



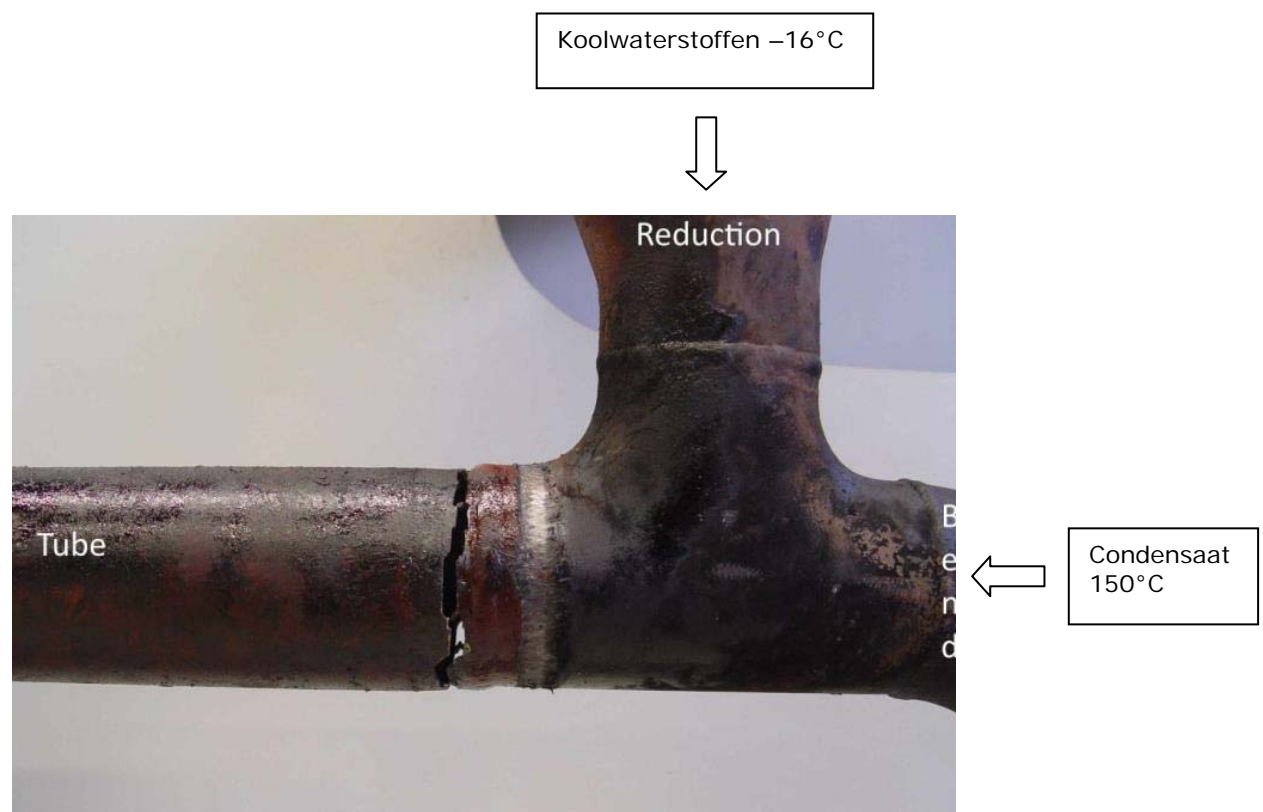
## Brand en explosie na lek door thermische vermoeiing

Als gevolg van thermische vermoeiing is een volledige breuk opgetreden van een leiding met een ontvlambaar vloeibaar gas. Er vormde zich een laaghangende gaswolk die werd ontstoken door een auto. Er volgde een explosie die voor een lichte overdruk en een brand zorgde. De brand was na 20 minuten onder controle. Niemand raakte gewond.

### Beschrijving van de installatie

De breuk trad op in een roestvast stalen leiding (AISI 316) met een binnendiameter van 80 mm en een wanddikte van ongeveer 2 mm.

De breuk deed zich voor kort na een injectiepunt, waar stoomcondensaat van 150°C werd toegevoegd aan een stroom van koolwaterstoffen met een temperatuur van -16°C.



## Relaas van de feiten

Hieronder volgt het chronologische verloop van de feiten op de dag van het incident.

