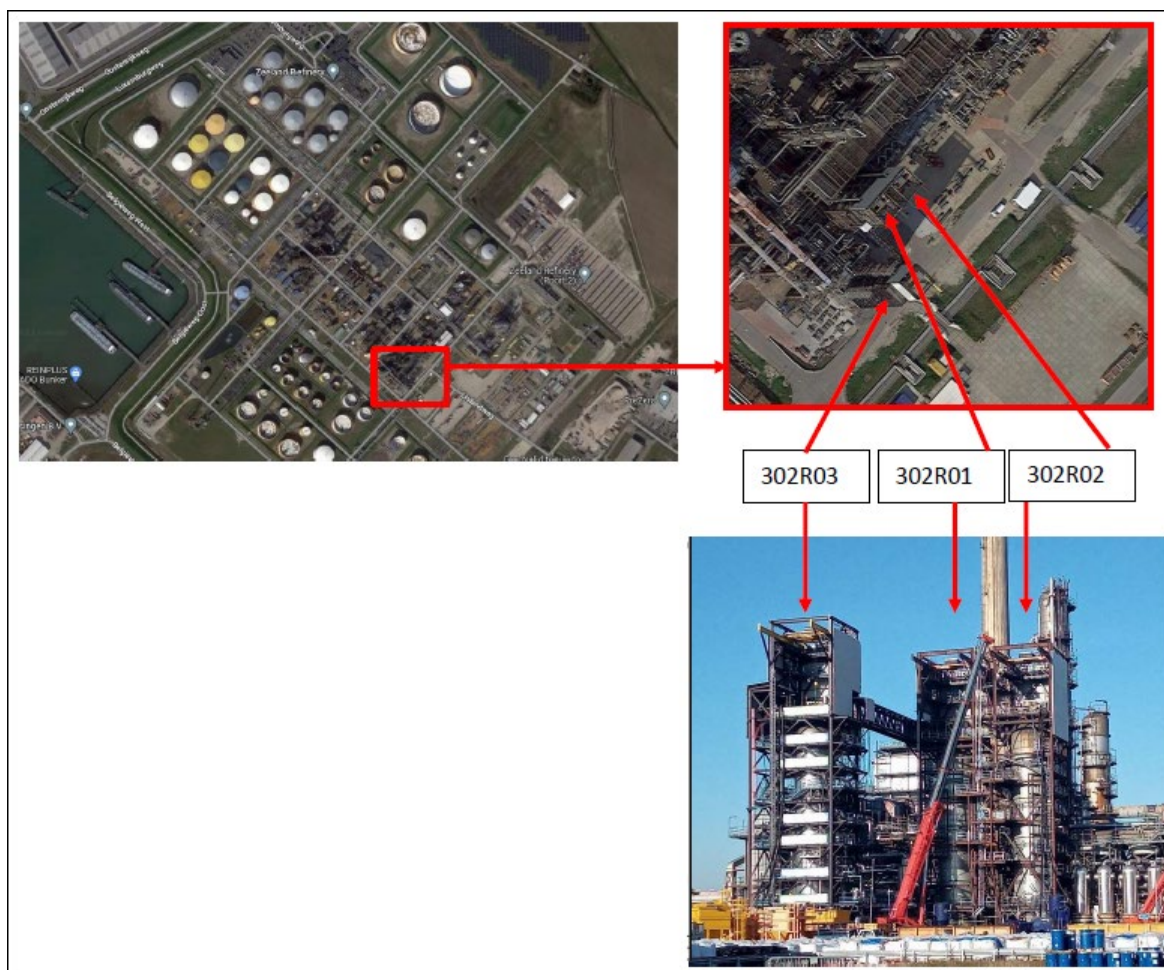
<sup>22</sup> Zeeland Refinery, Veiligheidsrapport herziening nummer 6, 1 maart 2023.

<sup>23</sup> De tray boven bed 1, bed 2 en bed 3 heeft een mangat van 850 bij 950 millimeter. Het *support grid* van bed 1 en bed 2 heeft een mangat van 1267 bij 750 millimeter. De *mixer* boven zowel bed 2 als bed 3 heeft een mangat van 950 bij 1345 millimeter.

<sup>24</sup> Zeeland Refinery, Technische tekening 67852-0002 'DHC unit 302R03 Reactor Internals'.

<sup>25</sup> Bed 1 bevatte 50,5 m<sup>3</sup>; bed 2 bevatte 65,4 m<sup>3</sup> en bed 3 115 m<sup>3</sup>.

<sup>26</sup> Zeeland Refinery, 2023 *Unloading scheme + checklist 302R03 pretreat reactor*, 4 november 2022.



▲ Figuur 4: De drie reactoren van de DHC-unit bij Zeeland Refinery. (Bron: Zeeland Refinery, Fatal accident 302R03 03/02/23, 06/04/2023)

### 2.3.2 Het werk

Voor het ontladen van de reactoren huurde Zeeland Refinery het daarin gespecialiseerde bedrijf T.I.M.E. in. Op 30 januari 2023 is T.I.M.E. gestart met voorbereidingen voor de katalysatorwerkzaamheden aan reactor 302R03.<sup>27</sup> Een deel van het katalysator materiaal op het derde bed van de betreffende reactor was verkleefd tot een harde, vastgekoekte laag. Vanwege die verkleving was het katalysator materiaal niet volledig via *free flow* te ontladen. Volgens betrokkenen werden de reactorbedden zo veel mogelijk blind ontladen. Vanaf het moment dat spontane *free flow* bij geen van de twee *dump nozzles* meer tot het gewenste resultaat leidde, zette T.I.M.E. *Cardox*<sup>28, 29</sup> in. In de nacht van 31 januari op 1 februari werden daarvoor de (schuif)afsluiters op de *dump nozzles* van de reactor gemonteerd en werd volgens T.I.M.E. 36 m<sup>3</sup> katalysator-

<sup>27</sup> T.I.M.E. Service, *Evaluation of accident sequence Zeeland Refinery on 03.02.2023 in unit 302, reactor R-03, lower bed 3* (2023).

<sup>28</sup> <https://ts-cat.com/technologie/> [laatst geraadpleegd op 19 december 2024] en <https://www.atd-cardox.com/>, [laatst geraadpleegd op 19 december 2024].

<sup>29</sup> Zeeland Refinery en T.I.M.E. hadden contractueel vastgelegd dat T.I.M.E. drie pogingen met *Cardox per dump nozzle* zou uitvoeren, om de *free flow* van katalysator materiaal weer op gang te krijgen. Bron: Zeeland Refinery N.V. en T.I.M.E. Services GmbH, Contract Z R-C -2017 - 1306 59-01: Bijlage 1 Scope of work.

materiaal na het gebruik van *Cardox free flow* ontladen.<sup>30</sup> Hierna bleek nog niet al het materiaal uit de reactor te zijn ontladen.

T.I.M.E. geeft aan dat de nachtploeg omstreeks 01.00 uur op 3 februari het mangat naar bed 3 opende. Rond 02.45 uur betrad een duiker het derde bed om het vastgekoekte materiaal los te pikken. Aan het einde van de nachtdienst was nog eens 21,6 m<sup>3</sup> materiaal weggehaald en werd volgens T.I.M.E. een zogenaamd vlak katalysatorbed, zo'n 4 meter onder het mangat, achtergelaten.<sup>31</sup> In de ochtend van 3 februari 2023 nam de dagploeg het ontladen van bed 3 over van de nachtploeg. Na aankomst bij de raffinaderij besprak de ploeg de laatste stand van zaken, had zij een korte *toolboxmeeting*<sup>32</sup> en wachtte ze op de benodigde werkvergunningen. De leden van de ploeg bepaalden onderling, in samenspraak met hun supervisor, hoe ze de rollen zouden verdelen. Het latere slachtoffer gaf volgens zijn collega's aan dat hij, net als de dag ervoor, als duiker in de reactor wilde werken. De supervisor ging hiermee akkoord. Daarna begaf de ploeg zich naar de reactor. Deze duiker betrad rond 08.45 uur de reactor en bereikte rond 09.00 uur het vastgekoekte materiaal op bed 3. T.I.M.E. schat in dat er op dat moment nog een laag van 4,7 meter hoog katalysator materiaal in de reactor aanwezig was, waarvan een deel vastgekoekt en een deel los.

De duiker pikte het katalysator materiaal los waarna dit materiaal via de *dump nozzles* werd ontladen. Tegen 10.00 uur was er een verdere 12,6 m<sup>3</sup> materiaal ontladen. Volgens de evaluatie van T.I.M.E. vroeg de LSU-operator de duiker omstreeks 10.30 uur het oppervlak weer vlak te maken.<sup>33</sup> Dat betekende dat hij omhoog had moeten gaan om van bovenaf het katalysator materiaal weer los te maken.

Verder gaven zijn teamgenoten aan dat de duiker kort voor het ongeval aan de LSU-operator vroeg om de *dump nozzles* te openen, zodat het losgebikte katalysator materiaal de reactor kon verlaten.

### 2.3.3 Het ongeval

Kort nadat de duiker had gevraagd de *dump nozzles* te openen vroeg hij de *dump nozzles* weer te sluiten, gevolgd door een roep om hulp (rond 11.15 uur). Hij gaf aan vast te zitten en zich niet meer te kunnen bewegen. De LSU-operator sloeg alarm. Daarop ging de *stand-by-operator* de reactor in en trof naar eigen zeggen onderaan de ladder de daaraan vastgemaakte veiligheidslijn van de duiker aan. Dit zou betekenen dat de duiker zichzelf had losgekoppeld van zijn veiligheidslijn. De *stand-by-operator* ging op zoek naar de duiker en vond na het wegscheppen van katalysator materiaal een hand

---

30 T.I.M.E. Service, *Evaluation of accident sequence Zeeland Refinery on 03.02.2023 in unit 302, reactor R-03, lower bed 3* (2023).

31 T.I.M.E. Service, *Evaluation of accident sequence Zeeland Refinery on 03.02.2023 in unit 302, reactor R-03, lower bed 3* (2023).

32 Tijdens een *toolboxmeeting* wordt het werk dat gedaan moet worden besproken. Daarbij wordt onder meer stilgestaan bij de veiligheid van het werk en de mensen die het werk doen. Daarvoor wordt bijvoorbeeld een LMRA (*last minute risk assessment*) gebruikt. Een LMRA is bedoeld om gevaren bij de start van de werkzaamheden te herkennen. Zodat een medewerker vervolgens actie kan ondernemen om deze gevaren weg te nemen. Specifieke werkzaamheden vragen om specifieke vragen in de LMRA. Voor meer informatie over de LMRA: <https://www.lerenvoorveiligheid.nl/onderzoek/lmra-helpen-safety-checks-bij-beter-herkennen-gevaaren> [laatst geraadpleegd op 19 december 2024].

33 T.I.M.E. Service, *Evaluation of accident sequence Zeeland Refinery on 03.02.2023 in unit 302, reactor R-03, lower bed 3* (2023).

van de duiker en de zogenaamde navelstreng, een slang waarin onder meer de ademluchtlijn is verpakt. Hij probeerde de duiker vrij te maken, maar er stroomde steeds weer los materiaal terug naar beneden waardoor de duiker telkens weer bedolven raakte. De *stand-by-operator* voelde dat er stof van het katalysatormateriaal zijn helm instroomde en kreeg moeite met ademen. Hij probeerde tevergeefs zijn helm strakker te zetten om dit tegen te gaan. Hierna besloot hij zijn reddingspoging te staken.<sup>34</sup> Een collega van hem stond inmiddels al klaar om de reactor in te gaan en de *stand-by-operator* af te lossen. Tijdens het afdalen in de reactor raakte zijn navelstreng verstrikt, naar eigen zeggen doordat die niet goed vanaf boven begeleid werd. Ook deze tweede collega moest, vanwege deze verstriking, de reactor verlaten zonder de redding te hebben uitgevoerd.

De supervisor van het team van reactor 3 haalde een collega van reactor 2 erbij die de duiker goed kende, uit dezelfde regio in Duitsland kwam en hetzelfde dialect sprak. Dit zou de communicatie met de duiker vergemakkelijken. De duiker vertelde zijn landgenoot via de open portofoonverbinding dat hij het zwaar had en dat hij in brand stond. Daarna stopte de communicatie met de duiker. Na de eerste twee afgebroken reddingspogingen ging een derde collega de reactor in om de duiker naar boven te halen. In eerste instantie kon hij de duiker niet vinden en werd hij geconfronteerd met een kolom van katalysatormateriaal waarlangs hij naar beneden moest. Hij moest bovendien rekening houden met de mogelijkheid dat deze kolom zou instorten. Uiteindelijk vond hij de duiker en probeerde hem samen met collega's die bovenop de reactor stonden omhoog te takelen aan zijn navelstreng. Dat lukte niet omdat er teveel katalysatormateriaal op het slachtoffer lag. Daarop besloot hij om met behulp van een vacuümslang katalysatormateriaal weg te zuigen. Dit lukte en hij bereikte het harnas van de duiker, waaraan hij de veiligheidslijn kon bevestigen. Zo kon de duiker alsnog met behulp van de lier bovenop de reactor omhoog getakeld worden. Eenmaal boven vertoonde de duiker geen teken van leven meer.

Rond 12.00 uur werd de duiker geborgen. De schouwarts stelde later vast dat de duiker door verbranding was overleden.



◀ *Figuur 5: De duiker is niet zichtbaar op de foto, maar bevindt zich volgens betrokkenen aan de onderzijde van de ladder. Naast de ladder is aangekoekt katalysatormateriaal zichtbaar. (Bron: Video T.I.M.E.)*

34 T.I.M.E. Service, *Draft investigation report*, 15 februari 2023.

### 2.3.4 Na het ongeval

Zeeland Refinery heeft het ongeval gemeld aan de Nederlandse Arbeidsinspectie (NLA). Daarna is een inspecteur diezelfde dag ter plaatse gegaan. Die heeft op grond van artikel 28 van de Arbeidsomstandighedenwet het werk aan de reactor laten stilleggen. Zeeland Refinery en T.I.M.E. hebben in de dagen daarna een nieuwe werkmethode geformuleerd en deze voorgelegd aan de NLA.<sup>35</sup> Deze nieuwe werkmethode had onder meer als uitgangspunten om te ontladen zonder inerte betreding en zo veel als mogelijk te ontladen zonder entree van personen in besloten ruimtes onder atmosferische condities. Om het resterende katalysatormateriaal te ontladen was het voorstel om eerst *free flow* te ontladen, bevorderd door de *Cardox*-techniek. Vervolgens volgden een fase van hogedrukreiniging en lagedrukreiniging. In deze laatstgenoemde fase zou de reactor gevuld worden met water tot boven het restant van het katalysatormateriaal. Dit zou volgens het voorstel voorkomen dat het resterende katalysatormateriaal tot zelfverhitting zou kunnen komen zodra de reactor belucht werd. De werkmethodeverklaring werd door de NLA op 17 februari 2023 goedgekeurd waarna de stillegging werd opgeheven. De werkzaamheden werden hervat en de reactor verder ontladen. Tijdens de uitvoering bleek het mogelijk de reactor volledig door middel van *free flow* en *Cardox* te ontladen. De reactor is daarna gevuld met nieuw katalysatormateriaal en in gebruik genomen.

Het Openbaar Ministerie besloot om een strafrechtelijk onderzoek in te stellen naar het ongeval. Zeeland Refinery en T.I.M.E. voerden beide een eigen onderzoek uit naar de toedracht van het voorval, waarbij Zeeland Refinery zich voor zijn rapport onder andere heeft gebaseerd op informatie van T.I.M.E.

Na het voorval besloot TotalEnergies om op geen van zijn raffinaderijen nog te ontladen door middel van een inerte betreding. Zeeland Refinery heeft dit besluit overgenomen. T.I.M.E. heeft na het voorval onder meer bekeken of de veiligheidslijn op een manier bevestigd kan worden, zodat deze door de duiker niet meer los te maken is. Het bedrijf is bovendien aan de slag gegaan met de ontwikkeling van alternatieve manieren van ontladen.

---

<sup>35</sup> Zeeland Refinery, *Plan van Aanpak: werkmethodeverklaring 302R01*. Ref. nr. ZR-2023-02-12-M01, 12 februari 2023.

## 3 ANALYSE

---

De reactor waarin de duiker werkte toen het ongeval plaatsvond was gevuld met stikstof, waardoor er sprake was van een zuurstofarme en dus inerte atmosfeer. Dit was gedaan om ervoor te zorgen dat het katalysatormateriaal niet zou ontbranden. De consequentie van deze maatregel is dat de duiker afhankelijk was van een ademluchtvoorziening. Het is immers niet mogelijk om zonder ademluchtvoorziening te overleven in een inerte atmosfeer.<sup>36</sup>

Bij een noodsituatie tijdens het werken in de reactor moet de duiker zo snel mogelijk naar boven om de reactor te verlaten. Daarbij geldt dat, hoe dieper de duiker in de reactor is, hoe langer het duurt om boven te komen. In het geval de duiker niet zelfstandig uit de reactor kan komen, is hij aangewezen op zijn collega's om hem te redden. Bij het ongeval bij Zeeland Refinery zijn twee reddingspogingen afgebroken. Dat had te maken met een aantal risicoverhogende factoren en het laat zien dat het uit de reactor halen van de duiker als laatste redmiddel bij dit ongeval niet heeft gefunctioneerd.

Het ongeval bij Zeeland Refinery staat niet op zichzelf. Verderop in deze analyse benoemen we een aantal andere voorvallen die bij het ontladen van reactoren hebben plaatsgevonden, waarvan drie met fatale afloop. Niet alleen Zeeland Refinery en T.I.M.E. werken namelijk met een betreding onder inerte atmosfeer. Ook andere bedrijven werken op deze manier. Om die reden gaat deze analyse niet alleen over het ongeval bij Zeeland Refinery, maar ook over het hierboven beschreven werk in het algemeen en de gebruiken daaromtrent in deze sector. Op die manier wil de Onderzoeksraad lessen trekken die de veiligheid in de gehele sector ten goede komen.

### 3.1 Veiligheidsrisico's bij inerte betredingen in reactoren

Het betreden van een reactor om onder een inerte atmosfeer katalysatormateriaal te verwijderen brengt risico's op het gebied van arbeidsveiligheid met zich mee. Om deze risico's te beheersen zijn preventieve en mitigerende maatregelen noodzakelijk. De preventieve maatregelen, zogenaamde barrières, kunnen technisch of organisatorisch van aard zijn. Indien deze barrières ineffectief blijken en een voorval zich toch voordoet, zijn mitigerende maatregelen nodig om de potentiële gevolgen van het voorval zo goed mogelijk te ondervangen.

