

# **Inspectie-instrument BEHEERSEN VAN PROCESSTORINGEN**

APRIL 2013



Belgische Seveso-inspectiediensten

Deze brochure is gratis te verkrijgen bij:

Afdeling van het toezicht op de chemische risico's  
Federale Overheidsdienst Werkgelegenheid,  
Arbeid en Sociaal Overleg  
Ernest Blerotstraat 1  
1070 Brussel

Tel: 02/233 45 12  
Fax: 02/233 45 69  
E-mail: [CRC@werk.belgie.be](mailto:CRC@werk.belgie.be)

Verantwoordelijke uitgever:  
FOD Werkgelegenheid, Arbeid en Sociaal  
Overleg

De brochure kan ook gedownload worden van  
de volgende websites:

- [www.werk.belgie.be/acr](http://www.werk.belgie.be/acr)
- [www.milieu-inspectie.be](http://www.milieu-inspectie.be)

Cette brochure est aussi disponible en  
français.

De redactie van deze brochure werd  
afgesloten op 30 april 2013.

Deze brochure is een gemeenschappelijke  
publicatie van de volgende Seveso-  
inspectiediensten:

- Afdeling Milieu-inspectie van het  
Departement Leefmilieu, Natuur en  
Energie van de Vlaamse Overheid, dienst  
Toezicht zware risicobedrijven
- Leefmilieu Brussel – BIM
- La direction des Risques industriels,  
géologiques et miniers de la DGRNE de  
la Région Wallonne
- de Afdeling van het toezicht op de  
chemische risico's van de FOD  
Werkgelegenheid, Arbeid en Sociaal  
Overleg

Werkgroep: Fessel Benjelloun, Koen  
Biermans, Bart Geurts, Philip Tanghe, Wilfried  
Van den Acker, Peter Vansina

Omslag: Sylvie Peeters  
Kenmerk: CRC/SIT/007-N  
Versie: 1  
Wettelijk depot: D/2013/1205/11

# Inleiding

De Europese 'Seveso II'-richtlijn<sup>1</sup> beoogt de preventie van zware ongevallen waarbij gevaarlijke stoffen betrokken zijn, en het beperken van de eventuele gevolgen ervan, zowel voor de mens als voor het leefmilieu. De doelstelling van deze richtlijn is om een hoog niveau van bescherming te waarborgen tegen dit soort industriële ongevallen en dit in de gehele Europese Unie.

De uitvoering van deze richtlijn is in ons land geregeld via een samenwerkingsakkoord tussen de Federale Overheid en de Gewesten<sup>2</sup>. Dit samenwerkingsakkoord beschrijft zowel de verplichtingen voor de onderworpen bedrijven als de taken, de bevoegdheden van en de onderlinge samenwerking tussen de verschillende overheidsdiensten die betrokken zijn bij de uitvoering van het samenwerkingsakkoord.

Deze publicatie is een inspectie-instrument dat werd opgesteld door de overheidsdiensten die zijn belast met het toezicht op de naleving van de bepalingen van dit akkoord. Deze diensten gebruiken dit inspectie-instrument in het kader van de inspectieopdracht die hen is toegewezen in het samenwerkingsakkoord. Deze inspectieopdracht behelst het uitvoeren van planmatige en systematische onderzoeken van de in de Sevesobedrijven gebruikte systemen van technische, organisatorische en bedrijfskundige aard om met name na te gaan of:

- de exploitant kan aantonen dat hij, gelet op de activiteiten in de inrichting, passende maatregelen heeft getroffen om zware ongevallen te voorkomen
- de exploitant kan aantonen dat hij passende maatregelen heeft getroffen om de gevolgen van zware ongevallen op en buiten het bedrijfsterrein te beperken.

De exploitant van een Sevesobedrijf moet in eerste instantie alle maatregelen nemen die nodig zijn om zware ongevallen met gevaarlijke stoffen te voorkomen en om, indien deze ongevallen toch optreden, de mogelijke gevolgen ervan te beperken. Noch de Seveso-

---

<sup>1</sup> Richtlijn 96/82/EG van de Raad van 9 december 1996, gewijzigd bij de Richtlijn 2003/105/EG van het Europees Parlement en de Raad van 16 december 2003, betreffende de beheersing van de gevaren van zware ongevallen waarbij gevaarlijke stoffen zijn betrokken. Deze richtlijn wordt gewoonlijk ook 'Seveso II'-richtlijn' genoemd. Deze richtlijn vervangt de eerste Seveso-richtlijn 82/501/EEG van 24 juni 1982.

<sup>2</sup> Het samenwerkingsakkoord van 21 juni 1999 (gewijzigd bij het samenwerkingsakkoord van 1 juni 2006) tussen de Federale Staat, het Vlaams Gewest, het Waals Gewest en het Brussels Hoofdstedelijk Gewest betreffende de beheersing van de gevaren van zware ongevallen waarbij gevaarlijke stoffen zijn betrokken

richtlijn, noch het samenwerkingsakkoord omvatten gedetailleerde voorschriften over wat die 'nodige' maatregelen' precies zouden moeten omvatten.

Wel wordt er gespecificeerd dat de exploitant een preventiebeleid moet voeren, dat borg staat voor een hoog beschermingsniveau voor mens en milieu. Dit preventiebeleid moet in de praktijk worden gebracht door het organiseren van een aantal activiteiten, die zijn opgelijst in het samenwerkingsakkoord, zoals:

- het opleiden van het personeel
- het werken met derden
- het identificeren van de gevaren en het evalueren van de risico's van zware ongevallen
- het verzekeren van de veilige exploitatie in alle omstandigheden (zowel onder meer bij normale werking als bij opstarting, tijdelijke stilstand en onderhoud)
- het ontwerpen van nieuwe installaties en het uitvoeren van wijzigingen aan bestaande installaties
- het opstellen en uitvoeren van periodieke inspectie- en onderhoudsprogramma's
- het melden en onderzoeken van zware ongevallen en schierongevallen
- het periodiek evalueren en herzien van het preventiebeleid.

De wijze waarop deze activiteiten concreet moeten georganiseerd en uitgevoerd worden, wordt niet nader gespecificeerd in de richtlijn.

De exploitanten van de Sevesobedrijven moeten zelf een verdere concrete invulling geven aan deze algemene verplichtingen en moeten bijgevolg zelf bepalen wat deze nodige maatregelen van technische, organisatorische en bedrijfskundige aard zijn. Ook de inspectiediensten moeten voor het uitvoeren van hun opdracht meer concrete beoordelingscriteria ontwikkelen. Deze beoordelingscriteria nemen de vorm aan van een reeks inspectie-instrumenten, waar deze publicatie een onderdeel van uitmaakt.

Ook de inspectiediensten moeten hun beoordelingscriteria op een eenduidige en duidelijke wijze ontwikkelen, waarbij ze zich in eerste instantie richten op de codes van goede praktijk, zoals deze beschreven zijn in tal van publicaties. Deze codes van goede praktijk werden vaak opgesteld door industriële organisaties en zijn een bundeling van de jarenlange ervaring met procesveiligheid. De inspectie-instrumenten worden in het kader van een open beleid publiek gemaakt en zijn dus vrij ter inzage voor iedereen. De inspectiediensten staan daarbij ook open voor opmerkingen en suggesties betreffende de inhoud van deze documenten.

De inspectiediensten zijn van mening dat de door hen ontwikkelde inspectie-instrumenten een belangrijke hulp kunnen zijn voor de Seveso-inrichtingen. Door de in deze inspectie-instrumenten vooropgestelde maatregelen te implementeren, kunnen de exploitanten reeds in een belangrijke mate concrete invulling geven aan hun algemene verplichtingen uit het samenwerkingsakkoord. De inspectie-instrumenten kunnen op die wijze de bedrijven ook helpen om aan te tonen dat de nodige maatregelen genomen werden. Immers, daar waar men de vooropgestelde maatregelen uit de inspectie-instrumenten heeft geïmplementeerd, kan men in de argumentatie rechtstreeks verwijzen naar de betrokken inspectie-instrumenten. Ook kunnen de inspectie-instrumenten gebruikt worden als vertrekbasis voor de uitwerking en de verbetering van de eigen systemen.

Tenslotte moet evenwel vermeld worden dat deze inspectie-instrumenten geen vorm van alternatieve wetgeving zijn. Bedrijven kunnen afwijken van de maatregelen die in deze instrumenten vooropgesteld worden, maar in voorkomend geval zullen de exploitanten moeten aantonen dat de door hen genomen alternatieve maatregelen tot hetzelfde hoge beschermingsniveau leiden.

# Inhoudsopgave

<b>INLEIDING .....</b>	<b>3</b>
<b>INHOUDSOPGAVE .....</b>	<b>5</b>
<b>1 TOELICHTING .....</b>	<b>7</b>
1.1 RISICO'S VAN PROCESSTORINGEN .....	7
1.2 IDENTIFICEREN VAN PROCESRISICO'S .....	8
1.3 MAATREGELEN VOOR HET BEHEERSEN VAN PROCESRISICO'S .....	9
1.4 EVALUATIE VAN RISICO'S VAN PROCESSTORINGEN .....	10
1.5 DE ANALYSE VAN DE MAATREGELEN .....	12
1.6 HET BEHEER VAN DE MAATREGELEN .....	13
1.7 GEBRUIK VAN HET INSPECTIE-INSTRUMENT .....	13
<b>2 ONDERZOEK VAN PROCESSTORINGEN .....</b>	<b>15</b>
2.1 WERKWIJZE EN DOCUMENTATIE .....	15
2.2 ONGEWENSTE REACTIES .....	19
2.3 CONTROLEVERLIES VAN REACTIEPROCESSEN .....	25
2.4 HOGE DRUK (FYSISCHE OORZAKEN) .....	30
2.5 HOGE EN LAGE TEMPERATUUR (FYSISCHE OORZAKEN) .....	32
2.6 VRIJZETTING VIA OPENINGEN .....	33
2.7 ANDERE BELASTINGEN OP DE OMHULLINGEN .....	34
2.8 UITVAL VAN NUTSVOORZIENINGEN .....	37
<b>3 MECHANISCHE DRUKONTLASTINGEN .....</b>	<b>39</b>
3.1 ANALYSE VAN MECHANISCHE DRUKONTLASTINGEN .....	39
3.2 BEHEER VAN MECHANISCHE DRUKONTLASTINGEN .....	53
<b>4 INSTRUMENTELE BEVEILIGINGEN .....</b>	<b>57</b>
4.1 ANALYSE VAN INSTRUMENTELE BEVEILIGINGEN .....	57
4.2 BEHEER VAN INSTRUMENTELE BEVEILIGINGEN .....	71
<b>5 CORRECTIEVE MENSELIJKE HANDELINGEN .....</b>	<b>77</b>
5.1 ANALYSE VAN CORRECTIEVE MENSELIJKE HANDELINGEN .....	77
5.2 BEHEER VAN CORRECTIEVE MENSELIJKE HANDELINGEN .....	84





# 1

## Toelichting

### **1.1 *Risico's van processtoringen***

De term 'processtoringen' gebruiken we om te verwijzen naar alle afwijkingen van de normale procesvoering.

Tijdens de normale procesvoering blijven de procesparameters, zoals onder meer druk, temperatuur, debieten en concentraties binnen bepaalde minimale en maximale waarden. Deze waarden bepalen het zogenaamde 'operationeel venster'. Naast deze parameters wordt de normale procesvoering ook gekenmerkt door een aantal discrete gegevens, zoals de volgorde waarin bepaalde operaties gebeuren, het maken van de juiste aansluiting bij het laden en lossen, de correcte positie van kleppen, enz.

Tijdens de normale werking van de installatie moeten de installatieonderdelen bestand zijn tegen alle interne en externe belastingen die er op inwerken, zoals de minimale en maximale operationele drukken en temperaturen, het gewicht van de normaal aanwezige stoffen, de hydrodynamische krachten, thermische spanningen, wind- en ijsbelastingen.

Als gevolg van een processtoring (dit is elke afwijking van de normale, gewenste procesvoering) kan de belasting op de onderdelen groter worden dan de uiterste waarde bij normale werking. In tegenstelling tot de normale werking, is het niet vanzelfsprekend dat de installatieonderdelen bestand zijn tegen de belasting bij abnormale werking. Processtoringen kunnen dus leiden tot schade aan de installatieonderdelen en tot ongewenste vrijzettingen.

Processtoringen kunnen ook leiden tot een vrijzetting via openingen naar de omgeving. Voorbeelden hiervan zijn de uitstroming van vloeistof langs de ademventielen bij het overvullen van een atmosferische opslagtank of een uitbraak van gevaarlijke gassen via de uitlaat van een slecht werkende scrubber.

Ten slotte kan een vrijzetting ook plaatsvinden bij het openen van een installatie, zoals bij het afkoppelen van flexibels na een verlading of bij het openen van een deksel om manueel producten toe te voegen aan een houder. Tijdens normale bedrijfsvoering

mogen bij dergelijke handelingen uiteraard geen gevaarlijke vrijzettingen gebeuren. Het openen van een installatie die niet voldoende drukloos en/of productvrij is, beschouwen we ook als een processtoring.

Het beheersen van processtoringen is één van de acht 'veiligheidsfuncties' die de inspectiediensten gedefinieerd hebben in de informatienota 'Procesveiligheidsstudies'. Deze veiligheidsfuncties komen overeen met de verschillende manieren waarop men kan ingrijpen in het verloop van een scenario waarbij gevaarlijke stoffen of energie accidenteel worden vrijgezet, en zijn met name:

- het beheersen van processtoringen
- het beheersen van de degradatie van de omhullingen
- het beperken van de accidentele vrijzettingen
- het beheersen van de verspreiding van vrijgezette stoffen en energie
- het vermijden van ontstekingsbronnen
- het beperken van schade door brand
- het beperken van schade door explosies
- de bescherming tegen blootstelling aan vrijgezette stoffen.

Een basisprincipe bij de beheersing van procesrisico's (en dus ook van de risico's van zware ongevallen) is dat men niet rekent op één enkele van deze veiligheidsfuncties, maar dat men elk van deze veiligheidsfuncties implementeert in de procesinstallatie (voorzover ze relevant zijn in functie van de aard van de aanwezige gevaarlijke stoffen).

Voor meer toelichting bij deze veiligheidsstudies verwijzen we naar de informatienota 'Procesveiligheidsstudies' (CRC/IN/002).

## **1.2 Identificeren van procesrisico's**

Bij de identificatie van de risico's van processtoringen gaat men voor elk installatie-onderdeel na wat de mogelijke oorzaken en gevolgen zijn van een afwijking van de procesparameters die de normale procesvoering kenmerken. Het is daarbij belangrijk om de maximale afwijking die kan optreden in beschouwing te nemen.

HAZOP is een techniek die toelaat een dergelijk onderzoek op een zeer systematische en grondige manier uit te voeren. In een HAZOP-studie (Hazard and Operability) werkt men met een vaste, vooropgestelde set van procesparameters (druk, temperatuur, debiet, ...). Elk van deze parameters wordt gecombineerd met een aantal mogelijke afwijkingen (hoog, laag, omgekeerd, ...). Voor elk onderdeel dat onderzocht wordt, selecteert men de relevante parameters en combineert men deze met de relevante afwijkingen. Voor elke afwijkende procesparameter worden de oorzaken en de gevolgen bepaald.

Een HAZOP-sessie is een gestructureerde brainstormoefening. De kwaliteit van een HAZOP-studie is dus afhankelijk van de kennis en het inzicht van de deelnemers.

'What If' is een ander voorbeeld van een brainstormmethode, die echter minder gestructureerd verloopt dan een HAZOP-studie.

Een andere werkwijze voor het identificeren van risico's van processtoringen is het werken met checklists. Procesinstallaties zijn opgebouwd uit een aantal typische procesapparaten: reactoren, warmtewisselaars, distillatietorens, scrubbers, leidingen, drukvaten, opslagtanks, centrifuges, pompen, compressoren, enz. Elk van deze apparaten heeft zijn eigen typische veiligheidsproblemen, die beschreven zijn in de literatuur. Het boek 'Guidelines for Design Solutions for Process Equipment Failures', een publicatie van CCPS<sup>3</sup>, geeft voor verschillende types van procesapparaten een overzicht met operationele afwijkingen, mogelijke oorzaken van deze afwijkingen en mogelijke veiligheidsmaatregelen.

---

<sup>3</sup> Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers



Checklists met mogelijke storingsen (en eventueel met suggesties van oplossingen) voor de verschillende types van procesuitrusting kunnen een waardevol hulpmiddel zijn bij het identificeren van risico's van processtoringsen. Via dergelijke checklists kan men kennis en ervaring, zowel opgedaan binnen als buiten het bedrijf, ter beschikking stellen van de uitvoerders van de risicostudie.

Brainstormmethodes en het gebruik van checklists zijn erg complementair. Het voordeel van checklists is dat men heel gericht op zoek gaat naar gekende risico's. Checklists laten toe om relatief snel en gericht de meest courante problemen te identificeren. Ze kunnen ook gebruikt worden bij het ontwerpen van nieuwe installaties op een ogenblik dat nog niet alle details van het ontwerp gekend zijn. Het nadeel van checklists is dat ze meestal niet alle risico's vermelden die in de te onderzoeken installatie kunnen opduiken. Specifieke risico's die eigen zijn aan de te onderzoeken installaties kunnen bij het doorlopen van een checklist gemist worden. Voor het identificeren van specifieke risico's eigen aan het unieke karakter van een installatie zijn brainstormmethodes, zoals HAZOP, erg geschikt.

De voordelen van de HAZOP-methode zijn de mogelijke diepgang en grondigheid van het onderzoek, en de mogelijkheid om minder voor de hand liggende risico's op te sporen. Het identificeren en bespreken van risico's in een multidisciplinaire groep dragen bovendien in belangrijke mate bij tot een uitwisseling van ervaringen en het verhogen van het bewustzijn omtrent de procesrisico's onder de deelnemers. HAZOP is echter een techniek die vooral geschikt is om uit te voeren op het einde van het ontwerpproces, wanneer de proces- en instrumentatiediagrammen zo goed als definitief zijn. Om te vermijden dat men op dat ogenblik nog heel wat wijzigingen moet uitvoeren aan het ontwerp, heeft men er alle voordeel bij al vroeger in het ontwerpproces de belangrijkste risico's op te sporen en de nodige maatregelen te voorzien. Checklists kunnen gebruikt worden om dergelijke onderzoeken te ondersteunen.

### **1.3 Maatregelen voor het beheersen van procesrisico's**

Processtoringsen worden typisch beheerst door maatregelen zoals:

- de ontwerpspecificaties van de omhullingen
- controlemaatregelen
- alarmen en interventies door het operationeel personeel
- instrumentele beveiligingen
- mechanische overdrukbeveiligingen.

Om een beschadiging van een omhulling als gevolg van een bepaalde afwijking in de procesvoering te vermijden, kan men ervoor kiezen de omhulling bestand te maken tegen de schadelijke invloeden die de afwijking met zich meebrengt.

Indien de omhulling niet bestand is, zal men maatregelen moeten nemen om te voorkomen dat de ontwerpcondities overschreden worden. Dit zijn in de eerste plaats controlemaatregelen die het proces binnen de grenzen van de normale procesvoering sturen. Indien de controlemaatregelen falen, dan worden de beveiligingsmaatregelen aangesproken.

Afwijkende condities kunnen worden gedetecteerd en gealarmeerd aan het operationeel personeel, dat dan een corrigerende actie moet ondernemen. Als men de corrigerende actie automatisch laat uitvoeren, dan spreekt men van instrumentele beveiligingen.

Mechanische overdrukbeveiligingen, zoals veiligheidskleppen, breekplaten en explosieluiken, ontlasten de overdruk naar een gesloten systeem of naar de omgeving. In dit laatste geval wordt een vrijzetting in feite niet vermeden, maar zorgt men voor een

gecontroleerde vrijzetting. De risico's van deze vrijzettingen naar de omgeving moeten uiteraard ook geëvalueerd worden.

Indien men kiest voor preventieve actieve maatregelen om de risico's van processtoringen te beheersen, dan gaat de voorkeur naar automatische maatregelen, zoals instrumentele beveiligingen en mechanische drukontlastingen, boven maatregelen die een menselijke tussenkomst vereisen.

De reden hiervoor is dat met automatische maatregelen een hogere betrouwbaarheid kan bereikt worden dan met menselijke tussenkomsten. Bij menselijke tussenkomsten stelt zich bovendien vaak het probleem van onafhankelijkheid, dat we hierna verder behandelen.

De voorkeur voor automatische maatregelen is ook opgenomen in de wet op het welzijn. Het inperken van de risico's op een ernstig letsel door het nemen van materiële maatregelen met voorrang op iedere andere maatregel, is een algemeen preventiebeginsel dat in artikel 5 van de welzijnswet wordt geformuleerd.

## **1.4 Evaluatie van risico's van processtoringen**

### **Wat is evalueren?**

De evaluatie van risico's is het proces waarin we de risico's beoordelen en dat een concrete beslissing oplevert omtrent de te nemen maatregelen. Bij de risico-evaluatie zoeken we het antwoord op één van de volgende vragen:

- Welke maatregelen moeten we nemen om het risico voldoende te beheersen?
- Zijn de genomen of voorgestelde maatregelen voldoende, of moeten we bijkomende of andere maatregelen voorzien?
- Is het risico, rekening houdend met de genomen of voorgestelde maatregelen, voldoende klein?

De evaluatie van de storingsrisico's is het proces bij uitstek waarbij de exploitant verantwoordelijkheid opneemt over de beheersing van deze risico's in zijn bedrijf. Daarom verwachten de inspectiediensten dat de evaluatie formeel wordt gedocumenteerd.

Om de objectiviteit van het beslissingsproces over 'aanvaardbare risico's' of 'voldoende maatregelen' te bevorderen, kan een onderneming evaluatietechnieken (en bijbehorende evaluatiecriteria) hanteren. Deze technieken worden hieronder verder toegelicht.

### **Evaluatie in geval van 'inherent' veilige omhullingen**

Wanneer men een omhulling bestand maakt tegen een bepaalde belasting die kan optreden bij een processtoring, bijvoorbeeld een hoge druk of een lage temperatuur, mag men ervan uitgaan dat de kans op een vrijzetting hiermee voldoende is teruggedrongen wanneer voldaan is aan drie voorwaarden:

1. De maximaal toelaatbare werkingscondities waarvoor het toestel ontworpen is, worden niet overschreden.
2. Het toestel dient ontworpen, geconstrueerd en getest te zijn in overeenstemming met de gangbare reglementering (zoals de richtlijn drukapparatuur) en met algemeen aanvaarde ontwerpstandaarden (deze voorwaarde geldt uiteraard voor alle omhullingen).
3. Men moet verzekeren dat de omhulling tijdens het gebruik de nodige weerstand blijft behouden. Hiertoe moeten aantasting, slijtage en degradatie van de

omhulling worden opgevolgd. Dit maakt het voorwerp uit van de veiligheidsfunctie 'beheersen van de degradatie van de omhullingen' en valt buiten de scope van dit inspectie-instrument.

### **Evaluatie in geval van actieve maatregelen**

Preventieve actieve maatregelen zijn maatregelen die aangesproken worden wanneer de normale controle het heeft laten afweten en het proces dus buiten de normale werkingsparameters treedt. Preventieve actieve maatregelen hebben een exclusieve veiligheidsfunctie en zouden, in een goed ontworpen installatie, slechts zelden aangesproken mogen worden. De betrouwbaarheid van dergelijke beveiligingsmaatregelen wordt uitgedrukt als de kans op falen bij aanspreking. De Engelse term hiervoor is 'probability of failure on demand', afgekort als 'PFD'.

Die betrouwbaarheid kan sterk variëren al naargelang het type van maatregel. De betrouwbaarheid van instrumentele beveiligingen hebben we het best onder controle en kunnen we numeriek inschatten op basis van gegevens over het ontwerp en de inspectiefrequentie.