+/- 5:55	De shiftwissel van 6u is net gebeurd. Medewerkers van de ochtendploeg komen de controlekamer binnen en medewerkers van de nachtploeg verlaten de controlekamer.
5:56:00	Breuk in de leiding
5:56:04	De druk van de reactor waarop de leiding is aangesloten daalt van de operationele druk naar 0,5 barg.
5:56:14	2 lagedrukalarmen spreken aan op DCS.
5:56:24	De gasdetectie ter hoogte van de reactor spreekt aan en geeft alarm op DCS.
5:56:36	Een tweede gasdetectie ter hoogte van een nabijgelegen vat spreekt aan en geeft alarm op DCS.
5:56:41	Een derde gasdetectie ter hoogte van een pomp nabij de reactor spreekt aan en geeft alarm op DCS.
5:57:16	Een vierde gasdetectie spreekt aan en geeft alarm op DCS.
	De bordoperator vraagt aan een medewerker om naar buiten te gaan om de situatie ter plaatse te evalueren.
5:57:53	De gevormde gaswolk wordt ontstoken. Door de (lichte) overdruk worden de bedieningspanelen van de nood- en oogdouches bewogen en worden de bijhorende alarmen in de controlekamer geactiveerd. Ook de alarmen gekoppeld aan de onbalansmetingen van de luchtkoelers worden aangesproken.
5:58:14	In de brand die volgde op de ontsteking wordt een meting beschadigd die deel uitmaakt van een instrumentele beveiligingskring van de reactor, waardoor de actie van deze beveiliging wordt geactiveerd: de reactor wordt ingeblokkt en de circulatiepomp van de reactor wordt gestopt.
5:58:20	De druk van de instrumentatielucht begint te zakken.
5:58:56	Door het wegvallen van de instrumentatielucht sluiten de kleppen die 'fail close' zijn uitgevoerd en wordt de toevoer van koolwaterstoffen naar de installatie onderbroken.
5:59:13	De medewerker die op weg was naar buiten om de situatie in te schatten hoort van een collega dat er brand is uitgebroken. Hij loopt verder naar buiten en ziet zelf ook de brand. Hij verwittigt de controlekamer.
6:00:29	De watersproeikoppen boven de pompen in de getroffen zone worden vanuit de controlekamer geactiveerd.
	De bedrijfsbrandweer wordt verwittigd en het alarm wordt geactiveerd.

Volgens schatting is er maximaal 4 ton ontvlambare stoffen vrijgekomen.