---

<sup>36</sup> Deze onafhankelijke ademlucht is ook de meest effectieve bescherming tegen andere schadelijke dampen in de reactor.



De Onderzoeksraad identificeert vier risico's die verbonden zijn aan een betreding van een reactor onder inerte atmosfeer om vastgekleefd katalysatormateriaal te ontladen: verstikking, vallen, bedelving en verbranding. In deze paragraaf beschrijven we de analyse van deze vier risico's. Per risico gaan we in op welke maatregelen genomen zijn om het risico te beheersen en of (en hoe) het risico tijdens het voorval een rol speelde. De paragraaf sluit af met een beschrijving van het werken in een besloten ruimte, wat effect heeft op met name de vlucht- en reddingsmogelijkheden.

### 3.1.1 Verstikking

Het katalysatormateriaal dat de duiker uit de reactor moet halen, kan bij contact met zuurstof heet worden (exotherm reageren) en in combinatie met de aanwezige vervuiling kan dit tot brand leiden. Dit wordt voorkomen door de reactor te vullen met stikstof en daarmee het zuurstofpercentage in de reactor onder de 3 procent te houden.<sup>37</sup> Het zuurstofpercentage moet zo laag blijven om ontbranding te voorkomen en wordt daarom voortdurend vanuit de *Life Support Unit* (LSU) gemonitord.<sup>38</sup> Wanneer het zuurstofpercentage boven de 3 procent komt<sup>39</sup> (de zuurstofmeting komt dan in alarm) moet de duiker de reactor direct verlaten. Het onder stikstof houden van de reactor draagt ook bij aan het beheersen van de temperatuur in de reactor, die eveneens voortdurend wordt gemonitord.<sup>40</sup> Op het moment dat de temperatuur in de reactor boven de 40 graden Celsius komt, of wanneer oppervlakten zoals katalysatormateriaal of trays<sup>41</sup> warmer zijn dan 45 graden Celsius, moet de duiker de reactor verlaten.

De inerte atmosfeer vormt behalve een barrière tegen het ontbranden van de katalysator en tegen het ontstaan van een explosieve atmosfeer ook een gevaar voor de duiker. Mensen kunnen hooguit enkele minuten zonder zuurstof en het inademen van een paar ademteugen stikstof kan al fataal zijn. Hieruit volgt dat, zodra de ademluchtvoorziening faalt, de overlevingskansen van een persoon zeer laag zijn als de betrokkene niet binnen enkele minuten uit de reactor is.<sup>42</sup>

#### *Beheersmaatregelen*

Vanwege het verstikkingsgevaar voorziet T.I.M.E. de duiker van adembescherming op een manier die overeenkomt met het handboek *Adembescherming* van de Stichting Industriële Reiniging (SIR).<sup>43</sup> Het hoofd van de duiker is omsloten met een ademluchthelm. Twee slangen voeden deze helm met ademplucht vanuit flessen onder druk die bij de LSU staan. In een normale situatie zorgt de eerste adempluchtslang voor de aanvoer van ademplucht. De tweede adempluchtslang fungeert als *back up* hiervoor. Deze wordt door de eventueel wegvallende druk van de eerste adempluchtslang geactiveerd. Beide slangen lopen door de zogenoemde 'navelstreng' die via de riem met de ademluchthelm van de duiker verbonden is. Wanneer ook de tweede

---

<sup>37</sup> Zeeland Refinery, Procedure 720-05, Betreden van met stikstof geïnertiseerde ruimten. 17 juni 2021.

<sup>38</sup> Zeeland Refinery, Procedure 720-05, Betreden van met stikstof geïnertiseerde ruimten. 17 juni 2021.

<sup>39</sup> Dit kan bijvoorbeeld gebeuren als de stikstoftoevoer stopt, of wanneer er abusievelijk zuurstofrijke lucht de reactor instroomt bij het openen van de *dump nozzles*.

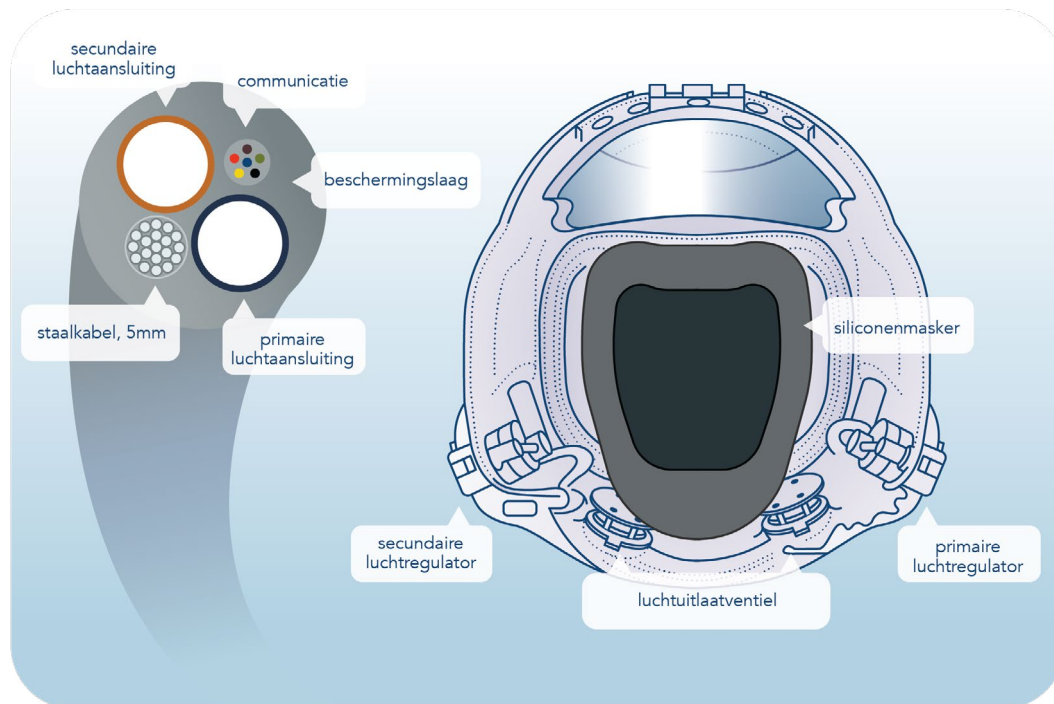
<sup>40</sup> Zeeland Refinery, Procedure 720-05, Betreden van met stikstof geïnertiseerde ruimten. 17 juni 2021.

<sup>41</sup> Met een tray wordt de verdeelschotel bedoeld die zich boven elk katalysatorbed bevindt.

<sup>42</sup> Advies medische noodsituatie onder stikstof aan SIR, 25 april 2023; en <https://www.arboportaal.nl/onderwerpen/verstikkingsgevaar> [laatst geraadpleegd op 20 februari 2024].

<sup>43</sup> SIR, Ademplucht C: sir-safe.nl [laatst geraadpleegd op 30 januari 2024].

adempluchtslang niet functioneert, kan de duiker gedurende enkele minuten gebruikmaken van een adempluchtfles van enkele liters, die hij bij zich draagt. Dit is de tweede *back up*. Zodra de toevoer van de eerste adempluchtslang het begeeft, treedt de noodprocedure in werking en moet de duiker de reactor verlaten. In onderstaande figuur 6 zijn de navelstreng en de adempluchthelm schematisch weergegeven.



▲ Figuur 6: Doorsnede van een navelstreng en een adempluchthelm met luchtaansluitingen en luchtuitlaatventiel.

Om te voorkomen dat de duiker zijn adempluchthelm afdoet als hij in paniek is, maakt T.I.M.E. gebruik van adempluchthelmen die zo ontworpen zijn dat een duiker die niet zelfstandig kan afzetten, maar daarvoor de hulp nodig heeft van een collega. Het afzetten van een adempluchthelm in een stikstofatmosfeer kan immers direct tot de dood leiden. Het gevaar van een inerte omgeving blijkt uit het voorbeeld hieronder.

### **Dodelijk ongeval in Porvoo, Finland (2010)**

In 2010 vond een ongeval plaats in Porvoo, Finland, waarbij twee medewerkers van T.I.M.E. betrokken waren. Op 23 april 2010 was T.I.M.E. klaar met het ontladen van een reactor onder inerte atmosfeer. Na afronding van het ontladen vond een inspectie plaats, waarvoor iemand de reactor betrad onder normale atmosfeer. Na deze inspectie kon de reactor weer beladen worden met nieuw katalysatormateriaal, wederom onder inerte atmosfeer. Hiermee begon de dagploeg, die de reactor weer vulde met stikstof en een eerste deel van de reactor weer laadde met katalysatormateriaal. Om 19.00 uur werd deze ploeg afgelost door de avondploeg. Van deze ploeg betrad een technicus zonder de juiste uitrusting, dus ook zonder adempluchtoorziening, de reactor. Deze technicus was in de veronderstelling dat de reactor zich onder normale atmosfeer bevond. De technicus zat vast aan een veiligheidslijnen en verloor na twee meter zakken het bewustzijn. Het

lukte niet de man aan de veiligheidslijn omhoog te takelen, want hij had de lijn niet op borsthoogte maar aan zijn heup vastgemaakt. Om die reden ging een tweede technicus de reactor in, nog steeds in de veronderstelling dat deze onder normale atmosfeer was. Ook hij verloor direct het bewustzijn. Direct daarna werden beide medewerkers uit de reactor gehaald. Beide mannen werden overgebracht naar het ziekenhuis en in een kunstmatige coma gehouden. De tweede man is volgens T.I.M.E. weer volledig hersteld. De eerste man had dusdanig hersenletsel dat hij in oktober 2010, bijna zes maanden na het ongeluk, is overleden.<sup>44</sup>

#### *Relatie tot het voorval*

Tijdens het voorval was er een inerte atmosfeer in de reactor waar de duiker aan het werk was. Deze inerte atmosfeer was noodzakelijk om opwarming en daarmee mogelijk ontbranding van het vervuilde katalysatormateriaal te voorkomen. Om adem te kunnen halen in de inerte atmosfeer droeg de duiker een ademluchthelm. De gevoeligheid voor ontbranding van het materiaal en de zuurstof in de ademplucht hebben ervoor gezorgd dat dit ongeval een fatale afloop kende. In paragraaf 3.1.3 wordt ingegaan op de bedelving.

### **3.1.2 Valgevaar**

Reactoren zijn er in verschillende soorten en maten en variëren van enkele meters hoog tot tientallen meters hoog. Bij het ontladen van een reactor werkt de ploeg van boven naar beneden. De duiker daalt, naarmate het werk vordert, steeds dieper af in de reactor. Sommige bedrijven laten een duiker aan een kabel afzakken in de reactor, terwijl bij andere bedrijven de duiker afdaalt langs een ladder. Bij het afdalen en bestijgen van een ladder bestaat de kans dat een medewerker zich verstart. Dit is de eerste vorm van valgevaar.

De andere vorm van valgevaar heeft te maken met de stabiliteit van de laag katalysatormateriaal (de 'vloer'). Als gevolg van de manier van het via *dump nozzles* ontladen, kan deze vloer instabiel geworden zijn, bijvoorbeeld doordat zich een holle ruimte heeft gevormd onder deze vloer. Als de duiker zijn werkzaamheden uitvoert, staat hij soms op dit katalysatormateriaal, maar als dit materiaal instabiel is, kan een duiker in zo'n holle ruimte zakken of kan het materiaal plotseling gaan schuiven, waardoor de duiker kan vallen. De grootte van dit risico is afhankelijk van de manier waarop het katalysatormateriaal gedumpt is (zie blauw kader in paragraaf 3.4.2).

#### *Beheersmaatregelen*

Werknemers, werkgevers en opdrachtgevers binnen de sector onderkennen het gevaar van vallen tijdens een inerte betreding. Daarom is, onder meer via branchevereniging SIR, procedureel vastgelegd dat een duiker continu voorzien moet zijn van een lijn met valbeveiliging. Deze veiligheidslijn is verbonden met een lier die bovenop de reactor staat. Net als bij een autogordel geeft dit systeem mee bij rustige bewegingen, maar blokkeert het bij een abrupte beweging. Daarmee voorkomt het dat een duiker kan vallen. De veiligheidslijn is aan de rugzijde aan het harnas van de duiker bevestigd om

---

44 T.I.M.E. Service, *Accident report and consequences*, zonder datum.

te voorkomen dat een duiker deze losmaakt. Meerdere deskundigen op het gebied van inerte betredingen geven aan dat het losmaken van de lijn aan de rugzijde wel mogelijk is, mits de duiker lenig genoeg is.

Om de kans op het vallen in een kuil te verkleinen wordt de temperatuur van de thermokoppels gemonitord. Een lokale temperatuur van een graad lager is een indicatie van een holle ruimte onder een oppervlaktelaag van katalysatormateriaal.<sup>45</sup>

#### *Relatie tot het voorval*

De duiker die in de ochtend van 3 februari 2023 bij Zeeland Refinery reactor 302R03 betrad, maakte gebruik van een ladder. Bij het binnengaan in de reactor was hij door zijn collega aan een veiligheidslijn bevestigd. Na het ongeval hebben zijn collega's verklaard dat het slachtoffer niet meer aan zijn veiligheidslijn bevestigd was op het moment dat het ongeval plaatsvond, maar dat hij deze lijn aan de ladder vastgemaakt had.

De Onderzoeksraad heeft niet kunnen achterhalen of het ontkoppelen van de veiligheidslijn heeft bijgedragen aan het ontstaan van het ongeval. Het is niet duidelijk of de duiker boven het katalysatormateriaal aan het werk was noch hoe de bedelving door het katalysatormateriaal was ontstaan. De beschikbare camerabeelden geven geen uitsluitsel daarover.

### **3.1.3 Bedelving**

Het katalysatormateriaal in de reactor bestaat uit kleine pellets waarop de werkzame stof in het kraakproces – de feitelijke katalysator – is aangebracht. Deze pellets kunnen onder invloed van de zwaartekracht gaan schuiven. In een reactor waarvan het katalysatormateriaal vervangen moet worden, is vaak een deel van die pellets aan elkaar gekleefd tot harde brokken in de vorm van pilaren of aangekoekt tegen de wand. Onder invloed van de werkzaamheden in de reactor en van de zwaartekracht kunnen deze brokken onverwacht los komen, uit elkaar vallen en op de duiker terecht komen. De duiker kan zodoende bedolven raken onder dit katalysatormateriaal. Bedelving kan leiden tot direct letsel zoals kneuzingen en breuken en is problematisch op het moment dat de duiker zich niet zelfstandig kan bevrijden als hij onder een grotere laag katalysatormateriaal ligt.

Het risico op bedelving is extra groot als de inerte betreding vooraf wordt gegaan door blind ontladen<sup>46</sup> van het katalysatormateriaal. Na het blind ontladen blijven meestal pilaren van verkleefd katalysatormateriaal in de reactor achter, zowel in het midden als aan de wanden van de reactor. Door die pilaarvorming is er geen vlakke ondergrond waarop de duiker kan staan. Naast een plek waar een duiker wel kan staan reiken vaak nog pilaren van katalysatormateriaal tot hoger dan de duiker lang is, in ieder geval hoger dan heuphoogte van de duiker. Om die reden kan er na blinde ontlading een

---

<sup>45</sup> Zeeland Refinery N.V. en T.I.M.E. Services GmbH, Contract Z R-C -2017 - 1306 59-01: Bijlage 1 Procedures part 2, procedure 740-12.

<sup>46</sup> Bij blind ontladen stroomt het katalysatormateriaal uit de *dump nozzles* zonder dat gecontroleerd wordt of het katalysatormateriaal vlak blijft. Bij blind ontladen bestaat er een grote kans op het ontstaan van hoogteverschillen in het katalysatormateriaal, zoals pilaren.

tegenstrijdigheid ontstaan tussen de intentie om het resterende katalysatormateriaal handmatig te verwijderen en het voorschrift dat katalysatormateriaal tot maximaal heuphoogte mag komen.

Het dumpen van katalysatormateriaal terwijl de duiker nog aanwezig is op het bed waar gedumpt wordt, vergroot het risico op bedelving. Doordat er katalysatormateriaal wegstroomt, kunnen reeds gevormde pilaren instabiel worden en omvallen.

### *Beheersmaatregelen*

Om het risico op bedelving te reduceren gelden er verschillende werkinstructies. Allereerst moet de duiker vooraf controleren of de bovenzijde van het reactorbed veilig betreden kan worden.<sup>47</sup> In het geval katalysatormateriaal aangekoekt is, moet eerst een *Cardox*-exercitie uitgevoerd worden langs de bovenzijde van de reactor. Het katalysatormateriaal moet vervolgens gelijkmatig worden verwijderd, waarbij de duiker niet verder dan heuphoogte onder het nog aanwezige katalysatormateriaal mag werken.<sup>48</sup> Dat wil zeggen: het katalysatormateriaal dat nog aanwezig is, bijvoorbeeld omdat het aangekoekt is aan de wand of in de vorm van een pilaar, moet van bovenaf door de duiker verwijderd worden, voordat hij verder mag afdalen. Als er voldoende zicht is in de reactor, kan de LSU-operator dit door middel van camera's controleren. De werkinstructie die onderdeel uitmaakt van het contract schrijft voor dat de duiker de reactor moet verlaten zodra katalysatormateriaal gedumpt wordt.<sup>49</sup>

Volgens meerdere gesprekspartners van de Onderzoeksraad uit de gehele sector is iedereen die dit werk doet bekend met het voorschrift dat katalysatormateriaal niet tot boven heuphoogte mag komen om bedelving te voorkomen. Dat risico van het niet naleven ervan is eveneens bekend. Tegelijkertijd geven meerdere betrokkenen aan dat het reëel is om gedesoriënteerd te raken in een reactor. Daardoor is er een kans dat de eigen positie ten opzichte van het katalysatormateriaal verkeerd wordt ingeschat. In een instructie voor duikers waarschuwt T.I.M.E. dat tijdens het werk in een reactor zowel fysieke als psychische stress kan ontstaan.<sup>50</sup> Om de duiker te behoeden voor een verkeerde inschatting staat hij volgens procedure 720-05 onder toezicht van de LSU-operator.<sup>51</sup> De LSU-operator moet zich, naast het radiocontact dat hij heeft met de duiker, op basis van camerabeelden een beeld vormen van de gang van zaken in de reactor.