De mate waarin de kans op een vrijzetting als gevolg van een bepaalde processtoring wordt teruggedrongen door actieve maatregelen mag niet aan het toeval worden overgelaten, maar moet het resultaat zijn van een welbepaalde strategie die een voldoende en consistente risicoreductie oplevert, in verhouding tot de ernst van de te vermijden vrijzetting.

Er zijn verschillende manieren van aanpak mogelijk:

- het kwantitatief bepalen van de vereiste risicoreductie
- het hanteren van kwalitatieve beslissingscriteria
- het volgen van goede praktijken voor bepaalde type-risico's of type-installaties.

Men kan de vereiste risicoreductie voor een bepaalde processtoring kwantitatief bepalen. Dit kan gebeuren aan de hand van de techniek 'LOPA' ('Layers of Protection Analysis'). Dit veronderstelt dat men een bepaalde richtfrequentie vooropstelt voor het optreden van de ongewenste vrijzetting in kwestie (of voor één of meerdere van de verdere vervolgebeurtenissen) als gevolg van de storing. Op basis van de kans van optreden van de processtoring kan men dan bepalen welke risicoreductie vereist is om de maximale grenswaarde van de kans op de eindgebeurtenis niet te overschrijden. We behandelen deze aanpak uitgebreid in de volgende sectie. Het grote voordeel van LOPA is dat alle elementen van de evaluatie expliciet worden benoemd en gekwantificeerd. Dit levert een duidelijke, transparante en goed gedocumenteerde evaluatie op.

Een tweede aanpak bestaat erin om het risico van de processtoring in te delen in een risicoklasse (op basis van de ernst, eventueel in combinatie met de kans op optreden en andere factoren). De bekomen risicoklasse geeft dan een aantal kwalitatieve criteria waaraan de beveiligingen moeten voldoen. Deze criteria moeten voldoende precies zijn om grote variaties in het veiligheidsniveau te vermijden. Deze methode was vooral in gebruik voordat de betrouwbaarheid van instrumentele beveiligingen numeriek werd bepaald. De risicoklassen werden gekoppeld aan bepaalde beveiligingsklassen, die bepaalde type-architecturen en standaard inspectiefrequenties oplegden aan de instrumentele beveiligingen. Met deze methodes werden in bepaalde gevallen zeer degelijke, conservatieve resultaten bereikt, maar anderzijds mist de indeling in risicoklassen vaak de transparantie en duidelijkheid die eigen zijn aan een LOPA-analyse.

Een nadeel van de risicomatrix is dat men geneigd kan zijn een bepaalde storing in te delen in een risicoklasse, zonder dat men duidelijk documenteert welke eindgebeurtenis werd beschouwd om de ernst te bepalen, welke andere maatregelen hierbij al dan niet in

rekening werden gebracht en zonder dat de indeling in een bepaalde waarschijnlijkheidsklasse wordt gemotiveerd.

Een derde mogelijkheid is dat het bedrijf specifieke aanbevelingen volgt voor bepaalde type-installaties of bepaalde type-risico's. Deze werkwijze is uiteraard slechts mogelijk indien er aanbevelingen beschikbaar zijn die voldoende details bevatten over de technische uitvoering van de beveiligingen.

## **1.5 De analyse van de maatregelen**

Het uitvoeren van de nodige storingsanalyses heeft als bedoeling om de noodzaak te identificeren om maatregelen te nemen die moeten voorkomen dat deze storingen tot ongewenste vrijzettingen leiden. Dit is echter nog maar een eerste stap in het beheersen van deze risico's.

De volgende stap bestaat erin om gedetailleerde specificaties op te stellen voor het ontwerp en de inspectie van elke maatregel. Deze specificaties moeten verzekeren dat de maatregelen effectief, onafhankelijk en voldoende betrouwbaar zijn. Bovendien moet voor elke maatregel onderzocht worden of hij zelf geen nieuwe risico's introduceert.

Een maatregel is effectief indien hij zijn toegewezen veiligheidsfunctie kan uitvoeren. Effectiviteit heeft in het algemeen te maken met de dimensies van een maatregel en met de snelheid waarmee de maatregel reageert. Beschouw het voorbeeld van een waterkoeling ter bescherming tegen brand. Het is niet alleen belangrijk dat het waterdebiet voldoende is en dat het te beschermen oppervlak voldoende bevoeid wordt, het is daarnaast ook belangrijk dat de koeling tijdig geactiveerd wordt.

Betrouwbaarheid heeft te maken met het feit dat een maatregel correct functioneert op het ogenblik dat dit nodig is (op het ogenblik dat de maatregel wordt aangesproken). Belangrijke factoren voor de betrouwbaarheid zijn:

- de kwaliteit van de gebruikte componenten en materialen
- de fouttolerantie (de mate waarin de maatregel kan blijven functioneren ondanks een fout)
- de mate van zelfdiagnose
- het faalgedrag (gaat het proces naar een veilige toestand of niet bij het falen van de maatregel)
- de weerstand en bescherming tegen schadelijke invloeden waaraan de maatregel is blootgesteld
- periodieke inspectie van de goede werking.

Maatregelen kunnen zelf ook nieuwe risico's introduceren. Bijvoorbeeld wanneer een instrumentele beveiliging een klep sluit, dan heeft dit een invloed op de werking stroomopwaarts of stroomafwaarts van de klep. Het snel sluiten van kleppen kan bovendien een drukstoot in de leiding veroorzaken. Het feit dat maatregelen bijkomende risico's met zich meebrengen, mag geen reden zijn om deze maatregelen zonder meer te schrappen. Dit zou immers betekenen dat het risico waarvoor de maatregel oorspronkelijk voorzien was, niet of onvoldoende beheerst blijft. Oplossingen voor de risico's geïntroduceerd door maatregelen zijn: het nemen van bijkomende maatregelen voor de bijkomende risico's, de maatregel aanpassen of het nemen van alternatieve en gelijkwaardige maatregelen.

Bij het ontwerp van maatregelen is het dus belangrijk dat er nagedacht wordt over de volgende aandachtspunten:

- de effectiviteit
- de betrouwbaarheid
- bijkomende risico's geïntroduceerd door de maatregel zelf.

## **1.6 Het beheer van de maatregelen**

Na het detailontwerp en de concrete uitvoering van de maatregelen volgen nog een aantal cruciale beheersprocessen:

- Nieuwe en gewijzigde maatregelen moeten formeel in dienst worden genomen, waarbij gecontroleerd wordt of ze werden uitgevoerd volgens de vooropgestelde detailspecificaties.
- De maatregelen moeten opgenomen worden in een inspectieprogramma waarvan de tijdige en correcte uitvoering moet opgevolgd worden.
- De werkwijze moet vastgelegd worden die gevolgd moet worden wanneer een maatregel uit dienst wordt genomen of wanneer een defect aan een maatregel wordt vastgesteld.

## **1.7 Gebruik van het inspectie-instrument**

Aan de hand van de vragenlijst in hoofdstuk 2 willen de inspectiediensten de aanwezigheid en de kwaliteit van de studies naar risico's van storingen onderzoeken.

In een eerste sectie wordt gepeild naar de gevolgde werkwijze en de beschikbaarheid van de nodige documentatie.

De volgende secties bevatten vragen om na te gaan of bepaalde, typische processtoringen werden onderzocht. Dit inspectie-instrument heeft echter niet de bedoeling om alle mogelijke processtoringen te behandelen. De in hoofdstuk 2 opgenomen vragenlijsten werden niet opgesteld als een checklist om risicostudies uit te voeren.

Bij elke vraag naar een bepaalde storing horen impliciet een aantal bijkomende vragen, die niet systematisch herhaald werden om de vragenlijst niet nodeloos te verzwaren. Deze vragen zijn:

- Werden de nodige maatregelen gespecificeerd om te verhinderen dat de betrokken processtoring leidt tot een ongewenste vrijzetting?
- Werd geëvalueerd of de gespecificeerde maatregelen het risico op de vrijzetting voldoende reduceren?

Het onderzoek van de inspectiediensten naar de volledigheid en de kwaliteit van de studies van processtoringen gebeurt door middel van een steekproef. Het is in de meeste installaties onmogelijk om alle vragen naar processtoringen toe te passen op alle onderdelen van de installatie. Tijdens de inspectie zullen onderdelen door de inspecteurs worden uitgekozen en zal gevraagd worden naar de studie van de storingen voor deze onderdelen. De inspectiediensten verwachten dat de studie waarin de betrokken storing wordt behandeld ter beschikking is tijdens de inspectie en zonder veel tijdverlies kan voorgelegd worden. Dit is op zich ook een test voor de wijze waarop de onderneming haar risico's van storingen heeft gedocumenteerd.

Dit inspectie-instrument bevat in de hoofdstukken 3, 4 en 5 vragenlijsten om na te gaan of de nodige aandacht werd besteed aan het ontwerp en de inspectie van maatregelen in het kader van de aandachtspunten 'effectiviteit', 'onafhankelijkheid', 'betrouwbaarheid' en 'risico's door werking'. Elk hoofdstuk behandelt één van de typische maatregelen die gebruikt worden om ongewenste vrijzettingen door processtoringen te voorkomen: mechanische drukontlastingen, instrumentele beveiligingen en correctieve menselijke handelingen.

Naast vragen die kaderen in de analyse van maatregelen, werden voor elk van de 3 typemaatregelen vragen geformuleerd om na te gaan of de nodige beheerssystemen

werden geïmplementeerd, in het bijzonder voor het in dienst nemen, de uitvoering van inspecties en herstellingen, het uit dienst nemen en het beheersen van de risico's in geval van een defect aan een maatregel.



# 2

## Onderzoek van processtoringen

### 2.1 Werkwijze en documentatie

#### Vastleggen van de werkwijze

1. Is de methodiek om risico's van processtoringen te identificeren formeel vastgelegd?
2. Is de praktische werkwijze om deze methodiek toe te passen, beschreven?
3. Is vastgelegd op welke wijze wordt geëvalueerd of de gespecificeerde beheersmaatregelen de risico's van processtoringen voldoende reduceren?

Met 'processtoringen' of kortweg 'storingen' worden in deze vragenlijst afwijkingen van de normale procesvoering bedoeld. Typische methodieken voor het identificeren van de risico's van processtoringen zijn HAZOP, What If en het gebruik van checklists met typische storingen. Checklists met typische storingen voor verschillende types van procesapparaten vindt men in de CCPS-publicatie 'Guidelines for Design Solutions for Process Equipment Failures' uit 1998.

#### Beschikbaarheid van uitgevoerde onderzoeken

4. Werd voor elke installatie en voor elk installatieonderdeel een onderzoek uitgevoerd naar de risico's van processtoringen?
5. Werd een dergelijk onderzoek naar processtoringen bij de inrichting uitgevoerd volgens een specifieke systematiek?
6. Werd bij het uitgevoerde onderzoek naar processtoringen gebruik gemaakt van actuele P&ID's (piping and instrumentation diagram)?
7. Werden de bij dit onderzoek geïdentificeerde processtoringen eenduidig en duidelijk gedocumenteerd?
8. Werden de getroffen maatregelen voor het beheersen van deze processtoringen bepaald en duidelijk gedocumenteerd?
9. Werd voor elk van de geïdentificeerde storingen geëvalueerd of de overeenkomstige maatregelen het risico voldoende reduceren?

Bij de behandeling van dit vragenblok wordt verwacht dat de onderneming een overzicht geeft van de storingsanalyses die werden uitgevoerd voor de installaties en de installatie-onderdelen. De onderneming licht verder toe op welke wijze de studies werden gedocumenteerd.

Het is niet de bedoeling om bij de behandeling van dit vragenblok al sterk in detail in te gaan op de kwaliteit van de storingsanalyses. De overige secties in hoofdstuk 2 bevatten meer gedetailleerde vragen om steekproefcontroles te doen naar de volledigheid van het onderzoek naar processtoringsen. De toepassing van die vragen is een gelegenheid om de kwaliteit van de documentatie van naderbij te onderzoeken. Het toepassen van die meer specifieke vragen zal dus ook informatie opleveren met betrekking tot de algemene vragen die hier gesteld worden.

### **Deelnemers aan het onderzoek**

10. Werde een preventieadviseur betrokken bij het onderzoek naar de risico's van processtoringsen?
11. Werde een milieucoördinator betrokken bij het onderzoek naar de risico's van processtoringsen?
12. Werden procesingenieurs van de installatie die onderzocht werd, betrokken bij het onderzoek naar de risico's van processtoringsen?
13. Werden procesoperatoren of processtechnici van de installatie die onderzocht werd, betrokken bij het onderzoek naar de risico's van processtoringsen?
14. Werden technici of ingenieurs van de ontwerpafdeling betrokken bij het onderzoek naar de risico's van processtoringsen?
15. Werden technici of ingenieurs van de onderhoudsafdeling betrokken bij het onderzoek naar de mogelijke processtoringsen?

Het uitvoeren van een onderzoek naar de processtoringsen met een multidisciplinair team dat beschikt over een goede kennis van de installatie draagt in belangrijke mate bij tot de kwaliteit van de analyse. De samenstelling van het analyseteam kan variëren in functie van de aard van de installatie en van de gebruikte analysetechniek, maar algemeen genomen is het belangrijk om voldoende kennis en ervaring in het team te hebben met betrekking tot het ontwerpen, het onderhouden en het exploiteren van procesinstallaties. Voor bepaalde specifieke problemen kan het nodig zijn specialisten uit te nodigen in het team. Gezien de taken die reglementair zijn toegewezen aan de preventieadviseurs en aan de milieucoördinatoren, mag men verwachten dat ook zij betrokken zijn bij het onderzoek naar de risico's van processtoringsen. Deelname aan de storingsanalyses is een voor de hand liggende manier om die betrokkenheid in te vullen, maar andere werkwijzen zijn ook denkbaar, zoals het uitvoeren van een kwaliteitsbewaking van het analyseproces, van de documentatie die er het resultaat van is en van de implementatie van de acties.

Voor het onderzoek naar storingsen van bestaande installaties (of nieuwe installaties die gelijkaardig zijn aan bestaande eenheden) is het sterk aangeraden<sup>4</sup> om het personeel te betrekken dat belast is met de dagelijkse exploitatie van de installatie (operatoren, meestersgasten, ...). Zij beschikken doorgaans over accurate en praktische kennis van de installatie en van de wijze waarop ze wordt uitgebraat.

Bij het uitvoeren van een risicostudie is het resultaat niet alleen sterk afhankelijk van de aanwezige expertise, maar ook van de kwaliteit van de voorzitter van de werkgroep. Zijn of haar prioritaire taak is niet zozeer om zelf de risico's te identificeren en maatregelen voor te stellen, maar wel om ervoor te zorgen dat de andere teamleden maximaal aan het identificatieproces deelnemen. De voorzitter of teamleider moet een goede kennis hebben van de gebruikte methodiek (bijvoorbeeld HAZOP) en moet over

---

<sup>4</sup> Zie bijvoorbeeld de publicatie 'Guidelines for Hazard Evaluation Procedures' (CCPS)



voldoende technische bagage beschikken om de werking van de te onderzoeken installatie te begrijpen. De teamleider is best echter zelf niet onmiddellijk betrokken bij het ontwerp of de exploitatie van de onderzochte installatie en moet in staat zijn een min of meer onafhankelijke positie in te nemen.

### **Planning van het onderzoek**

16. Werd voor elke installatie en voor elk installatieonderdeel het meest recente onderzoek naar de risico's van storingen uiterlijk vijf jaar geleden uitgevoerd of herzien?
17. Beschikt de inrichting over een planning om voor elke installatie en voor elk installatieonderdeel het onderzoek naar storingen terug uit te voeren of te herzien?
18. Is er iemand formeel aangeduid om de planning betreffende de uitvoering van de onderzoeken naar mogelijke processtoringen op te volgen?
19. Wordt de status van deze onderzoeken regelmatig gerapporteerd naar de hiërarchische lijn en dit tot op het niveau van de directie?

Het Samenwerkingsakkoord vraagt een herziening van het veiligheidsrapport om de vijf jaar. Aangezien de procesveiligheidsstudie de basis vormt voor de opmaak van dit veiligheidsrapport, kan ook de vijfjaarlijkse herziening van de procesveiligheidsstudies (waarvan het onderzoek naar processtoringen een onderdeel vormt) als een reglementaire vereiste beschouwd worden.

Het herzien of actualiseren van het onderzoek van de processtoringen kan zowel gebeuren door het volledig opnieuw uitvoeren van deze studie, als door het nakijken en herbeoordelen van de voorheen opgemaakte studies. Een herziening van een deel van de risicostudie als onderdeel van een project voor het wijzigen van de installatie, kan uiteraard ook in rekening gebracht worden voor de periodieke herziening.

De periodieke herziening van procesveiligheidsstudies wordt ook teruggevonden in wetgeving buiten Europa. In de Verenigde Staten van Amerika hanteert OSHA<sup>5</sup> de zogenaamde 'Process Safety Management (PSM) Standard'. Deze standaard is van toepassing op chemische processen die meer dan een welbepaalde hoeveelheid van een gevaarlijke stof bevatten. In de standaard wordt gevraagd dat de procesrisicoanalyses (zgn. 'PHA' of 'process hazard analysis') geherevalueerd worden binnen een tijdsinterval van maximaal vijf jaar.

In de milieureglementering waarop het EPA<sup>6</sup> toezicht houdt, is de 'Risk Management Program (RMP) Rule' opgenomen, waarin drie verschillende programma's in functie van het gevarenpotentieel voorgesteld worden. De vereisten van het 'Program Level 3' (hoogste niveau) zijn gelijklopend met OSHA's PSM-eisen voor het uitvoeren van procesrisicoanalyses en vragen een actualisering van de 'process hazard analyses' om de vijf jaar.

Hieronder worden een aantal belangrijke argumenten gegeven om procesveiligheidsstudies periodiek te herzien, ook voor installaties die weinig of niet wijzigen in de loop der jaren.

#### *a. Streven naar volledigheid in de risico-identificatie*

De kans is reëel dat men in elke veiligheidsstudie bepaalde oorzaken of gevolgen over het hoofd ziet. Door de studies op regelmatige basis opnieuw uit te voeren, zal men de volledigheid bij de inventarisatie van alle mogelijke risico's van zware ongevallen dichter benaderen.

---

<sup>5</sup> 'Occupational Safety & Health Administration' van het 'United States Department of Labor'

<sup>6</sup> 'Environmental Protection Agency' (USA)

*b. Cumulatief effect van (kleine) wijzigingen aan de installaties*

Een installatie blijft zelden exact dezelfde in de loop der jaren. Verschillende kleine wijzigingen, die ieder op zich 'te licht' werden bevonden om een veiligheidsstudie te verantwoorden, kunnen samen wel een significante impact hebben op de risico's van een installatie.

*c. Evolutie van de stand der techniek*

De stand der techniek evolueert voortdurend, ook op het vlak van de veiligheids-techniek. Bepaalde technieken kunnen bijvoorbeeld bij het ontwerp van een installatie niet beschikbaar, onvoldoende robuust of te duur zijn geweest. Dit gegeven kan na een zeker tijdsverloop volledig gewijzigd zijn.

*d. Evolutie in de perceptie van risico*

Niet alleen de techniek evolueert, ook de verwachtingen ten aanzien van het veiligheidsniveau in de samenleving in het algemeen en in de industrie in het bijzonder zijn aan tijdsgebonden wijzigingen onderhevig. Voor bepaalde situaties die tien jaar geleden als aanvaardbare praktijken gezien werden, zijn na verloop van tijd eventueel bijkomende preventiemaatregelen vereist.

*e. Opleiding, bewustmaking en communicatie*

Het uitvoeren van veiligheidsstudies is voor de deelnemers een belangrijke vorm van opleiding en bewustmaking inzake veiligheid. De herziening van een veiligheidsstudie vormt de ideale gelegenheid om de kennis over gevaren en risico's van een welbepaalde installatie op te frissen en opnieuw onder de aandacht te brengen.

### **Vastleggen van acties**

20. Kan de inrichting een overzicht van de openstaande acties, afkomstig uit de onderzoeken naar processtorings, tonen?
21. Is er een systeem om de belangrijkheid van acties vast te leggen?
22. Wordt aan elke actie een streefdatum toegekend?
23. Wordt aan elke actie een verantwoordelijke of uitvoerder toegewezen?
24. Worden acties goedgekeurd door de directie?

Acties uit risicostudies hebben meestal betrekking op:

- onzekerheden rond bepaalde risico's (uit te klaren punten)
- het nemen van bijkomende maatregelen.

Acties uit risicostudies wijzen dus op risico's die onvoldoende gekend of onvoldoende beheerst zijn. Het is daarom belangrijk dat de directie, die uiteindelijk verantwoordelijk is voor de veiligheid van de installaties, geïnformeerd wordt over de aard van de acties, de planning om de acties uit te voeren en hieromtrent ook haar goedkeuring geeft. De directie kan de goedkeuring wel delegeren aan een productieverantwoordelijke (of een ander lid van de hiërarchische lijn). De meest voor de hand liggende wijze om deze opvolging te verzekeren, is het opnemen van de acties in een actiecataloog.

Een systeem om een gewicht toe te kennen aan de acties (in functie van het risico dat ze moeten beheersen) kan nuttig zijn in het geval er een groot aantal acties genomen moet worden en wanneer de toewijzing van middelen en uitvoeringstermijnen niet voor de hand ligt.

Het plannen van maatregelen om geïdentificeerde risico's terug te dringen (tot een aanvaardbaar niveau) geeft niet automatisch een vrijgeleide om de installaties (zonder meer) in dienst te nemen of in dienst te laten zonder de betrokken maatregel. In het geval een relatief groot risico wordt geïdentificeerd, stelt zich niet alleen de vraag naar de gepaste (permanente) maatregelen, maar moet men zich ook afvragen of verder produceren in afwachting van deze maatregelen verantwoord is en of er tijdelijke maatregelen nodig zijn totdat de definitieve maatregelen geïmplementeerd zijn.

### Opvolgen van acties

25. Wordt de planning met betrekking tot het uitvoeren van de acties gerespecteerd?
26. Is er voorzien in een regelmatige opvolging van de acties?
27. Is voorzien in een regelmatige rapportering van de status van de acties naar de hiërarchische lijn, tot op het niveau van de directie?
28. Is vastgelegd welk niveau in de hiërarchische lijn formele goedkeuring geeft over het uitstellen van acties?

Hoewel elke actie aan een verantwoordelijke of uitvoerder toegewezen wordt en iedere verantwoordelijke of uitvoerder in principe de zijn/haar toegewezen acties tijdig dient uit te voeren, is het toch aanbevolen een specifieke verantwoordelijke aan te duiden voor de globale opvolging van de actiecataloog.

Ook moet er voorzien worden in een periodieke rapportering naar de hiërarchische lijn van de status van de uitvoering van de acties en dit tot op het niveau van de directie. De beslissing om een belangrijke actie uit te stellen tot een latere datum moet op een gepast niveau in de hiërarchische lijn genomen worden. Daarbij kan men een koppeling maken van het belang van de actie en het goedkeuringsniveau. Dit veronderstelt uiteraard dat men een systeem of een werkwijze heeft om de belangrijkheid van acties vast te leggen.

## 2.2 Ongewenste reacties

### Opmerking bij het gebruik van deze vragenlijst

- Deze vragenlijst viseert in de eerste plaats ongewenste reacties buiten chemische reactoren. Risico's van ongewenste reacties in reactoren komen aan bod in sectie 2.3 'Controleverlies van reactieprocessen'.
- Bij elke vraag naar een bepaalde storing horen impliciet een aantal bijkomende vragen die niet systematisch herhaald werden om de vragenlijst niet nodeloos te verzwaren. Deze vragen zijn:
  - Werden de nodige maatregelen gespecificeerd om te verhinderen dat de betrokken processtoring leidt tot een ongewenste vrijzetting?
  - Werd geëvalueerd of de gespecificeerde maatregelen het risico op de vrijzetting voldoende reduceren?