## Bevindingen van het onderzoek

### De oorzaak van de breuk

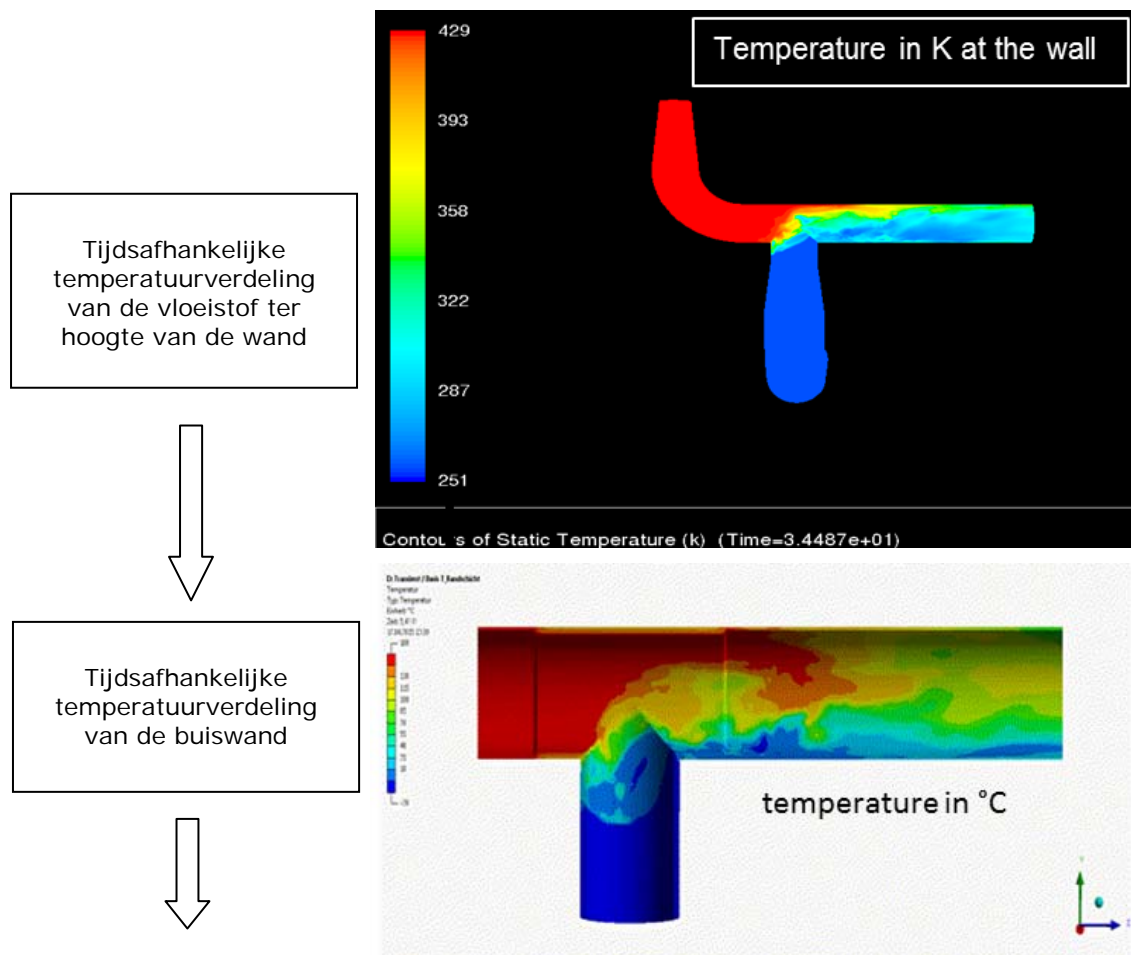
Onderzoek heeft aangetoond dat de breuk te wijten was aan thermische vermoeiing ('thermal fatigue'). Thermische vermoeiing is een fenomeen dat kan optreden bij de menging van verschillende productstromen met sterk verschillende temperaturen en met een slecht mengprofiel. De productstroom na de menging bestaat uit een sterk wervelende stroom, waarbij op korte afstand grote temperatuurverschillen kunnen ontstaan. De temperatuurverschillen in de vloeistof geven aanleiding tot temperatuurverschillen in de wand, die op hun beurt aanleiding geven tot spanningen in het metaal van de leiding.

De hypothese van thermische vermoeiing wordt ondersteund door een analyse van het breukvlak en door het uitvoeren van simulatieberekeningen waarbij de temperatuurschommelingen en de bijhorende spanningen in de wand van de leiding werden bepaald.

Het breukvlak had de typische kenmerken van een vermoeiingsbreuk. De scheur ontstond aan de binnenkant van de buis, in het basismateriaal. Dit maakt de hypothese van vermoeiing als gevolg van trillingen weinig plausibel, aangezien men in dat geval een initiatie mag verwachten ter hoogte van spanningsconcentraties aan de buitenkant van de buis (bijvoorbeeld nabij de lasnaad).

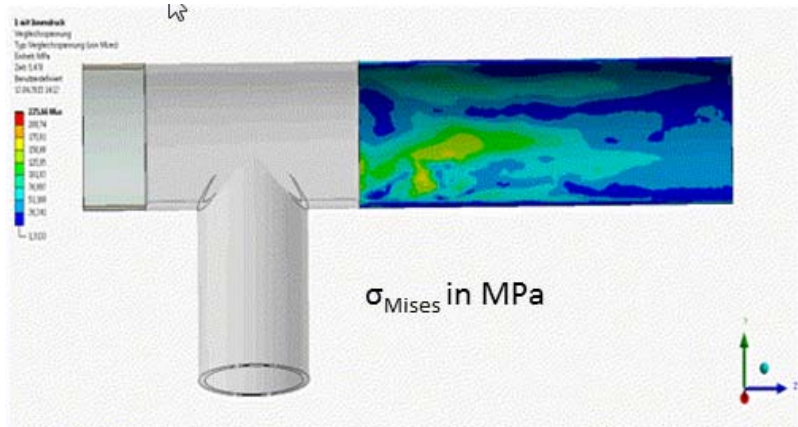
Via computersimulaties heeft men kunnen aantonen dat de temperatuurvariaties in de vloeistof zich effectief vertaalden naar temperatuurvariaties in de wand. Het maximale temperatuurverschil in functie van de tijd op een bepaalde plaats liep in de simulatie op tot 128°C.

De grote temperatuurverschillen in de tijd en tussen verschillende punten in de leiding zorgden ervoor dat er spanningsconcentraties optraden in de buiswand die boven het toegelaten spanningsniveau lagen. In dergelijke omstandigheden kan men scheurinitiatie en scheurpropagatie verwachten.