### *Relatie tot het voorval*

De duiker is bedolven geraakt onder een laag katalysatormateriaal en verrichte voorafgaand aan dat voorval 2,5 uur zwaar werk in een warme<sup>52</sup>, donkere en stoffige ruimte, afgesloten van de buitenwereld en zonder duidelijke oriëntatiepunten. Het

---

<sup>47</sup> De werkwijze is vastgelegd in het contract tussen Zeeland Refinery en T.I.M.E. Bron: Zeeland Refinery N.V. en T.I.M.E. Services GmbH, Contract Z R-C -2017 - 1306 59-01: Bijlage 1 Procedures part 2, procedure 740-12.

<sup>48</sup> Zeeland Refinery N.V. en T.I.M.E. Services GmbH, Contract Z R-C -2017 - 1306 59-01: Bijlage 1 Procedures part 2, procedure 740-12.

<sup>49</sup> Zeeland Refinery N.V. en T.I.M.E. Services GmbH, Contract Z R-C -2017 - 1306 59-01: Bijlage 1 Procedures part 1.

<sup>50</sup> T.I.M.E., Instruction: *Entering the reactor under nitrogen atmosphere*, T11, 26 april 2022.

<sup>51</sup> Zeeland Refinery N.V. en T.I.M.E. Services GmbH, Contract Z R-C -2017 - 1306 59-01: Bijlage 1 Procedures part 1.

<sup>52</sup> Er zijn geen meetgegevens beschikbaar van de temperatuur in de reactor ten tijde van het incident. Sommige betrokkenen schatten de temperatuur op 25 of 30 graden Celsius. Volgens procedure mag de reactor niet betreden worden bij een temperatuur van 40 graden Celsius of hoger.

opdwarrelende stof dat afkomstig was van losgebikt katalysatormateriaal zorgde voor slecht zicht vanuit de LSU op het werk in de reactor waardoor deze camerabeelden nauwelijks bijdroegen aan een goede beeldvorming. Via een portofoonverbinding had de duiker wel contact met de LSU-operator, de *stand-by-operator* en de bordesveiligheidswacht, maar in de praktijk had geen van zijn collega's continu een goed zicht op wat er in de reactor gebeurde en waren zij voor hun beeldvorming grotendeels afhankelijk van de berichtgeving van de duiker. In de praktijk was de duiker dan ook grotendeels autonoom in het uitvoeren van zijn werkzaamheden. Het is niet bekend waarom de duiker niet hoger ging werken toen de LSU-operator vroeg om het oppervlak weer vlak te maken, zoals in het evaluatierapport van T.I.M.E. staat vermeld.<sup>53</sup> Het is aannemelijk dat er door het eerdere blind ontladen geen hoger gelegen vlakke ondergrond was waarop hij kon staan. Het beeldmateriaal ondersteunt deze aanname.

Kort voor het ongeval vroeg de duiker volgens zijn collega's om de *dump nozzles* te openen, zonder dat hij eerst naar buiten kwam. Zijn collega's wisten dat deze manier van werken risicovol is, maar zij gaven toch gehoor aan zijn verzoek. De werkinstructie schrijft bovendien voor dat de duiker de reactor dient te verlaten wanneer er gedumpt wordt. Het is niet vast komen te staan of de duiker zich op een hoger gelegen bed bevond toen zijn collega's de *dump nozzles* openden. De Onderzoeksraad vindt het opmerkelijk dat de *dump nozzles* werden geopend terwijl de duiker mogelijk nog op het onderste bed aanwezig was. Dit gaat immers tegen de voorschriften in. Volgens de betrokken medewerkers was een belangrijke motivatie om de voorschriften niet na te leven dat de duiker zeer ervaren was en wellicht de situatie beter kon inschatten dan het slechte camerazicht toeliet. Kort na deze dumping vond het ongeval plaats. Het is niet vast komen te staan welke relatie er was tussen deze dumping en het ongeval.

### 3.1.4 Verbranding

Bij bedelving door katalysatormateriaal ontstaat een risico op verbranding. De lucht die de duiker uitademt komt via daartoe aangebrachte ventielen aan de onderzijde van zijn helm in de reactor terecht. Deze uitgeademde lucht bevat nog zo'n 16 procent zuurstof. Het inertiseren van de reactor met stikstof voorkomt dus niet dat er in de omgeving van de ademluchthelm een verhoogd zuurstofpercentage aanwezig is. In de situatie dat een duiker op de laag katalysatormateriaal staat, vormt dit verhoogde zuurstofpercentage geen probleem. De uitgeademde lucht mengt zich direct met het stikstofgas in de reactor en draagt dan nauwelijks bij aan het zuurstofpercentage in de reactor. Het wordt echter problematisch als de uitgeademde ademlucht direct in contact komt met het vervuilde katalysatormateriaal, zoals bij bedelving door dat materiaal. In dat geval kan het vervuilde katalysatormateriaal tot ontbranding komen. In het geval van bedelving is er nog een andere mogelijkheid waarop ademlucht het katalysatormateriaal bereikt. Door de bedelving kan de helm dusdanig beschadigd raken dat de helm lek raakt en de ademlucht daardoor ontsnapt en in de reactor bij het katalysatormateriaal komt.

---

<sup>53</sup> T.I.M.E. Service, *Evaluation of accident sequence Zeeland Refinery on 03.02.2023 in unit 302, reactor R-03, lower bed 3* (2023).

### *Beheersmaatregelen*

Een manier om brand door ademlucht te voorkomen is voldoende afstand houden tussen de eigen uitgeademde lucht en het katalysatormateriaal. Het werkvoorschrift dat de duiker zich altijd boven het katalysatormateriaal dient te bevinden, in ieder geval niet dieper dan heuphoogte, zorgt voor deze afstand. Om die beoordeling goed te kunnen maken is het van belang dat de duiker goed zicht heeft op al het katalysatormateriaal en dat de oriëntatie in de reactor goed is. Dat blijkt, zoals eerder beschreven, niet altijd het geval te zijn.

Een andere manier om brand door ademlucht te voorkomen is het uit de reactor geleiden van deze uitgeademde lucht. Dat zou betekenen dat de lucht niet via ventielen in de helm de reactor instroomt, maar via een slang weer naar boven wordt geleid, de reactor uit.

### *Relatie tot het voorval*

Bij het ongeval bij Zeeland Refinery is de duiker bedolven geraakt onder katalysatormateriaal. De zuurstof in zijn uitgeademde lucht kwam in contact met het vervuilde katalysatormateriaal, waarop brand is ontstaan. Na het ongeval heeft een forensisch arts vastgesteld dat het slachtoffer door verbranding is overleden.

#### **Dodelijk ongeval in Lingen, Duitsland (2014)**

Het ongeval bij Zeeland Refinery vertoont gelijkenissen met een voorval uit 2014 in een reactor van een andere olieraffinaderij in het Duitse Lingen met eveneens een dodelijke afloop. Ook in Lingen kwam de duiker onder katalysatormateriaal terecht, waarbij het materiaal tot ontbranding kwam als gevolg van het contact met de uitgeademde lucht. Hoewel de duiker bij het ongeval in Lingen wel verbonden was met zijn veiligheidslijn kon hij, vanwege de hoeveelheid katalysatormateriaal waaronder hij bedolven was, niet omhoog getakeld worden.

In 2004 vond in Antwerpen een vergelijkbaar voorval plaats. Destijds kon de medewerker, hoewel verbrand, op eigen kracht de reactor verlaten.

### **3.1.5 Besloten ruimte**

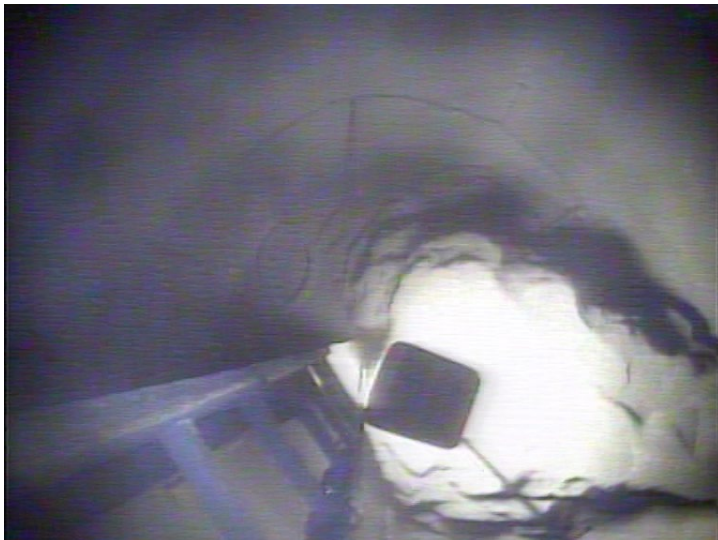
Volgens de definitie van het Arbo-informatieblad 5 is een besloten ruimte: 'Een gesloten of deels open omgeving met een al dan niet vernauwde toegang, die niet is ontworpen voor het verblijf van personen en waar activiteiten plaatsvinden die risico's met zich meebrengen op het gebied van veiligheid, gezondheid en welzijn.'<sup>54</sup>

Het werken in een besloten ruimte kan worden bemoeilijkt door beperkte ruimte en beperkt zicht, waardoor een werknemer gedesoriënteerd kan raken. Het grootste

---

<sup>54</sup> Hoewel de term besloten ruimte nog veel gebruikt wordt, ook in dit rapport, spreekt de Nederlandse Arbeidsinspectie van werkzaamheden in een ruimte of omgeving waar gevaar kan zijn voor verstikking, bedwelmig, vergiftiging, brand of explosie (VBVBE). Dat gaat niet alleen over mogelijk krappe, slecht toegankelijke ruimten (veelal besloten ruimte genoemd) maar over alle omgevingen waar een dergelijk gevaarlijke omgeving aanwezig kan zijn.

gevaar van een besloten ruimte schuilt echter in de beperkte vluchtmogelijkheden van de ruimte. In een situatie waarin een werknemer de ruimte snel moet kunnen verlaten, is zijn ontvluchting beperkt tot de, vaak enige, toegang. Wanneer hij gered moet worden, wordt ook die redding mogelijk bemoeilijkt door een beperkte bewegingsruimte, slecht zicht en de enkele toegang.



◀ *Figuur 7: Een impressie van de binnenkant van een reactor met vastgekleefd katalysatormateriaal. (Bron: video T.I.M.E.).*

#### *Beheersmaatregelen*

Om de ontvluchting van een besloten ruimte, zoals een reactor, te bespoedigen wordt gebruik gemaakt van een veiligheidslijn. Ook wordt gewerkt met communicatie-apparatuur om mogelijk levensreddende handelingen van binnen en buiten de reactor op elkaar af te stemmen.

#### *Relatie tot het voorval*

Het feit dat de reactor een besloten ruimte is, heeft met name invloed gehad op de ernst van het voorval. De vluchtweg vanaf het onderste bed van reactor 302R03 voert door drie mangaten, die recht boven elkaar geplaatst zijn. Door deze mangaten lopen ook de kabels voor de apparatuur, de navelstreng en de veiligheidslijn van de duiker. De tweede reddingspoging werd afgebroken omdat de navelstreng verstrikt raakte met andere kabels. Omdat de duiker in het onderste bed lag en meerdere mangaten gepasseerd moesten worden, bemoeilijkte dit een snelle redding.



### **Dodelijk ongeval in Le Havre, Frankrijk (2021)**

Een medewerker van een industrieel reinigingsbedrijf ging bij een olieraffinaderij een reactor in om een restlading katalysatormateriaal onderin de reactor te verwijderen. Het was een oude reactor die daarna uit bedrijf zou worden genomen. De reactor had een verticaal mangat van ongeveer 45 centimeter in diameter. De duiker werd aan een staalkabel en met een lierconstructie naar binnen gelaten, aangezien het smalle mangat het gebruik van een ladder niet mogelijk maakte. Op het moment dat de duiker onder een tussenbodem in de reactor was, viel de communicatie met hem weg. Hij hoorde zijn collega's buiten de reactor nog wel, maar zij hoorden hem niet meer. De communicatie verliep een korte periode door middel van ja/nee-vragen, waarop de duiker antwoordde door aan de navelstreng te trekken. Twee keer trekken was ja, één keer trekken was nee. Totdat ook deze communicatie wegviel. Toen zijn collega's een camera naar beneden lieten zakken, zagen ze de duiker bewegingsloos rondtollen aan zijn kabel. Om de duiker uit de reactor te halen heeft de reddende collega een arm van de duiker aan de kabel vastgebonden, zodat deze met schuine schouders naar boven kon. Dit was de enige manier waarop de helm met de schouderconstructie door het mangat paste. Dat was vooraf zo afgesproken en geoefend.

Ook deze duiker is overleden. Voor de betrokken partijen is onbekend wat de doodsoorzaak van de duiker is. Zolang het politieonderzoek in Frankrijk loopt, wordt het resultaat van de autopsie niet vrijgegeven.

### **Deelconclusie**

Beheersmaatregelen zijn nodig om te kunnen werken in een reactor die gevuld is met stikstof. Om te kunnen ademen is een adempluchtoorziening nodig, er is een veiligheidsslijn die is verbonden met een lier bovenop de reactor en er wordt gebruikgemaakt van persoonlijke beschermingsmiddelen. De adempluchtoorziening introduceert ook een nieuw risico, namelijk het risico op verbranding. Om bedelving en vervolgens verbranding te voorkomen mag het katalysatormateriaal niet hoger komen dan de heuphoogte van de duiker. In de praktijk betekent dit, dat de duiker voor het voorkomen van een voorval afhankelijk is van zijn eigen gedrag, terwijl dit gedrag wordt beïnvloedt door langdurig zwaar werk, desoriëntatie en hitte.

Van buitenaf is er soms beperkt zicht op wat zich in de reactor afspeelt; dit voorval heeft laten zien dat camerabeeld niet altijd een betrouwbare bron is om de veiligheid te monitoren. De vluchtmogelijkheden zijn bovendien beperkt. Het voorval laat zien dat er ruimte is om de naleving van de beheersmaatregelen te verbeteren. De getroffen beheersmaatregelen zijn echter niet toereikend om de risico's weg te nemen. De omstandigheden in de reactor zijn namelijk zodanig dat menselijk falen veelal een fatale afloop zal kennen. Dat maakt een reactor onder inerte atmosfeer een levensbedreigende werkomgeving.

## 3.2 Alternatieve manieren van ontladen

Naast het losbikken van verkleefd katalysatormateriaal onder inerte atmosfeer bestaan er alternatieve manieren om dit katalysatormateriaal te ontladen. Daarbij kan er onderscheid worden gemaakt tussen manieren waarbij het niet nodig is om een medewerker onder inerte atmosfeer in een reactor te laten werken en manieren waarbij het beperkt nodig is om de reactor onder inerte atmosfeer te betreden. Daarnaast zijn er nog alternatieven in ontwikkeling, bedoeld om de tijd dat iemand in de reactor werkt te verminderen.

### 3.2.1 Ontladen zonder inerte betreding

Tot in de jaren zeventig van de vorige eeuw was het gebruikelijk om katalysatormateriaal gecontroleerd met zuurstof te laten reageren, tot het niet meer reactief was. Deze reactie is namelijk niet eindeloos; op een gegeven moment is al het materiaal geoxideerd en kan het verwijderd worden onder normale atmosferische omstandigheden. Voor zover bekend wordt deze methode tegenwoordig niet meer toegepast, althans niet door de bedrijven waarmee de Onderzoeksraad in het kader van dit onderzoek heeft gesproken. Deze methode kent namelijk grote nadelen, waaronder: het ontstaan van giftige dampen, de temperatuur in de reactor kan niet veilig afgeregeld worden, het duurt relatief lang voordat al het materiaal is geoxideerd en het katalysatormateriaal kan niet meer hergebruikt worden maar moet als chemisch afval worden afgevoerd.

Een ander alternatief is de reactor vullen met water. Het water zorgt ervoor dat het katalysatormateriaal dat na *free flow* dumpen in de reactor achterblijft niet meer reageert met zuurstof. Nat ontladen brengt, net als oxideren, nadelen met zich mee. Nadat de reactiviteit van het katalysatormateriaal door het water is weggenomen, moet nog steeds iemand de reactor in om het katalysatormateriaal los te maken en te verwijderen. Het achtergebleven katalysatormateriaal moet nat gehouden worden om zelfverhitting van het materiaal te voorkomen. Gebeurt dit niet, dan is het mogelijk dat er alsnog verbranding optreedt. Bij nat ontladen kunnen nog schadelijke dampen in de reactor aanwezig zijn. Ook het risico op valgevaar en het risico op bedelving blijven bestaan. Het water is na gebruik bovendien ernstig vervuild en moet vervolgens als chemisch afval behandeld worden. Daarnaast is het natte katalysatormateriaal in die vorm onbruikbaar en moet ook als afval behandeld worden, of met de inzet van veel energie herwonnen worden. Dat maakt het nat ontladen van katalysatormateriaal uiteindelijk kostbaar. Bovendien duurt nat ontladen volgens geïnterviewde deskundigen uit de sector langer dan het ontladen door middel van een betreding onder inerte atmosfeer. Dit kan tot gevolg hebben dat de reactor langer buiten gebruik is, wat mogelijk additioneel omzetverlies betekent voor de raffinaderij.<sup>55</sup> Het nat ontladen vormt vanwege de grote hoeveelheid afvalwater een logistieke uitdaging voor de raffinaderij, heeft negatieve gevolgen voor het milieu en heeft nadelige financiële consequenties. Het is een methode die in de sector veel gebruikt werd voordat inerte

---

<sup>55</sup> Dit laatste is niet van toepassing als een natte ontlading gepland kan worden binnen de doorlooptijd van een onderhoudsstop. De reactor ligt tijdens zo'n onderhoudsstop immers toch stil en wordt pas weer in gebruik genomen na afronding van de volledige onderhoudsstop.

betredingen gangbaar werden. Tegenwoordig wordt deze methode veel minder gebruikt, al zijn er partijen die onderzoeken of deze methode doorontwikkeld kan worden.

Tot slot is er een bedrijf dat nog een andere methode aanbiedt. Bij deze methode wordt het risico van zelfontbranding van het vervuilde katalysatormateriaal teruggedrongen door een emulsie op het katalysatormateriaal aan te brengen. Na het aanbrengen van die emulsie zou het materiaal onder gewone atmosfeer ontladen kunnen worden. Geen van de voor dit onderzoek geïnterviewde deskundigen geeft aan met deze methode te werken. Voor zover zij deze methode kennen geven zij aan grote bedenkingen bij deze methode te hebben en er geen overtuigende resultaten van gezien te hebben.

### **3.2.2 Ontladen met beperkte inerte betreding**

Als er niet voor een natte ontlading wordt gekozen, betekent dat meestal dat in de reactor een inerte atmosfeer gecreëerd moet worden om deze vervolgens te ontladen. Omdat het katalysatormateriaal vaak vastgekoekt zit of brokken vormt, komt het slechts gedeeltelijk naar buiten bij het openzetten van de *dump nozzles*. Het resterende materiaal moet dan nog worden ontladen. Er zijn manieren om dat te doen waarbij inerte betreding beperkt nodig is.