### Thermische ontbinding

29. Werd onderzocht welke stoffen een risico voor thermische ontbinding inhouden?
30. Kent de inrichting de omstandigheden waarbij deze stoffen thermisch kunnen ontbinden?
31. Heeft de inrichting geïdentificeerd in welke installatieonderdelen een thermische ontbinding kan optreden?
32. Werd onderzocht of stoffen in de procesinstallatie kunnen ontbinden door een overmatige warmtetoevoer?
33. Werd onderzocht of stoffen in de procesinstallatie kunnen ontbinden door het wegvallen van de koeling?
34. Werd onderzocht of stoffen in de procesinstallatie kunnen ontbinden door een thermische compressie?

Thermische ontbinding is een proces waarbij een product onder invloed van warmte spontaan ontbindt in een aantal andere producten. Het ontbindingsproces is een exotherm proces dat op een zelfversnellende wijze verloopt en gekenmerkt wordt door een exponentiële toename van de temperatuur en de druk. De karakteristieke omstandigheden waarbij stoffen kunnen ontbinden, zijn temperatuurs- en drukafhankelijk. De 'self accelerating decomposition temperature' (SADT) is de laagste temperatuur waarbij een product, dat onderhevig is of kan zijn aan thermische ontbinding, een zelfversnellende ontbindingsreactie zal ondergaan. De reactie zal in vele

gevallen erg snel en destructief verlopen, waarbij een ongecontroleerd oplopen van de temperatuur en de druk aanleiding kan geven tot een faling van de omhulling. De warmte die hierbij vrijgesteld wordt, zal in vele gevallen ook kunnen leiden tot de zelfontsteking van ontvlambare dampen.

Om het optreden van een dergelijke zelfversnellende reactie te verhinderen, wordt er steeds een veiligheidsmarge ingebouwd tussen de operationele temperatuur en de zelfversnellende ontbindingstemperatuur (SADT). Een typische marge tussen de beide temperaturen bedraagt 50 °C. Om deze marge steeds in stand te kunnen houden, is een grondige studie van de warmtehuishouding vereist.

Typische producten die een risico van thermische ontbinding vertonen, zijn:

- peroxiden (-O-O-verbinding)
- nitro-esters (-O-N-O<sub>x</sub>-verbinding)
- acetylene-derivaten (-C≡C-verbinding)
- aziden (-N-N-N-verbinding)
- chloraten (-O-Cl-O<sub>2</sub>-verbinding)
- perchloraten (-O-Cl-O<sub>3</sub>-verbinding).

Er zijn diverse technieken beschikbaar om de reactiekinetica en de reactiethermodynamica van processen te onderzoeken. Naast differentiële scanningscalorimetrie (DSC) en differentiële thermische analyse (DTA) is adiabatische calorimetrie een meer absolute meetmethode om reactiewarmtes, warmtecapaciteiten e.d. te bepalen. Adiabatische calorimetrie wordt gebruikt in de chemische procestechnologie om de veiligheid van reacties op het gebied van wegloopsenario's, reactiviteit, verwerkings- en stockagecondities te beproeven. DSC is daarentegen een techniek waarbij het energieverval wordt gemeten tussen een te analyseren monster en een inert referentiemateriaal door de beide te onderwerpen aan eenzelfde temperatuursevolutie. Differentiële thermische analyse is dan weer een techniek waarmee het temperatuursverschil wordt gemeten tussen een monster en een inert referentiemateriaal in functie van de toegevoerde energie (temperatuursprofiel).

### **Autopolymerisatie**

35. Wordt onderzocht welke stoffen een risico voor een (ongewenste) polymerisatie inhouden?
36. Kent de onderneming de omstandigheden waarbij deze stoffen (ongewenst) kunnen polymeriseren?
37. Heeft de inrichting geïdentificeerd in welke installatieonderdelen een (ongewenste) polymerisatie kan optreden?
38. Wordt onderzocht of een tekort aan inhibitor tot ongewenste polymerisatie kan leiden?
39. Wordt onderzocht of een onvoldoende distributie (menging) van de inhibitor tot een ongewenste polymerisatie kan leiden?
40. Wordt onderzocht of een onvoldoende initiële activiteit van de inhibitor tot een ongewenste polymerisatie kan leiden?
41. Wordt onderzocht of het verbruik of de degradatie van de inhibitor tot een ongewenste polymerisatie kan leiden?

Polymerisatiereacties worden in de meeste gevallen op een gecontroleerde wijze uitgevoerd. Deze gecontroleerde polymerisatiereacties zullen meestal slechts starten nadat een welbepaalde activerende stof wordt toegevoegd, de zgn. initiator. Evenwel zijn er ook polymerisaties die op een ongewenste wijze of een ongewenst ogenblik optreden zonder dat een dergelijke activerende stof vereist is. Licht, warmte, onzuiverheden, schokken, e.d. kunnen in dergelijke gevallen als activator optreden.

De aan ongewenste polymerisaties verbonden risico's zijn tweërlei. Enerzijds kan de

onmiddellijke temperatuurs- en drukverhoging verbonden aan de exotherme polymerisatiereactie aanleiding geven tot een algemene temperatuurs- en drukverhoging in de procesinstallatie waar de polymerisatie optreedt. De hoge temperaturen kunnen eventueel leiden tot een (secundaire) ontbindingsreactie. Anderzijds kan het polymeriseren leiden tot het verstopping van leidingen en afsluiters, wat op zich een processtoring is die allerlei risico's kan inhouden.

Een veel voorkomende praktijk om ongewenste polymerisatiereacties te voorkomen, is het toevoegen van een inhibitor. Een inhibitor is een stof die wordt toegediend aan een product of een mengsel van producten om het optreden van een ongewenste polymerisatiereactie te verhinderen. Een typisch probleem bij het gebruik van inhibitoren is het verval van deze inhibitor, wat inhoudt dat de inhibitor onder invloed van licht, warmte, tijd, e.d. een verandering in chemische structuur ondergaat. De inhibiterende eigenschappen van het product zullen verminderen of zelfs verdwijnen. Mogelijk worden bij dit verval peroxiden gevormd, die op hun beurt brandbaar of explosief zijn. In sommige gevallen moet men een periodieke dosering van inhibitor voorzien om het verval ervan in functie van de tijd te compenseren. Een goede praktijk om de aanwezigheid van inhibitor te verzekeren, is het voorzien van een periodieke staalname om de concentratie aan en de zuiverheid van de inhibitor te verzekeren.

Typische voorbeelden van producten die kunnen polymeriseren en frequent toegepaste inhibitoren zijn:

- methylmetacrylaat met als inhibitor hydroquinon
- divinylbenzeen met als inhibitor 4-tert-butylpyrocatechol
- styreen, butylacrylaat, methacrylzuur, acrylzuur en vinylacetaat met als inhibitor hydrochinonmonomethylether (MEHQ)
- dinitrofenolen (waaronder 2-sec-butyl-4,6-dinitrofenol (DNBP)) als inhibitor voor benzeenafgeleide producten zoals styreen, p-methylstyreen en divinylbenzeen.

### **Ongewenste reacties tussen stoffen**

42. Wordt onderzocht welke ongewenste reacties tussen de aanwezige stoffen kunnen optreden?
43. Kent de onderneming de omstandigheden waarbij deze stoffen ongewenst kunnen reageren?
44. Wordt onderzocht of onzuiverheden in de grond- en hulpstoffen aanleiding kunnen geven tot ongewenste reacties?
45. Wordt onderzocht of het voeren van een verkeerd product (bijvoorbeeld door een verkeerde oplijning of een verkeerde lossing) aanleiding kan geven tot ongewenste reacties?
46. Wordt onderzocht of ongewenste reacties kunnen optreden met stoffen die na onderhoudsactiviteiten of werkzaamheden achterblijven?

Een ongewenste reactie kan optreden wanneer twee stoffen met elkaar in contact komen bij omstandigheden die een reactie tussen beide stoffen toelaten op een ogenblik waarop dit niet gewenst is. Zodoende is het van groot belang een goed inzicht te krijgen in de stoffen die aanwezig kunnen zijn in de installatie, alsook in de omstandigheden waaronder (bepaalde van) deze stoffen onderling kunnen reageren.

Vervolgens moet onderzocht worden of en zo ja, wanneer, contact tussen deze stoffen mogelijk is. Tenslotte moet nagegaan worden of de omstandigheden in het betrokken procesonderdeel aanwezig zijn of kunnen zijn (bij afwijkende omstandigheden) om een reactie te laten doorgaan.

De inrichting dient dus op een systematische wijze na te gaan welke van de aanwezige producten onderling kunnen interageren. Daarbij mag men zich niet beperken tot de 'hoofdrolspelers'. Ook stoffen die in kleine hoeveelheden aanwezig zijn, kunnen aanleiding geven tot ongewenste reacties.

Typische oorzaken voor de ongewenste aanwezigheid van stoffen zijn:

- vervuilingen in de grondstoffen
- verkeerde lossingen
- lekken vanuit een normaal gescheiden/afgesloten gedeelte van de installatie
- bijreacties of nevenreacties.

Een systematisch onderzoek naar de mogelijkheden van stoffen om onderling te reageren, kan gebeuren aan de hand van een interactiematrix. Een dergelijke matrix bevat in de kolommen en de rijen alle stoffen, zowel de gewenste als de ongewenste, die in de installatie aanwezig kunnen zijn. Elke combinatie van stoffen stemt overeen met een vak in de matrix, waarin kan aangeduid worden of een reactie al dan niet mogelijk is.

### **Ongewenste reacties tussen stoffen en constructiematerialen**

47. Heeft de inrichting een onderzoek gevoerd naar mogelijke snelle aantasting van de constructiematerialen door stoffen die mogelijk in contact kunnen komen met de omhulling?
48. Heeft de onderneming een onderzoek gevoerd naar de vorming van gevaarlijke stoffen als gevolg van een reactie van het constructiemateriaal met stoffen die ermee in contact kunnen komen?
49. Werden de risico's onderzocht van een ongewenste reactie tussen het constructiemateriaal en stoffen die door een verkeerde lossing in een onderdeel (kunnen) worden gebracht?
50. Werden de risico's onderzocht van een ongewenste reactie tussen het constructiemateriaal en stoffen die na onderhoudsactiviteiten of werkzaamheden kunnen achterblijven?
51. Werden de risico's onderzocht van ongewenste reacties tussen het constructiemateriaal en stoffen die kunnen terugstromen ten gevolge van het uitvallen van pompen of compressoren?
52. Werd onderzocht of ongewenste reacties met het constructiemateriaal kunnen optreden als gevolg van (snelle) concentratieveranderingen?

Een onderscheid wordt gemaakt tussen twee types van ongewenste reacties met de omhulling:

- reacties die leiden tot een snelle aantasting (in een tijdsspanne die te kort is om de aantasting via periodieke inspecties op te volgen)
- reacties die leiden tot de vorming van ongewenste stoffen.

Een voorbeeld van de eerste soort van ongewenste reacties is de aantasting van koolstofstalen tanks door waterige oplossingen van zwavelzuur (waterstofsulfaat) en salpeterzuur (waterstofnitraat). In zuivere (anhydride) vorm kunnen deze stoffen in koolstofstalen opslagtanks worden opgeslagen. Wanneer zuiver salpeterzuur of zwavelzuur wordt gemengd met water (wat steeds dient te gebeuren door het zuur in het water te brengen), ontstaat een sterk corrosieve waterige zuuroplossing die aanleiding geeft tot een zeer snelle aantasting van een koolstofstalen tank.

Zwavelzuur is sterk oxiderend en tast de meeste metalen alsook organische materialen en solventen aan. Passiviteit treedt op als het corrosieproduct niet van het oppervlak wordt afgevoerd, maar een afschermdende laag op het metaal vormt. In een zeer geconcentreerd, praktisch watervrij zwavelzuurmilieu vormt een ijzersulfaatlaag een dergelijke passiverende laag. In een waterige zwavelzuuroplossing wordt de ijzersulfaatlaag gekenmerkt door een veel hogere oplosbaarheid, waardoor een overvloedige gasontwikkeling optreedt. Hierdoor wordt de vorming van een ijzersulfaatlaag onmogelijk en zal er een snelle corrosie van het ijzer uit de metalen wand optreden.

Bij wijze van voorbeeld van de tweede soort van ongewenste reacties kan vermeld worden dat bij de opslag van watervrij waterstoffluoride in koolstofstalen opslagtanks het waterstoffluoride zal reageren met het ijzer uit de tankwand onder de vorming van ijzerfluoride en waterstofgas. Na verloop van tijd zal het waterstofgas zich verzamelen in de dampfase van de opslagtank en de dampdruk laten toenemen.

Waterige waterstoffluoride-oplossingen kunnen reageren met metalen legeringen onder de vrijgave van antimoon alsook het milieugevaarlijke en ontvlambare stibine (antimoontrihydride). Waterige waterstoffluoride-oplossingen kunnen bij reactie met andere metalen legeringen ook arseen of het zeer giftige arsinegas (arseentrihydride) vrijstellen.

### **Pyrofore en waterreactieve stoffen**

53. Heeft de inrichting onderzocht in welke installaties of installatieonderdelen pyrofore of waterreactieve stoffen aanwezig (kunnen) zijn?
54. Heeft de onderneming onderzocht op welke wijze luchtintrede in de installaties of in installatieonderdelen met pyrofore stoffen mogelijk is?
55. Heeft de onderneming onderzocht op welke wijze intrede van vochtige lucht of water in de installaties of in installatieonderdelen met waterreactieve stoffen mogelijk is?
56. Werd onderzocht of en zo ja, hoe, pyrofore stoffen in procesonderdelen waarin lucht aanwezig is/kan zijn, terecht kunnen komen?
57. Werd onderzocht of en zo ja, hoe, waterreactieve stoffen in procesonderdelen waarin vochtige lucht of water aanwezig is/kan zijn, terecht kunnen komen?

Pyrofore stoffen kunnen in aanraking met lucht spontaan tot ontbranding overgaan. Waterreactieve stoffen zullen bij contact met water hevig reageren. Deze stoffen worden respectievelijk gekenmerkt door de gevaren-aanduidingen H250 en EUH014 (vroeger R17 en R14):

- H250: Vat spontaan vlam bij blootstelling aan lucht (vroeger R17)
- EUH014: Reageert heftig met water (vroeger R14).

De pyrofore eigenschappen van een stof zijn mede het gevolg van het grote contactoppervlak tussen de vaste stof en de zuurstof uit de lucht. De exotherme reactie met de zuurstof uit de lucht verloopt daarbij dermate snel, dat de stof tot gloeien of zelfs tot ontbranden wordt gebracht. Pyrofore stoffen hebben dus eigenlijk een zelfontbrandingstemperatuur die lager is dan de atmosferische omgevingstemperatuur. Waterreactieve stoffen vereisen enkel het contact met water om een heftige reactie te laten optreden. Voor wat betreft de aanwezigheid van pyrofore en waterreactieve stoffen moet specifiek aandacht worden besteed aan het verhinderen van de verontreiniging van het stikstof- en persluchtnet met deze stoffen.

Voorbeelden van pyrofore stoffen zijn witte/gele fosfor, nikkel- en ijzerpoeder, alsook sommige andere metaalpoeders. Sommige pyrofore stoffen worden veelvuldig gebruikt als katalysator, zoals bijvoorbeeld aluminiumtrichloride ( $\text{AlCl}_3$ ) en triëthylaluminium (TEAL). Gele fosfor wordt in de metallurgische industrie gebruikt voor het maken van specifieke metaallegeringen. Het product wordt hierbij steeds onder een waterlaag opgeslagen om de spontane ontbranding door de zuurstof in de lucht te voorkomen. Triëthylaluminium wordt hoofdzakelijk gebruikt als bestanddeel van Ziegler-Natta-katalysatoren voor de productie van polyolefinen, vooral polyethyleen en polypropyleen. Het product wordt ook gebruikt bij de bereiding van hogere synthetische vetalcoholen. Triëthylaluminium is zowel een pyrofoor (H250 of R17) als een waterreactief (EUH014 of R14) product.

Als specifiek voorbeeld van waterreactieve stoffen kunnen natrium en titaantetrachloride vermeld worden. Natrium is een zacht en licht alkalimetaal, dat zoals alle andere

alkalimetalen gemakkelijk reageert met andere elementen. Om deze reden komt natrium niet in ongebonden toestand voor in de natuur. Vanwege de geringe dichtheid drijft natrium op water, waarbij het heftig met water reageert met vorming van natriumhydroxide en waterstof. Als fijn poeder ontbrandt het zelfs direct bij aanraking met water. Daarom wordt natrium opgeslagen in olie, afgesloten van lucht en water. Titaantetrachloride is een kleurloze, corrosieve vloeistof met een stekende geur, die gebruikt wordt in Ziegler-Natta-katalysatoren voor de synthese van polyolefinen.

### **Optreden van een ongewenste explosieve atmosfeer**

58. Heeft de inrichting onderzocht in welke installaties of installatie-onderdelen een explosieve atmosfeer bij normale omstandigheden aanwezig kan zijn?
59. Heeft de inrichting onderzocht in welke installaties of installatie-onderdelen een ongewenste explosieve atmosfeer bij abnormale procesomstandigheden (storingen) aanwezig kan zijn?
60. Heeft de onderneming een onderzoek uitgevoerd naar de mogelijke aanwezigheid van interne ontstekingsbronnen?
61. Heeft de onderneming een onderzoek gevoerd naar de mogelijke aanwezigheid van producten bij een temperatuur boven de zelfontstekingstemperatuur?
62. Werden de explosiegrenzen van de aanwezige en de mogelijk aanwezige producten bestudeerd bij afwijkende omstandigheden in de installatie?
63. Werd onderzocht in welke procesonderdelen een intrede van lucht/zuurstof mogelijk is terwijl er stoffen boven het vlampunt aanwezig zijn?
64. Werd onderzocht in welke procesonderdelen waarin lucht/zuurstof aanwezig is, een explosieve atmosfeer kan ontstaan door de intrede van ontvlambare stoffen?
65. Werd een onderzoek gevoerd naar de risico's van het vertraagd of het laattijdig ontsteken van brandbare gasmengsels in een installatieonderdeel?
66. Werden de risico's onderzocht van een verstoorde luchttoevoer naar installatie-onderdelen waarin een continue verbranding plaatsvindt?
67. Werd het risico van het uitvallen van de waakvlam in verbrandingsinstallaties bestudeerd?
68. Werden de risico's ten gevolge van vlamterugslag in het fakkelsysteem bestudeerd?

Een verbrandingsreactie kan slechts geïnitieerd worden indien er aan drie voorwaarden voldaan wordt:

- er is een brandbare stof aanwezig
- er is een oxidatiemiddel (veelal zuurstof) aanwezig
- er is een ontstekingsbron aanwezig, of meer algemeen, de benodigde ontstekingsenergie wordt toegevoegd.

Voor installatieonderdelen waarin ontvlambare producten aanwezig zijn en waarin geen verbrandingsreactie beoogd wordt, is het een goede en sterk aanbevolen praktijk te werken buiten het explosieve gebied (wat wil zeggen dat de concentraties van de producten ofwel gelegen dienen te zijn boven de bovenste explosiegrens ('upper explosive limit' of 'UEL'), ofwel onder de onderste explosiegrens ('lower explosive limit' of 'LEL'). Bovendien dient rekening gehouden te worden met een veiligheidsmarge alsook met het feit dat de explosiegrenzen druk- en temperatuursafhankelijk zijn. In de praktijk zal men uit veiligheidsoverwegingen typisch werken bij concentraties gelegen boven de UEL. Experimenteel onderzoek naar de druk- en temperatuursafhankelijkheid van de explosiegrenzen spitst zich daarom hoofdzakelijk toe op deze bovenste explosiegrens. Algemeen kan gesteld worden dat naarmate de druk toeneemt en/of naarmate de temperatuur hoger is, de bovenste explosiegrens zich bij hogere concentraties zal situeren.

Een ongewenste aanwezigheid van lucht in een procesinstallatie kan zijn oorsprong vinden in het wegvallen van de inertisatie. Ook lekken aan systemen die op onderdruk werken, leiden tot het intreden van lucht in de installatie.



Een ontstekingsbron kan algemeen gedefinieerd worden als een energiebron die voldoende energie kan afgeven om een stof of materiaal plaatselijk tot ontsteking te laten komen. In vele gevallen is deze energiebron een warmtebron (bijvoorbeeld een open vlam, een heet oppervlak, een opwarming door wrijving, e.d.), maar ook vonken door een mechanische impact of een elektrische ontlading van bijvoorbeeld statische elektriciteit of de bliksem kunnen een ontsteking initiëren. Indien de temperatuur van een product echter hoger is dan de zelfontstekingstemperatuur ('AIT' of 'auto-ignition temperature'), is er geen ontstekingsbron vereist om een ontbranding te initiëren.

Een speciaal geval vormen de oxidatiereactoren. In dergelijke reactoren zal zuurstof of lucht onder gecontroleerde omstandigheden reageren met koolwaterstoffen en dit bij condities buiten het explosieve gebied. Bij afwijkende omstandigheden bestaat het risico dat het reactiemengsel in het explosieve gebied terechtkomt.

## 2.3 Controleverlies van reactieprocessen

### **Opmerking bij het gebruik van deze vragenlijst**

- *Risico's van ongewenste reacties buiten reactoren komen aan bod in sectie 2.2 'Ongewenste reacties'.*
- *Bij elke vraag naar een bepaalde storing horen impliciet een aantal bijkomende vragen die niet systematisch herhaald werden om de vragenlijst niet nodeloos te verzwaren. Deze vragen zijn:*
  - *Werden de nodige maatregelen gespecificeerd om te verhinderen dat de betrokken processtoring leidt tot een ongewenste vrijzetting?*
  - *Werd geëvalueerd of de gespecificeerde maatregelen het risico op de vrijzetting voldoende reduceren?*

### **Hoofdreactie(s) en ongewenste nevenreacties**

69. Werden de reactiewarmte en de reactiesnelheid van de hoofdreactie(s) bepaald?
70. Werd onderzocht of er nevenreacties kunnen optreden?
71. Werd onderzocht of er bij wijzigingen van de reactietemperatuur ongewenste nevenreacties kunnen optreden?
72. Werd onderzocht of er bij wijzigingen in de samenstelling van het reactiemengsel ongewenste nevenreacties kunnen optreden?
73. Werden de gevaren van deze nevenreacties bepaald?

Het onderzoek naar de hoofd- en nevenreacties vormt in feite het onderzoek naar de 'chemie van de reactor'. De hoofdreactie(s) is/zijn de gewenste reactie(s), die voor de gevraagde omzetting van de reagentia naar de (gewenste) reactieproducten zorgen. Met nevenreacties worden de 'andere reacties dan de hoofdreactie(s), die optreden onder dezelfde of afwijkende omstandigheden van temperatuur, druk, concentraties, e.d.' bedoeld.

Mogelijke nevenreacties zijn:

- andere synthesesereacties dan de hoofdreacties (dezelfde reagentia, maar andere eindproducten)
- thermische ontbindingsreacties van de reagentia of van de reactieproducten
- autopolymerisatiereactie van de reagentia of van de reactieproducten.

Voldoende kennis over de hoofd- en nevenreacties is een noodzakelijke voorwaarde om de risico's van wegloopreacties te kunnen identificeren en beheersen.

De term 'wegloop' verwijst (binnen de context van de chemische reactorentechniek) naar een ongecontroleerde toename in temperatuur, als gevolg van een onevenwicht tussen warmteproductie en warmteafvoer. De temperatuurstoename is bij een

wegloopleactie het gevolg van een positief feedbackmechanisme: een toename in de temperatuur leidt tot een toename van de reactiesnelheid en bijgevolg (in het geval van een exotherme reactie) tot een toename van de warmteproductie. Als deze extra warmte niet of niet snel genoeg kan afgevoerd worden, stijgt de temperatuur van het reactiemengsel, waardoor de reactiesnelheid en de warmteproductie verder toenemen. In een goed ontworpen chemische reactor zal de koeling zodanig ontworpen zijn dat bij een toename in temperatuur de toename in de capaciteit van de warmte-overdracht groter is dan de toename van de warmteproductie.