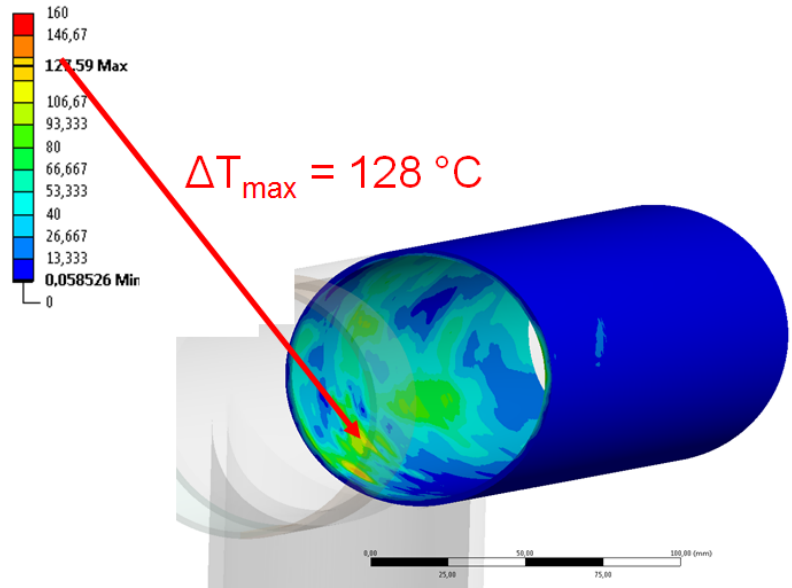


Tijdsafhankelijke spanningsverdeling in de buiswand onder invloed van de temperatuurvariaties



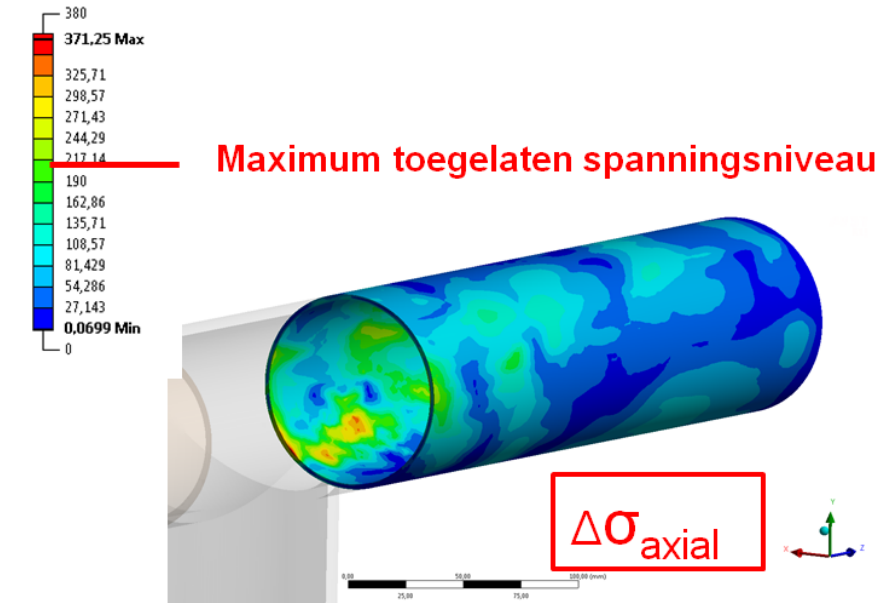
Het maximum temperatuurverschil tijdens de duur van de simulatie.

Temperature in °C



Het maximum spanningsniveau tijdens de duur van de simulatie.  
Er zijn grote zones waar het spanningsniveau significant hoger is dan het toegelaten niveau.

stress in MPa



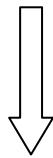
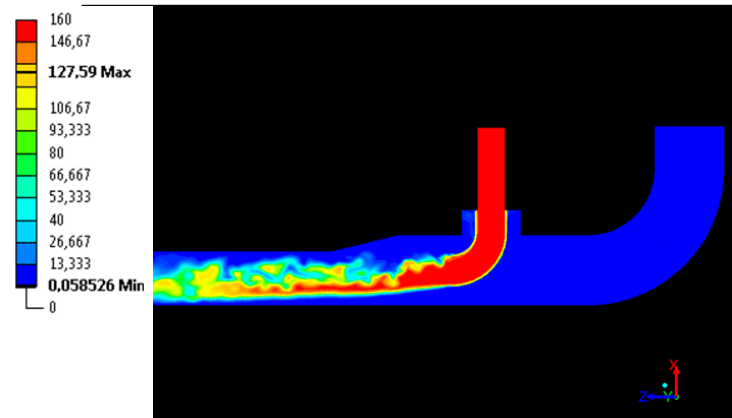
## Lessen