Een methode die in de sector al langer gebruikt wordt is *Cardox*. Hierbij wordt een patroon met samengeperst koolstofdioxide ( $\text{CO}_2$ ) in de reactor geplaatst. Door het in een keer laten vrijkomen van het koolzuurgas ontstaat een drukgolf die het vastgekoekte katalysatormateriaal verpulvert, waarna dit materiaal onder invloed van de zwaartekracht via de *dump nozzles* de reactor kan verlaten. Een nadeel van deze methode is dat het katalysatormateriaal verminderd hergebruikt kan worden.

Voor het gebruik van *Cardox* geldt dat menselijke betreding vaak in beperkte mate nodig blijft. Het gaat dan bijvoorbeeld om het openen van mangaten. Het is overigens ook mogelijk om mangaten te openen zonder inerte betreding. Hiervoor zijn dan (kleine) aanpassingen aan de reactor nodig, zoals aan de deksels die een mangat afsluiten.

Daarnaast zijn er andere ontwikkelingen om inerte betredingen zo veel mogelijk te voorkomen of te verkorten, bijvoorbeeld de *free flow* uit horizontale *dump nozzles* te verlengen door van buiten de reactor blokkades te verhelpen.

### 3.2.3 Ontwikkeling van alternatieven

De laatste jaren werken enkele opdrachtgevers en opdrachtnemers binnen de sector met machines die het werk van mensen in een reactor gedeeltelijk kunnen overnemen. Dat deze machines de inzet van mensen reduceren, betekent een reductie van de veiligheidsrisico's. Een voorbeeld van deze 'robotica' is een krachtige zuigarm die per reactorbed het daar aanwezige katalysatormateriaal opzuigt.<sup>56</sup> Omdat de zuigarm buiten de reactor bediend kan worden, hoeft een werknemer alleen nog naar binnen om de zuigarm op het reactorbed te plaatsen.

Het werken met robotica is nog volop in ontwikkeling en kent nog uitdagingen. Doordat er veel verschillende typen reactoren bestaan, vraagt de ontwikkeling van robotica maatwerk. Dat maakt het kostbaar. Opdrachtgevers zijn ook terughoudend, omdat leidingen, thermokoppels etc. die in een reactor aanwezig zijn, beschadigd zouden kunnen raken. Andere genoemde bezwaren tegen het inzetten van robotica zijn dat robots nog niet overal goed bij kunnen. Vanwege de beperkingen die robots nu nog hebben, zou de inzet ervan langer duren dan de inzet van mensen in de reactor. Daardoor zou een reactor langer uit bedrijf moeten.

#### Deelconclusie

Een reductie van veiligheidsrisico's is mogelijk door bij voorkeur het aantal inerte betredingen te beperken, of in ieder geval de tijd dat een duiker in de reactor is te minimaliseren. Het nat maken van katalysatormateriaal is een alternatief dat een inerte betreding overbodig maakt, maar waarbij tegelijkertijd andere veiligheidsrisico's blijven bestaan. Het gebruik van *Cardox* kan ervoor zorgen dat er meer katalysatormateriaal via dumpen ontladen kan worden, waardoor er minder katalysatormateriaal handmatig verwijderd hoeft te worden. *Cardox* is echter geen volwaardig alternatief om al het resterende verkleefde katalysatormateriaal te ontladen. De ontwikkeling van robotica en het gesprek over benodigde aanpassingen van reactoren zijn gaande.

## 3.3 Risico-inschatting betrokken partijen

### 3.3.1 Risico-inschatting Zeeland Refinery

Het is bij Zeeland Refinery bekend dat het werk in een met stikstof gevulde reactor gevaarlijk is. Zeeland Refinery stelt in een procedure:

'In een met stikstof geïnertiseerde ruimte heerst een levensbedreigende werkomgeving, die leidt tot onmiddellijke verstikking. Het betreden van een met stikstof geïnertiseerde ruimte dient tot een absoluut minimum te worden beperkt.'<sup>57</sup>

<sup>56</sup> Zie <https://contractresources.com/technology/technology-13/> [laatst geraadpleegd op 19 december 2024].

<sup>57</sup> Zeeland Refinery, Procedure 720-05 - Betreden van met stikstof geïnertiseerde ruimten. 17 juni 2021.

Zeeland Refinery beschrijft de risico's van het betreden van een met stikstof geïntertiseerde ruimte uitgebreider in het zogeheten V&G-projectplan<sup>58, 59</sup>. Daarbij hanteert Zeeland Refinery een methodiek, waarbij zowel de kans op een ongeval wordt ingeschat als de ernst van dat ongeval. De uitkomst van deze inschatting bepaalt of Zeeland Refinery het risico acceptabel of onacceptabel vindt. Deze inschatting vindt plaats door een team van deskundigen van Zeeland Refinery. Wanneer een risico als onacceptabel is geclassificeerd, betekent dit dat Zeeland Refinery het werk alleen toestaat onder de voorwaarde dat afdoende veiligheidsmaatregelen genomen worden. Wat 'afdoende' is, wordt door een team van deskundigen beoordeeld. Daarbij wordt zowel gebruikgemaakt van *expert judgement* als van normen van de Stichting Industriële Reiniging (SIR) en de European Catalyst Manufacturers Association (ECMA).

In het V&G-projectplan is te lezen dat Zeeland Refinery de kans op een ongeval in een met stikstof geïntertiseerde ruimte inschat als 'gemiddeld' en de ernst van zo'n ongeval inschat als 'zeer ernstig'. Volgens de gebruikte methodiek betekent dit dat het initieel risico voor Zeeland Refinery onacceptabel is en er dus veiligheidsmaatregelen genomen moeten worden om het restrisico weer op een aanvaardbaar niveau te krijgen.

Volgens het V&G-projectplan en procedure 720-42 kan het risico worden teruggebracht volgens de niveaus van de arbeidshygiënische strategie.<sup>60</sup> De strategie beschrijft maatregelen die het restrisico tot een acceptabel niveau reduceren. In de maatregelen zit een volgorde, aangezien de ene maatregel het risico meer reduceert dan een andere maatregel. De arbeidshygiënische strategie begint met het toepassen van een bronmaatregel. Een bronmaatregel is een maatregel waarbij de bron van het risico wordt weggenomen. In dit geval zou dat betekenen dat de betreding van een met stikstof geïntertiseerde ruimte wordt vermeden. In de arbeidshygiënische strategie is de bronaanpak het hoogste niveau, aangezien het risico bij de bron wordt weggenomen. Zeeland Refinery hanteert de volgende niveaus onder de bronaanpak:

- ▶ 'Als bronaanpak redelijkerwijs niet mogelijk is of het risico niet tot een acceptabel niveau wordt verlaagd, worden technische maatregelen, werkprocessen, uitrustingen en/of materialen geïmplementeerd.
- ▶ Als technische maatregelen redelijkerwijs niet mogelijk zijn of het risico niet tot een acceptabel niveau wordt verlaagd, worden collectieve beschermende maatregelen geïmplementeerd. Dit kunnen ook organisatorische maatregelen zijn.
- ▶ Als collectieve beschermende maatregelen redelijkerwijs niet mogelijk zijn of het risico niet tot een acceptabel niveau wordt verlaagd, worden individuele beschermende maatregelen geïmplementeerd. Dit kunnen ook organisatorische maatregelen zijn.
- ▶ Als de maatregelen zoals hiervoor genoemd redelijkerwijs niet mogelijk zijn of het risico niet tot een acceptabel niveau wordt verlaagd, worden geschikte persoonlijke beschermingsmiddelen ter beschikking gesteld.
- ▶ De duur van het gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen moet niet langer zijn dan strikt noodzakelijk.<sup>61</sup>

---

58 V&G staat voor Veiligheid en gezondheid.

59 Zeeland Refinery, V&G Projectplan, DHC SD2023, rev.1, 13 januari 2023.

60 Zeeland Refinery, Procedure 720-42 - Risicomatrix en de Arbeidshygiënische strategie, 13 december 2022.

61 Zeeland Refinery, V&G Projectplan, DHC SD2023, rev.1, 13 januari 2023.

Zeeland Refinery koos niet voor een bronanpak om het katalysatormateriaal dat na *Cardox* en *free flow* nog in de reactor aanwezig was te ontladen. T.I.M.E. zou de reactor immers ontladen met een methode waarbij vooraf vaststond dat werknemers een inerte betreding zouden doen (zie paragraaf 3.4.2). Daaruit blijkt dat Zeeland Refinery heeft geoordeeld dat een bronanpak redelijkerwijs niet mogelijk is en dat er dus maatregelen moesten worden toegepast om het risico te reduceren tot een aanvaardbaar niveau. In het V&G-projectplan staat dat maatregelen van een lager niveau (volgens de arbeidshygiënische strategie) alleen toegepast mogen worden 'als maatregelen technisch niet mogelijk zijn (stand der techniek is nog niet zo ver) of de kosten van de maatregel disproportioneel zijn ten opzichte van de te behalen risicoreductie. In dat geval wordt beschouwd dat het risico verlaagd is tot 'zo laag als redelijkerwijs uitvoerbaar' (oftewel 'as low as reasonably practicable'; ALARP).'

Zonder bronanpak stelt de arbeidshygiënische strategie technische maatregelen voor. Dergelijke maatregelen worden niet beschreven in het V&G-projectplan van Zeeland Refinery. Daarmee resteren collectieve maatregelen zoals werkinstructies en individuele maatregelen, waaronder persoonlijke beschermingsmiddelen, om het risico bij het betreden van geïnertiseerde ruimten te reduceren. Hieronder verstaat Zeeland Refinery onder meer het continue monitoren van het zuurstofgehalte in de buurt van de duiker, het controleren van de temperatuur in de reactor, verplichte communicatie tussen alle leden van het duikteam en cameratoezicht op de veiligheid van de duiker. Tijdens *free flow* ontladen van de reactor mag er geen duiker in de reactor aanwezig zijn en kratervorming van het katalysatormateriaal moet worden voorkomen.<sup>62</sup>

Tot slot beschrijft het V&G-projectplan repressieve maatregelen. Hieronder vallen onder meer het reddingsplan, het bedrijfsnoodplan en de eerstehulpverlening. Met de genomen maatregelen oordeelde het expertteam van Zeeland Refinery dat het restrisico tot een acceptabel niveau was teruggebracht. Na een gezamenlijke voorbereiding door Zeeland Refinery en de aannemer, was het vervolgens aan de aannemer om het werk uit te voeren.

De Onderzoeksraad constateert na gesprekken in de sector dat de meeste olieraffinaderijen, waaronder Zeeland Refinery, voor het vervangen van katalysatormateriaal vertrouwen op de expertise van de opdrachtnemers. Als de opdrachtnemer aangeeft dat het werk veilig kan worden uitgevoerd, is dat over het algemeen voldoende waarborg voor de raffinaderijen. Hieronder volgen twee voorbeelden waaruit blijkt dat de praktijk niet aansluit bij de kennis die aanwezig is over de risico's van het werk.

---

<sup>62</sup> Zeeland Refinery, Procedure 720-05 - Betreden van met stikstof geïnertiseerde ruimten. 17 juni 2021.

### **Brandbaarheid katalysatormateriaal**

Ten aanzien van de brandbaarheid van het katalysatormateriaal sluit de kennis van de risico's niet goed aan op de praktijk. Het schone katalysatormateriaal van Zeeland Refinery is voorafgaand aan het voorval geclassificeerd als H252. Dat betekent dat het materiaal in grote hoeveelheden vatbaar is voor zelfverhitting en bij hoge temperaturen vlam kan vatten. Na het voorval is het vervuilde katalysatormateriaal geclassificeerd als vatbaar voor zelfverhitting; kan bij hoge temperaturen vlam vatten, code H251. Dit betekent dat het vervuilde materiaal sneller zelfontbrandend is. Meerdere betrokkenen noemen het katalysatormateriaal in vervuilde toestand echter pyrofoor, wat volgens de CLP-verordening<sup>63</sup> betekent: vat bij omgevingstemperatuur spontaan vlam bij blootstelling aan lucht, code H250. In procedure 740-12<sup>64</sup> van Zeeland Refinery wordt het materiaal pyrofoor genoemd, met het bijbehorend risico op brand.

Het risico op zelfontbranding van het katalysatormateriaal kan volgens dezelfde procedure worden voorkomen door het toepassen van stikstof of droogijs. De belangrijkste beheersmaatregel voor het risico op bedelving is het gelijkmatig verwijderen van katalysator, waarbij de duiker maximaal tot heuphoogte in/tussen katalysatormateriaal mag staan/werken. Het risico op verbranding bij bedelving staat niet beschreven in procedure 740-12, die per activiteit risico's en de bijbehorende beheersmaatregelen beschrijft.

De Onderzoeksraad ziet risicomanagement als een systematische inventarisatie van risico's die gepaard gaan met het uitvoeren van de werkzaamheden, aangevuld met een onderbouwde inschatting van de kans van optreden van de ongewenste gebeurtenis, een onderbouwde inschatting van de aard en omvang van de gevolgen en de toepassing van beheersmaatregelen om het risico te verkleinen. De systematische inventarisatie van risico's omvat in ieder geval de uitkomsten van onderzoek naar ongevallen en (bijna-)ongevallen, inclusief een analyse daarvan.<sup>65</sup> De Onderzoeksraad constateert dat het risico op verbranding bij bedelving niet is opgenomen in de lijst van te mitigeren risico's. De Onderzoeksraad zou dit wel verwachten, aangezien dit risico zich in 2014 voordeed bij het ongeval in Lingen. Zeeland Refinery stelt voorafgaand aan het voorval op 3 februari 2023 niet bekend te zijn geweest met het voorval uit 2014 in Lingen. Omdat dit voorval niet bekend was, is dit niet verwerkt in de risicoanalyse van Zeeland Refinery en zijn er voor het risico op brand bij bedelving geen aanvullende beheersmaatregelen geformuleerd, anders dan de persoonlijke beschermingsmiddelen en de voorschriften waaraan de duiker zich moet houden.

<sup>63</sup> De CLP-verordening (Verordening (EG) nr. 1272/2008) behandelt de indeling en etikettering van chemische stoffen en geeft informatie over de gevaren van die stoffen. Zie hiervoor: <https://osha.europa.eu/nl/themes/dangerous-substances/clp-classification-labelling-and-packaging-of-substances-and-mixtures> [laatst geraadpleegd op 19 december 2024].

<sup>64</sup> Zeeland Refinery N.V. en T.I.M.E. Services GmbH, Contract Z R-C -2017 - 1306 59-01: Bijlage 1 Procedures part 2, procedure 740-12.

<sup>65</sup> Zie Bijlage C voor het referentiekader van de Onderzoeksraad.

De risico's die gepaard gaan met het werken onder inerte atmosfeer zouden bronmaatregelen en technische maatregelen rechtvaardigen. Maatregelen van een lager niveau behalen een beperktere risicoreductie.<sup>66</sup> Zeeland Refinery koos tot aan het ongeval niet voor een bronaanpak op het moment dat de mogelijkheden van *Cardox* en *free flow* waren uitgeput en beschreef geen technische maatregelen die het risico verkleinen. De beheersmaatregelen die zijn toegepast om het werk veiliger te maken zijn gericht op een reductie van de kans op een ongeval en van lager niveau dan de Onderzoeksraad zou verwachten. De gevolgen van een ongeval schat Zeeland Refinery in als zeer ernstig en die ernst is niet of nauwelijks te verkleinen. Onder die omstandigheden verwacht de Onderzoeksraad dat de kans op een ongeval verwaarloosbaar klein wordt gemaakt. Doordat de veiligheid van de duiker mede wordt bepaald door zijn eigen gedrag en dit gedrag negatief wordt beïnvloed door de omstandigheden in de reactor, kan de kans op een ongeval echter niet zo klein zijn dat deze te verwaarlozen is. Bij een gerede kans op een zeer ernstig ongeval verwacht de Onderzoeksraad dat Zeeland Refinery, maar ook andere olieraffinaderijen, kiezen voor alternatieven zodat de risico's grotendeels of zelfs geheel worden weggenomen.

### 3.3.2 Risico-inschatting T.I.M.E.

T.I.M.E. stelt dat werken in de chemische en petrochemische industrie vaak grote risico's met zich meebrengt.<sup>67</sup> T.I.M.E. verplicht zijn werknemers dan ook naar eigen zeggen niet om de reactor te betreden. Door de duiker geen druk op te leggen wil T.I.M.E. voorkomen dat er werknemers in de reactor aan het werk zijn die onvoldoende fit zijn en daardoor fouten kunnen maken die tot gevaarlijke situaties kunnen leiden. De duiker krijgt wel een extra financiële vergoeding voor het werken in de reactor. Het team dat de reactor gaat ontladen bepaalt onderling wie welke functie vervult, en dus ook wie de reactor zal betreden. De duiker bepaalt zelf hoe lang hij in de reactor werkt.

#### **Duiker veelal uren achtereen in de reactor**

In het contract tussen Zeeland Refinery en T.I.M.E. staat de reactor eerst zo veel mogelijk te ontladen middels *free flow* en *Cardox*. Pas nadat drie pogingen met *Cardox* geen vrij stromend katalysatormateriaal meer oplevert, is het aan de duiker de reactor te betreden voor een handmatige ontlading. Door deze manier van werken beogen Zeeland Refinery en T.I.M.E. om zo veel mogelijk katalysatormateriaal via de *dump nozzles* door middel van *free flow* te kunnen verwijderen. Hierdoor zou de hoeveelheid katalysatormateriaal dat met een inerte betreding verwijderd moet worden tot een minimum beperkt kunnen worden. In de praktijk is een duiker van T.I.M.E. vaak urenlang achter elkaar in de reactor aan het werk. Daardoor loopt de duiker voor langere tijd achter elkaar de risico's die verbonden zijn aan dit werk.

<sup>66</sup> Zie Bijlage C: Referentiekader.

<sup>67</sup> T.I.M.E., *HSE project plan*. Versie 2, 17 januari 2023.



Volgens T.I.M.E. kan het werk in een met stikstof gevulde reactor veilig worden uitgevoerd, mits de duiker zich aan de geldende voorschriften houdt. Belangrijke voorschriften die de duiker in acht moet nemen zijn het aangelijnd blijven aan de veiligheidslijn en het uitvoeren van werkzaamheden waarbij katalysatormateriaal tot maximaal heuphoogte komt. Bij medewerkers van T.I.M.E. is het echter bekend dat er redenen kunnen zijn om, al dan niet bewust, van de voorschriften af te wijken.