Allerlei storingen in de reactor kunnen er echter voor zorgen dat het stabiel werkingpunt verlaten wordt en dat men in een situatie terechtkomt waarbij de geproduceerde warmte onvoldoende kan afgevoerd worden en de temperatuur dus niet langer onder controle gehouden kan worden. Het is uiteraard niet alleen de gewenste hoofdreactie die een gevaar kan inhouden op een wegloupreactie. Ook ongewenste (exotherme) nevenreacties kunnen de warmtebalans in een reactor verstoren. Thermische ontbinding is een gekend voorbeeld van een nevenreactie met een exponentieel snelheidsverloop, en kan dus aanleiding kan geven tot een wegloupreactie.

### **Onjuiste toevoeging van reagentia**

74. Werden de risico's onderzocht van een overmaat aan één of meerdere grondstoffen en/of hulpstoffen in het reactiemengsel?
75. Werden de risico's onderzocht van een tekort aan één of meerdere grondstoffen en/of hulpstoffen in het reactiemengsel?
76. Werden de risico's onderzocht van het in een verkeerde volgorde toedienen van grondstoffen en/of hulpstoffen in de reactor?
77. Werd onderzocht of onzuiverheden in de grondstoffen of in de hulpstoffen aanleiding kunnen geven tot ongewenste reacties?
78. Werd onderzocht of het voeden van een verkeerde grondstof of hulpstof (bijvoorbeeld door een verkeerde oplijning of een verkeerde lossing) aanleiding kan geven tot ongewenste reacties?
79. Werd onderzocht of ongewenste reacties kunnen optreden met stoffen die na onderhoudsactiviteiten of werkzaamheden kunnen achterblijven?

Er kan een onderscheid gemaakt worden tussen drie grote types van reactoren, al naargelang de wijze waarop de grondstoffen (reagentia) en de hulpstoffen (solventen, katalysatoren, inhibitoren en complexvormers) aan de reactor toegevoegd worden:

- Bij batchreactoren worden de grondstoffen eerst in de reactor 'geladen', waarna de reactie gestart wordt. Het reactiemengsel wordt tijdens de reactie gemengd.
- Semi-batchreactoren worden gekenmerkt door een geleidelijke dosering van de grondstoffen. De grondstoffendosering kan ook in 'campagnes' of 'shots' verlopen, waarbij na de toediening van een eerste hoeveelheid grondstof een reactie voltrokken wordt. Nadat (één van) de reagentia in voldoende mate weggereageerd (is) zijn, kan een volgende shot toegevoegd worden.
- In een continue reactor worden de grondstoffen tijdens de reactie continu toegevoerd, en de reactieproducten continu afgevoerd.

Voor batchreactoren staat een 'overmaat' synoniem voor een te grote hoeveelheid, terwijl een overmaat bij semi-batch- en continue reactoren een te hoog doseringsdebiet vertegenwoordigt. Vice versa is een 'tekort' bij een batchreactor een te kleine hoeveelheid, terwijl dit bij een semi-batch- of continue reactor een te laag toevoegdebiet omvat.

Een overmaat aan bepaalde reagentia kan aanleiding geven tot het toenemen van de reactiesnelheid, wat bij exotherme reacties een grotere warmteproductie tot gevolg heeft. Wanneer deze hogere warmteproductie niet voldoende kan afgevoerd worden, zal de temperatuur van het reactiemengsel stijgen en zullen de reactiesnelheid en de

warmteproductie nog verder toenemen. Wanneer dit zelfversterkend effect zich voordoet, spreken we van een wegloopleactie. Een wegloopleactie kan dus leiden tot een zeer snel, soms zelfs explosieve toename van de temperatuur en de druk in de reactor.

Een tekort aan een welbepaald reagens betekent dat andere reagentia in een overmaat aanwezig zullen zijn. Afhankelijk van de aanwezige productmassa in relatie tot de kritische massa, nodig voor het optreden van zelfversnellende reacties (een tekort aan een bepaald reagens gaat per definitie samen met een lagere totale aanwezige producthoeveelheid), kunnen dergelijke reacties ook hier tot problemen leiden.

### **Accumulatie van reagentia**

80. Werden de risico's van een (tijdelijke) uitval van de menging (roerder, circulatie) onderzocht?
81. Werden de risico's van het bestaan van dode hoeken in de reactor onderzocht?
82. Werden de risico's van een te lage conversiegraad door een te lage initiële temperatuur onderzocht?
83. Werden de risico's van een tekort aan katalysator onderzocht?
84. Werden de risico's van een tekort aan initiator onderzocht?

De accumulatie van reagentia in een reactor kan er voor zorgen dat op een bepaald ogenblik een te grote hoeveelheid reagentia aan de reactie kan deelnemen en er daardoor meer warmte wordt geproduceerd dan er kan afgevoerd worden. Het accumuleren van reagentia in een reactor is typisch te wijten aan een te lage conversiegraad, wat op zijn beurt het gevolg kan zijn van:

- het ontbreken van de correcte reactiecondities betreffende de druk en de temperatuur, waardoor de reactie stilvalt of niet opgestart kan worden
- het ontbreken of in onvoldoende mate aanwezig zijn van één of meerdere reagentia (andere reagentia dan diegene die zullen accumuleren), initiatoren of katalysatoren om de reactie te kunnen opstarten en/of te kunnen onderhouden
- onvoldoende of geen menging, waardoor de reactie slechts opgaat in een beperkt volume van de reactiemassa.

Onvoldoende of geen menging kan het gevolg zijn van problemen met de aandrijving van de roerder (b.v. defecte motor, uitval van de elektrische voeding naar de motor) of van het afbreken van één of meerdere schroefbladen van de roerder. Een meting van het toerental kan het stilvallen van de roerder detecteren, maar niet het afbreken van de roerder. Een meting van het vermogen van de motor van de roerder kan dat probleem wel detecteren.

Als de condities die zorgen voor een te lage conversiegraad na verloop van tijd verdwijnen, zullen de geaccumuleerde reagentia deelnemen aan de reactie. De redenen voor het herstel van de conversiegraad kunnen zowel buiten de reactor liggen als verband houden met fenomenen in de reactor zelf.

Voorbeelden van externe factoren zijn:

- herstel van de elektrische voeding (na een tijdelijke elektriciteitsuitval)
- een operator die laattijdig een handeling uitvoert, mogelijk ter correctie van een eerdere fout (zoals vergeten de roerder aan te zetten, vergeten de initiële verwarming aan te zetten, vergeten de katalysator te doseren, e.d.).

De conversiegraad kan in sommige gevallen ook vanzelf hersteld worden in de reactor, bijvoorbeeld in de volgende gevallen:

- De vereiste temperatuur voor de initiatie van de reactie kan bereikt worden door beperkte (trage) reactie van het (niet verwarmde) reactiemengsel.
- Een lokale reactie in een niet gemengde reactor kan voor de nodige turbulentie en menging van de rest van de reactiemassa zorgen.

Initiatoren zijn chemische stoffen die als functie hebben om de beoogde reactie op gang te brengen. In tegenstelling tot katalysatoren nemen initiatoren deel aan de reactie. Typische reacties waarbij gebruik gemaakt wordt van initiatoren zijn polymerisaties. Zo wordt bijvoorbeeld bij het maken van polystyreen en polyester het product methyl ethyl keton peroxide (MEKP) als initiator benut.

### **Overmatige katalyse**

85. Werden de risico's van het toedienen van een te actieve katalysator onderzocht?
86. Werden de risico's van het toedienen van een overmaat aan katalysator onderzocht?
87. Werden de risico's van een niet-gelijkmatige verdeling van de katalysator in het reactiemengsel onderzocht?
88. Werden de risico's van een overmatige katalyse van de reactie door de aanwezigheid van onzuiverheden onderzocht?

Een andere categorie van reactiestoringen zijn deze die te wijten zijn aan de overmatige katalyse van de reactie tijdens het verloop van een chemisch proces. Het doel van het toedienen van een katalysator is de reactie sneller te laten verlopen (door een verhoging van de reactiesnelheidsconstante) of bij een lagere temperatuur op gang te laten komen (door het verlagen van de activeringsconstante). Hierbij worden initieel noch de concentratie van de reagentia, noch de druk of temperatuur verhoogd.

De werking van een katalysator schuilt enkel in het feit dat het toedienen van een katalysator aan de reagentia de activeringsenergie verlaagt en de reactiesnelheid verhoogt. Een overmatige toediening van een katalysator zal bij exotherme reacties leiden tot een grotere warmteproductie, waardoor een zelfversnellend effect mogelijk wordt.

### **Verhoogde warmtetoevoer**

89. Werden de risico's van de intrede van een (over)verhitte voedingsstroom in de reactor onderzocht?
90. Werden de risico's van een overmatige (externe) warmtetoevoer naar de reactor onderzocht?
91. Werden de risico's van een overmatige warmtetoevoer door een (leiding)tracing onderzocht?

Een andere categorie van processtoringen is te wijten aan een verhoogde warmtetoevoer naar de reactor. De intrede van een (over)verhitte voedingsstroom in de reactor kan veroorzaakt worden door een foutieve of defecte temperatuursregeling. Ook het comprimeren van producten voor de intrede in de reactor kan aanleiding geven tot een temperatuursverhoging.

Een te hoge externe warmtetoevoer is een risico bij reactoren die aanvankelijk opgewarmd moeten worden om de reactie te initiëren. Eens de reactie voldoende geïnitieerd is, moet de warmtetoevoer worden stopgezet.

Een hogere temperatuur zou ook kunnen bereikt worden door een defect aan de tracing van een leiding, waarbij een overmatige warmte-input gegenereerd wordt. Bij het falen van een thermostatisch contact is het mogelijk dat de tracing het maximale vermogen blijft genereren en daardoor het product in de leiding oververhit.

### **Ontoereikend koelvermogen**

92. Werden de risico's van een tekort aan solvent onderzocht?
93. Werden de risico's van het wegvallen van de menging of de stroming in de reactor onderzocht?
94. Heeft men de risico's van een foutieve overgang van de initiële opwarming voor de start van de reactie naar de afkoelingsfase tijdens de reactie onderzocht?
95. Werden de risico's van het verlies aan koelvloeistofcirculatie doorheen de reactormantel onderzocht?
96. Werden de risico's van het verlies aan koelcapaciteit door afzettingen op het warmtewisselend oppervlak onderzocht?
97. Werden de risico's verbonden aan een te hoge temperatuur van het koelmedium onderzocht?
98. Werden de risico's van het uitkoken van het solvent bij solventgebaseerde reactieprocessen onderzocht?
99. Werden de risico's van een uitval of verminderde prestatie van de solventrefluxkoeler onderzocht?

De koeling van de reactiemassa is bij exotherme reacties belangrijk om de temperatuur onder controle te houden en een weglloopreactie te voorkomen. Er zijn verschillende technieken om de reactiemassa te koelen:

- door middel van een externe koelmantel
- via een interne warmtewisselaar
- door de afvoer van reactiewarmte door de verdamping van solventen (eventueel in combinatie met een refluxkoeler die de solventen condenseert en terug naar de reactor voert).

Een goede menging kan noodzakelijk zijn om te zorgen voor de nodige warmteoverdracht of voor de goede distributie van het solvent in de reactiemassa. De menging kan gerealiseerd worden door:

- een menger (bijvoorbeeld in een CSTR)
- circulatie van het reactiemengsel
- stroming (bijvoorbeeld in een PFR).

Een continu geroerde tankreactor of Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR) is een reactor waarin de reactanten op een zodanige wijze continu geroerd worden dat de concentratie in het reactorvat overal dezelfde is. Hierdoor wordt vermeden dat lokaal een overmaat aan reagentia, katalysator of initiator kan optreden met de hoger vermelde problemen tot gevolg. Een propstroomreactor of Plug Flow Reactor (PFR) is een continue reactor onder de vorm van een lange buis (soms ook 'buisreactor' genoemd) waar het reactiemengsel doorheen stroomt. Aan de ene kant van de buis komen de reactanten in de reactor alvorens in de buis te reageren, en aan de andere kant komen de producten eruit. De menging in dit type van reactor geschiedt door de stroming van de reactanten.

## 2.4 Hoge druk (fysische oorzaken)

### **Opmerking bij het gebruik van deze vragenlijst**

*Bij elke vraag naar een bepaalde storing horen impliciet een aantal bijkomende vragen die niet systematisch herhaald werden om de vragenlijst niet nodeloos te verzwaren. Deze vragen zijn:*

- *Werden de nodige maatregelen gespecificeerd om te verhinderen dat de betrokken processtoring leidt tot een ongewenste vrijzetting?*
- *Werd geëvalueerd of de gespecificeerde maatregelen het risico op de vrijzetting voldoende reduceren?*

### **Hoge druk vanwege de voeding naar een onderdeel**

100. Werden de risico's van hoge druk ten gevolge van het (verkeerdelijk) volledig of gedeeltelijk afsluiten van de uitgaande stromen uit een onderdeel onderzocht?
101. Werden de risico's van een hoge druk door een hoog voedingsdebiet en onvoldoende (damp)afvoer onderzocht?
102. Werden de risico's onderzocht die verbonden zijn aan een vernauwing of aan het verstoppert ('pluggen') van een leiding, waardoor een product wordt verplaatst onder invloed van druk?
103. Werden de risico's onderzocht van het door de voedingspomp opdrukken van een onderdeel wanneer het volledig gevuld raakt?

Mogelijke oorzaken van het afsluiten of beperken van de afvoer uit een onderdeel zijn:

- het sluiten van een afsluiter (al dan niet manueel)
- het verstoppert van leidingen, bijvoorbeeld door het uitkristalliseren of polymeriseren van producten
- een verstopping door een losgekomen pakkingselement.

### **Statische vloeistofdruk**

104. Werden de risico's van een hoge statische vloeistofdruk onderzocht?

Atmosferische opslagtanks zijn niet altijd bestand tegen de statische vloeistofdruk die optreedt wanneer de tank volledig (dit wil zeggen: tot aan het punt waar de vloeistof uitstroomt) gevuld is. Andere onderdelen waar de statische vloeistofdruk een probleem kan vormen, zijn (hoge) distillatietorens.

De hydrostatische druk is niet alleen functie van de hoogte van de vloeistof, maar ook van de dichtheid ervan. Als een onderdeel, zoals een opslagtank, gebruikt wordt voor een andere stof met een grotere dichtheid dan deze waarvoor ze oorspronkelijk ontworpen werd, moet men nagaan of de hydrostatische druk (in combinatie met andere oorzaken van hoge druk) de ontwerpdruk niet kan overschrijden. Indien nodig moet de vulhoogte beperkt worden.

### **Doorbraak van hoge druk**

105. Werden de risico's onderzocht van hoge druk omwille van het doorbreken van een hogere druk vanuit een ander procesonderdeel?
106. Werden de risico's onderzocht van hoge druk omwille van het doorbreken van een hogere druk vanuit een nutsvoorziening voor stoom, stikstof of perslucht?
107. Werden de risico's onderzocht van hoge druk ten gevolge van een intern lek in een warmtewisselaar met gassen of dampen op een hogere druk?
108. Werden de risico's onderzocht van het accidenteel openen van een normaal gesloten leiding tussen twee onderdelen met een verschillende ontwerpdruk?

De mogelijke doorbraak van een hoge druk verdient vooral aandacht bij installatieonderdelen die in verbinding staan met installatieonderdelen die gekenmerkt worden door een hogere ontwerpdruk. Een verschil in ontwerpdruk treedt typisch op bij onderdelen die gescheiden zijn door een drukregelventiel. Wanneer dat ventiel slecht functioneert, kan dat leiden tot het overschrijden van de ontwerpdruk van het stroomafwaartse onderdeel.

Mogelijke oorzaken van het doorbreken van een hoge druk kunnen zijn:

- het falen van een drukreducerendventiel
- het leggen van een ongewenste verbinding met een onderdeel op hoge druk (bijvoorbeeld door een lek in een steekpan of door het verkeerdelijk openen van één of meerdere afsluiters).

### **Thermische expansie**

109. Werden de risico's van thermische expansie in procesonderdelen die kunnen worden afgesloten, onderzocht?

110. Werden de risico's van thermische expansie in vloeistofleidingen onderzocht?

Problemen met thermische expansie kunnen op de volgende manieren ontstaan:

- door het inblokken van de leiding of het vat dat (bij normale werking) gevuld is met vloeistof
- door het volledig vullen van een leiding of vat dat (bij normale werking) ingeblokt is.

Bij vloeibaar gemaakte gassen kan de thermische uitzetting ten gevolge van een externe temperatuursverhoging zo sterk zijn dat alle vrije ruimte in een onderdeel (dat niet volledig gevuld is) uiteindelijk wordt ingenomen, waarna het onderdeel door de uitzetting van de vloeistof verder wordt opgedrukt.

Een typische maatregel om leidingen tegen deze vorm van overdruk te beschermen, is de installatie van een thermisch veiligheidsventiel.

### **Ijsvorming**

111. Heeft de onderneming de risico's van hoge druk als gevolg van het bevriezen van water onderzocht?

Ijsvorming kan een probleem zijn wanneer water kan verzamelen in 'dode punten' in de installatie. Een voorbeeld van een ongeval dat te wijten was aan ijsvorming in een leiding, is de massale vrijzetting van propaan en de daaropvolgende brand in de Valero McKee Raffinaderij in Sunray, Texas (USA) op 16 februari 2007<sup>7</sup>.

Typische maatregelen met betrekking tot dode punten zijn:

- het verwijderen van 'dode punten' waar mogelijk
- het isoleren van dode punten door het installeren van blindflenzen of blindpannen tussen het dode punt en de overige delen van de installatie
- het installeren van een beveiliging tegen bevriezing, bijvoorbeeld door middel van een 'tracing'
- het implementeren van procedures die voorzien in een regelmatige opvolging en controle van de plaatsen waar water zou kunnen verzamelen
- het implementeren van procedures die voorzien in het regelmatig afdrainen van eventueel alsnog verzameld water uit de laagste punten.

---

<sup>7</sup> Een rapport van dit ongeval kan teruggevonden worden op de website van de Amerikaanse overheidsinstelling 'Chemical Safety Board' ([www.csb.gov](http://www.csb.gov)).

## 2.5 Hoge en lage temperatuur (fysische oorzaken)

### **Opmerking bij het gebruik van deze vragenlijst**

*Bij elke vraag naar een bepaalde storing horen impliciet een aantal bijkomende vragen die niet systematisch herhaald werden om de vragenlijst niet nodeloos te verzwaren. Deze vragen zijn:*

- *Werden de nodige maatregelen gespecificeerd om te verhinderen dat de betrokken processtoring leidt tot een ongewenste vrijzetting?*
- *Werd geëvalueerd of de gespecificeerde maatregelen het risico op de vrijzetting voldoende reduceren?*

### **Hoge procestemperatuur**

112. Werden de risico's van hoge temperatuur door het uitvallen van de proceskoeling onderzocht?
113. Werden de risico's van hoge temperatuur ten gevolge van de compressie van gassen die zich op een abnormaal hoge temperatuur bevinden, onderzocht?
114. Werden de risico's van hoge temperatuur door het verlies van de (tussen)koeling van pompen en compressoren onderzocht?

Gassen zullen bij compressie opwarmen. De eindtemperatuur wordt zowel bepaald door de einddruk als door de begintemperatuur (d.w.z. de temperatuur van het gas voor de compressie). Als de begintemperatuur ten gevolge van een processtoring hoger is dan normaal, zal ook de eindtemperatuur hoger liggen dan normaal.

Wanneer meerdere compressoren in serie geschakeld worden, is het soms nodig een tussenkoeling te voorzien. 'Loss of interstage cooling' of het verlies van de tussenkoeling kan aanleiding geven tot het ontstaan van zeer hoge temperaturen met een oververhitting van bepaalde compressoronderdelen als gevolg. Dit fenomeen kan uiteindelijk leiden tot aanzienlijke schade aan de compressor en eventueel zelfs tot een brand door oververhitting.

### **Lage procestemperatuur**

115. Werden de risico's van een lage temperatuur door de expansie van gassen over een defecte afsluiter of drukregelaar onderzocht?
116. Werden de risico's van een lage temperatuur ten gevolge van de expansie van gassen die zich op een abnormaal lage temperatuur bevinden, onderzocht?
117. Werden de risico's van een lage temperatuur door het aflashen van een gas bij de intrede in een leeg recipiënt onderzocht?
118. Werden de risico's van een lage temperatuur door de introductie van een zeer koud of cryogeen gas in een installatieonderdeel onderzocht?

Gassen onder druk zullen bij expansie afkoelen. De eindtemperatuur wordt zowel bepaald door de einddruk als door de begintemperatuur (d.w.z. de temperatuur van het gas voor de expansie). Als de begintemperatuur ten gevolge van een processtoring lager is dan normaal, zal de eindtemperatuur ook lager liggen dan normaal.

Bij een dalende temperatuur zal het breukmechanisme van een materiaal vanaf een bepaalde temperatuur overgaan van ductiel naar bros. Bij temperaturen beneden deze overgangstemperatuur ('ductile/brittle transition temperature' in het Engels) kan zich een brosse breuk voordoen en dit bij spanningen die veel lager zijn dan deze vereist voor een ductiele breuk (d.i. bij temperaturen boven de overgangstemperatuur).



## 2.6 Vrijzetting via openingen

### **Opmerking bij het gebruik van deze vragenlijst**

*Bij elke vraag naar een bepaalde storing horen impliciet een aantal bijkomende vragen die niet systematisch herhaald werden om de vragenlijst niet nodeloos te verzwaren. Deze vragen zijn:*

- *Werden de nodige maatregelen gespecificeerd om te verhinderen dat de betrokken processtoring leidt tot een ongewenste vrijzetting?*
- *Werd geëvalueerd of de gespecificeerde maatregelen het risico op de vrijzetting voldoende reduceren?*

*Vrijzettingen via veiligheidskleppen en breekplaten komen aan bod in hoofdstuk 3 'Mechanische drukontlastingen'*

### **Ademventielen**

119. Werden de risico's van een uitstroming van stoffen via de ademventielen van atmosferische tanks in geval van overvulling onderzocht?
120. Werden de risico's van een uitstroming van stoffen via de ademventielen van vrachtwagens, treinwagons en schepen in geval van overvulling onderzocht?

Het overvullen van tanks, procesvaten en kolommen is een belangrijke oorzaak van vele incidenten en ongevallen in de procesindustrie. De bekendste van deze ongevallen zijn ongetwijfeld de explosie in de BP-raffinaderij van Texas City (USA) in maart 2005<sup>8</sup> en de brand in het Buncefield Oil Storage Depot in Hemel Hempstead (UK) in december 2005. De aanzienlijke schade die beide ongevallen veroorzaakt hebben, alsook de talrijke slachtoffers, tonen aan dat over de risico's verbonden aan het overvullen van procesapparatuur op een grondige wijze nagedacht moet worden. Verpompings- en vuloperaties kunnen best (continu) opgevolgd worden, zodat het falen van kritische instrumentatie snel kan opgemerkt worden.

### **Accidenteel openen van de installatie**

121. Werden de risico's van het afkoppelen van verlaadslangen na het laden of lossen van gevaarlijke producten onderzocht?
122. Werden de risico's verbonden aan het openen van de installatie voor het toedienen van (gevaarlijke) grondstoffen onderzocht?
123. Werden de risico's verbonden aan het openen van de installatie voor het aflaten van (gevaarlijke) (reactie)producten onderzocht?

Als de installatie moet geopend worden als onderdeel van de normale bedrijfsvoering, zorgt men ervoor dat de geopende delen drukloos en (voldoende) vrij van gevaarlijke stoffen zijn. Als dit niet het geval is, ten gevolge van een fout of een storing, treedt er een vrijzetting op die een onmiddellijk gevaar betekent voor de betrokken operator.

<sup>8</sup> Een rapport van dit ongeval kan teruggevonden worden op de website van de Amerikaanse overheidsinstelling 'Chemical Safety Board' ([www.csb.gov](http://www.csb.gov)).