### Voorkomen van temperatuurschommelingen in de wand

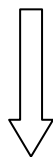
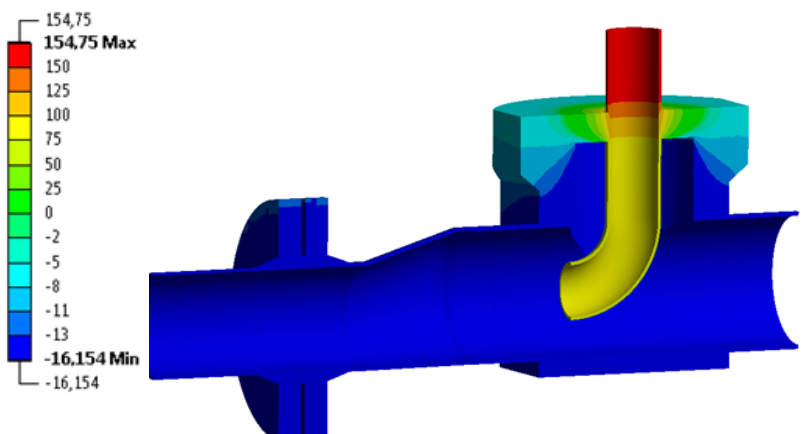
Het probleem van thermische vermoeiing kan worden vermeden door een ander ontwerp van het injectiepunt, waarbij de warme stroom in het midden van de koude stroom wordt geïnjecteerd.

Simulaties zoals hierboven beschreven tonen aan dat de temperatuurvariaties ter hoogte van de wanden beperkt blijven en dat er geen ontoelaatbare thermische spanningen optreden.

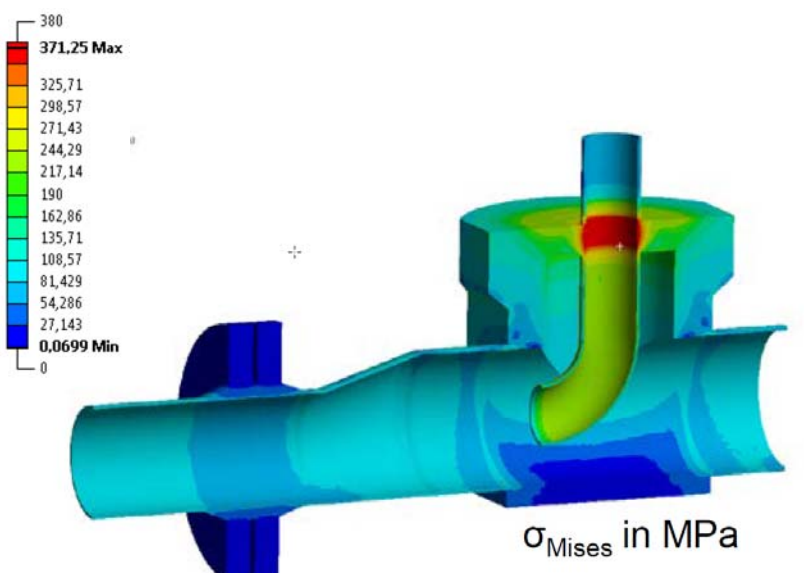
De tijdsafhankelijke temperatuurverdeling (in °C) van de vloeistof ter hoogte van de wand toont aan dat de temperatuurvariaties vooral in het midden van de stroom optreden.



Het temperatuurprofiel (in °C) van de wand is quasi onafhankelijk van de tijd.



De spanningen (in MPa) in de buiswand zijn quasi onafhankelijk van de tijd en overschrijden de toegestane waarden niet.



### **De reactie in de controlekamer**

Uit het hiervoor gegeven tijdsverloop kan men vaststellen dat er in de eerste minuten na het lek heel wat alarmen toekwamen in de controlekamer, waaronder 4 gasalarmen en enkele drukalarmen. Er werd toen besloten om een operator naar buiten te sturen om de situatie te verkennen. De gaswolk is ontstoken voordat deze persoon het gebouw had verlaten. Mocht de ontsteking echter later hebben plaatsgevonden, op het ogenblik dat de operator in de installatie was, hadden de gevolgen heel ernstig kunnen zijn.