De veiligheidslijn is een belangrijke repressieve maatregel om de duiker omhoog te hijsen in het geval dat de duiker niet in staat is om de reactor op eigen kracht te verlaten.<sup>68</sup> De instructie van T.I.M.E. verbiedt dan ook het losmaken van deze lijn door de duiker.<sup>69</sup> Andere duikers stellen dat deze lijn verstrikt kan raken en dat zij begrijpen dat iemand deze dan even ontkoppelt om de lijn weer vrij te kunnen maken. Het losmaken van deze lijn kan volgens hen in specifieke situaties zelfs wenselijk zijn. Doordat de duiker zich in een beperkte ruimte moet bewegen te midden van meerdere slangen en kabels, kan hij verstrikt raken en het al dan niet tijdelijk ontkoppelen van zijn veiligheidslijn geeft hem meer bewegingsvrijheid.<sup>70</sup>

Zoals in paragraaf 3.1.3 beschreven stelt T.I.M.E. dat tijdens het werk in een reactor zowel fysieke als psychische stress kan ontstaan.<sup>71</sup> Er is een reëel risico om gedesoriënteerd te raken in een reactor. Dit kan komen doordat de duiker langdurig zwaar werk levert in een warme omgeving, of doordat hij slecht zicht heeft in een reactor zonder duidelijke oriëntatiepunten, of door een combinatie van beide. Het zorgt er in elk geval voor dat er een risico bestaat op het maken van een verkeerde inschatting van de eigen positie ten opzichte van het katalysatormateriaal. Om van buiten de reactor zicht te houden op het werk van de duiker maakt de LSU-operator gebruik van camerabeelden. Door de hoeveelheid stof in de reactor geven deze beelden, in ieder geval bij het onderzochte ongeval, slecht zicht. Cameratoezicht geeft daarmee niet altijd uitsluitsel over de positie van de duiker, wat maakt dat zijn team de duiker niet altijd kan ondersteunen in het bepalen van zijn positie.

T.I.M.E. geeft, net als Zeeland Refinery, aan niet bekend te zijn met het ongeval dat in 2014 plaatsvond in het Duitse Lingen. Volgens de beleidsverklaring van de SIR melden deelnemers aan de SIR veiligheidsincidenten en ongevallen aan de SIR zodat hieruit lering getrokken kan worden en mogelijk kunnen leiden tot aanpassing van de SIR-richtlijnen.<sup>72</sup> Dit geldt voor ongevallen en incidenten die in Nederland of België plaatsvinden, maar niet voor ongevallen die in andere landen plaatsvinden. Kennis over ongevallen die in andere landen plaatsvinden, worden niet automatisch gedeeld via de SIR. Doordat T.I.M.E. niet bekend was met het soortgelijke ongeval in Lingen kon

---

68 Het dodelijk ongeval in Lingen (2014) heeft laten zien dat het niet altijd mogelijk is om een duiker aan zijn veiligheidslijn omhoog te hijsen.

69 Time Service, *Activities – Operation Instruction T11* (26 april 2022): 'It is forbidden to disconnect the safety cable in the reactor.'

70 T.I.M.E., *Instruction: Entering the reactor under nitrogen atmosphere*, T11, 26 april 2022. Hazards: The following hazards are relevant when entering the reactors under nitrogen atmosphere: Physical stress on the body: Wearing the respiratory protection gear, *Wrapping the respective lines*, narrow passages (manhole), climbing ladders. Mental stress: narrow spaces, increased hazard potential, only artificial light.

71 T.I.M.E., *Instruction: Entering the reactor under nitrogen atmosphere*, T11, 26 april 2022.

72 Stichting Industriële Reiniging, *Beleidsverklaring SIR*, 16 maart 2022.

T.I.M.E. de kennis over dit voorval niet gebruiken in zijn analyse en de daaruit volgende risico-inschatting tijdens de voorbereiding van het werk.

Zoals eerder benoemd kan het werk volgens T.I.M.E. veilig worden uitgevoerd, mits de voorschriften worden nageleefd. Het is daarbij van belang dat die voorschriften duidelijk zijn. Dat was niet het geval over het al dan niet in de reactor aanwezig zijn terwijl er door middel van *free flow* wordt ontladen. In deel 1 van de beschreven procedures, een bijlage bij het contract tussen Zeeland Refinery en T.I.M.E., staat dat als de reactor leeggemaakt wordt door middel van zwaartekracht, de zogenaamde *free flow*, er tijdens het leegmaken geen duiker in de reactor aanwezig mag zijn.<sup>73</sup> In de *Scope of work*, een andere bijlage bij het contract, staat dat de methode van ontladen moet worden geoptimaliseerd. Dat betekent dat als het parallel ontladen van de katalysatorbedden met behulp van verschillende methoden (dumpen door middel van zwaartekracht en/of opzuigen) veilig mogelijk is en het de tijd van ontladen verkort, de aannemer het werk zo zal uitvoeren. Als iemand de reactor in moet om katalysator-materiaal op te zuigen, kan dus op hetzelfde moment de reactor leeggemaakt worden door middel van *free flow*.<sup>74</sup> Uit gesprekken met betrokkenen blijkt dat zij verschillende interpretaties van het voorschrift hadden. De één stelt dat men wel in de reactor mag zijn als de *dump nozzle* open staat, als de persoon maar een bed hoger staat. Een andere betrokkene laat weten dat men de reactor uit moet gaan, maar dat men dat vaak beperkt tot wachten op een bed hoger. Het is de Onderzoeksraad niet duidelijk geworden wat het voorschrift exact inhield en hoe streng het moest worden nageleefd. Na het fatale ongeval hebben collega's verklaard dat het latere slachtoffer vroeg om de *dump nozzles* te openen. Het was voor de collega's niet duidelijk op welk bed het latere slachtoffer stond op het moment dat hij dit vroeg. Zij vertrouwden naar eigen zeggen op zijn ervaring en daarmee op zijn eigen beoordelingsvermogen. Kort daarna raakte de duiker bedolven onder katalysatormateriaal.

Bij werkzaamheden die uitgevoerd worden onder levensbedreigende omstandigheden acht de Onderzoeksraad het onvoldoende om te vertrouwen op de naleving van voorschriften. Zeker als bekend is dat er reden kan zijn om, al dan niet bewust, af te wijken van die voorschriften en er bovendien voorschriften zijn waarover onduidelijkheid bestaat. De Onderzoeksraad vindt het, in lijn met de VBVE-richtlijn van de Nederlandse Arbeidsinspectie<sup>75</sup>, onwenselijk als een duiker lang achter elkaar in de reactor aan het werk is. Vermoeidheid kan het beoordelingsvermogen negatief beïnvloeden, wat maakt dat een duiker bij voorkeur niet zelf bepaalt hoe lang hij in een reactor werkt. Vanwege de levensbedreigende en vermoeiende werkomstandigheden is het essentieel dat gecontroleerd wordt of de werkwijze van de duiker in lijn is met de veiligheidsvoorschriften.

---

<sup>73</sup> Zeeland Refinery N.V. en T.I.M.E. Services GmbH, Contract Z R-C -2017 - 1306 59-01: Bijlage 1 Procedures part 1.

<sup>74</sup> Zeeland Refinery N.V. en T.I.M.E. Services GmbH, Contract Z R-C -2017 - 1306 59-01: Bijlage 1 Scope of work. De originele tekst is 'The unloading method shall be optimized meaning that if parallel unloading of the catalyst beds using different methods (gravity dumping and/or vacuuming ) is safely possible and reduces unloading time, the CONTRACTOR will arrange and execute.'

<sup>75</sup> Inspectie SZW, *Basis inspectiemodule; Gevaar voor verstikking, bedwelming, vergiftiging, brand of explosie*, November 2018. Deze richtlijn schrijft voor dat bij fysieke belasting in de industriële reiniging maximaal één uur achtereenvolgend en vier uur per dag zware arbeid mag worden geleverd. Zware arbeid is gedefinieerd als: *bijvoorbeeld werk waaraan een afschraper op steel, pneumatische afschraper of hogedrukreiniger te pas komt.*

### 3.3.3 Redding in de praktijk

Wanneer zich tijdens de werkzaamheden onder inerte atmosfeer een onregelmatigheid voordoet in de reactor, zoals een verhoogd zuurstofpercentage of een te hoge temperatuur, dient de duiker zo snel mogelijk de reactor te verlaten. De onregelmatigheid kan de duiker zelf opmerken, of de LSU-operator attendeert hem hierop.

De duiker kan echter ook in een omstandigheid komen, waarin hij niet in staat is om zelfstandig naar buiten te komen. Bijvoorbeeld als hij onwel wordt, gewond raakt of bekneeld raakt. In dat geval moet hij gered worden. In het HSE-plan<sup>76</sup> staat een paragraaf die ingaat op het scenario dat een duiker niet in staat is om zelfstandig uit de reactor te komen. In dat geval dient hij volgens deze paragraaf met een takel omhoog gebracht te worden, waarbij hij geholpen moet worden door zijn collega die bovenop de reactor staat, de *stand-by-operator*.<sup>77</sup> Contractueel is vastgelegd dat T.I.M.E. een reddingsplan dient te hebben.<sup>78</sup> In de praktijk behelst het door T.I.M.E. en Zeeland Refinery vastgestelde reddingsplan niet meer dan het HSE-plan.<sup>79</sup> Het feit dat de werknemers van T.I.M.E. door de SIR gecertificeerd waren en het feit dat zij jaarlijks een redding oefenden, boden voor zowel T.I.M.E. als Zeeland Refinery voldoende waarborgen dat de werknemers in staat waren om een redding uit te voeren.

Het reddingsplan gaat ervan uit dat de duiker door middel van een lier omhoog getakeld kan worden. Dit is ook het uitgangspunt van de reddingsoefeningen. Dit uitgangspunt gaat uit van drie aannames:

1. het omhoog takelen is mogelijk, ongeacht op welk bed de duiker zich in de reactor bevindt;
2. de duiker is verbonden met zijn veiligheidslijn;
3. de duiker ligt 'vrij' en is niet bedolven onder katalysatormateriaal.

Uit gesprekken met meerdere deskundigen binnen de sector blijkt dat zij het succesvol omhoog takelen van een persoon vanaf het eerste bed mogelijk achten. Het wordt volgens hen echter problematisch om iemand van een lager gelegen bed omhoog te takelen. In dat geval moet het slachtoffer namelijk door meerdere mangaten getakeld worden. Die mangaten zijn vaak smal.<sup>80</sup> Bovendien lopen er meerdere kabels en leidingen door die mangaten, zoals in paragraaf 3.1.5 is toegelicht. De kans dat kabels en leidingen bij een reddingsactie verstrikt raken en de doorgang blokkeren is groot. Het wordt nog moeilijker iemand door smalle mangaten omhoog te takelen wanneer het slachtoffer bewusteloos is en niet in staat is om mee te werken aan zijn redding.

---

<sup>76</sup> Bij de uit te voeren werkzaamheden hoort een HSE-plan, dat ingaat op de aspecten gezondheid (*health*), veiligheid (*safety*) en milieu (*environment*).

<sup>77</sup> T.I.M.E., HSE project plan. Versie 2, 17 januari 2023, paragraaf 4.3.

<sup>78</sup> Zeeland Refinery N.V. en T.I.M.E. Services GmbH, Contract Z R-C -2017 - 1306 59-01: Bijlage 1 Procedures Part 1: Betreden van met stikstof geïnertiseerde ruimten. Nr. 6.1.3: Reddingsplan voor het redden van een duiker.

<sup>79</sup> T.I.M.E., *Rescue plan 302 R01/R02/R03 under nitrogen*, zonder datum.

<sup>80</sup> Mangaten moeten tegenwoordig 600 millimeter diameter hebben of 600\*400 millimeter in een rechthoek. In oude reactoren komen mangaten voor met een diameter van 450 millimeter.

Ervaringsdeskundigen binnen de sector stellen dat een succesvolle redding van een bewusteloze duiker van een tweede bed zeer moeilijk is en van een derde of lagergelegen bed vrijwel uitgesloten, in het geval de redding van bovenaf moet plaatsvinden. Wanneer een reactor is voorzien van extra mangaten aan de zijkant, zou dat een dergelijke redding wel mogelijk maken. Dergelijke reactoren zijn echter uiterst zeldzaam, aangezien de mogelijkheid van het uitvoeren van een redding over het algemeen geen criterium is bij het ontwerpen van een reactor. Voor het productieproces hebben extra mangaten aan de zijkant geen functie.

De tweede aanname gaat ervan uit dat de duiker op elk moment is verbonden met zijn veiligheidslijn. Het ongeval bij Zeeland Refinery heeft laten zien dat het in de praktijk kan voorkomen dat een duiker niet met zijn veiligheidslijn verbonden is. Zoals besproken in paragraaf 3.3.2 kunnen er redenen zijn om de veiligheidslijn tijdelijk te ontkoppelen. Relevant in het contract tussen Zeeland Refinery en T.I.M.E. is de passage waarin staat dat een duiker eventueel ook met de hand uit de reactor gehesen kan worden. Daarvoor moet hij met een dik touw of zijn zogenaamde navelstreng<sup>81</sup> verbonden zijn.<sup>82</sup> De navelstreng is volgens betrokkenen sterk genoeg om iemand aan omhoog te trekken.

Tot slot gaan T.I.M.E. en Zeeland Refinery bij een redding ervan uit dat de duiker vrij ligt en het katalysatormateriaal dus geen belemmering vormt voor de redding. Het voorval bij Zeeland Refinery heeft, net als bij het ongeval in 2014 in Lingen, laten zien dat het in de praktijk kan voorkomen dat de duiker die gered moet worden is bedolven onder katalysatormateriaal. Bij het ongeval bij Zeeland Refinery stroomde er telkens katalysatormateriaal over het slachtoffer heen toen zijn collega het katalysatormateriaal wilde wegscheppen, wat het vrijmaken van het lichaam bemoeilijkte. Ook de veiligheidslijn geeft geen garantie voor een redding nadat een duiker bedolven is geraakt. De in Lingen verongelukte duiker kon niet omhoog worden getakeld, ondanks dat zijn veiligheidslijn aan zijn harnas was bevestigd.

Bij het voorval dat op 3 februari 2023 plaatsvond bij Zeeland Refinery kwam geen van de drie aannames overeen met de werkelijkheid: de mogelijkheid van het omhoog takelen hing wel af van de plaats waar de duiker zich bevond (het laagstgelegen bed); de duiker was niet verbonden met zijn veiligheidslijn en het omhoog takelen aan zijn navelstreng, wat het contract als alternatief benoemt, bleek in praktijk niet uitvoerbaar. Tot slot lag de duiker niet vrij, maar bedolven onder een grote hoeveelheid katalysatormateriaal. Een groot deel van de navelstreng was daardoor onder het katalysatormateriaal verborgen, waarbij de duiker niet direct onder het zichtbare deel van de navelstreng lag. Omdat de duiker niet was verbonden met zijn veiligheidslijn, kon hij ook niet via die lijn gelokaliseerd worden, wat een snelle redding verder bemoeilijkte.

---

81 De navelstreng is een met een staalkabel versterkte slang waar de primaire en secundaire luchtaansluiting en de communicatiekabel doorheen lopen.

82 Zeeland Refinery N.V. en T.I.M.E. Services GmbH, Contract Z R-C -2017 - 1306 59-01: Bijlage 1 Procedures Part 1, 5.9 Duiker: 'De duiker dient een valharnas te dragen waaraan hij uit het vat gehesen kan worden. Derhalve dient hij te allen tijde aangelijnd te zijn aan een hijsinstallatie of als met de hand gehesen wordt een voldoende dik en stevig touw c.q. de zogenaamde navelstreng.'

Een redding van een duiker wordt uitgevoerd door zijn directe collega's. Om deze reden maakt het uitvoeren van een redding ook onderdeel uit van het SIR-examen (adembescherming-C) dat ieder lid van het duikteam succesvol moet hebben afgerond. Het zwaartepunt van dat examen en de bijbehorende training ligt echter op het werken met de ademluchthelm, de dubbele aansluiting voor ademlucht, het gebruik van de noodfles en het omgaan met de valstopbeveiliging. Het daadwerkelijk naar buiten brengen van een bewegingsloos persoon (of dummy-slachtoffer) van een derde bed of lager wordt niet getraind of geëxamineerd bij de SIR-opleiding en ook bij de werkgever niet geoefend. Met de hand iemand uit de reactor hijsen wordt evenmin geoefend en geëxamineerd tijdens de SIR-opleiding. De aannames die Zeeland Refinery en T.I.M.E. deden ten aanzien van de benodigde redding werden dus niet kritisch getoetst aan de werkelijkheid.

De collega's van de duiker hebben drie pogingen gedaan om de duiker te lokaliseren, hem onder het katalysatormateriaal vandaan te halen en hem naar boven te takelen. Daarbij bemoeilijkte het steeds terugstromende katalysatormateriaal de redding. De eerste poging werd afgebroken, omdat er katalysatorstof in de helm van de *stand-by-operator* kwam en hij moeite kreeg met ademen. De tweede poging werd afgebroken doordat de navelstreng van de tweede *stand-by-operator* verstrikt raakte. Bij de derde poging lukte het om de duiker uit de reactor te krijgen. Hij vertoonde toen geen tekenen van leven meer. De redding is bij dit ongeval geen effectief middel gebleken om de duiker tijdig uit de reactor te krijgen, terwijl ook de *stand-by-operators* risico liepen door de reactor te betreden.

### Deelconclusies

Zowel Zeeland Refinery als T.I.M.E. kennen de risico's die gepaard gaan met het werken in een reactor die gevuld is met stikstof. Volgens de inschatting van Zeeland Refinery is het initieel risico onacceptabel, maar na genomen maatregelen acht Zeeland Refinery het restrisico acceptabel. De inventarisatie van risico's is echter onvolledig.

Zeeland Refinery vertrouwt op de expertise van T.I.M.E. om het werk veilig uit te voeren. T.I.M.E. stelt dat het werk veilig kan worden uitgevoerd, mits iedereen zich houdt aan de veiligheidsvoorschriften. Het is echter bekend bij het bedrijf dat medewerkers, al dan niet bewust, op momenten afwijken van deze voorschriften.<sup>83</sup> Een belangrijk voorschrift wordt bovendien verschillend geïnterpreteerd. Additionele maatregelen zijn daarom noodzakelijk.