## 2.7 Andere belastingen op de omhullingen

### **Opmerking bij het gebruik van deze vragenlijst**

*Bij elke vraag naar een bepaalde storing horen impliciet een aantal bijkomende vragen die niet systematisch herhaald werden om de vragenlijst niet nodeloos te verzwaren. Deze vragen zijn:*

- *Werden de nodige maatregelen gespecificeerd om te verhinderen dat de betrokken processtoring leidt tot een ongewenste vrijzetting?*
- *Werd geëvalueerd of de gespecificeerde maatregelen het risico op de vrijzetting voldoende reduceren?*

### **Krachten door ongewenste intrede van vloeistof**

124. Werden de risico's onderzocht van de intrede van vloeistoffen in leidingen of vaten ontworpen voor gassen en dampen (en die het gewicht van de vloeistof niet kunnen dragen)?
125. Werden de risico's onderzocht van de intrede van vloeistoffen in compressoren?

Het gewicht van een vloeistof kan een onderdeel, dat enkel ontworpen is voor gassen of dampen, beschadigen. De intrede van vloeistoffen in dergelijke onderdelen is dus een storing die kan leiden tot een ongewenste vrijzetting.

De intrede van vloeistof kan ook ernstige schade toebrengen aan compressoren.

### **Beschadiging van pompen**

126. Werden de risico's van de werking van een pomp bij een laag vloeistofniveau aan de zuigzijde onderzocht?
127. Werden de risico's van de werking van een pomp met een afgesloten zuigzijde onderzocht?
128. Werden de risico's van cavitatie bij pompen onderzocht?
129. Werden de risico's van de werking van een pomp met een afgesloten perszijde ('deadheading') onderzocht?
130. In het geval de pomp aangedreven wordt door een stoomturbine: werden de risico's van een te groot toerental onderzocht?

Cavitatie is het verschijnsel dat optreedt wanneer in een bewegende vloeistof de druk op bepaalde plaatsen lager wordt dan de dampdruk van de vloeistof. Door deze plotselinge drukverlaging ontstaan er dampbellen. Bij druktoename imploderen deze dampbellen, waarbij piekdrukken ontstaan van enkele honderden bar en temperaturen tot 1100°C. Typische beschadigingen die door cavitatie optreden, zijn het afbrokkelen van materiaal in de pompbehuizing of aan de appendages en het ontstaan van putcorrosie ('pitting corrosion') ter hoogte van de metalen omhulling. Een caverende pomp kan in enkele uren onherstelbaar beschadigd worden en daardoor beginnen te lekken.

Cavitatie ontstaat doordat de verzadigingsdruk van de vloeistof bereikt wordt in de aanzuigleiding van de pomp. Dit is het gevolg van het onderschrijden van de minimale voordruk in de verpompte vloeistof, of nog, het overschrijden van de maximale zuighoogte, wat bijvoorbeeld mogelijk is in de volgende gevallen:

- een te laag vloeistofniveau in het reservoir van waaruit vloeistof onttrokken wordt
- een lokale versnelling van de vloeistof ten gevolge van een vernauwing in de zuigleiding
- een hoge vloeistoftemperatuur, waardoor de dampspanning verlaagd wordt
- de aanwezigheid van weerstand in de zuigleiding, waardoor een drukverlaging ontstaat (bijvoorbeeld een 'dichtgezogen' zuigslang, een vervuilde zuigfilter, e.d.).

De dampbellen, die imploderen in een gebied waar de druk terug hoger is, veroorzaken lokaal een schokgolf die te herkennen is aan een typisch ratelend geluid. Bij hogere temperaturen neemt de kans op cavitatie toe, terwijl bij hogere drukken de kans afneemt omdat de dampbellen dan worden dichtgedrukt.

Het opstarten van een pomp met een afgesloten zuigzijde geeft aanleiding tot het drooglopen van de pomp. Dit fenomeen leidt tot een oververhitting van de pomponderdelen en veroorzaakt dikwijls buitensporige trillingen, die de levensduur van de pomp zullen inkorten. Een afgesloten zuigzijde is veelal te wijten aan een gesloten afsluiter in de zuigleiding, maar ook het 'pluggen' of verstopping van de zuigleiding kan tot dit fenomeen leiden.

De werking van een pomp met een gesloten perszijde ('deadheading') kan aanleiding geven tot ernstige mechanische schade aan de pomp. Meer bepaald kunnen de lagers van de as ('pump bearings') door excessieve opwarming onregelmatig beginnen lopen, waardoor de pompas in onbalans zal komen, wat leidt tot trillingen. Hierdoor kunnen de afdichtingen ('pump seals') beginnen te lekken. Sommige pompen zijn uitgerust met een intern overstortventiel of 'internal relief valve', zodat het starten van de pomp tegen een gesloten persafsluiter geen probleem veroorzaakt.

Door een fout in de snelheidsregeling van stoomturbines kan het toerental sterk stijgen en kan schade toegebracht worden aan de turbine en de aangedreven pomp. Dit risico wordt typisch beheerst met een beveiliging die de turbine afschakelt bij een te groot toerental.

### **Beschadiging van compressoren**

131. Werden de risico's van de werking van een compressor met een afgesloten zuigzijde onderzocht?
132. Werden de risico's van condensatie in de gecompriëerde gasstroom onderzocht?
133. Werden de risico's van 'surging' bij compressoren onderzocht?
134. In het geval de compressor aangedreven wordt door een stoomturbine: werden de risico's van een te groot toerental onderzocht?

Door de drukverhoging is het mogelijk dat er in het gecompriëerde gas condensatie en druppelvorming optreedt. Deze druppels kunnen de schoepenwaaier of de behuizing van de compressor beschadigen.

'Surging' van compressoren is een fenomeen waarbij de compressor afwijkt van zijn optimale werkingpunt. Een compressor wordt gekenmerkt door een welbepaald minimaal debiet dat benodigd is om nog een stabiele werking van de compressor te verzekeren. Naar deze debietswaarde wordt verwezen als de 'surge flow', die evenwel afhankelijk is van de tegendruk. Het fenomeen van 'surging' kan veroorzaakt worden door:

- ofwel de afmetingen van de compressor die te groot zijn in verhouding tot de afmetingen van de toe- en afvoerleidingen
- ofwel een te plotse aanpassing van de compressorsturing
- ofwel het plots afsnijden van het debiet door bijvoorbeeld het sluiten van een afsluiter.

Het fenomeen van 'surging' is te wijten aan het ontstaan van wervels of vortices in de aangezogen gassen. Hierdoor kan de compressor geen optimale stroming verwezenlijken en komt de stabiele werking ervan in het gedrang. Een typische situatie waarbij 'surging' kan optreden, is het intern recirculeren van de gasstroom over de compressor bij het opstarten met een gesloten persafsluiter.

Vibraties of trillingen in de gasstroming doorheen de compressor, sterk fluctuerende debieten, trillingen van de rotor van de compressor en snelle temperatuursverhogingen zijn typische fenomenen die optreden bij 'surging'. Zelfs reeds na een korte periode kan dit leiden tot ernstige schade. Daarom is 'surge control' een goede praktijk, die meestal gebeurt door preventief een gedeelte van de gasstroom in de persleiding ('discharge line') naar de zuigleiding ('suction line') te leiden. In sommige gevallen is het noodzakelijk een tussenkoeling te voorzien om excessieve opwarming te vermijden. Bij luchtcompressoren komt het eveneens frequent voor dat een gedeelte van de gasstroming in de persleiding naar de atmosfeer geleid wordt.

Door een fout in de snelheidsregeling van stoomturbines kan het toerental sterk stijgen en kan schade toegebracht worden aan de turbine en de aangedreven compressor. Dit risico wordt typisch beheerst met een beveiliging die de turbine afschakelt bij een te groot toerental.

### **Lage druk**

135. Werden de risico's van lage druk onderzocht door het onttrekken van vloeistof uit een onderdeel?
136. Werden de risico's verbonden aan het (ongewenst) condenseren van dampen of gassen onderzocht?
137. Werden de risico's ten gevolge van het (ongewenst) maken van een verbinding met een systeem op lage druk of vacuüm onderzocht?

Het afsluiten of beperken van de toevoer naar een installatieonderdeel waaruit producten onttrokken worden, kan aanleiding geven tot het creëren van onderdruk in dit onderdeel indien er geen ontluchting van of andere producttoevoer naar het onderdeel voorzien is. Veel installatieonderdelen zijn niet specifiek voor onderdruk ontworpen en kunnen dus ernstige mechanische schade oplopen bij het ontstaan van onderdruk. Het zwakste onderdeel van de procesinstallatie zal uiteindelijk imploderen wanneer de laagste druk waaraan het installatieonderdeel kan weerstaan, bereikt wordt. Tanks en procesvaten die ontworpen zijn om te kunnen weerstaan aan vacuümcondities, worden gekenmerkt door de vermelding 'FV', wat staat voor 'full vacuum'. Ook het verstopping of 'pluggen' van (een filter in de) toevoerleidingen naar een installatieonderdeel waaruit product onttrokken wordt, zal aanleiding geven tot het creëren van een onderdruk in dit onderdeel indien er geen ontluchting of andere producttoevoer naar het installatieonderdeel voorzien is.

Wanneer in de procesinstallatie een verbinding met een systeem op lage(re) druk of vacuüm bestaat, kan een ongewenste verbinding met dit systeem leiden tot een processtoring, aangezien de procesinstallatie plots aan een lagere druk dan verwacht wordt blootgesteld. Wanneer de procesinstallatie met een dergelijke verbinding werd uitgerust voor de uitvoering van reinigings- en onderhoudswerkzaamheden, dan kan deze verbinding best afgeblind worden wanneer zij niet in gebruik is. Door het plaatsen van een blindpan of blindflens wordt bij het openen van een afsluiter op deze verbinding voorkomen dat de onderdruk of het vacuüm rechtstreeks wordt aangelegd op de procesinstallatie wanneer zulks (nog) niet gewenst is.

## 2.8 Uitval van nutsvoorzieningen

### **Opmerking bij het gebruik van deze vragenlijst**

*Bij elke vraag naar een bepaalde storing horen impliciet een aantal bijkomende vragen die niet systematisch herhaald werden om de vragenlijst niet nodeloos te verzwaren. Deze vragen zijn:*

- *Werden de nodige maatregelen gespecificeerd om te verhinderen dat de betrokken processtoring leidt tot een ongewenste vrijzetting?*
- *Werd geëvalueerd of de gespecificeerde maatregelen het risico op de vrijzetting voldoende reduceren?*

### **Algemene elektriciteitspanne**

138. Heeft de inrichting onderzocht welke de risico's zijn van een uitval van de elektriciteitsvoorzieningen?
139. Werden de risico's verbonden aan het plots terug inkomen van de elektrische voeding onderzocht?

De uitval van het normale elektriciteitsnet heeft impact op:

- procesbesturingssystemen
- procesbeveiligings- en -alarmsystemen
- communicatiesystemen
- computersystemen.

Een goede praktijk bestaat erin een elektrische noodvoeding te voorzien, waardoor de elektriciteitsvoorziening naar procescontrole- en procesbeveiligings- en -alarmsystemen gedurende een welbepaalde tijd verzekerd blijft. Deze tijdsspanne wordt meestal gelijk genomen aan de tijdsperiode nodig om de processen en installaties veilig tot stilstand te brengen, vermeerderd met een zekere veiligheidsmarge. Ook is het sterk aangewezen om steeds de communicatiesystemen, zoals de verbinding met het openbare telefoonnet en het internet, beschikbaar te houden.

Typische toegepaste oplossingen om de elektrische energievoorziening te verzekeren in geval van een noodsituatie, zijn:

- de plaatsing van een nood(diesel)generator, die bij het wegvallen van het elektrisch voedingsnet automatisch gestart wordt en de elektriciteitsvoorziening verzekert
- het voorzien van een batterijsysteem ('UPS' = 'uninterruptible power supply') met een zekere gegarandeerde werkingsduur
- een combinatie van de voorgaande systemen, waarbij de tijd nodig voor het opstarten van de noodgroep overbrugd wordt door het batterijsysteem.

### **Uitvallen van het stikstof- of persluchtnet**

140. Heeft de inrichting bestudeerd welke de risico's zijn van een uitval van het stikstof- of persluchtnet?
141. Werden de risico's verbonden aan het plots terug inkomen van de stikstof- of persluchtvoorziening onderzocht?

Een uitval van het stikstof- of persluchtnet zal onder meer kunnen leiden tot volgende operationele problemen:

- wegvallen van de inertisering van vloeistoftanks
- wegvallen van de stuurlicht van de pneumatisch bediende afsluiters
- uitvallen van vloeistoftransfers met druk als drijvende kracht.

### **Uitvallen van het gastoevoernet**

142. Heeft de inrichting bestudeerd welke de risico's zijn van een uitval van het gasdistributienet?
143. Werden de risico's verbonden aan het plots terug inkomen van de gastoevoer onderzocht?

Een onderbreking van de gastoevoer kan problematisch zijn voor de werking van onder meer incineratoren, naverbranders, ketelbranders, ovens, fornuizen en fakkels. Wanneer de toevoer van te verbranden producten niet onderbroken kan worden en het verbrandingsproces beëindigd wordt door het wegvallen van de gastoevoer, kunnen (potentieel) schadelijke stoffen uitgestoten worden.

(Aard)gas wordt ook benut als steunbrandstof voor fakkelsystemen. Bij een uitval van de (aard)gastoevoer naar de fakkel zal de waakvlam ('pilot light') uitdoven en kan de fakkel niet langer ontstoken worden. Op deze wijze worden ontvlambare of brandbare producten via de fakkeluitlaat vrijgesteld en kan een explosieve wolk gevormd worden.

### **Uitvallen van het stoomdistributienet**

144. Heeft de inrichting bestudeerd welke de risico's zijn van een uitval van het stoomdistributienet?
145. Werden de risico's verbonden aan het plots terug inkomen van het stoomdistributienet onderzocht?

Bij een uitval van het stoomdistributie- of stoomverdeelnet zullen ook de procesapparaten, waaronder stoomaangedreven pompen, compressoren en turbines stilvallen. Gezien het algemene karakter van deze storing (bij een uitval van het stoomdistributienet vallen al deze procesapparaten gelijktijdig zonder aandrijvende kracht) kan dit leiden tot risico's die niet geïdentificeerd worden bij het onderzoek van elk apparaat afzonderlijk. Een typisch probleem is het gelijktijdig afblazen van meerdere drukontlastingen en een piekbelasting van het afblaassysteem en/of de fakkel.

De uitval van het stoomnet kan ook een impact hebben op de goede werking van de fakkel. Vaak maken fakkels gebruik van stoom om roetvorming te vermijden. De zuurstof die vervat zit in de stoom, zorgt samen met de werveling die door het toevoeren van stoom gecreëerd wordt, voor een volledige verbranding.



# 3

## Mechanische drukontlastingen

### 3.1 Analyse van mechanische drukontlastingen

#### 3.1.1 Identificatie

##### Veiligheidskleppen

146. Beschikt de onderneming over een specificatieblad voor elke veiligheidsklep?
147. Hebben alle veiligheidskleppen een eenduidig toestelnummer (vermeld op de klep)?
148. Vermeldt het specificatieblad de locatie en het onderdeel waarop de veiligheidsklep is geplaatst?
149. Vermeldt het specificatieblad de constructeur en het model van de klep?
150. Vermeldt het specificatieblad de nodige technische specificaties?

Het is uiteraard van essentieel belang dat de juiste klep op de juiste plaats in de installatie terechtkomt. Er moet daarom een eenduidig verband zijn tussen de klep (als toestel) en haar plaats in de installatie.

Een serienummer aangebracht door de producent of een identificatiecode aangebracht op de klep door de gebruiker kan gebruikt worden voor de eenduidige identificatie van de klep en de link met haar plaats in de installatie.

In het algemeen moet het specificatieblad informatie bevatten waaruit moet blijken dat de klep een effectieve beschermingslaag is en verder alle technische specificaties waaraan de klep moet voldoen, zodat desgevallend een nieuwe identieke klep kan aangekocht worden.

Relevante technische specificaties kunnen zijn:

- het type van de klep (veerbekrachtigd, balanced-bellows, pilootgestuurd, ...)
- het actietype: pop-actie of proportionele opening
- de superimposed back pressure
- de MAWP (Maximum Allowable Working Pressure) van het vat (of de ontwerpdruk)
- het maximaal af te blazen debiet

- kenmerken van de af te blazen stroom, zoals samenstelling, fase, temperatuur, dichtheid
- mogelijke corrosieve omstandigheden
- mogelijkheid tot lage temperaturen
- de vereiste doorstroomoppervlakte
- de afmetingen van in- en uitlaatflenzen
- de constructiematerialen
- de insteldruk.

Veiligheidskleppen met een 'pop-actie' openen volledig bij het bereiken van de insteldruk. Deze kleppen worden gebruikt voor het afblazen van gassen of dampen. Veiligheidskleppen met een proportionele opening gaan geleidelijk aan open in functie van de druk.

### **Breekplaten**

151. Beschikt de onderneming over een specificatieblad voor elke breekplaat?
152. Vermelden de specificatiebladen de locatie en het onderdeel waarop de breekplaat is geplaatst?
153. Vermelden de specificatiebladen de constructeur en het model van de breekplaat?
154. Vermelden de specificatiebladen de nodige technische specificaties?
155. In het geval een breekplaat een vloeistof onder overdruk moet afvoeren: bevestigt de specificatie van de producent dat de breekplaat geschikt is voor vloeistoffen?

API 520 geeft een voorbeeld van een specificatiedocument voor breekplaten. In het algemeen moet het specificatieblad informatie bevatten waaruit moet blijken dat de breekplaat een effectieve beschermingslaag is en verder alle technische specificaties bevatten om een geschikt exemplaar aan te kopen.

Relevante technische specificaties zijn:

- het type (zie verder voor meer toelichting)
- of er een vacuüm ondersteuning nodig is
- of niet fragmenterend type nodig is
- de MAWP van het vat
- het maximaal af te blazen debiet
- de werkingstemperatuur
- de barstdruk
- de afmetingen (ook van de breekplaathouder)
- mogelijke corrosieve condities.

Aan een breekplaat hangt een plaatje met een aantal specificaties (o.a. de barstdruk). De informatie in het specificatieblad moet toelaten na te gaan of de juiste breekplaat geïnstalleerd is.

Er zijn verschillende types van breekplaten:

- 'forward acting' of 'tension type' (druk op de holle zijde)
- 'reverse acting' of 'compression type' (druk op de bolle zijde)
- voorgekerfde breekplaten
- 'composite' breekplaten (bestaande uit meerdere lagen).

Het is niet vanzelfsprekend dat een breuk onder invloed van een vloeistof een voldoende opening van de breekplaat teweegbrengt.



### 3.1.2 Effectiviteit

Indien in dit hoofdstuk een problematiek relevant is voor de keuze van een veiligheidsklep of breekplaat, dan moet de nodige informatie hierover zijn opgenomen op het specificatieblad.

#### Tegendruk in het afblaassysteem

156. Indien de drukontlastingen afblazen naar een opvangsysteem: werd de 'superimposed back pressure' (SBP) bepaald?

De 'superimposed back pressure' bestaat uit (cfr. API RP 520):

- de constante tegendruk die aanwezig is in het opvangsysteem
- de tegendruk die het gevolg kan zijn van het gelijktijdig afblazen van meerdere veiligheidskleppen in hetzelfde opvangsysteem.

#### Insteldruk van de veiligheidsklep

157. Is de insteldruk van elke veiligheidsklep kleiner dan of gelijk aan de ontwerpdruk van het beschermde drukvat?

158. Heeft men rekening gehouden met een eventuele 'superimposed back pressure'?

Volgens de API- en ASME-standaarden mag de insteldruk van een enkelvoudige veiligheidsklep niet groter zijn dan de maximaal aanvaardbare werkingsdruk ('maximum allowable working pressure') van het drukvat. Vaak wordt deze waarde gelijkgesteld aan de ontwerpdruk van het vat.

De ontwerpdruk is een specificatie die bij de bestelling van een vat wordt opgegeven aan de fabrikant. De maximaal aanvaardbare werkingsdruk is een druk die na fabricatie kan bepaald worden uitgaande van de constructiedetails (dikte van materialen, enz.). Vaak wordt deze druk echter niet berekend en moet men zich dus richten op de ontwerpdruk voor het instellen van de veiligheidskleppen. Ten behoeve van de leesbaarheid wordt in deze vragenlijst steeds verwezen naar de ontwerpdruk in plaats van naar de maximaal aanvaardbare werkingsdruk.

Indien bijkomende veiligheidskleppen voorzien zijn voor een brandscenario, mogen de bijkomende kleppen een insteldruk hebben tot 110% van de ontwerpdruk.

Indien bijkomende kleppen voorzien zijn voor andere dan brandscenario's, mag de insteldruk van de bijkomende kleppen maximum 105% van de ontwerpdruk van het vat bedragen.

#### Barstdruk van de breekplaat

159. Is de barstdruk van elke breekplaat kleiner dan of gelijk aan de ontwerpdruk van het beschermde vat?

160. Werd bij het bepalen van de barstdruk van de breekplaten rekening gehouden met de temperatuur waarbij de breekplaten moeten werken?

161. Houdt de barstdruk rekening met een eventuele 'superimposed back pressure'?

Voor de barstdruk van een breekplaat gelden dezelfde regels als voor de insteldruk van de veiligheidskleppen. De barstdruk van een breekplaat is aangegeven op de breekplaat zelf en kan dus ter plaatse geverifieerd worden.

Er moet rekening gehouden worden met de temperatuur waarbij de breekplaat moet werken. De barstdruk van een breekplaat neemt af bij stijgende temperatuur.

Afhankelijk van de opstelling, heeft de breekplaat de temperatuur van het proces of de buitentemperatuur (of iets ertussenin). Als de afwijking in het proces snel evolueert, zal

de temperatuur van de breekplaat niet onmiddellijk mee volgen, en is de barsttemperatuur van de breekplaat niet noodzakelijk dezelfde als de temperatuur van het proces tijdens het noodszenario.

Een producent van breekplaten beschikt over conversiefactoren die toelaten om bij verschillende temperaturen de barstdrukken te berekenen, uitgaande van de barstdruk bij omgevingstemperatuur.

### **Af te blazen debiet**

162. Zijn alle overdrukscenario's waarvoor de drukontlastingen bescherming moeten bieden, gedocumenteerd?
163. Heeft de onderneming nagegaan of er over de veiligheidskleppen een 2-fasenstroming (gas + vloeistof) kan optreden?
164. Werd voor elk scenario het vereiste afblaasdebiet bepaald?

Het optreden van een 2-fasenstroming is afhankelijk van de aard van de stoffen en de condities in het drukvat en van het scenario, m.a.w. van het fenomeen dat aanleiding geeft tot de activering van de drukontlasting.

### **Berekening van de doorstroomoppervlakte**

165. Werd voor elke klep de vereiste doorstroomoppervlakte bepaald in functie van het maximaal af te blazen debiet?
166. Werd bij deze berekeningen rekening gehouden met een eventuele 2-fasenstroming?
167. In het geval van een combinatie van een breekplaat en een veiligheidsklep, werd rekening gehouden met de verminderde capaciteit van deze combinatie?
168. Is voor elke klep de dimensionering in overeenstemming met de berekende minimale doorstroomoppervlakte?

Voor een gegeven scenario wordt, uitgaande van het af te blazen debiet, de vereiste doorstroomoppervlakte berekend. Vervolgens wordt een klep gekozen waarvan het effectieve doorstroomoppervlak gelijk aan of groter is dan wat vereist is.

Voor API-kleppen wordt de grootte van de klep uitgedrukt via een combinatie van een cijfer, een letter en een cijfer. Het eerste cijfer is de diameter (in inch) van de inlaataansluiting van de klep, de letter is een maat voor de interne doorlaat van de klep (die uiteindelijk bepalend is voor het debiet) en het derde cijfer is een maat voor de uitlaat van de klep (b.v. 6Q8).

Voor het bepalen van de vereiste doorstroomoppervlakte maakt men een onderscheid tussen stroming in de gasfase, in de vloeistoffase en 2-fasenstroming.