Wanneer op korte tijd meerdere gasalarmen en procesalarmen afgaan, geeft dit een zeer sterke indicatie dat er zich effectief een uitbraak heeft voorgedaan en dat het niet gaat om een vals alarm. In dergelijke omstandigheden moet men vermijden om personen een verkenning te laten doen waarbij ze zich blootstellen aan de risico's van een explosie of brand.

Naar aanleiding van dit incident werden er in het betrokken bedrijf duidelijke richtlijnen gegeven aan de operatoren in verband met het ter plaatse verkennen van de situatie na het binnenkomen van een gasalarm: in geval er twee of meer gasdetectoren in alarm gaan, mag men zich niet in de installatie begeven en wordt onmiddellijk het noodplan geactiveerd.

Tevens werd de visualisatie van de gasalarmen verbeterd. Er werden schermen bijgeplaatst in de controlekamer waarop een grondplan van de installatie en de locatie van de detectoren permanent worden weergegeven. Op die manier kan men zich snel een beeld vormen waar de eventuele gasuitbraak is opgetreden en welke de omvang van de getroffen zone is.

In aanvulling op de bestaande gasalarmen werd een vorm van lekdetectie ontwikkeld op basis van procesparameters zoals druk en debiet. Plotse, onverwachte wijzigingen in deze parameters kunnen immers wijzen op een aanzienlijk lek.

### **Voorkomen van ontstekingsbronnen**

De wolk werd ontstoken door een auto die langs de installatie reed. De weg viel buiten de explosiegevaarlijke zone 2 en er stelde zich dus geen probleem met de Ex-zonering.

De indeling in zones conform de Europese Atex-richtlijn houdt echter geen rekening met grote, abnormale vrijzettingen, zoals bijvoorbeeld in dit geval door de breuk van een leiding. Dit ontslaat bedrijven er echter niet van om de risico's van ontsteking van grote explosieve wolken te evalueren die het gevolg zijn van abnormale gebeurtenissen.

In dit verband is het een goede praktijk in de procesindustrie om veiligheidsafstanden te hanteren tussen installaties met aanzienlijke hoeveelheden ontvlambare stoffen en ontstekingsbronnen die permanent of zeer frequent aanwezig zijn, zoals fakkels, ovens en voertuigen.

De aanbevolen veiligheidsafstanden voor wegen die courant gebruikt worden, zijn van de grootteorde van enkele tientallen meter. Het betrokken bedrijf hanteert voor dit type installatie een veiligheidsafstand van 30 m. Deze interne standaard dateerde echter van na de bouw van de installatie. Na het incident werd het dagelijks gebruik van de weg onmogelijk gemaakt door de plaatsing van slagbomen.

Wegen of spoorlijnen die dicht bij een installatie komen en die niet buiten (dagelijks) gebruik kunnen genomen worden, kan men uitrusten met signalisatie die het gebruik ervan bij gasalarm verbiedt.

Deze nota verschijnt in de reeks "Lessen uit ongevallen". In deze reeks worden incidenten en ongevallen beschreven die zich in Belgische Seveso-bedrijven voordeden en onderzocht werden door de Afdeling van het toezicht op de chemische risico's. De bedoeling van deze nota's is het toegankelijk maken van lessen uit deze incidenten en ongevallen voor een groot publiek.

Deze nota werd opgesteld in samenspraak met het bedrijf waar het incident of ongeval zich voordeed. Om redenen van privacy en confidentialiteit werden gegevens die een identificatie van het betrokken bedrijf mogelijk maken en die niet nodig zijn voor de duidelijkheid van de lessen, niet opgenomen in de tekst (zoals de plaats en datum van het ongeval en bepaalde technische gegevens van de installatie).

Meer "Lessen uit ongevallen" en informatie over preventie van zware ongevallen vindt u op: [www.werk.belgie.be/acr](http://www.werk.belgie.be/acr)

Deze nota mag vrij verspreid worden op voorwaarde dat het om de volledige nota gaat.

Cette note est aussi disponible en français.

Kenmerk: CRC/ONG/043-N

Verantwoordelijke uitgever: FOD Werkgelegenheid, Arbeid en Sociaal Overleg

Redactie afgesloten op 12 mei 2017