In het reddingsplan van T.I.M.E. staat beschreven dat een duiker bij een calamiteit door middel van een lier aan zijn veiligheidslijn omhoog getakeld moet worden. Het reddingsplan gaat niet in op de positie van een duiker en het effect daarvan op het succes van de redding. Zeeland Refinery en T.I.M.E. namen aan dat een duiker

<sup>83</sup> Over waarom mensen soms afwijken van voorschriften wordt uitgebreid ingegaan in: Marian Iszatt-White, 'Catching them at it. An ethnography of rule violation', *Etnography*, Vol. 8 (2007), no. 4 445 – 465, <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1466138107083562>.

vanaf het onderste bed nog gered zou kunnen worden. Deze aanname beproefden zij niet en stelden zij niet ter discussie, bijvoorbeeld door erop te oefenen. Daardoor overschatten zij de mogelijkheden om een duiker bij een calamiteit te redden.

### 3.4 De keuze voor inerte betreding

#### 3.4.1 De voordelen van inerte betreding

Voor olieraffinaderijen en andere eigenaren van reactoren is het vervangen van katalysatormateriaal door middel van *free flow* de meest aantrekkelijke optie. Ten eerste is *free flow* ontladen de snelste en veiligste methode. Ten tweede zijn de eigenaren al geruime tijd bekend met deze methode, zodat zij weten wat ze ervan kunnen verwachten. En ten derde wil een raffinaderij katalysatormateriaal kunnen inleveren ten behoeve van recycling, waarvoor zij een vergoeding krijgt. Ook daarvoor is *free flow* de beste manier, want die manier van ontladen zorgt ervoor dat het katalysatormateriaal onbeschadigd naar buiten komt. Ontladen door middel van *free flow* is voor een raffinaderij snel, voorspelbaar en betrouwbaar.

Zoals beschreven in paragraaf 2.2.1 blijven in een reactor (vrijwel) altijd aangekoekte delen katalysatormateriaal achter, die niet via *free flow* de reactor uit stromen. Voor de raffinaderij is het voordelig om die delen te verwijderen met behulp van een inerte betreding. Het ontladen door middel van inerte betreding is snel in vergelijking met andere methoden. Katalysatormateriaal dat door middel van een inerte betreding wordt ontladen behoudt voor een belangrijk deel zijn waarde, doordat het slechts beperkt beschadigd raakt en daardoor nog herbruikbaar is. Katalysatormateriaal dat door het losbikken en/of opzuigen beschadigd is geraakt is niet herbruikbaar, maar het voor de katalysator gebruikte metaal (zoals nikkel, kobalt, of molybdeen<sup>84</sup>) is na het losbikken of opzuigen nog wel te herwinnen en kan dan opnieuw op pellets worden aangebracht.

Het onder water zetten van het katalysatormateriaal zorgt ervoor dat het materiaal niet meer eenvoudig herbruikbaar is. Ook in dit geval is het voor de katalysator gebruikte metaal nog wel te herwinnen. Het gebruik van *Cardox* beschadigt de pellets van het katalysatormateriaal. Die pellets zijn dan niet meer bruikbaar. Dat maakt dat ontladen door middel van een inerte betreding de voorkeur geniet boven nat ontladen en het gebruik van *Cardox*. Echter, om de benodigde werkzaamheden tijdens inerte betredingen te beperken kiezen verschillende olieraffinaderijen toch eerst voor *Cardox*, alvorens de reactor te betreden. Het herwinnen van zeldzame metalen is de laatste jaren belangrijker geworden vanuit het oogpunt van hergebruik van zeldzame grondstoffen, gecombineerd met de wereldwijd toenemende vraag naar deze grondstoffen. De genoemde metalen worden bijvoorbeeld ook gebruikt bij de fabricage van elektrische voertuigen, wat de prijs van deze metalen opdrijft. Het is daarnaast duurzaam om schaarse materialen te hergebruiken, wat de impact op het milieu beperkt.

84 Zeeland Refinery N.V. en T.I.M.E. Services GmbH, Contract Z R-C -2017 - 1306 59-01: Bijlage 1, procedure 740-12.

### 3.4.2 Afspraken tussen Zeeland Refinery en T.I.M.E.

Zeeland Refinery heeft in de aanbesteding voor het vervangen van katalysatormateriaal specifiek gevraagd naar methoden waarbij de reactor gevuld wordt met stikstof om deze te kunnen betreden. Deze specificatie in de vraagstelling zorgde ervoor dat eventuele opdrachtnemers primair diensten aanboden specifiek gericht op inerte betreding. T.I.M.E. is een bedrijf dat zich grotendeels richt op inerte betreding om te kunnen voldoen aan dergelijke specifieke vragen van olieraffinaderijen.

Voor het vervangen van het katalysatormateriaal in de reactoren DHT en DHC had Zeeland Refinery een contract met T.I.M.E. Aan dit contract ging een onderhandse aanbestedingsprocedure<sup>85</sup> vooraf. Deze procedure startte in 2011. De afdeling inkoop van Zeeland Refinery kreeg ten behoeve van die contractering input aangeleverd van de *shutdown* organisatie<sup>86</sup>. De input betrof onder meer de reikwijdte van de werkzaamheden en de wijze van ontladen. Vier bedrijven hebben een aanbieding gedaan voor het vervangen van de katalysator van in eerste instantie twee DHT-reactoren onder inerte atmosfeer. De verwachting was destijds dat de werkzaamheden in 2012 uitgevoerd zouden moeten worden.

In de uitnodigingsbrief gaf Zeeland Refinery twee mogelijke opties voor het ontladen van beide DHT-reactoren:

1. 'het vervangen van de katalysator in de reactoren volgens de conventionele methode, waarbij de katalysator wordt ontladen d.m.v. dumpen en vacuüm zuigen';
2. 'het vervangen van de katalysator in de reactoren volgens de geavanceerde methode, waarbij de katalysator wordt ontladen d.m.v. *smart dumpen* (blind ontladen)'.<sup>87</sup>

In beide gevallen is volgens Zeeland Refinery een inerte betreding vereist. Bij de tweede methode is echter doorgaans het aantal keren van betreding geringer en/of de duur van het verblijf in de geïnertiseerde ruimte korter dan bij de eerste methode.<sup>88</sup> Na een selectieprocedure selecteerde Zeeland Refinery het bedrijf T.I.M.E. voor het vervangen van het katalysatormateriaal in de DHT-reactoren. Op basis van de resultaten van deze aanbestedingsprocedure en de tevredenheid over de uitvoering van de werkzaamheden besloot Zeeland Refinery enige tijd later om T.I.M.E. ook een aanbieding te laten doen voor de katalysatorwissel in de twee DHC-reactoren.<sup>89</sup> Ook voor deze reactoren schreef Zeeland Refinery de methode voor, gelijk aan DHT: conventioneel door middel van dumpen en vacuüm zuigen of geavanceerd door middel van *smart dumpen*. Tegelijkertijd was er volgens Zeeland Refinery wel ruimte voor alternatieven, indien een aanbieder hiertoe een voorstel deed.

---

<sup>85</sup> Bij een onderhandse aanbestedingsprocedure nodigt de aanbestedende partij een geselecteerde groep potentiële aanbieders uit om in te schrijven op een aanbesteding. Dit in tegenstelling tot een openbare aanbesteding, waarop in principe alle aanbieders kunnen inschrijven.

<sup>86</sup> De *shutdown organisatie* binnen Zeeland Refinery is een afdeling die zich bezighoudt met de voorbereiding en uitvoering van een onderhoudsstop.

<sup>87</sup> Total Raffinaderij Nederland NV, Brief 'Offerte aanvraag QR2011-xxxx', 30 mei 2011.

<sup>88</sup> Zeeland Refinery, toelichting op het inkoopproces Time 2011-2012.

<sup>89</sup> Total Raffinaderij Nederland NV, Brief aan T.I.M.E. 'Offerte aanvraag QR2011-xxxx', 26 april 2012.

## Dumpen

Dumpen is het verwijderen van katalysatormateriaal uit een reactor door het, onder invloed van de zwaartekracht, uit de *dump nozzles* te laten stromen. Dit wordt ook wel *gravity dumping* genoemd. Het dumpen kan gecontroleerd gebeuren, waarbij er zicht wordt gehouden op de omstandigheden in het reactorbed van waaruit gedumpt wordt en waarbij ervoor gezorgd wordt dat er geen pilaren van aangekoekt katalysatormateriaal achterblijven of holle ruimtes in het katalysatormateriaal ontstaan. Het dumpen kan echter ook plaatsvinden zonder dat er zicht gehouden wordt op de toestand van het katalysatormateriaal in het reactorbed. Dit laatste wordt *blind dumping* (blind dumpen) genoemd.

Het is ook mogelijk om meerdere bedden parallel te ontladen door middel van dumpen. Hierbij wordt het eerste bed gecontroleerd gedumpt, terwijl het derde bed blind gedumpt wordt.

In 2017 ondertekenden Zeeland Refinery en T.I.M.E. een nieuw contract voor het vervangen van het katalysatormateriaal in de DHT- en DHC-reactoren.<sup>90</sup> T.I.M.E. diende een planning in en committeerde zich aan die planning. T.I.M.E. diende zijn planning zo in te richten dat er voldoende capaciteit beschikbaar was, gebaseerd op werkzaamheden die 24 uur per dag doorgaan, zeven dagen in de week. De werkzaamheden moesten volgens het contract in een zo kort mogelijke, maar haalbare, periode worden uitgevoerd.

Onderdeel van het contract was een bijlage met de reikwijdte van de werkzaamheden, waarin de kaders worden beschreven waarbinnen de werkzaamheden plaats zouden vinden.<sup>91</sup> T.I.M.E. kon binnen die reikwijdte met Zeeland Refinery andere dan de contractueel overeengekomen werkmethode bespreken om de efficiëntie te verbeteren en stilstand te beperken. In het contract waren Zeeland Refinery en T.I.M.E. overeengekomen dat T.I.M.E. zich zou inspannen om de planning te optimaliseren. Dit betekende concreet dat, als het veilig kon en de werktijd daarmee zou worden ingekort, T.I.M.E. de reactorbedden parallel moest ontladen en zowel gebruik zou maken van dumpen als van het opzuigen (*vacuuming*) van het katalysatormateriaal.<sup>92</sup>

Katalysatormateriaal dat in de reactor achter zou blijven na dumpen moest worden verwijderd op de snelst mogelijke manier, namelijk *dig-out of vacuuming*.<sup>93</sup> Het contract bevat meerdere bepalingen om het werk zo snel mogelijk af te ronden. Indien dit de veiligheid onder druk zet, geniet de richtlijn *Veilig werken bij ZR* prioriteit boven het contract.<sup>94</sup>

<sup>90</sup> Zeeland Refinery N.V. en T.I.M.E. Services GmbH, *Contract Z R-C -2017 - 1306 59-01*, November 2017.

<sup>91</sup> Zeeland Refinery N.V. en T.I.M.E. Services GmbH, *Contract Z R-C -2017 - 1306 59-01*: Bijlage 1 Scope of work.

<sup>92</sup> Zie paragraaf 3.3.2 over de onduidelijkheid ten aanzien van dit voorschrift.

<sup>93</sup> Zeeland Refinery N.V. en T.I.M.E. Services GmbH, *Contract Z R-C -2017 - 1306 59-01*: Bijlage 1 Scope of work.

<sup>94</sup> Zeeland Refinery N.V. en T.I.M.E. Services GmbH, *Contract Z R-C -2017 - 1306 59-01*, November 2017.



In haar uitvraag aan de markt schreef Zeeland Refinery voor hoe de werkzaamheden moesten plaatsvinden. Zeeland Refinery heeft aan de Onderzoeksraad verklaard wel degelijk open te hebben gestaan voor alternatieve methoden en dat er zeker ruimte voor zou zijn als een aannemer een alternatieve methode voor zou stellen. In het verleden heeft er ook een experiment plaatsgevonden met een alternatieve methode. De wijze waarop de uitvraag is gedaan en waarop het contract is opgesteld suggereert echter dat Zeeland Refinery geen ruimte liet voor alternatieve methoden die het werk veiliger zouden maken. Het contract bood wel ruimte om alternatieve werkmethoden te bespreken om de efficiëntie te verbeteren en stilstand te beperken, maar benoemt niet de alternatieven om de veiligheid te vergroten. De Onderzoeksraad verwacht dat Zeeland Refinery ook in de uitvraag en in het contract expliciet ruimte geeft aan marktpartijen om alternatieve methoden aan te bieden die de uitvoering van het werk veiliger zouden kunnen maken. De aard van het werk geeft namelijk aanleiding om, zoals Zeeland Refinery zelf terecht stelt, het betreden van een met stikstof geïnertiseerde ruimte tot een absoluut minimum te beperken.<sup>95</sup> Op het moment dat de mogelijkheden voor een alternatieve wijze van ontladen als te beperkt worden ingeschat, verwacht de Onderzoeksraad dat betrokken partijen alternatieven ontwikkelen. De Onderzoeksraad verwacht daarnaast dat werkzaamheden waarbij fatale risico's aanwezig zijn voortdurend ter discussie worden gesteld.

### **Deelconclusie**

Zeeland Refinery heeft in de uitvraag aan de markt specifiek gevraagd om vervanging van katalysatormateriaal volgens bepaalde methoden, waarbij gewerkt wordt onder inerte atmosfeer. Uit het contract dat Zeeland Refinery en T.I.M.E. met elkaar sloten blijkt dat Zeeland Refinery voornamelijk inzette op een zo snel mogelijke katalysatorwissel. Het meerjarig contract, waarin is vastgelegd dat katalysatormateriaal wordt ontladen door middel van een inerte betreding, zorgde ervoor dat de manier van werken niet meer ter discussie wordt gesteld. Dat zit het ontladen van een reactor door middel van een andere, veiligere, methode in de weg. Dat er in praktijk ruimte was voor discussie en innovatie is positief. Dit zou volgens de Onderzoeksraad ook tot uiting moeten komen in de uitvraag.

---

<sup>95</sup> Zeeland Refinery, Procedure 720-05 - Betreden van met stikstof geïnertiseerde ruimten. 17 juni 2021.

## 4 CONCLUSIES

---

### Toedracht

Op 3 februari 2023 is een werknemer van T.I.M.E. bedolven geraakt onder katalysatormateriaal toen hij bezig was met het verwijderen van dat materiaal in een reactor van Zeeland Refinery. Hij is verbrand en om het leven gekomen.

De maatregelen die zijn genomen om de aanwezige risico's te mitigeren hebben niet kunnen voorkomen dat een medewerker van een industrieel reinigingsbedrijf onder een laag katalysatormateriaal terecht is gekomen. Door het contact van zuurstofhoudende lucht met het vervuilde katalysatormateriaal is brand ontstaan. Door het katalysatormateriaal dat op hem lag is hij niet in staat geweest zichzelf te bevrijden. Meerdere reddingspogingen zijn vergeefs geweest, waardoor de redding niet het verschil heeft kunnen maken tussen leven of dood.

### Veiligheidsrisico's

Zeeland Refinery en T.I.M.E. zijn bekend met de risico's die gepaard gaan met het verwijderen van katalysatormateriaal in een reactor onder inerte atmosfeer. Om de risico's op onder meer verstikking, bedelving en verbranding te mitigeren worden maatregelen toegepast volgens de arbeidshygiënische strategie. Deze strategie gaat uit van maatregelen op verschillende niveaus die meer of minder risicoreductie bereiken. Zeeland Refinery en T.I.M.E. pasten collectieve maatregelen en individuele maatregelen toe. Dat zijn maatregelen op de twee laagste niveaus.

Om de veiligheidsrisico's die gepaard gaan met het verwijderen van katalysatormateriaal onder inerte atmosfeer te mitigeren hebben Zeeland Refinery en T.I.M.E. maatregelen genomen die de kans op een ongeval reduceren. De ernst van een ongeval (het effect) blijft gelijk.<sup>96</sup> Een belangrijke waarborg voor veilig werken in de reactor is het volgen van de werkvoorschriften. Aangezien er redenen zijn voor het, al dan niet bewust, afwijken van deze voorschriften en de mens feilbaar is, blijft de kans op een ongeval reëel. Doordat de ernst van een ongeval niet of nauwelijks te reduceren is, zullen de gevolgen vrijwel altijd ernstig zijn. Dat maakt het werken in een reactor onder inerte atmosfeer inherent onveilig.

---

<sup>96</sup> Een veiligheidsrisico is te definiëren als een bepaalde kans op een bepaald ongewenst effect.

## Leren van voorvallen

Het leren van voorvallen is een belangrijke manier om veiligheidsrisico's te reduceren. Door eerdere voorvallen te analyseren en de oorzaken die tot het ongeval hebben geleid te identificeren, is het mogelijk om risico's die nog niet in beeld waren te beheersen.

Informatie over voorvallen die plaatsvinden tijdens de reiniging van een reactor wordt beperkt gedeeld binnen de sector. Dat ontnemt partijen de mogelijkheid om te leren van andere voorvallen en hun werkwijze daarop aan te passen. Noch bij T.I.M.E., noch bij Zeeland Refinery was een vergelijkbaar en daarmee relevant dodelijk ongeval uit 2014 bekend. Onvolledige informatie en het beperkt delen van informatie over voorvallen leidt tot een onvolledig inzicht in de veiligheidsrisico's en belemmert het lerend vermogen in de sector.

## De keuze voor inerte betreding

Ten tijde van de aanbesteding van de opdracht voor het ontladen van de reactoren heeft Zeeland Refinery de keuze gemaakt om te ontladen middels inerte betreding. Zowel Zeeland Refinery als T.I.M.E. was ervan overtuigd dat een inerte betreding, hoewel potentieel gevaarlijk, verantwoord uitgevoerd kon worden mits werknemers zich aan de voorgeschreven procedures zouden houden.

Tot aan het ongeval op 3 februari 2023 was het losbikken en opzuigen van katalysatormateriaal door middel van een inerte betreding een gangbare methode die al vele jaren werd gebruikt. Het is een betrouwbare methode ten aanzien van doorlooptijd en resultaat. Ten opzichte van alternatieve methoden van ontladen betreft het een methode die relatief snel is waardoor stilstand wordt beperkt, het hoogste percentage herwinbaar materiaal oplevert en de minste afvalstoffen geeft. De voordelen van ontladen door middel van een inerte betreding, gecombineerd met een raamcontract waarin deze manier van ontladen was vastgelegd, beperkten een discussie over de veiligheid van deze manier van ontladen en beperkten daardoor het zoeken naar alternatieven waardoor een inerte betreding overbodig wordt.

## Hoofdconclusie

Het ontladen van reactoren met behulp van een inerte betreding is inherent onveilig voor de werknemer die als 'duiker' de reactor ingaat. De getroffen maatregelen die de veiligheid moesten waarborgen waren onvoldoende robuust. De betrokken partijen namen onterecht aan dat de genomen maatregelen de veiligheid van de werknemer voldoende konden waarborgen en het veiligheidsrisico tot een acceptabel niveau konden terugbrengen.