Voor stroming in de gasfase maakt men een onderscheid tussen kritische en subkritische stroming. Bij kritische stroming is de uitstroomsnelheid gelijk aan de maximaal mogelijke snelheid, met name de snelheid van het geluid in het gas. De overeenkomstige druk in de doorlaat van de veiligheidsklep is de zogenaamde kritische druk. Bij kritische stroming kan de druk in de veiligheidsklep niet zakken onder de kritische druk, zelfs al is er een veel lagere druk aanwezig stroomafwaarts in het afblaassysteem.

Indien de tegendruk in het afblaassysteem lager is dan de kritische druk, treedt dus kritische stroming op en is het debiet maximaal (voor de opgegeven druk aan de inlaat van de klep). Is de tegendruk in het afblaassysteem hoger dan de kritische druk, dan is de stroming subkritisch en zal het afblaasdebiet dus kleiner zijn (voor dezelfde druk aan de inlaat).

De kritische druk kan berekend worden uitgaande van de afblaasdruk (dit is de druk aan de ingang van de veiligheidsklep) en de eigenschappen van het gas (de verhouding van de specifieke warmte bij constante druk en de specifieke warmte bij constant volume).

Voor kritische stroming is de vereiste doorstroomoppervlakte afhankelijk van de overdruk in het vat (doorgaans 110% van de ontwerpdruk), het vereiste afblaasdebiet, de temperatuur, de eigenschappen van het gas en correctiefactoren (in functie van de klep). De tegendruk speelt hier dus geen rol, behalve via een correctiefactor voor gebalanceerde veiligheidskleppen.

Voor subkritische stroming moet in de berekeningen bijkomend rekening gehouden worden met de tegendruk.

Voor stroming van vloeistoffen wordt de vereiste doorstroomoppervlakte bepaald op basis van de overdruk in het vat (doorgaans 110% van de ontwerpdruk), de totale tegendruk, de eigenschappen van de vloeistof en correctiefactoren (in functie van de klep).

Voor 2-fasenstromingen zijn drie berekeningsmethodes gangbaar:

- 'maximal area' (de vereiste klepdiameter wordt berekend voor gas en vloeistof apart; de grootste van de twee diameters wordt geselecteerd)
- 'added areas' (de vereiste klepdiameter wordt berekend voor gas en vloeistof apart; het geselecteerde oppervlak is de som van beide oppervlakken)
- 'DIERS Omega' (berekening via een computermodel, ontwikkeld door het Design Institute for Emergency Relief Systems).

De resultaten verkregen met de drie methodes kunnen ver uit elkaar liggen!

Het is belangrijk dat de onderneming een consequente aanpak hanteert, dus altijd kiest voor dezelfde methode en niet, bijvoorbeeld, steeds het kleinste van de drie resultaten weerhoudt.

Voor breekplaten kunnen dezelfde formules gebruikt worden als voor veiligheidskleppen. De doorstroomoppervlakte van de afblaasleiding moet minstens even groot zijn als de vereiste waarde en de breekplaat moet de afmetingen hebben van de afblaasleiding. Het geprojecteerde oppervlak van een snij-inrichting of een vacuümondersteuning moet in mindering gebracht worden bij de doorlaatoppervlakte van de afblaasleiding.

De maximaal toelaatbare overdruk wordt gespecificeerd in de ontwerpcode van het drukvat.

Voor drukvaten ontworpen volgens de ASME-standaarden gelden de volgende waarden:

- 110% van de ontwerpdruk van het vat (voor andere scenario's dan uitwendige brand en voor een enkelvoudige drukontlasting)
- 121% van de ontwerpdruk voor scenario's van uitwendige brand
- 116% van de ontwerpdruk in het geval van meerdere drukontlastingsystemen.

Meer informatie hierover is terug te vinden in API RP 520 of ASME Section VIII Division 1.

Voor drukvaten die ontworpen zijn volgens de AD-Merkblätter, moet de druk in geval van uitwendige brand tot 110% van de ontwerpdruk beperkt worden.

Een lagere waarde dan deze conform de ontwerpstandaarden is denkbaar, bijvoorbeeld in het geval waarbij rekening wordt gehouden met degradatie en een (berekende) vermindering van de oorspronkelijke sterkte.

Het gelijkschakelen van de maximaal toelaatbare overdruk aan de testdruk is niet aanvaardbaar. De testdruk is immers een eigenschap van een nieuw onderdeel bij temperaturen die kunnen afwijken van de operationele temperaturen. Het is niet vanzelfsprekend dat een drukvat ten gevolge van de degradatie bestand blijft tegen de testdruk.

De redenering dat een drukvat bij overschrijding van de ontwerpdruk niet catastrofaal zal falen, maar slechts aan de zwakste delen zal lekken, kan evenmin zonder meer aanvaard worden. Kleine lekken zullen de drukopbouw ook niet voldoende afvoeren en zolang dit het geval is, zal de scheur blijven toenemen tot de drijvende kracht is weggevallen.

Volgens de ASME-standaard (Section VIII, Division 1) mag de barstdruk van een breekplaat niet hoger zijn dan de ontwerpdruk van het te beschermen vat.

Doorgaans wordt aangenomen dat de capaciteit van een combinatie van breekplaat en veiligheidsklep gelijk is aan de capaciteit van de veiligheidsklep vermenigvuldigd met een combinatiefactor gelijk aan 0,9, tenzij de producent van de breekplaat andere cijfers vooropstelt.

### **Drukval over de afblaasleiding**

169. Werd voor elke drukontlasting onderzocht of de drukval als gevolg van de stroming door het afblaassysteem voldoende klein is, overeenkomstig de codes die gebruikt werden voor de dimensionering van de veiligheidskleppen?

De overdruk in het afblaassysteem als gevolg van de stroming is de 'built-up backpressure'.

Een grote lengte van en scherpe bochten in het afblaassysteem geven aanleiding tot relatief hoge drukvallen.

Bij conventionele veiligheidskleppen dient de tegendruk ten gevolge van het afblazen kleiner te zijn dan 10% van de insteldruk (overeenkomstig API RP 520). Berekeningen van ladingsverliezen door het afblaassysteem moeten aantonen dat de drukval beneden 10% van de insteldruk blijft.

In het geval van gebalanceerde veiligheidskleppen mag de 'built-up back pressure' hogere waarden aannemen, overeenkomstig de specificaties van de producent (30% tot 55%).

### **Drukval over de inlaatleiding**

170. Werd voor elke drukontlasting onderzocht of de drukval over de inlaatleiding en over een eventuele breekplaat in de inlaatleiding voldoende klein is om de beschermingsfunctie van de drukontlasting niet in het gedrang te brengen?

Een grote lengte van en scherpe bochten in de inlaatleiding geven aanleiding tot relatief hoge drukvallen.

Volgens API RP 520 (part II) mag het drukverlies tussen de veiligheidsklep en het drukvat niet meer bedragen dan 3% van de insteldruk van de klep. Indien in de inlaatleiding naar een veiligheidsklep een breekplaat werd geïnstalleerd, dan moet de drukval over de breekplaat in rekening gebracht worden (samen met de drukval over de inlaatleiding van de veiligheidsklep).

Als het drukverschil meer bedraagt dan 3% van de insteldruk, dan moet een analyse uitgevoerd worden van de invloed van het drukverschil op de werking van de klep.

Voor het bepalen van het drukverlies door een breekplaat kan men als algemene regel hanteren dat het drukverlies overeenkomt met het drukverlies over een afstand van 75 pijpdiameters. Meer nauwkeurige waarden kan men eventueel vinden in de specificaties van de producent.

### **Vernauwingen in de inlaatleiding en de afblaasleiding**

171. Is de diameter van de inlaatleiding nergens kleiner dan de diameter van de inlaatflens van de veiligheidskleppen?

172. Is de diameter van de afblaasleiding nergens kleiner dan de diameter van de uitlaatflens van de veiligheidskleppen?

173. Indien er afsluiters aanwezig zijn in de inlaatleiding of de afblaasleiding, is de doorstroomoppervlakte van deze afsluiters groter dan of gelijk aan respectievelijk de inlaat- en de uitlaattooppervlakte van de veiligheidskleppen?

De afmetingen van de inlaatflens en de uitlaatflens van de veiligheidsklep zouden vermeld moeten zijn op het specificatieblad van de veiligheidsklep. De afmetingen van de inlaatleiding en de afblaasleiding zouden op de P&ID terug te vinden moeten zijn.

De aanwezigheid van afsluiters in de inlaatleiding of de afblaasleiding zou moeten aangeduid zijn op de P&ID en kan eventueel ook ter plaatse geverifieerd worden.

De minimale doorstroomoppervlakte ('minimum flow area') van de isolatieklep in de inlaatleiding moet gelijk zijn aan of groter dan de inlaatopening ('inlet area') van de veiligheidsklep. Het minimale doorstroomoppervlak van de isolatieklep in de uitlaatleiding moet gelijk zijn aan of groter dan de uitlaatopening ('outlet area') van de veiligheidsklep. De doorstroomoppervlakte van de isolatiekleppen zou men terug moeten vinden in de specificatiebladen van deze kleppen.

### **Snelheid van drukopbouw**

174. Indien er overdrukscenario's zijn waarbij de druk zich zeer snel ontwikkelt, werd dan nagegaan of de veiligheidsklep voldoende snel kan reageren?

Bij zeer korte reactietijden kan het gebruik van een veiligheidsklep uitgesloten zijn en dient men desgevallend gebruik te maken van een breekplaat.

## **3.1.3 Betrouwbaarheid**

### **Weerstand van veiligheidskleppen tegen corrosie**

175. Kunnen de veiligheidskleppen worden blootgesteld aan corrosieve condities?

176. Werden maatregelen getroffen om corrosie van de veiligheidskleppen te voorkomen?

Mogelijke maatregelen om aantasting van de veiligheidsklep door corrosie te beheersen, zijn:

- de keuze van corrosiebestendige constructiematerialen
- het gebruik van balgen om sommige delen van de klep af te schermen
- de plaatsing van een breekplaat vóór de veiligheidsklep
- een aangepaste inspectie- en onderhoudsfrequentie.

De balgen ('bellows'), zowel in 'balanced bellow' als in 'unbalanced bellow' veiligheidskleppen, isoleren de stang, de veer en andere delen aan de bovenkant van de veiligheidsklep van de af te blazen stoffen.

### **Weerstand van breekplaten tegen corrosie**

177. Kunnen de breekplaten worden blootgesteld aan corrosieve condities?

178. Werden maatregelen getroffen om corrosie van de breekplaten te voorkomen?

Het al dan niet aanwezig zijn van corrosieproblemen moet blijken uit de inspectieresultaten. Niettegenstaande breekplaten in vele gevallen periodiek vervangen worden, is het toch belangrijk dat de onderneming de toestand van de uitgebouwde breekplaat documenteert.

Bepaalde types van breekplaten hebben een grote weerstand tegen corrosie, zoals bijvoorbeeld samengestelde breekplaten ('composite rupture disks') of breekplaten gemaakt uit grafiet. Samengestelde breekplaten bestaan uit verschillende componenten met elk een specifieke functie, waaronder een folie die het metalen gedeelte van de breekplaat afschermt van het proces. De folie kan bestaan uit teflon of uit edele metalen. Breekplaten uit grafiet bestaan in twee uitvoeringen. Een eerste type bestaat uit een solide schijf uit grafiet die tussen gewone flenzen kan geplaatst worden. Het tweede type bestaat uit een dun membraan uit grafiet in een grafiet houder.

### **Statische krachten op de afblaasleidingen**

179. Worden de afblaasleidingen ondersteund om te vermijden dat het statische gewicht van de afblaasleiding aanleiding kan geven tot spanningen in de veiligheidsklep?

Afblaasleidingen mogen niet enkel ondersteund worden door de veiligheidsklep. Bijkomende ondersteuning is nodig om te vermijden dat het statische gewicht van de afblaasleiding aanleiding kan geven tot spanningen in de veiligheidsklep, waardoor die kan lekken of verkeerd werken.

### **Temperatuursdaling bij afblazen van een veiligheidsklep**

180. Werd voor elke veiligheidsklep onderzocht of bij het afblazen lage temperaturen kunnen ontstaan in de veiligheidsklep en in de afblaasleiding?  
181. Werd in die gevallen de resulterende minimale temperatuur bepaald?  
182. Is het constructiemateriaal van de veiligheidskleppen en van de afblaasleidingen bestand tegen de minimale temperatuur die ontstaat ten gevolge van het afblazen?

Bij het afblazen van gassen onder hoge druk of van vloeibaar gemaakte gassen kunnen zeer lage temperaturen optreden als gevolg van de expansie. Plaatselijke verificatie moet uitsluitend geven over de aanwezigheid van ijsvorming rond de veiligheidsklep.

### **Accumulatie van vloeistoffen**

183. Wordt de accumulatie van water of van andere vloeistoffen boven de veiligheidskleppen of breekplaten vermeden?  
184. Wordt de accumulatie van vloeistoffen in de afblaasleidingen vermeden?  
185. Zijn de inlaatleidingen zo geconstrueerd dat er geen producten in kunnen accumuleren?

Accumulatie van vloeistof boven de veiligheidsklep of breekplaat kan verschillende problemen veroorzaken: tegendruk door de statische vloeistofdruk, blokkering van de afblaasleiding door ijs, corrosie van de klep of breekplaat en/of van de afblaasleiding, beschadiging van de afblaasleiding door de impact van weggeblazen vloeistof.

Mogelijke maatregelen tegen de accumulatie van vloeistoffen zijn: een vrije afloop naar een afvoerpunt, afwateringsgaatjes, regenkapjes.

Ook elders in het afblaassysteem en in de inlaatleiding is het belangrijk om condensatie en accumulatie van vloeistoffen te vermijden. Vloeistoffen in het afblaassysteem kunnen aanleiding geven tot grote krachten bij het afblazen, en ook tot corrosie.

Ook vloeistoffen in de inlaatleiding kunnen de werking van de klep negatief beïnvloeden of kunnen aanleiding geven tot meer onderhoud.

### **Verstoppingen**

186. Kunnen de stoffen die worden afgeblazen (zoals poeders, polymeriserende stoffen, klevende producten, stoffen met een hoog stolpunt, enz.) zorgen voor opstoppingen?  
187. In het geval er verwarming ('tracing') werd voorzien: zijn de nodige maatregelen getroffen om de betrouwbaarheid ervan te verzekeren?  
188. In het geval er isolatie aanwezig is: zijn de ventilatieopeningen in de veerkap van de veiligheidsklep ('bonnet') vrijgehouden?

Pilootgestuurde veiligheidskleppen kunnen een grotere gevoeligheid vertonen voor vervuilende, kleverige, zeer viskeuze of polymeriserende producten dan gewone of gebalanceerde veiligheidskleppen. In geval van twijfel dienen de aanvaardbare werkingsomstandigheden bekomen te worden van de producent.

Isolatie en/of verwarming kan nodig zijn:

- om condensatie te vermijden (en de corrosie die er het gevolg van kan zijn)
- om problemen met viskeuze vloeistoffen te vermijden
- om het stollen van producten te vermijden.

De goede werking van de verwarming kan verzekerd worden door middel van alarmen, periodieke inspecties en onderhoud.

### **Afsluiten van de inlaat- en uitlaatleidingen**

189. Zijn eventuele afsluiters in de inlaatleiding in open stand vergrendeld?

190. Zijn eventuele afsluiters in het afblaassysteem in open stand vergrendeld?

191. Zijn er periodieke inspecties om na te gaan of de afsluitkleppen in de juiste positie staan en of de vergrendeling nog aanwezig is?

De aan- of afwezigheid van afsluiters in de inlaatleiding of afblaasleiding kan worden vastgesteld aan de hand van de P&ID's en ter plaatse in de installatie.

De isolatiekleppen moeten in open stand vergrendeld zijn. De vergrendeling kan gerealiseerd worden met kettingen en sloten, maar eventueel ook met plastic strips die in geval van nood gemakkelijk kunnen doorbroken worden om de klep te sluiten of te openen zonder dat een sleutel nodig is. Men spreekt dan van 'car sealed open' of 'car sealed closed'.

Op sommige P&ID's wordt genoteerd of de kleppen 'locked open' ('lo') of 'locked closed' ('lc') zijn, met vermelding van de sleutelnummers. Onderlinge vergrendeling van de afsluiters kan aangeduid worden door middel van een stippellijn die de kleppen verbindt.

Het administratief beheer van de afsluitkleppen wordt voorgeschreven door API 520 part II.

### **Tegendruk bij breekplaten**

192. In geval van een serieschakeling van een breekplaat en een veiligheidsklep (of van 2 breekplaten in serie), is er een drukmeting om drukopbouw in de ruimte tussenin te detecteren?

193. Indien deze drukmeting enkel een lokale aflezing heeft, wordt deze meting periodiek gecontroleerd?

194. Is de drukmeting tussen breekplaat en veiligheidsklep opgenomen in het inspectieprogramma?

In geval van een serieschakeling van de breekplaat met een andere breekplaat of met een veiligheidsklep, kan er door een lek in de breekplaat een tegendruk ontwikkeld worden aan de afblaaszijde. Dergelijke lekken kunnen bijvoorbeeld het gevolg zijn van putcorrosie ('pitting corrosion').

Een eerste mogelijkheid is het plaatsen van een lokaal afleesbare drukmeting. Een typische frequentie voor het aflezen van deze drukmeting is tijdens elke shift (periode van 8u).

Een tweede oplossing is een drukmeting (bij voorkeur continue meting) die een alarm geeft in de controlekamer.

Een alternatieve oplossing bestaat uit het maken van een verbinding van de ingesloten ruimte met de atmosfeer of met het afblaassysteem. Bij een verbinding naar de

atmosfeer moet de vraag gesteld worden hoe een eventueel lek zal gedetecteerd worden. Een verbinding met het afblaassysteem kan dan weer zorgen voor een terugstroming vanuit het afblaassysteem en corrosie van de breekplaat.

De goede werking van de drukmeting moet periodiek gecontroleerd worden. In het geval er een alarm wordt gegeven of een andere actie wordt gegenereerd, moet dit uiteraard ook getest worden.

### **Weerstand van de breekplaten tegen onderdruk**

195. Kunnen de breekplaten worden blootgesteld aan een vacuüm in het te beschermen drukvat?
196. Zo ja, zijn de breekplaten bestand tegen de mogelijke onderdruk of is er een vacuüm ondersteuning ('vacuum support') voorzien?

'Reverse acting'-breekplaten zijn bestand tegen vacuüm. 'Forward acting'-breekplaten hebben doorgaans een vacuüm ondersteuning nodig.

Bij 'forward acting'-breekplaten wordt de holle zijde blootgesteld aan de druk. Dit type wordt ook 'tension type' genoemd en is meer gevoelig aan vermoeiing. Deze types verdragen doorgaans geen vacuüm zonder ondersteuning of 'vacuum' support.

Bij het 'reverse acting'-type wordt de bolle zijde onderworpen aan de druk. Dit type wordt ook 'compression type' genoemd. Dit type is minder gevoelig aan vermoeiing en is bestand tegen vacuüm (er is dus geen vacuüm ondersteuning vereist). Deze breekplaten zijn ofwel voorgekerfd, ofwel uitgerust met een snij-inrichting.

De levensduur van dit type breekplaten zou ook langer zijn (tot 10 maal). De kans op afzettingen of verstoppingen ter hoogte van de breekplaat is ook kleiner.

Omgekeerd werkende breekplaten met een snij-inrichting laten een procesdruk toe tot 90% van de barstdruk.

### **Weerstand van de breekplaten tegen vermoeiing**

197. Werd onderzocht of de breekplaten blootgesteld zijn aan condities die leiden tot vermoeiing?
198. In het geval deze condities aanwezig zijn, zijn de breekplaten bestand tegen vermoeiing?
199. Is de verhouding tussen de werkingsdruk en de barstdruk in overeenstemming met de specificaties van de breekplaten?

Vermoeiing kan een probleem zijn wanneer de breekplaat is blootgesteld aan cyclische drukschommelingen of aan pulsaties (bijvoorbeeld na een compressor of een pomp). Ook trillingen in de inlaatleidingen kunnen leiden tot een verlaging van de barstdruk en een inkorting van de levensduur van de breekplaat.

Of de breekplaat bestand moet zijn tegen vermoeiing, moet vermeld zijn in het specificatiedocument van de breekplaat.

Voor een aanvaardbare levensduur van de breekplaat mag de barstdruk niet te dicht liggen bij de werkingsdruk van het drukvat. De maximale verhouding werkingsdruk/barstdruk ('operating ratio') vindt men in de specificaties van de producent. Typische waarden zijn:

- 'forward acting'-breekplaten, niet gekerfd: 70%
- 'forward acting'-breekplaten, gekerfd: 85%
- 'reverse acting'-breekplaten: 90%
- grafiet breekplaten: 70%.



### **Niet-fragmenterend karakter van breekplaten**

200. In het geval een breekplaat voor een veiligheidsklep gemonteerd is, is deze breekplaat van een niet-fragmenterend type?

Het niet-fragmenterend karakter van de breekplaat is belangrijk om beschadiging van een veiligheidsklep die na de breekplaat is geplaatst te voorkomen.

De meeste nieuwe modellen van breekplaten worden voorgekerfd met het oog op het controleren van het barstpatroon en het vermijden van fragmentvorming. Deze breekplaten kunnen ook dikker uitgevoerd worden. Het niet-fragmenterend karakter van de breekplaat moet blijken uit de specificatie van de leverancier.

Een snij-inrichting wordt gebruikt bij breekplaten van het 'reversed acting'-type, die niet voorgekerfd zijn.

### **Reële aanspreekfrequentie**

201. Wordt elke aanspreking van een veiligheidsklep of breekplaat onderzocht en gedocumenteerd?

Het aantal keer dat een veiligheidsklep werd aangesproken, kan afgeleid worden uit het aantal revisies of herkeuringen die de klep heeft ondergaan, buiten de periodieke revisies. In de meeste gevallen zal een klep na aanspreking niet meer volledig sluiten en zal een revisie van de klep noodzakelijk zijn. Deze informatie zou terug te vinden moeten zijn in het onderhoudsdossier van de betrokken klep.

Breekplaten worden na aanspreken uiteraard steeds vervangen.

De werkelijke aanspreekfrequentie van de veiligheidsklep moet in grote lijnen overeenstemmen met de verwachte frequentie op basis van het scenario. Is de werkelijke aanspreekfrequentie groter dan de geschatte aanspreekfrequentie van één enkelvoudig scenario, dan betekent dit dat de betrouwbaarheid van andere voorafgaande maatregelen in het scenario te hoog werd ingeschat.

### **Onderhoudsprogramma van de veiligheidskleppen**

202. Zijn alle veiligheidskleppen opgenomen in een periodiek onderhoudsprogramma?

203. Is er vastgelegd hoe het periodiek onderhoud op veiligheidskleppen wordt uitgevoerd?

204. Wordt bij de demontage van een veiligheidsklep de visuele toestand van de klep, van de inlaat- en van de afblaasleiding gedocumenteerd?

205. Zijn er instructies voor het transport van veiligheidskleppen?

206. Omvat het onderhoud van de veiligheidskleppen de uitvoering van een voortest?

207. Is voor elke veiligheidsklep de druk bepaald waarbij de klep moet opengaan op de teststand ('cold differential test pressure')?

208. Wordt na het onderhoud een druktest uitgevoerd?

209. Wordt na de uitvoering van deze druktest een dichtheidstest uitgevoerd?

210. Kan de keuze van het onderhoudsinterval geargumenteed worden?

211. Gebruikt de onderneming de resultaten van de voortesten om te onderzoeken of het onderhoudsinterval niet te groot gekozen is?

Sommige afzettingen of corrosieproducten in de veiligheidsklep kunnen er tijdens het transport uitvallen. Daarom is het aangewezen om de visuele inspectie uit te voeren van zodra de klep is verwijderd uit de installatie.

In sommige gevallen kan de klep na verwijdering uit de installatie gevaarlijke stoffen bevatten die een risico kunnen vormen bij het transport, bij de voortest en de demontage. Een reiniging van de klep kan dan aangewezen zijn. Anderzijds kan een

reiniging een invloed hebben op de voortest. Er dient dus goed nagedacht te worden of de klep gereinigd moet worden en op welke manier die reiniging dan wel dient te gebeuren. De intrede van vuil in de klep tijdens het transport moet vermeden worden om de goede werking van de kleppen niet in het gedrang te brengen.

Veiligheidskleppen dienen rechtopstaand vervoerd te worden. Veiligheidskleppen zijn zeer delicate toestellen. Ruwe behandeling ervan kan de dichtheid van de klep of de juiste instelling in het gedrang brengen. Veiligheidskleppen zouden vervoerd moeten worden in speciale houders, en niet bijvoorbeeld op een hoop gegooid op een pallet.

De transportvoorschriften gelden zowel voor het transport van de installatie naar het onderhoudsatelier als omgekeerd.

De druk waarbij de klep moet openen op de teststand is de 'cold differential test pressure'. Deze druk kan afwijken van de druk in de installatie waarbij de klep begint te openen in die situaties waar er correcties nodig zijn omwille van de tegendruk of hoge temperaturen.

In het geval van een constante tegendruk dient de instelling van de veer van een conventionele veerbekrachtigde veiligheidsklep aangepast te worden in functie van de tegendruk. Dergelijke veiligheidskleppen zijn dus niet geschikt voor variabele tegendrukken. In dat geval dienen gebalanceerde ('balanced') veiligheidskleppen gebruikt te worden.

De bedoeling van de voortest is het nagaan bij welke druk de veiligheidsklep opent in de toestand waarin ze zich bevond in de installatie. Deze test geeft dus zeer belangrijke informatie over de betrouwbaarheid van de klep. Een grafisch verloop van de voortest geeft een grotere zekerheid over de correcte uitvoering ervan.

Wanneer de klep zeer vuil is, kan afgezien worden van de voortest omdat losse deeltjes de klepzitting kunnen beschadigen. Het inspectie-interval moet dan verkleind worden, zodat (hopelijk) bij de volgende onderhoudsbeurt de toestand van de klep voldoende goed zou zijn om een voortest te kunnen uitvoeren.

Er dienen criteria vastgelegd te zijn om een voortest te beoordelen, met name de marges ten opzichte van de insteldruk waarbinnen men de voortest als geslaagd beschouwt. Wanneer de resultaten van de voortest buiten deze marges liggen, dienen corrigerende acties genomen te worden. De oorzaken van de afwijkende openingsdruk moeten gezocht worden, evenals maatregelen om deze oorzaken weg te nemen. Desgevallend dient de onderhoudsfrequentie van de veiligheidsklep verhoogd te worden.

Sommige producenten raden aan om bij het afstellen van de klep minstens 3 poptests uit te voeren. Bij de eerste poptest zullen de onderdelen van de klep zich 'zetten'.

De dichtheidstest gebeurt meestal bij 90% van de testdruk. Een veelgebruikte methode om de dichtheid te bepalen bestaat erin het aantal luchtbellen te tellen dat in een bepaalde periode ontsnapt via de veiligheidsklep.

Voor het testen van de dichtheid van de balg van een gebalanceerde veiligheidsklep kan een beperkte overdruk (b.v. 0,5 bar) gebruikt worden.

De resultaten van de dichtheidstest moeten zijn opgenomen in het testverslag.

API 576 schrijft voor dat het inspectie-interval bepaald wordt op basis van de voortest.

API 510 vermeldt 10 jaar als bovengrens voor het inspectie-interval.

De onderhoudsfrequentie wordt in principe gekozen in functie van:

- de risico's van overdruk
- de resultaten van de voortests en de visuele inspecties (zie verder).

## Visuele controle van de veiligheidskleppen in dienst

212. Worden veiligheidskleppen periodiek onderworpen aan visuele controles?
213. Worden deze inspecties geregistreerd?
214. Wordt een visuele inspectie ook uitgevoerd nadat een veiligheidsklep is opengegaan?
215. Wordt voor kleppen die afblazen naar een opvangsysteem nagegaan of ze lekken?

De volgende aspecten (voor zover ze van toepassing zijn) kunnen aan bod komen bij dergelijke inspecties:

- de controle of handkleppen in de inlaat- en afblaasleiding in open positie staan en correct vergrendeld zijn
- of de zegel van de veerkap of van de instelschroef ('adjusting screw') van de veer intact is
- of de zegel van de 'adjusting ring' voor de 'huddling chamber' (ter hoogte van de klepzitting) intact is
- of de klep niet lekt
- of de balg (van 'balanced bellows'- en 'unbalanced bellow'-veiligheidskleppen) niet lekt
- of de ventilatie-opening van de balg ('bellow vent') en/of van de veerkap ('bonnet vent') open en vrij is
- of de afwateringsopeningen in het afblaassysteem niet verstopt zijn
- of het regenkapje aanwezig is
- of er geen ijsvorming is
- of de hendel ('lifting levers') in de juiste positie staat en niet is vastgemaakt
- of de isolatie in goede staat is en of de eventuele verwarming werkt
- of de breekplaat juist is georiënteerd.

Ultrasone stromingsdetectoren kunnen gebruikt worden om na te gaan of een veiligheidsklep lekt naar een afblaassysteem. Analyses van de stoffen verzameld door het afblaassysteem kunnen ook gebruikt worden om lekken op te sporen.

Door kleine lekken via de veiligheidsklep kunnen in bepaalde gevallen lage temperaturen optreden waardoor ijsvorming ontstaat rond de veiligheidsklep. In dat geval kan men zich uiteraard vragen stellen of de klep nog wel werkt (en niet door interne ijsvorming geblokkeerd is).

## Inspectieprogramma voor de breekplaten

216. Zijn alle breekplaten opgenomen in een periodiek inspectie- of vervangprogramma?
217. Worden de inlaat- en uitlaatleidingen periodiek visueel geïnspecteerd?
218. Worden eventuele snij-inrichtingen periodiek geïnspecteerd?
219. Kan de keuze van het inspectie- of vervanginterval geargumenteed worden?

Wanneer het vroegtijdig breken van de breekplaat weinig risico's met zich meebrengt, dan kan de breekplaat in principe onbeperkt in dienst blijven. Zoniet, dient de breekplaat periodiek vervangen te worden volgens een frequentie die gebaseerd is op informatie van de producent en op basis van de eigen gebruikservaring.

Om te verzekeren dat de inlaat- en uitlaatleidingen volledig vrij zijn, is het belangrijk dat er periodiek geverifieerd wordt dat ze niet vervuild of verstopt zijn. Wanneer voor de inspectie van de leidingen de breekplaat uit haar houder moet gehaald worden, moet de breekplaat vervangen worden, ook al is ze niet gebarsten of beschadigd. Sommige breekplaten worden gemonteerd in houders die in hun geheel kunnen weggenomen worden, zonder dat de spanning waarmee de breekplaat is ingeklemd, verandert. Dergelijke houders hebben ook het voordeel dat breekplaten in hun houder gemonteerd kunnen worden in een atelier, waar de condities voor het uitvoeren van een dergelijk delicaat werk doorgaans beter zijn dan in de installatie.

Bij een visuele inspectie van een snij-inrichting wordt gekeken of de messen nog voldoende scherp zijn.

### **Inspectie van de afblaasleidingen**

220. Zijn de afblaasleidingen opgenomen in een inspectieprogramma?

Het afblaassysteem moet geïnspecteerd worden in functie van de risico's op corrosie. Ook de goede staat van de ondersteuning van de afblaasleidingen moet verzekerd worden.

## **3.1.4 Risico's geïntroduceerd door de werking van de beveiliging**

### **Vrijzettingen via de drukontlasting**

221. Werden de effecten van een vrijzetting via de drukontlastingen onderzocht?

222. Vormen eventuele vrijzettingen via de ventilatieopening in de veerkap ('bonnet') of via de drainopening van de afblaasleiding een risico?

De hoeveelheden die worden afgeblazen, de verdere verspreiding en de eventuele schade die kan optreden als gevolg van de vrijzetting dienen onderzocht te worden.

In het geval van een breekplaat is de verbinding van het drukvat met de omgeving blijvend, in tegenstelling tot veiligheidskleppen, die verondersteld worden terug te sluiten nadat de druk in het vat voldoende gedaald is. Naast het risico van een grotere vrijzetting, moet ook het risico van de intrede van lucht of vocht in het drukvat beschouwd worden.

Een risico-evaluatie moet uitgevoerd worden om na te gaan of de kans op een vrijzetting naar de omgeving via de drukontlasting voldoende klein is ten opzichte van de ernst van een dergelijke vrijzetting.

Voor breekplaten kan een breukdetectie gebruikt worden om schadebeperkende maatregelen te initiëren (b.v. een evacuatie van het gebied rond de uitlaat naar de atmosfeer). Automatische detectie is bijvoorbeeld mogelijk via een breukdetectie of via een drukmeting in het afblaassysteem.

'Balanced bellow'-veiligheidskleppen hebben een ventilatieopening in de veerkap ('bonnet vent').

Via deze vent kunnen kleine hoeveelheden van de af te blazen stoffen in de omgeving terechtkomen. In bepaalde omstandigheden (b.v. in een gebouw of bij zeer gevaarlijke stoffen) kunnen die beperkte vrijzettingen een risico vormen.

### **Statische en dynamische krachten op de afblaasleiding**

223. Heeft de onderneming nagegaan of de afblaasleidingen bestand zijn tegen de reactiekrachten die optreden bij het afblazen?

224. Worden vloeistoffen afgeblazen en zo ja, zijn de afblaasleidingen bestand tegen het gewicht van de vloeistof wanneer deze leidingen met vloeistof gevuld zijn?

De reactiekrachten die optreden bij een atmosferische ontlasting zijn doorgaans groter dan de reactiekrachten bij een ontlasting in een gesloten systeem. API 520 geeft enkele formules voor eenvoudige afblaassystemen naar de atmosfeer.

In een gesloten systeem zullen grotere krachten vooral optreden op plaatsen waar een plotse expansie optreedt. De combinatie van een tweefasenstroming en bochten van 90 graden levert eveneens grote krachten op. De berekening van de krachten in een gesloten systeem is doorgaans vrij ingewikkeld.

## **3.2 Beheer van mechanische drukontlastingen**

### **3.2.1 In dienst nemen van de maatregel**

#### **Uitvoering van een inspectie bij indienstname**

225. Wordt bij de indienstname van een nieuwe mechanische drukontlasting gecontroleerd of ze volledig beantwoordt aan de vooropgestelde specificaties?
226. Werden de resultaten van deze controles geregistreerd?

De controle bij de eerste indienstname van een mechanische drukontlasting is ruimer dan de periodieke inspectie. Ze omvat, naast de controle op de insteldruk, ook een controle van het kleptype, de constructiematerialen, de doorstroomoppervlakte, enz.

### **3.2.2 De uitvoering van inspecties en herstellingen**

#### **Planning en tijdige uitvoering van onderhoud en inspecties**

227. Kan een overzicht getoond worden van de meest recente inspecties die uitgevoerd zijn op de mechanische drukontlastingen?
228. Kan de planning getoond worden van de inspecties die voorzien zijn in de nabije toekomst?
229. Is er een werkwijze voor het opvolgen van de tijdige uitvoering van inspecties door het hoger management?
230. Kan een overzicht getoond worden van inspecties die niet op tijd werden uitgevoerd?
231. Wordt de uiterste inspectiedatum alleen overschreden na expliciete toestemming van het hoger management?

De inspecties worden tijdig ingepland om te garanderen dat de voorbereiding en uitvoering ervan de uiterste uitvoeringsdatum niet overschrijden. Bij het plannen van de inspecties wordt rekening gehouden met de planning van stilstanden.

Uit het overzicht van de uitgevoerde inspecties moet blijken dat de maximale inspectieintervallen niet overschreden werden. Indien dit toch gebeurt, dan moet dit ruim op voorhand aangevraagd worden aan het hoger management. Deze aanvraag omvat:

- de mogelijke gevolgen van een uitstel
- de argumentatie voor het uitstel
- op welke wijze de risico's onder controle gehouden worden, ondanks het uitstel
- de nieuwe uitvoeringsdatum.

Het overschrijden van de uiterste inspectiedatum gebeurt slechts na expliciete toestemming van het hoger management.

#### **Monteren en demonteren van de veiligheidskleppen**

232. Zijn er instructies voor het monteren en demonteren van de veiligheidskleppen?

De druk in de ruimte tussen de isolatieklep en de veiligheidsklep moet kunnen afgelaten worden alvorens het onderhoud uit te voeren.

De volgende aspecten kunnen aan bod komen in instructies voor het monteren van veiligheidskleppen:

- de hefwerktuigen die eventueel ingezet moeten worden om de klep ter plaatse te brengen
- de te gebruiken pakkingen (dimensies en materiaal). De pakkingen moeten inlaat en uitlaat volledig vrijlaten, en moeten uiteraard bestand zijn tegen de heersende druk en temperatuur
- het verwijderen van stoppen in de veerkappen van gebalanceerde veiligheidskleppen ('plugs' in de 'bonnet vents')
- het openen en vergrendelen (of verzegelen) van handkleppen na de plaatsing van de veiligheidsklep.

De volgende aspecten kunnen aan bod komen in instructies voor het demonteren van veiligheidskleppen:

- de te gebruiken PBM's
- de eventuele reiniging van de veiligheidskleppen
- de wijze waarop de breekplaat geïsoleerd moet worden van de installatie (b.v. door het sluiten van kleppen in een bepaalde volgorde)
- het afventen van de ruimte tussen de afsluitklep en de veiligheidsklep
- het afsluiten van de open inlaat- en afblaasleiding na verwijdering van de veiligheidsklep.

### **Monteren en demonteren van breekplaten**

233. Zijn er instructies voor het monteren en demonteren van de breekplaten?

De druk in de ruimte tussen de isolatieklep en de breekplaat moet kunnen afgelaten worden alvorens het onderhoud uit te voeren.

De volgende aspecten kunnen aan bod komen in instructies voor het monteren van breekplaten:

- het grondig reinigen van de flenzen
- de te gebruiken pakkingen (dimensies en materiaal). De pakkingen moeten de inlaat en uitlaat volledig vrijlaten, en moeten uiteraard bestand zijn tegen de heersende druk en temperatuur
- instructies voor het aanspannen van breekplaathouders (te gebruiken gereedschappen, volgorde van bouten, uit te oefenen moment op de bouten)
- het openen en vergrendelen (of verzegelen) van handkleppen na de plaatsing van de breekplaat.

Aspecten bij het demonteren van breekplaten:

- de te gebruiken PBM's
- de wijze waarop de breekplaat geïsoleerd moet worden van de installatie (b.v. door het sluiten van kleppen in een bepaalde volgorde)
- het afventen van de ruimte tussen afsluitklep en breekplaat
- het afsluiten van de open inlaat- en afblaasleiding na verwijdering van de breekplaat of veiligheidsklep.

### **Rapportering van inspecties**

234. Kan van elke inspectie of elk onderhoud een rapport getoond worden?

Het inspectierapport vermeldt:

- de identificatie van de veiligheidsklep
- de resultaten van de visuele inspectie, de voortest, de druktest en de dichtheidstest
- de wijzigingen die aangebracht werden (b.v. insteldruk, dichtingen, ...).

### 3.2.3 Handelswijze bij niet-actieve maatregelen

#### **Uit dienst nemen van een mechanische overdrukbeveiliging**

- 235. Is er een procedure voor het uit dienst nemen van een mechanische overdrukbeveiliging?
- 236. In het geval van redundante veiligheidskleppen, is er een systeem dat garandeert dat minstens één klep beschikbaar is?
- 237. In het geval een driewegklep gebruikt wordt om een reserveklep te monteren samen met de actieve klep, is er een duidelijke indicatie welke klep in dienst is?

Men zou kunnen opperen dat het uit dienst nemen van een veiligheidsklep op een werkende installatie aanvaardbaar is op voorwaarde dat men voldoende alternatieve maatregelen neemt om het beveiligingsniveau op hetzelfde peil te houden. In de praktijk is het zeer moeilijk en in vele gevallen onmogelijk om dit te realiseren met andere maatregelen dan een (andere) mechanische overdrukbeveiliging. Een veiligheidsklep is doorgaans een maatregel voor meerdere overdrukscenario's. Men zou dus een alternatief moeten vinden voor elk overdrukscenario. Voor bepaalde scenario's, zoals bijvoorbeeld overdruk door externe brand of thermische uitzetting, is dat in de praktijk zeer moeilijk, zometer onmogelijk.

Het uit dienst nemen van een veiligheidsklep op een werkende installatie is een praktijk die dan ook in de meeste bedrijven volledig wordt uitgesloten, tenzij er een tweede veiligheidsklep aanwezig is met een voldoende capaciteit, met andere woorden: in geval van een redundante opstelling van de veiligheidsklep.

Dezelfde redenering geldt uiteraard ook voor een breekplaat, al stelt het probleem zich in vele gevallen niet omdat de fysieke mogelijkheid ontbreekt om de breekplaat te isoleren van het drukvat dat beschermd wordt.

API 520 part II laat zowel een mechanische vergrendeling als administratieve procedures toe om de juiste volgorde van handelingen bij het oplijnen van de reserveklep te verzekeren.







# 4

## Instrumentele beveiligingen

### 4.1 *Analyse van instrumentele beveiligingen*

#### 4.1.1 Identificatie en beschrijving

##### **Identificatie en specificatiedocument**

- 238. Hebben alle instrumentele beveiligingen een eenduidige identificatiecode?
- 239. Beschikt de onderneming over een specificatiedocument voor elke instrumentele beveiliging?

Om alle aspecten van een instrumentele beveiliging te documenteren, zou een specificatiedocument per kring moeten opgesteld worden. Welke die aspecten zoal zijn, blijkt uit onderstaande vragen.

In deze vragenlijst wordt verondersteld dat al deze aspecten op een overzichtelijke wijze gedocumenteerd zijn in één enkel document. Indien deze aspecten gedocumenteerd zijn in verschillende documenten, dan moet nagegaan worden in hoeverre de onderlinge samenhang van die documenten gegarandeerd is.

##### **Verband tussen beveiliging en risico's**

- 240. Is voor elke instrumentele beveiliging gedocumenteerd welke processtoringsen kunnen leiden tot het aanspreken van de beveiliging?
- 241. Is voor elke instrumentele beveiliging gedocumenteerd welke ongewenste gebeurtenis door de beveiliging wordt verhinderd?
- 242. Vermelden de specificatiedocumenten de procesparameters die door de instrumentele beveiligingen worden bewaakt?
- 243. Vermelden de specificatiedocumenten de uiterste (veilige) waarden van deze parameters?
- 244. Kan voor elke instrumentele beveiliging deze uiterste veilige waarde geargumenteed worden?

245. Geven de specificatiedocumenten een woordelijke omschrijving van de functionaliteit van de instrumentele beveiliging?

Het verband tussen de beveiliging en de risico's die erdoor beheerst worden, moet in de eerste plaats duidelijk gedocumenteerd zijn in de storingsanalyses. Het verdient aanbeveling om deze informatie over te nemen op het specificatieblad en op die manier alle informatie bijeen te brengen die relevant is voor het detailontwerp van de beveiliging.

Een beschrijving van het risico dat door de beveiliging beheerst wordt, omvat:

- de mogelijke storingen waarop de beveiliging zal reageren
- de mogelijke gevolgen van die storingen wanneer er niet op gereageerd wordt.

In het algemeen moeten instrumentele beveiligingen verhinderen dat een bepaalde parameter een bepaalde kritische waarde niet bereikt (druk, temperatuur, niveau, concentratie, ...). Deze parameter is de bewaakte parameter.

In vele gevallen zal de bewaakte parameter ook de gemeten parameter zijn. Het is echter mogelijk dat de bewaakte procesparameter afgeleid wordt uit een aantal andere metingen (b.v. via een berekening), wanneer het moeilijk is om de bewaakte parameter rechtstreeks te meten. Een voorbeeld hiervan is de situatie waarbij een concentratie moet bewaakt worden uitgaande van een combinatie van metingen van druk, temperatuur, hoeveelheden en debieten. In dergelijke gevallen is het belangrijk dat de relatie tussen de gemeten en de bewaakte parameter(s) duidelijk is. Anders kan niet aangetoond worden dat de beveiliging effectief is.

De uiterste veilige waarde van de bewaakte parameter is in principe niet gelijk aan de waarde waarop de instrumentele beveiliging in actie zal treden (de schakelwaarde van de gemeten parameter), aangezien de instrumentele beveiliging in actie treedt – in functie van de responstijd van de instrumentele beveiliging - vóór deze maximale waarde bereikt wordt. Bovendien kunnen er verschillende maatregelen zijn die dezelfde parameter bewaken (b.v. een instrumentele beveiliging en een veiligheidsklep) en consecutief in werking treden.

De uiterste veilige waarde moet kunnen geargumenteed worden. Voor druk en temperatuur zal deze waarde meestal gelijk zijn aan de ontwerpwaarden van het betrokken onderdeel. Om te verzekeren dat de uiterste waarde steeds zorgvuldig gekozen wordt, verdient het aanbeveling om hiervoor een veld te voorzien in het specificatiedocument.

Uit de woordelijke omschrijving van de functionaliteit moet duidelijk blijken welke ingreep in het proces wordt uitgevoerd door de instrumentele beveiliging om te verhinderen dat de bewaakte parameter overschreden wordt.

### **Identificatie van de componenten van de instrumentele beveiliging**

246. Vermelden de specificatiedocumenten de identificatiecode van de meetelementen?

247. Vermelden de specificatiedocumenten de identificatiecode van de eidelementen die door de beveiliging aangestuurd worden?

248. Vermelden de specificatiedocumenten het beslissingsorgaan waarin de logica van de beveiliging geprogrammeerd is?

Eidelementen zijn doorgaans kleppen, maar kunnen ook elektrische toestellen zijn (motoren, pompen, ...). Het stoppen van elektrische toestellen gebeurt via het MCC ('motor control center').

## Werkingslogica

249. Vermelden de specificatiedocumenten de waarde van de gemeten variabelen waarbij de instrumentele beveiliging wordt geactiveerd (de schakelwaarde)?
250. Vermelden de specificatiedocumenten het stemgedrag voor de meetelementen?
251. Vermelden de specificatiedocumenten duidelijk hoe de eidelementen worden geschakeld?
252. Is het duidelijk welke van deze acties essentieel zijn voor de veiligheidsfunctie en welke acties een eerder aanvullend karakter hebben?
253. Vermelden de specificatiedocumenten de volgorde van de acties en eventuele vertragingen?
254. Vermelden de specificatiedocumenten het stemgedrag voor de eidelementen?
255. Indien de werking van de beveiliging verschillend is in bepaalde fasen van het proces, werd de werking in de verschillende fasen dan gedocumenteerd?
256. Werd voor alle instrumentele beveiligingen de volledige werkingslogica getest?

In sommige gevallen laat men een instrumentele kring meer acties uitvoeren dan strikt nodig om de veiligheidsfunctie (voorkomen dat de bewaakte parameter overschreden wordt) te realiseren. Deze bijkomende acties kunnen bijvoorbeeld genomen worden om het aanspreken van andere beveiligingen te voorkomen, om operationele storingen te vermijden, om een eventuele opstart nadien vlotter te laten verlopen, om schade te beperken, enz.

In een dergelijk geval dienen de acties die essentieel zijn voor de veiligheidsfunctie duidelijk geïdentificeerd te worden. Dit is belangrijk voor het onderzoek naar de betrouwbaarheid en de effectiviteit van de instrumentele beveiliging.

Stel bijvoorbeeld dat een instrumentele beveiliging vijf kleppen sluit. Het is quasi onmogelijk om een beveiliging te realiseren die alle vijf kleppen zal sluiten met een faalkans van minder dan 1 op 10 per aanspreking. Immers, de faalkans voor het sluiten van alle 5 kleppen is 5 keer zo hoog als de faalkans voor het sluiten van één klep.

In gevallen waar veel kleppen aangestuurd worden, moet dus de vraag gesteld worden of alle kleppen wel even essentieel zijn voor het realiseren van de veiligheidsfunctie. In geval van een positief antwoord dringt de vraag zich op of de installatie wel goed ontworpen is.