## 5 LESSEN EN AANBEVELINGEN

---

Het ontladen van reactoren door middel van inerte betredingen kent grote veiligheidsrisico's. Deze risico's kunnen onvoldoende worden beheerst. Om de veiligheid van het ontladen van reactoren te verbeteren, heeft de Onderzoeksraad een aantal lessen en aanbevelingen geformuleerd.

### Lessen voor de sector

#### *Stop met het ontladen van reactoren door middel van inerte betredingen*

De maatregelen die worden genomen om de risico's van inerte betredingen in reactoren te beheersen, bestaan voor een belangrijk deel uit werkvoorschriften. Deze zijn effectief zolang ze goed worden nageleefd. De werkvoorschriften worden in de praktijk echter niet altijd nageleefd (bewust dan wel onbewust) en bieden daardoor onvoldoende garanties voor de veiligheid van werknemers. Omdat het niet of nauwelijks mogelijk is om de risico's met andere soorten maatregelen verder te beperken, is het werken in een reactor onder inerte omstandigheden inherent onveilig. De sector moet daarom stoppen met deze werkwijze.

#### *Ontwikkel nieuwe, veiligere werkwijzen voor het ontladen van reactoren*

Teneinde het ontladen van reactoren in de toekomst veiliger te maken, dient de sector door te gaan met de ontwikkeling van nieuwe werkwijzen. Daarbij hebben opdrachtgevers en opdrachtnemers elkaar nodig. Een opdrachtnemer beschikt over de kennis van het verwijderen, opslaan en afvoeren van katalysatormateriaal, maar heeft tijd en ruimte nodig om nieuwe werkwijzen te ontwikkelen en ze uit te proberen. Een opdrachtgever kan in de uitvraag voor het ontladen van een reactor eisen stellen en ruimte geven aan opdrachtnemers om nieuwe werkwijzen toe te passen.

#### *Deel informatie over (bijna-)ongevallen binnen de sector*

Voor het bevorderen van een veilige werkomgeving is het van belang te leren van ongevallen en bijna-ongevallen. Partijen delen op dit moment beperkt informatie over ongevallen en bijna-ongevallen die plaatsvinden tijdens de reiniging van een reactor binnen de sector. Dat ontnemt andere bedrijven de mogelijkheid om te leren van andere voorvallen en hun werkwijze daarop aan te passen. De partijen in de sector moeten kennis over incidenten beter met elkaar delen om het besef van de risico's van het werk te bevorderen.

## Aanbevelingen

*Aan T.I.M.E. Service Catalyst Handling:*

1. Stop met het ontladen van reactoren door middel van inerte betredingen.

*Aan Zeeland Refinery en T.I.M.E. Service Catalyst Handling:*

2. Deel de bovengenoemde lessen met branchegenoten om hen ertoe te bewegen te stoppen met inerte betredingen en veiligere methoden voor het ontladen van reactoren te ontwikkelen. Maak daarbij gebruik van de relevante nationale en internationale samenwerkingsverbanden, zoals Vemobin, SIR en ECMA.
3. Neem het voortouw in de verdere ontwikkeling van nieuwe, veiligere methoden voor het ontladen van reactoren.

*Aan de staatssecretaris van Sociale Zaken en Werkgelegenheid:*

4. Bevorder dat de sector stopt met het ontladen van reactoren door middel van inerte betredingen.

# BIJLAGE A

---

## Onderzoeksverantwoording

### Doelstellingen en onderzoeksvragen

Dit onderzoek heeft tot doel inzicht te verkrijgen in (1) de veiligheidsrisico's van inerte betreding voor het ontladen van katalysatormateriaal uit een reactor; (2) alternatieven voor deze wijze van ontladen en (3); de afwegingen die Zeeland Refinery en T.I.M.E. hebben gemaakt voorafgaand aan de keuze voor inerte betreding door medewerkers van T.I.M.E. Deze inzichten kunnen bijdragen aan het verbeteren van de veiligheid.

Om dit doel te bereiken heeft de Onderzoeksraad vier onderzoeksvragen geformuleerd:

- ▶ Wat was de toedracht van het dodelijk ongeval in een reactor op het terrein van Zeeland Refinery?
- ▶ Wat zijn de veiligheidsrisico's van inerte betreding voor het ontladen van katalysatormateriaal uit een reactor?
- ▶ Wat zijn – ten opzichte van inerte betreding – alternatieven voor het ontladen van katalysatormateriaal uit een reactor?
- ▶ Wat waren voor Zeeland Refinery en T.I.M.E. de doorslaggevende factoren voor de keuze voor inerte betreding voor het ontladen van katalysatormateriaal uit een reactor?

### Focus van het onderzoek

Dit rapport bevat feiten, gebeurtenissen en omstandigheden die bij het voorval een rol speelden, waarbij de focus ligt op die punten waarvan de Onderzoeksraad verwacht dat ze kunnen bijdragen aan veiligheidslessen. Het onderzoek richt zich op de raffinaderij (opdrachtgever) waar het voorval plaatsvond en de aannemer (opdrachtnemer) die het werk uitvoerde. De toedracht en onder andere de risico-inschatting door zowel Zeeland Refinery als T.I.M.E. zijn onderzocht. Het voorval bij Zeeland Refinery is als uitgangspunt genomen om veiligheidsrisico's van inerte betreding van reactoren en redding daaruit te bestuderen. Het onderzoek richt zich ook op alternatieve manieren voor het ontladen van katalysatormateriaal uit reactoren en de ontwikkelingen op dat vlak. Andere voorvallen bij inerte betreding bij olieraffinaderijen worden in dit onderzoek genoemd, maar zijn niet nader onderzocht. Voorvallen bij inerte betreding van besloten ruimtes buiten de petrochemische industrie zijn niet in dit onderzoek opgenomen.

## **Onderzoeksaanpak**

In dit onderzoek is gebruikgemaakt van de informatie uit de rapportage over de analyse van het ongeval door de betrokken bedrijven en het onderzoek naar het ongeval door het Openbaar Ministerie. Daarnaast heeft de Onderzoeksraad gebruikgemaakt van informatie zoals voorgeschreven procedures, contracten, veiligheidsstudies en beeldmateriaal. Voor de analyse heeft de Onderzoeksraad gebruikgemaakt van de voor het ongeval relevante onderdelen van de veiligheidsmanagementsystemen van de betrokken bedrijven. De Onderzoeksraad heeft interviews gehouden bij de betrokken bedrijven en andere partijen in de sector, zowel nationaal als internationaal.

Daarnaast hebben leden van het onderzoeksteam werkbezoeken afgelegd bij Zeeland Refinery en een examenlocatie van de Stichting Industriële Reiniging tijdens een examen voor werken in en redden uit een reactor. De verkregen gegevens zijn geanalyseerd in interne groepsdiscussies en met behulp van de Tripod-Bèta analysemethode.

## **Kwaliteitsbeheersing**

Het projectteam is samengesteld op basis van variatie in expertise en vaardigheden. Deze variatie in expertise bevorderde de mogelijkheid om het onderwerp van onderzoek te benaderen vanuit verschillende invalshoeken. Periodiek vond een driehoeksoverleg plaats tussen de projectleider, onderzoeksmanager en portefeuillehouder om de voortgang van het onderzoek te bewaken en de richting van het onderzoek te toetsen.

Tijdens het onderzoek zijn voorlopige bevindingen op meerdere momenten 'tegengelezen' door een selectie van collega's binnen de Onderzoeksraad. Doel van het tegenlezen is om de bevindingen en denkwijzen te toetsen. Met deze collegiale toetsing werd het projectteam gewezen op mogelijke vooronderstellingen en kon de invloed daarvan op het onderzoek beheerst worden.

Het conceptrapport is ter inzage voorgelegd aan de belangrijkste betrokken partijen die het rapport op feitelijke onjuistheden konden controleren. Op basis van de inzage-reacties zijn wijzigingen aangebracht in het rapport. In bijlage B zijn de inzage-reacties en onze verwerking daarvan in een tabel weergegeven.

Na de inzageperiode hebben wij gesprekken gevoerd met elk van de partijen aan wie wij verwachtten een aanbeveling te richten. In die gesprekken is gevraagd naar de lessen die partijen zelf identificeren op basis van de bevindingen en conclusies in het conceptrapport en welke lessen het meest bevorderlijk zouden zijn. Door deze gesprekken na afloop van de inzageperiode te voeren, maakt de Raad een duidelijke scheiding tussen de inhoudelijke, schriftelijke inzageprocedure, en de mogelijkheid om mee te denken over effectieve aanbevelingen. De Onderzoeksraad bepaalt zelf welke aanbevelingen hij uiteindelijk doet en aan wie, en hoe deze geformuleerd worden.



## Projectteam

Het onderzoek stond onder leiding van portefeuillehouder dr. E.A. Bakkum en is uitgevoerd door een projectteam, dat als volgt was samengesteld:

Naam	Functie
dr. mr. S.M. (Stephan) Berndsén	Onderzoeksmanager
drs. A.H. (Bram) de Ruijter	Projectleider
drs. R. (Ruben) Dijkstra	Onderzoeker
drs. C.S.M. (Clemon) Tonnaer	Onderzoeker
C.S. (Christina) Schönbach-Willet MA	Secretaris (tot november 2024)
R.J.P.N. (Ruud) van Schijndel MSc	Secretaris (vanaf november 2024)
dr. A.E.Q. (Lex) van Delden	Adviseur onderzoek en ontwikkeling (tot oktober 2024)
drs. M.I. (Isabella) Steenbergen	Adviseur onderzoek en ontwikkeling (vanaf oktober 2024)

# BIJLAGE B

---

## **Reacties op het conceptrapport**

Het conceptrapport (zonder samenvatting, beschouwing en aanbevelingen) is voorgelegd aan de betrokken partijen. Deze partijen is gevraagd het rapport te controleren op feitelijke onjuistheden en onduidelijkheden. De volgende partijen hebben een reactie gegeven op het conceptrapport:

- ▶ Zeeland Refinery
- ▶ T.I.M.E. Service Catalyst Handling

De binnengekomen reacties zijn op de volgende manier verwerkt:

- ▶ Als de Onderzoeksraad heeft besloten reacties over te nemen, dan zijn deze verwerkt in de definitieve versie van het rapport.
- ▶ Als de Onderzoeksraad reacties niet heeft overgenomen, dan is toegelicht waarom daartoe is besloten.

De reacties en de toelichting van de Onderzoeksraad zijn opgenomen in een tabel die te vinden is op de website van de Onderzoeksraad ([www.onderzoeksraad.nl](http://www.onderzoeksraad.nl)).

# BIJLAGE C

---

## Referentiekader

De Onderzoeksraad hanteert bij zijn onderzoeken een referentiekader. Een referentiekader is een set van referenties (criteria), waartegen onderzoeksinformatie en bevindingen afgezet worden. Een referentiekader helpt bij het begrijpen en beschrijven van een onveilige situatie en de eventueel genomen beheersmaatregelen. Een referentiekader kan bestaan uit wetten, regels, richtlijnen, wetenschappelijke inzichten, (best) practices, et cetera, zolang deze maar relevant zijn voor (de vraagstelling in) het onderzoek. De Onderzoeksraad onderkent dat rekening moet worden gehouden met de aard en omvang van de betrokken organisaties wanneer onderzoeksinformatie tegen het referentiekader wordt afgezet. Overigens staan de referenties zelf ook ter discussie tijdens het onderzoek; regels, richtlijnen, inzichten, et cetera kunnen na onderzoek niet (goed) passend blijken bij de situatie die onderzocht wordt of zelfs mede bijdragen aan een onveilige situatie.

### C.1 Algemene uitgangspunten

De Onderzoeksraad onderkent dat een risicoloze maatschappij niet bestaat en neemt als uitgangspunt dat in elk proces zaken kunnen misgaan die direct of indirect kunnen leiden tot blootstelling aan gevaar of schade. De Onderzoeksraad hanteert als uitgangspunt dat partijen primair zelf verantwoordelijk zijn voor de risicobeheersing van hun eigen (bedrijfs)processen en daarmee voor de veiligheid van hun werknemers en omstanders. Dat geldt te meer als de risico's waarmee gewerkt moet worden levensbedreigend zijn.

In de industrie vinden activiteiten plaats die van belang zijn voor onze samenleving. Die activiteiten brengen ook risico's met zich mee. Ook al is de kans op een voorval klein, de gevolgen voor mens en milieu kunnen zeer groot zijn. Dat betekent dat alle partijen betrokken bij activiteiten in de industrie de verantwoordelijkheid hebben de risico's op voorvallen adequaat te beheersen.

De Onderzoeksraad verwacht van betrokken partijen dat zij voldoen aan wet- en regelgeving en (branche/sector-)richtlijnen. Dit garandeert een minimaal niveau van veiligheid. De Onderzoeksraad verwacht dat partijen een hoger veiligheidsniveau realiseren wanneer de voordelen, de risico's en de beheersmaatregelen van een activiteit asymmetrisch verdeeld zijn. Dat is het geval wanneer een partij een groot belang heeft bij het uitvoeren van een risicovolle activiteit, terwijl degene die die activiteit moet uitvoeren direct gevaar loopt; slechts in beperkte mate het vermogen heeft om de risico's te beheersen en geen of een veel kleiner belang heeft.

Voorts verwacht de Onderzoeksraad dat betrokken partijen zorgen voor passende competenties en expertise bij de taken en verantwoordelijkheden die deze partijen hebben. Bij tekortkomingen in deze competenties en expertise dienen partijen zich

daarvan te vergewissen en deze via andere wegen te betrekken en te toetsen. Verder verwacht de Onderzoeksraad dat werkzaamheden waarbij dodelijke risico's aanwezig zijn voortdurend ter discussie worden gesteld. Van de partijen die dit betreft verwacht de Onderzoeksraad ook dat zij gezamenlijk werken aan alternatieven.

## **C.2 Betrokken partijen**

### **C.2.1 Opdrachtgevers**

De Onderzoeksraad beschouwt de eigenaar van de industriële installatie als de partij die het grootste voordeel heeft bij zijn activiteiten, en het grootste vermogen heeft om risico's binnen zijn eigen bedrijf te voorkomen of anders zo veel als mogelijk te beheersen. Daarmee dient de eigenaar verantwoordelijkheid te nemen voor iedereen die op zijn terrein werkzaamheden uitvoert, ongeacht of dat om eigen personeel gaat of om personeel in dienst bij andere organisaties. Dat betekent volgens de Onderzoeksraad dat de eigenaar:

- ▶ Zorgt voor beheersing van de risico's die gepaard gaan met activiteiten die op zijn terrein uitgevoerd worden.
- ▶ Zorgt voor een navolgbare inschatting van de gevaren die kunnen optreden, zowel tijdens het in bedrijf zijn als tijdens onderhoud. Dat geldt zowel voor de eigen werknemers als voor die van opdrachtnemers. Daarbij wordt gebruikgemaakt van de lessen van eerdere ongevallen en bijna-ongevallen.
- ▶ Zorgt voor een navolgbare eigen afweging van hoe inspectie en onderhoud van installaties verantwoord kan worden uitgevoerd.
- ▶ Zorgt dat eigen medewerkers en opdrachtnemers de benodigde mitigerende maatregelen om geïdentificeerde risico's te minimaliseren ook daadwerkelijk nemen.
- ▶ Zorgt voor een verantwoording welke risico's niet acceptabel zijn bij het uitvoeren van werkzaamheden.
- ▶ Zorgt voor alternatieven als een werkwijze onacceptabele risico's met zich meebrengt.

### **C.2.2 Opdrachtnemers**

De opdrachtnemer is primair verantwoordelijk voor de veiligheid van de eigen medewerkers. Die verantwoordelijkheid geldt volgens de Onderzoeksraad des te meer als de opdrachtgever risicovolle activiteiten aanvraagt. Dat betekent dat de opdrachtnemer:

- ▶ Zorgt voor een navolgbare risicoanalyse van de risico's die tijdens het uitvoeren van het contract kunnen optreden. Onderdeel daarvan is een zo volledig mogelijk overzicht van voorvallen en bijna-voorvallen die bij de opdrachtnemer hebben plaatsgevonden en die gerelateerd zijn aan het uit te voeren werk.
- ▶ Zorgt voor een navolgbare analyse omtrent de mitigerende maatregelen, die nodig zijn om de uit de risicoanalyse volgende risico's tot een minimum te beperken.
- ▶ Uitvoering geeft aan de afgesproken veiligheidsmaatregelen. Dit betreft zowel het opvolgen van de concrete veiligheidseisen die de opdrachtgever stelt, als de eisen die de opdrachtnemer zichzelf heeft opgelegd.
- ▶ Ingrijpt als dit noodzakelijk is, bijvoorbeeld als een werknemer of (onder)aannemer zich niet aan de gemaakte veiligheidsafspraken houdt.

- ▶ De opdrachtgever aanspreekt als het gevraagde werk of de bij de opdrachtgever geldende procedures strijdig (kunnen) zijn met de benodigde mitigerende maatregelen.

### **C.2.3 Belangen**

Elk industrieel bedrijf heeft belangen ten aanzien van economie, veiligheid en milieu. De belangen van opdrachtgever en opdrachtnemer lopen niet altijd gelijk op. De opdrachtgever (de raffinaderij) heeft er belang bij om een onderhoudsstop zo kort mogelijk te laten duren. Dit is een economisch belang, aangezien de opdrachtgever tijdens de onderhoudsstop niet kan produceren, wat inkomstenverlies betekent. Dat kan betekenen dat druk ontstaat om het (onderhouds)werk zo snel mogelijk uit te voeren. Voorkomen moet worden dat deze druk afbreuk doet aan het benodigde niveau van veiligheid om dat werk veilig uit te voeren. Van alle betrokken partijen mag verwacht worden dat zij, individueel en gezamenlijk, zorgvuldig hiermee omgaan. Het is de gezamenlijke verantwoordelijkheid van opdrachtgever en opdrachtnemer om tot een contract te komen met een prijs en een inhoud die in verhouding staat tot de omvang van de benodigde werkzaamheden, de planning, de gewenste kwaliteit, de impact op het milieu, de oorspronkelijke risico's, de noodzakelijke mitigerende maatregelen en het restrisico. Hiervoor is het belangrijk om contractvorming zodanig te organiseren dat deze elementen zijn geborgd. Afspraken over de veiligheid gaan vooraf aan de afspraken over de prijs. Bepaalde veiligheidsmaatregelen kosten geld, net als maatregelen om de impact op het milieu te beperken, en zijn daarmee van invloed op de prijsafspraken. De opdrachtgever en de partijen die inschrijven op een aanbesteding moeten voorkomen dat er concurrentie ontstaat die ten koste gaat van het benodigde niveau van veiligheid en/of de milieu-impact.

Om een ordelijke en nauwkeurige weging van de (tegenstrijdige) belangen te waarborgen, acht de Onderzoeksraad de volgende punten noodzakelijk:

- ▶ Een zorgvuldige identificatie van alle belangen.
- ▶ Een transparante weging van belangen.
- ▶ Duidelijke communicatie over de genomen besluiten.
- ▶ Het expliciet maken van het geaccepteerde risico.

### **C.2.4 Samenwerking**

De partijen die betrokken zijn bij activiteiten binnen het industriële bedrijf hebben naast de verantwoordelijkheid voor beheersing van de veiligheidsrisico's bij hun eigen activiteiten ook een verantwoordelijkheid voor de invloed van hun keuzes op de (beheersing van de) veiligheidsrisico's waaraan andere partijen worden blootgesteld. Anders gezegd, de partijen moeten samenwerken om de veiligheidsrisico's te beheersen, nadrukkelijk daar waar het veiligheidsmanagementsysteem van individuele partijen hiertoe niet volstaat. Voor deze samenwerking is het van belang dat alle partijen hetzelfde veiligheidsdoel voor ogen hebben.

Verder is het van belang dat sprake is van regie op en afstemming van de activiteiten en belangen van de verschillende partijen waar deze samenkomen. Zo dient een bedrijf dat opdracht verleent tot het uitvoeren van risicovolle activiteiten (en risico's als het ware uitbesteedt) zich ervan te verzekeren dat de opdrachtnemer de opdracht ook inderdaad

veilig en passend bij de risicoanalyse van de opdrachtgever kan en zal uitvoeren.<sup>97</sup> Partijen dienen te beseffen dat er wederzijdse afhankelijkheden van elkaars activiteiten zijn. Het is daarom belangrijk dat de partijen elkaar kennen, begrijpen en op basis van wederzijds vertrouwen met elkaar samenwerken. Partijen die betrokken zijn bij risicodragende activiteiten en (mede)verantwoordelijk zijn voor beheersing van de (veiligheids)risico's binnen het industriële bedrijf hebben elkaars informatie nodig voor deze risicobeheersing. Tot slot is het van belang dat partijen de samenwerking periodiek bezien op basis van evaluaties en praktijkervaringen en dat zij kennis, *best practices* en *lessons learned* ten aanzien van de beheersing van risico's delen. Daarbij is een werkklimaat waarin partijen (inclusief werknemers) onveilige situaties kunnen melden en waarbij partijen kritisch en professioneel worden aangesproken om een veilige situatie te kunnen bewerkstelligen essentieel.

Met het oog op het gezamenlijk verbeteren van de beheersing van risico's binnen het industriële bedrijf dient binnen het netwerk van betrokken partijen een platform<sup>98</sup> te bestaan waar deze partijen elkaar gemakkelijk kunnen vinden en de ruimte krijgen om elkaar in vertrouwen te kunnen spreken. Binnen een dergelijk platform dienen tevens meldingen over en evaluaties van ongewenste situaties, zoals ongevallen en bijna-ongevallen, te worden uitgewisseld. Door deze gezamenlijk te bespreken kunnen de partijen deze gebruiken als signalen voor het mogelijk toenemen van risico's. Het uitwisselen, bespreken en analyseren van deze signalen, alsook het handelen erop, is een verantwoordelijkheid van alle betrokken partijen (opdrachtgevers, opdrachtnemers en andere betrokkenen).

### C.3 Omgaan met risico's

Het uitgangspunt van het veiligheidsbeleid van bedrijven, en dat geldt des te meer voor Seveso-inrichtingen, moet zijn om te streven naar inherente veiligheid. De essentie van dit streven is dat bij het ontwerpen, in bedrijf hebben, inspecteren en onderhouden van een procesinstallatie zoveel mogelijk gekozen wordt voor het voorkomen van potentiële gevaren.<sup>99</sup> Pas als dat niet haalbaar blijkt, wordt gekozen voor reduceren. De Onderzoeksraad gaat daarom ervan uit dat bedrijven en organisaties die risicovolle activiteiten ontplooiën en/of faciliteren, een systematische benadering van veiligheidsmanagement toepassen om zo goed mogelijk risico's te identificeren en te beoordelen, en dat zij vervolgens passende maatregelen treffen om deze veiligheidsrisico's te vermijden of zo ver als redelijkerwijs mogelijk is beperken. Dat wil zeggen dat zij steeds de beschikbare maatregelen moeten treffen om veiligheidsrisico's uit te sluiten of te verminderen tenzij daardoor grotere veiligheidsrisico's worden geïntroduceerd. Naarmate de veiligheidsrisico's groter worden dienen de benodigde maatregelen zwaarder te wegen. Maatregelen kunnen zich richten op het voorkomen van een ongewenste gebeurtenis of het beperken en mitigeren van de gevolgen indien

---

97 Cf. Verantwoord opdrachtgeverschap (<https://www.arboportaal.nl/onderwerpen/verantwoord-opdrachtgeverschap>) en de handreiking Gezond en Veilig Werken bij Publieke Opdrachten (<https://www.arboportaal.nl/onderwerpen/verantwoord-opdrachtgeverschap>).

98 Het is de fysieke/digitale/telefonische 'plek' of een medium waar partijen elkaar ontmoeten om informatie uit te wisselen die de veiligheid aangaan.

99 Conform het preventiebeleid en veiligheidsbeheerssysteem bij Seveso-inrichtingen; zie <https://iplo.nl/thema/externe-veiligheid/seveso-inrichtingen-externe-veiligheid/@241633/preventiebeleid-veiligheidsbeheerssysteem-seveso/>

ongewenste gebeurtenissen zich toch voordoen. Veiligheidsrisico's waarvoor geen adequate maatregelen kunnen worden gevonden moeten leiden tot een zoektocht naar en een keuze voor minder risicovolle alternatieven.

### C.3.1 Veiligheidsmanagement

Gebaseerd op (inter)nationale wet- en regelgeving<sup>100</sup> en daaraan ondersteunende documenten<sup>101</sup> heeft de Onderzoeksraad een zestal aandachtspunten gedefinieerd voor het veiligheidsmanagement van een organisatie die een activiteit met veiligheids- en/of milieurisico's onderneemt:<sup>102</sup>

1. *Inzicht in risico's als basis*  
Betrokken partijen/organisaties moeten, met behulp van risico-inventarisaties, vaststellen welke risico's dienen te worden beheerst en welke risico's het uitvoeren van werk onaanvaardbaar maken.
2. *Aantoonbare veiligheidsaanpak*  
Betrokken partijen/organisaties moeten hun veiligheidsaanpak kunnen aantonen. Dit omvat het vastleggen van een realistisch en praktisch toepasbaar veiligheidsbeleid en het vaststellen welke beheersmaatregelen daarvoor noodzakelijk zijn.
3. *Uitvoeren en handhaven veiligheidsaanpak*  
Het is aan het management om ervoor te zorgen dat de geïdentificeerde risico's systematisch worden beheerst, onder andere door het duidelijk en actief centraal coördineren van activiteiten om de veiligheid te vergroten.
4. *Continue aanscherping*  
De veiligheidsaanpak moet continu worden aangescherpt op basis van 1. periodiek (en in ieder geval bij iedere wijziging van uitgangspunten) uit te voeren risicoanalyses, inspecties, audits en dergelijke (proactieve aanpak) en 2. een systeem van monitoring en onderzoek van incidenten en (bijna-)ongevallen inclusief deskundige analyse daarvan (reactieve aanpak).
5. *Managementsturing, betrokkenheid en communicatie*  
Het management van de betrokken partijen/organisaties moet zorgen voor de randvoorwaarden waarbinnen medewerkers veilig kunnen werken en ervoor zorgen dat andere (bijvoorbeeld commerciële) belangen de veiligheid niet overvleugelen. Het management moet intern zorgen voor duidelijke en realistische verwachtingen ten aanzien van de veiligheidsambitie, en extern duidelijk communiceren over de algemene werkwijze, de wijze van toetsing daarvan, de procedures bij afwijkingen, et cetera. Onderdeel hiervan is de keuze om af te zien van activiteiten die, bijvoorbeeld op basis van eerdere ervaringen, niet verantwoord kunnen worden uitgevoerd.

---

100 Europese Unie: Sevesorichtlijn (<https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:197:0001:0037:NL:PDF>). Verenigde Staten van Amerika: Occupational Safety and Health Administration <https://www.osha.gov/safety-management/hazard-prevention>

101 PGS6 (Aanwijzingen voor het toepassen van de Seveso-paragraaf in het Bal). NTA 8620 (Specificatie van een veiligheidsmanagementsysteem voor risico's van zware ongevallen). Major Accident Hazards Bureau (MAHB) van de Europese Unie. Institute for Systems, Informatics and Safety (ISIS) [https://www.mlsi.gov.cy/mlsi/dli/dliup.nsf/0/00418376537FAB4FC2257DDB00403BDB/\\$file/Guidelines\\_MAPP.pdf](https://www.mlsi.gov.cy/mlsi/dli/dliup.nsf/0/00418376537FAB4FC2257DDB00403BDB/$file/Guidelines_MAPP.pdf).

102 Een uitgebreidere versie is te vinden op [https://onderzoeksraad.nl/wp-content/uploads/2023/11/d3216bf68cfd20183297\\_interactieve\\_rapportage\\_chemelot\\_180613.pdf](https://onderzoeksraad.nl/wp-content/uploads/2023/11/d3216bf68cfd20183297_interactieve_rapportage_chemelot_180613.pdf).

## 6. Veilige leeromgeving

Voor een optimale beheersing van veiligheidsrisico's is binnen organisaties een veilige leeromgeving nodig. Dat betekent onder meer dat men effectief leert van incidenten en onveilige situaties en kritisch blijft op de vier variaties van menselijk werk: *work-as-imagined*, *work-as-done*, *work-as-prescribed* en *work-as-disclosed*<sup>103</sup>. Van belang daarbij is dat werknemers en anderen elkaar durven aan te spreken op onveilig gedrag, en gestimuleerd worden om voorvallen te melden zonder te hoeven vrezen dat ze voor hun handelingen, omissies, vergissingen of beslissingen worden gestraft.

### C.3.2 Risicomanagement

Bij risicomanagement zijn de risico-inventarisatie, analyses en te nemen mitigerende maatregelen dynamisch met elkaar verbonden; zij beïnvloeden elkaar. Startpunt voor het beheersen van risico's is een inventarisatie van de risico's. Professionele en bij voorkeur onafhankelijke experts met de vereiste kennis van en inzicht in de risico's zijn bij deze risico-inventarisatie betrokken. Deze risico-inventarisatie bestaat uit:

- a. Een systematische inventarisatie van de ongewenste gebeurtenissen die kunnen optreden;
- b. Een onderbouwde inschatting van de kans dat deze ongewenste gebeurtenissen optreden;
- c. Een onderbouwde inschatting van de aard en omvang van hun gevolgen.

Onder andere om invloed van mogelijke vooringenomenheid (bias) te beheersen worden bij gecompliceerde en complexe situaties de risico-inventarisaties bij voorkeur uitgevoerd door meer dan één onafhankelijk expert.

Onzekerheid dient als uitgangspunt meegenomen te worden bij de risico-inventarisatie. Dat vereist dat de risico-inventarisatie niet alleen plaatsvindt op basis van concrete informatie, zoals faalkansen, maar ook op basis van de voorstelbaarheid van risico's of effecten, waarbij vanuit een meervoudigheid van perspectieven en inzichten wordt nagedacht over en invulling wordt gegeven aan voorstelbare risico's. Daarnaast dient bij de risico-inventarisatie rekening gehouden te worden met het mogelijk tekortschieten van te treffen maatregelen en met een zogenaamd *worst-case scenario*<sup>104</sup>: een scenario met de grootste ongewenste impact die men kan verwachten.

De Onderzoeksraad verwacht dat alle betrokken partijen de ontwikkeling van kennis over risico's door de ondernomen activiteiten binnen het industriële bedrijf volgen, tot zich nemen, met elkaar delen en, indien nodig, stimuleren. De Onderzoeksraad verwacht van partijen een vermindering of preventie van risico's, als uit kennis blijkt dat

---

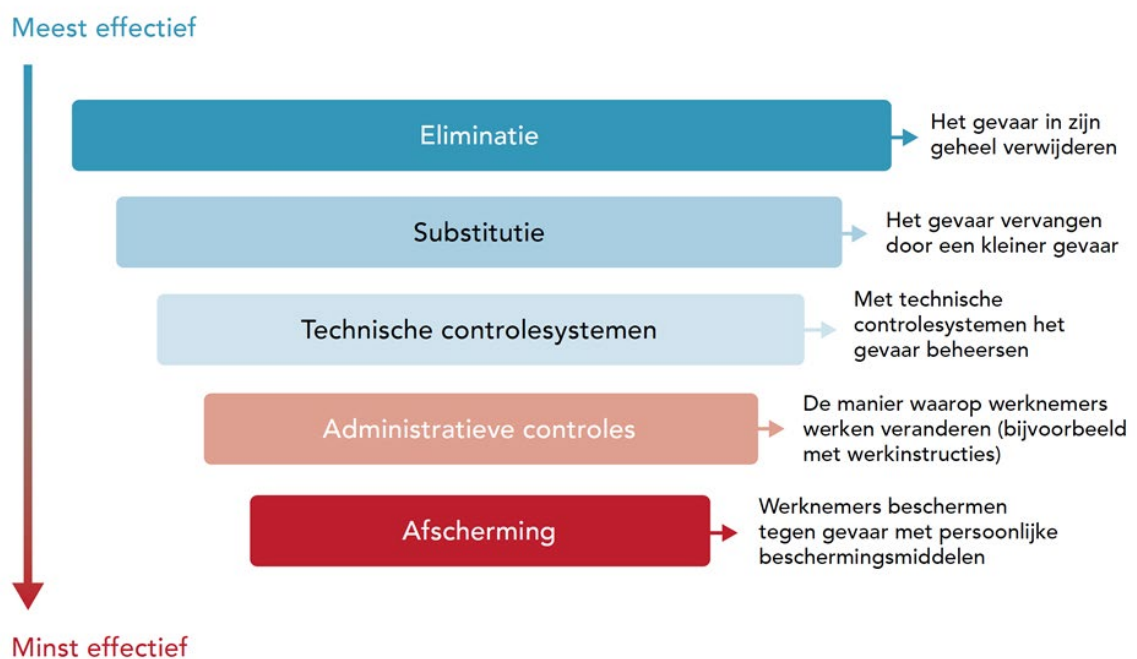
<sup>103</sup> *Work-as-done* is de manier waarop het werk elke dag plaatsvindt. *Work-as-imagined* is het werk dat mensen denken dat ze moeten doen of zich voorstellen dat ze doen. *Work-as-prescribed* is het werk zoals uiteengezet in regels, beleid, procedures, normen en richtlijnen. *Work-as-disclosed* is de manier waarop mensen werken als ze bereid zijn te delen, als ze zich veilig voelen om met je te delen, wat ze eigenlijk doen. Zie <https://humanisticsystems.com/2016/12/05/the-varieties-of-human-work/>

<sup>104</sup> Een *worst-case scenario* zoals bedoeld in dit rapport is niet noodzakelijk het slechtste geval. Verdere escalatie wordt niet uitgewerkt omdat er zich situaties kunnen voordoen die geen enkele expert redelijkerwijs kan voorzien. In een gegeven *worst-case scenario* is alleen rekening gehouden met onvoorziene omstandigheden die zich naar verwachting kunnen voordoen in verband met een erkend gevaar en risico.



dat redelijkerwijs mogelijk is. Naarmate de consequenties van het optreden van een risico groter worden verwacht de Onderzoeksraad een grotere inzet en de bereidheid om grotere veranderingen door te voeren.

Een neveneffect van het voortdurend invoeren van risico mitigerende maatregelen is dat dit de complexiteit verhoogt, wat weer nieuwe of andere risico's met zich meebrengt. In plaats van het nemen van risico mitigerende maatregelen die beschermen tegen gevaren heeft het de voorkeur om de gevaren zelf te voorkomen of te reduceren, bijvoorbeeld door processen of installaties aan te passen. Dit betekent dat er een hiërarchie in type veiligheidsmaatregelen bestaat op basis van de effectiviteit van risicoreductie, zie Figuur C1.



▲ Figuur C1: Hiërarchie in effectiviteit van risicoreductie door verschillende type veiligheidsmaatregelen.<sup>105</sup>

De Onderzoeksraad volgt hier de filosofie vanuit de arbeidshygiënische strategie. Als de risico's hoog blijken verwacht de Onderzoeksraad dat er maatregelen getroffen worden om die risico's te verlagen. Het meest effectief hierbij zijn maatregelen op een zo hoog mogelijk niveau. Pas als een maatregel van een bepaald niveau om technische redenen niet mogelijk is, kan gekozen worden voor maatregelen van één niveau lager. Voor de Onderzoeksraad wegen economische afwegingen minder zwaar bij de overweging of een hoger niveau van risicoreductie haalbaar is. Zeker als het gaat om potentieel levensbedreigende effecten.

Bovendien dient voorkomen te worden dat het gedrag van een enkel individu, bijvoorbeeld in het volgen van werkinstructies, de enige barrière vormt in risicovolle situaties.

<sup>105</sup> Figuur is gebaseerd op de arbeidshygiënische strategie in Nederland zoals geformuleerd in artikel 4.4 van het Arbeidsomstandighedenbesluit en de *Hierarchy of Controls* van het National Institute for Occupational safety and Health (NIOSH), zie [https://www.cdc.gov/niosh/hierarchy-of-controls/about/?CDC\\_AAref\\_Val=https://www.cdc.gov/niosh/topics/hierarchy/](https://www.cdc.gov/niosh/hierarchy-of-controls/about/?CDC_AAref_Val=https://www.cdc.gov/niosh/topics/hierarchy/) [laatst geraadpleegd op 19 december 2024].

Verder kan het aanpassen en toevoegen van mitigerende maatregelen, hoe waardevol in zichzelf ook, het zicht vertroebelen op risico's waarmee gewerkt moet worden, omdat een mitigerende maatregel vaak slechts op een deel van het totale risico ingrijpt en soms zelfs nieuwe risico's introduceert.



**Bezoekadres**  
Lange Voorhout 9  
2514 EA Den Haag  
T 070 333 7000

**Postadres**  
Postbus 95404  
2509 CK Den Haag

[onderzoeksraad.nl](http://onderzoeksraad.nl)