Het stemgedrag van kleppen kan best worden toegelicht aan de hand van een voorbeeld. In het geval dat er 2 kleppen worden gesloten door de instrumentele beveiliging, betekent een stemgedrag van '2 uit 2' ('2 out of 2' of '2oo2') dat beide kleppen moeten sluiten om de gevaarlijke situatie te voorkomen. Een typisch voorbeeld hiervan is een vat met twee verschillende toevoerleidingen die elk voorzien zijn van een klep. Om overvulling of hoge druk te vermijden dienen beide kleppen te sluiten. Een bepaalde betrouwbaarheid realiseren voor een stemgedrag van 2oo2 (voor de eidelementen) is uiteraard een grotere uitdaging dan diezelfde betrouwbaarheid te halen voor een stemgedrag van 1oo2. Een typische 1oo2-configuratie is één toevoerleiding met twee kleppen die in serie staan. Indien één van beide kleppen sluit, wordt het scenario voorkomen.

De volledige werkingslogica van een instrumentele beveiliging moet getest worden bij de indienstname van een nieuwe beveiliging of bij een wijziging aan een bestaande beveiliging. Voor instrumentele beveiligingen waarvoor een dergelijke test in het verleden niet werd uitgevoerd (of niet werd geregistreerd), verwachten de inspectiediensten dat de volledige werkingslogica vooralsnog wordt getest. Een bedrijf moet immers kunnen aantonen dat de instrumentele beveiliging correct werd geprogrammeerd.

De werkingslogica is niet aan slijtage onderworpen en het is daarom niet noodzakelijk om deze volledig te controleren bij de periodieke functionele test. Ongecontroleerde wijzigingen kunnen wel leiden tot fouten in de werkingslogica. Daarom is het toch een meerwaarde om de werkingslogica geheel of gedeeltelijk te testen bij gelegenheid van de periodieke testen.

## 4.1.2 Effectiviteit

### Effect van actie op het proces

257. Kan worden aangetoond dat de acties die de instrumentele beveiligingen uitvoeren een voldoende impact hebben op het proces om te voorkomen dat de uiterste grenswaarde van de bewaakte parameters overschreden wordt?

In bepaalde gevallen is dat niet vanzelfsprekend, denk bijvoorbeeld aan een noodkoeling van een reactor. In dergelijke gevallen dient de onderneming aan te tonen (b.v. aan de hand van berekeningen of proefnemingen) dat de uitgevoerde actie wel degelijk effectief is. Een ander voorbeeld: het stilleggen van een centrifugale pomp sluit een productstroom niet af zolang er een drukverschil over de pomp blijft bestaan.

### Tijdige werking van de beveiliging

258. Kan het bedrijf aantonen dat het schakelpunt van elke beveiliging zodanig gekozen werd dat de beveiliging voldoende tijdig geactiveerd wordt en dat de uiterste waarde van de bewaakte parameter niet overschreden wordt?

259. Werd bij de keuze van de schakelpunten ook rekening gehouden met de (aanvaardbare) foutenmarge op de meting?

Een belangrijk aspect bij de reactietijd van de kring is de schakelwaarde. Hoe verder de schakelwaarde van de kring verwijderd is van de kritische waarde (die niet mag overschreden worden), hoe vroeger de instrumentele beveiliging in werking treedt en hoe meer tijd er is om de corrigerende actie uit te voeren.

De reactietijd van een instrumentele beveiliging wordt bepaald door verschillende factoren:

- de responstijd van de meting (dit is de tijd tussen het bereiken van een bepaalde waarde en het meten van die waarde)
- de verwerkingstijd in het beslissingsorgaan
- de tijd nodig om de acties uit te voeren (bijvoorbeeld om een klep dicht te sturen of een motor te stoppen)
- de tijd die het proces nodig heeft om te reageren op de actie.

Bepaalde metingen kunnen een relatief grote traagheid hebben, zoals bijvoorbeeld temperatuursmetingen ingebouwd in een 'thermowell'.

De tijd om een gemeten signaal te verwerken, ligt in een 'distributed control system' (DCS) rond de 2 à 3 seconden. Wanneer een groot aantal alarmen tegelijkertijd binnenkomt, kan de reactietijd oplopen in een DCS. Bij een 'emergency shutdown'-systeem (ESD-systeem) ligt de reactietijd rond de 100 à 500 msec.

De schakeltijd van kleppen kan variëren van 1 sec tot enkele minuten (grote kleppen, elektrische kleppen, ...). Deze tijd dient steeds vermeld te zijn op het specificatieblad van de klep ('instrument specification').

### Dimensionering van de actuatoren

260. Wordt er bij het ontwerp van de actuatoren een veiligheidsmarge voorzien op het te leveren koppel?

261. Wordt deze veiligheidsmarge gedocumenteerd?

De actuator is de motor van de klep. De actuator moet voldoende kracht kunnen uitoefenen op de klep om deze van positie te doen veranderen.

De actuator moet in staat zijn de klep te schakelen bij de grootst mogelijke tegendruk die kan optreden. Ook is er extra kracht nodig om kleppen die wat vastzitten (door kleverige producten, corrosie, ...) in beweging te krijgen.

Het is een goede praktijk om actuatoren zo te ontwerpen dat ze een groter koppel kunnen leveren dan theoretisch nodig om de klep te schakelen. Deze veiligheidsmarge bedraagt typisch 20 à 50%. Uiteraard mag de maximale kracht die de klep aankan niet overschreden worden.

De gewenste dimensionering van de actuator kan wijzigen in de loop van de levensduur van een klep, bijvoorbeeld als gevolg van een gewijzigde procesconditie of als gevolg van ervaring met de werking van de klep.

De dimensionering is dus een specificatie van de klep die men steeds moet kunnen terugvinden en desgevallend moet kunnen aanpassen.

### 4.1.3 Onafhankelijkheid

#### **Onafhankelijkheid van de meetelementen**

262. Zijn de meetelementen die door de instrumentele beveiligingen gebruikt worden verschillend en gescheiden van de meetelementen die gebruikt worden voor de controle van de bewaakte parameter?

Als de instrumentele beveiliging bescherming moet bieden tegen een situatie die veroorzaakt kan worden door een foutieve meting, dan mag diezelfde meting uiteraard geen deel uitmaken van de beveiliging.

Soms volstaat het niet om verschillende meettoestellen te gebruiken voor controle en beveiliging, maar moet ook aandacht besteed worden aan de montage. Wanneer de meting voor de controle en de meting voor de beveiliging op dezelfde aftakking gemonteerd zijn, zullen beide metingen uitgeschakeld worden wanneer deze aftakking afgesloten wordt van het proces (bijvoorbeeld door een verstopping of een handafsluiter in gesloten positie).

#### **Onafhankelijkheid van het beslissingsorgaan**

263. Is het beslissingsorgaan van de instrumentele beveiligingen verschillend en volledig gescheiden van het beslissingsorgaan gebruikt voor de controle van de bewaakte parameter?

Als de instrumentele beveiliging bescherming moet bieden tegen een situatie die veroorzaakt kan worden door een fout in een beslissingsorgaan (b.v. een DCS-systeem), mag datzelfde controleorgaan in principe geen deel uitmaken van de beveiliging.

In praktijk betekent dit dat afzonderlijke beslissingsorganen gebruikt worden voor controle en beveiliging.

Bepaalde ondernemingen integreren toch controlesystemen en beveiligingssystemen, ondanks het feit dat dit indruist tegen tal van standaarden en aanbevelingen op dit vlak (met inbegrip van de standaarden IEC 61511 en IEC 61508). Dergelijke ondernemingen moeten zelf kunnen aantonen (aan de hand van een uitgebreid onderzoek) dat de kansen op gemeenschappelijke fouten in de controle- en beveiligingssystemen voldoende werden teruggedrongen. Zo moet rekening gehouden worden met de kans dat elektronische controlesystemen kunnen 'vastlopen', net zoals dit het geval is met computers voor dagelijks gebruik op kantoor. Naast hardware fouten stelt zich het probleem van fouten in de software (de geprogrammeerde logica). Over het algemeen worden in controlesystemen courant wijzigingen aangebracht. Hierdoor is het mogelijk dat per ongeluk instellingen van instrumentele beveiligingen aangepast worden of dat er bewust aanpassingen gebeuren zonder dat de nodige procedures hiervoor werden gevolgd.

## **Onafhankelijkheid van de eindelementen**

264. Zijn de eindelementen die gebruikt worden in de instrumentele beveiligingen verschillend en volledig gescheiden van de eindelementen die gebruikt worden voor de controle van de bewaakte parameter?

Als de instrumentele beveiliging bescherming moet bieden tegen een situatie die veroorzaakt kan worden door een fout in een eindelement (b.v. een klep die blokkeert in een bepaalde positie), dan mag datzelfde eindelement uiteraard geen deel uitmaken van de beveiliging.

Scheiden van eindelementen betekent bijvoorbeeld dat verschillende magneetventielen worden gebruikt.

### **4.1.4 Betrouwbaarheid**

#### **Specificatie van de gewenste hardware fouttolerantie**

265. Werd voor elke instrumentele beveiliging de gewenste mate van fouttolerantie op het niveau van de metingen bepaald?

266. Werd voor elke instrumentele beveiliging de gewenste mate van fouttolerantie op het niveau van de eindelementen bepaald?

Als een instrumentele beveiliging wordt geactiveerd op basis van één meting, kan bij een ongedetecteerde fout in die meting de beveiligingsfunctie wegvallen en dit gedurende een min of meer lange tijd (in principe tot de volgende inspectie). Men kan dit probleem oplossen door een extra meting te voorzien, waarbij men dan veronderstelt dat in het geval één van beide metingen defect raakt, de andere nog zal functioneren en de beveiliging zal activeren. Dat laatste veronderstelt uiteraard dat het stemgedrag van de meting 1 uit 2 (1oo2) is, dit wil zeggen dat de beveiliging geactiveerd wordt als één van de beide metingen de schakelwaarde registreert.

Wanneer er slechts één meting gebruikt wordt in de beveiliging, is de fouttolerantie van de meetgroep nul. Zijn er twee metingen voorzien (in een '1 uit 2'-schakeling), dan is de fouttolerantie één.

Men kan dit probleem uitbreiden naar 2 defecte metingen. Van zodra de twee metingen defect zijn, zal de beveiligingsfunctie wegvallen. Dit kan opgelost worden door drie metingen te voorzien in een schakellogica '1 uit 3' (1oo3). In dat geval heeft de beveiliging een fouttolerantie van 2 voor wat betreft de metingen.

Een gelijkaardige redering kan opgebouwd worden rond de eindelementen. Men kan dus ook spreken van een fouttolerantie van nul, één, twee ... op het niveau van de eindelementen.

De fouttolerantie is het aantal verborgen fouten dat mag optreden, zonder dat de veiligheidsfunctie in het gedrang komt.

De beslissing om extra metingen en/of extra kleppen te voorzien is afhankelijk van verschillende factoren:

- Zijn er naast de instrumentele beveiliging nog andere beveiligingen (bijvoorbeeld veiligheidskleppen of andere (onafhankelijke) instrumentele beveiligingen)?
- Wat is de kans op een ongedetecteerde gevaarlijke fout?
- Hoe vaak wordt de beveiligingskring geïnspecteerd?
- Wat is het risico, m.a.w. de kans dat de bewaakte procesparameter overschreden wordt en welke zijn de gevolgen daarvan?

Het vastleggen van de vereisten voor fouttolerantie is dus een essentieel onderdeel van de evaluatie van de risico's die beheerst worden door instrumentele beveiligingen. De inspectiediensten vinden het daarom belangrijk dat de gewenste fouttolerantie expliciet wordt gespecificeerd. Op die manier voorkomt men de situatie waarbij een instrumentele beveiliging niet beschikt over een fouttolerantie, omdat dit aspect nooit werd geëvalueerd. Bij gebrek aan duidelijke specificaties zullen de personen die het detailontwerp van de beveiliging moeten uitvoeren, geneigd zijn om te kiezen voor de meest eenvoudige uitvoering, namelijk 1 meting en 1 eindelement.

Er zijn in de praktijk verschillende manieren om een beslissing te nemen over de gewenste fouttolerantie (en dus over het aantal metingen en eindelementen in een beveiligingskring).

Een eerste werkwijze bestaat er in om verschillende klassen van instrumentele beveiligingen te definiëren (met dus verschillende niveaus van fouttolerantie). Doorgaans hanteert men dezelfde fouttolerantie voor de metingen als voor de eindelementen. De klasse van beveiliging wordt bepaald bij de evaluatie van het risico, waarbij ook de aanwezigheid van eventuele andere beveiligingen in rekening wordt gebracht.

Een andere benadering is deze waarbij men de gewenste betrouwbaarheid van de instrumentele beveiliging bepaalt (bijvoorbeeld via een techniek als LOPA). Op basis van de gewenste betrouwbaarheid kan men de beveiliging dan indelen in een SIL-klasse, zoals gedefinieerd in de standaard IEC 61511. Het aantal metingen en eindelementen dat men moet voorzien, zal dan zo gekozen moeten worden dat voldaan is aan twee criteria:

- de berekende betrouwbaarheid van de instrumentele beveiliging (waarbij kwantitatief rekening wordt gehouden met een hele reeks factoren die deze betrouwbaarheid beïnvloeden: de faalkans van de metingen, de mate van diagnose, de schakellogica, de testintervallen en de tijd nodig om defecten te herstellen, enz.)
- de minimale eisen inzake fouttolerantie in functie van de SIL-klasse waarin de beveiliging wordt ingedeeld.

Als basisprincipe schrijft de standaard IEC 61511 de volgende niveaus van fouttolerantie voor op het niveau van de metingen en de eindelementen:

- beveiligingen van SIL-klasse 1: fouttolerantie 0
- beveiligingen van SIL-klasse 2: fouttolerantie 1
- beveiligingen van SIL-klasse 3: fouttolerantie 2.

In bepaalde omstandigheden moet de fouttolerantie met 1 verhoogd worden. De standaard laat ook toe om de fouttolerantie met 1 te verminderen, mits aan bepaalde voorwaarden voldaan is.

### **Correcte uitvoering van redundante metingen en eindelementen**

267. In het geval van redundante kleppen: beschikt elke klep over een apart magneetventiel?

268. In het geval van redundante metingen: beschikt elke meting over een aparte verbinding met het proces?

Het magneetventiel zet het elektrisch signaal (komende van het beslissingsorgaan) om in een pneumatisch signaal. De faalkans van een magneetventiel is van dezelfde grootte-orde als de faalkans van een procesklep.

Metingen moeten in de mate van het mogelijke beschikken over een aparte verbinding met het proces. Indien verschillende metingen op een gemeenschappelijke aftakking geplaatst zijn, kunnen alle metingen door dezelfde fout uitgeschakeld worden, bijvoorbeeld in het geval de aftakking opgeblokt is of afgesloten door een handventiel.

## Berekeningsnota

269. Indien de gewenste betrouwbaarheid van instrumentele beveiligingen kwantitatief wordt bepaald, beschikt men dan over een berekeningsnota die aantoont dat de effectieve betrouwbaarheid groter is dan of gelijk aan de gewenste betrouwbaarheid?

De betrouwbaarheid van een instrumentele beveiliging kan berekend worden uitgaande van de faalkansen van de componenten, de testintervallen en de hersteltijden. Men dient bij de berekening ook rekening te houden met het stemgedrag en eventuele gemeenschappelijke fouten.

Een kwantitatief vastgelegde streefwaarde voor de betrouwbaarheid biedt een objectieve doelstelling om een bepaald ontwerp te evalueren en te vergelijken met andere technische uitvoeringen. Het is echter belangrijk om in te zien dat heel wat mogelijke faalwijzen van een instrumentele beveiliging niet te kwantificeren zijn. Voor de faalwijzen die men wel kan kwantificeren, zijn de beschikbare cijferwaarden slechts schattingen.

Om te vermijden dat men bij het ontwerp van beveiligingen teveel zou vertrouwen op berekeningen (die een te optimistisch beeld kunnen geven van de betrouwbaarheid), werden in de standaard IEC 61511 een aantal extra voorwaarden inzake fouttolerantie geformuleerd.

## Gedrag bij een fout in het meetelement

270. In geval van draadbreek, worden de beveiligingen dan geactiveerd of wordt een alarm gegenereerd naar de operatoren?
271. In geval het meetsignaal buiten het normale bereik komt, worden de beveiligingen dan geactiveerd of wordt een alarm gegenereerd naar de operatoren?
272. Voor de meetinstrumenten die een (digitaal) foutsignaal kunnen uitsturen: wordt bij de detectie van een fout de beveiliging geactiveerd of wordt een alarm gegenereerd naar de operatoren?
273. In het geval van een schakelaar (discrete meting of 'switch'): is het signaal dat naar het beslissingsorgaan gestuurd wordt verschillend van nul wanneer de bewaakte procesparameter een veilige waarde heeft?
274. Vermelden de specificatiebladen het gewenste gedrag van de instrumentele beveiligingen bij draadbreek, bij afwijkende meetwaarden en bij eventuele foutsignalen?
275. Werd voor alle instrumentele beveiligingen het gewenste gedrag bij draadbreek, bij afwijkende meetwaarden en bij een (apart) foutsignaal van de meetelementen getest?

De meeste continue metingen sturen een elektrisch signaal naar het beslissingsorgaan dat (wanneer de gemeten waarde binnen haar bereik blijft) tussen de 4 mA en 20 mA ligt. Valt het signaal buiten dit interval, dan is dit een indicatie dat er iets mis is.

Wanneer de draad van de elektrische voeding naar het meetinstrument breekt, dan valt het signaal van het meetinstrument naar het beslissingsorgaan uiteraard terug op 0 mA. Hetzelfde gebeurt bij breuk van de draad van het meetinstrument naar het beslissingsorgaan.

Programmeerbare meetinstrumenten kunnen zodanig geprogrammeerd worden dat zij bij een gedetecteerde fout een signaal uitsturen dat  $> 20$  mA of  $< 4$  mA. De vraag die zich hier stelt, is hoe het beslissingsorgaan reageert op dergelijke uiterste waarden.

Een voorbeeld kan dit verduidelijken. Stel dat het beslissingsorgaan moet schakelen bij een hoog niveau (90% van het meetbereik). Het beslissingsorgaan voert de actie uit (sluiten van de klep in de voeding) wanneer het een signaal krijgt van 18,4 mA ( $16 \text{ mA} \times 0,9 + 4 \text{ mA}$ ). Als het meetinstrument zodanig is ingesteld dat het bij detectie van een fout een



hoge waarde uitstuurt (20 mA of meer), zal de kring in geval van een fout geactiveerd worden (signaal > 18,4 mA). Dit is gunstig voor de veiligheid, maar niet voor de productiviteit.

Het is ook mogelijk dat het instrument zodanig is ingesteld dat het bij detectie van een fout een lage waarde naar het beslissingsorgaan stuurt, kleiner dan 4 mA. Op deze lage waarden zijn verschillende reacties van het beslissingsorgaan mogelijk (in functie van de programmatie):

- niets (hetgeen uiteraard niet aanvaardbaar is, omdat een fout werd gedetecteerd zonder dat er actie wordt ondernomen)
- het genereren van een alarm (dit laat toe de meting te herstellen zonder dat de installatie wordt stilgelegd door de beveiligingskring)
- activering van de veiligheidsfunctie.

Sommige meettoestellen sturen een apart (digitaal) foutsignaal uit.

Bij een schakelaar kan het signaal maar twee waarden hebben: 0 V en een spanning verschillend van 0 V (meestal 24 V DC). Stel dat het contact in de schakelaar open is wanneer de bewaakte parameter (druk, niveau, ...) een veilige waarde heeft. De PLC krijgt dan als signaal 0 V. Als de bewaakte parameter de veilige waarde overschrijdt, sluit het contact en krijgt de PLC als signaal 24 V. Bij draadbreek blijft de PLC het signaal 0 V krijgen en ontstaat er een ongedetecteerde fout. Om een veilige faalwijze te realiseren moet het contact dus gesloten zijn wanneer de bewaakte parameter een veilige waarde heeft en openen bij een onveilige waarde. 0 V komt dan overeen met een 'onveilig' signaal. Men spreekt in dat geval van een 'normaal gesloten contact'. Dit betekent dat het contact in normale condities gesloten is.

Het gewenste gedrag bij draadbreek, op afwijkende meetwaarden en (in voorkomend geval) op een (apart) foutsignaal van het meetelement is een onderdeel van de werkingslogica die geprogrammeerd wordt in het beslissingsorgaan. Dit aspect van de werking van de beveiliging moet dus getest worden bij de indienstname van een nieuwe beveiliging of bij een wijziging aan een bestaande beveiliging. Voor instrumentele beveiligingen waarvoor een dergelijke test in het verleden niet werd uitgevoerd (of niet werd geregistreerd), verwachten de inspectiediensten dat deze aspecten voorsnog worden getest.

Indien de alarmen die gebruikt worden voor het signaleren van fouten aan de operatoren worden uitgevoerd in het DCS-systeem, is het belangrijk dat deze alarmen periodiek worden getest. Wijzigingen in het DCS-systeem zijn in vele gevallen niet onderworpen aan een beheerssysteem en het is dus niet ondenkbaar dat dergelijke alarmen (per ongeluk of opzettelijk) worden gewijzigd.

### **Online diagnose door het vergelijken van metingen**

276. Werd onderzocht of men de goede werking van metingen (van instrumentele beveiligingen) kan opvolgen door de meetwaarde te vergelijken met eventuele andere beschikbare meetresultaten (b.v. van meettoestellen gebruikt voor de controle)?
277. Wordt bij een (significant) verschil in meetwaarden een alarm gegenereerd of wordt de actie van de beveiliging uitgevoerd?
278. Werden deze alarmen of deze acties gedocumenteerd in de specificatiebladen van de beveiliging?
279. Werd voor elke instrumentele beveiliging de correcte werking van deze vergelijkingsalarmen getest?

Online diagnose van metingen kan gerealiseerd worden door te vergelijken met andere metingen. Zo kan men bijvoorbeeld de meting die gebruikt wordt voor controle vergelijken met een meting gebruikt in een instrumentele beveiliging. In het geval van een 'Moon'-configuratie (met  $N > 1$ ) kan men de  $N$  metingen ook onderling vergelijken. Sommige meettoestellen voorzien in een zelfdiagnose.

Diagnose kan de betrouwbaarheid van een meting met een factor 10 of meer verbeteren. Sommige metingen bieden geen mogelijkheid tot zelfdiagnose: bijvoorbeeld een niveaumeting via vlotters, magnetische peilmeting en een drukswitch. Alleen een 'life test' kan 100% uitsluitel geven over de werking van dergelijke metingen.

Nieuwe of gewijzigde diagnosealarmen moeten getest worden voordat ze in dienst worden genomen. Aangezien deze alarmen worden uitgevoerd in het DCS-systeem is het noodzakelijk dat deze alarmen ook periodiek worden getest. Wijzigingen in het DCS-systeem zijn in vele gevallen niet onderworpen aan een beheerssysteem en het is dus niet ondenkbaar dat dergelijke alarmen (per ongeluk of opzettelijk) worden gewijzigd.

### **Uitval van de perslucht naar de pneumatische actuatoren**

280. Werd voor alle kleppen met pneumatische actuatoren bepaald (en gedocumenteerd) welke de gewenste faalpositie is bij uitval van perslucht?
281. Werd voor alle kleppen met pneumatische actuatoren bepaald (en gedocumenteerd) wat de gewenste faalpositie van de kleppen is bij uitval van de elektrische voeding naar het magneetventiel?
282. Indien het wenselijk is dat de kleppen na de uitval van perslucht nog bediend kunnen worden, werd hiervoor dan lokaal een persluchtreservoir voorzien?
283. Wordt geregeld gecontroleerd of er voldoende druk is in dit persluchtreservoir of wordt dit continu opgevolgd vanuit de controlekamer?

Bij pneumatische actuatoren kan een onderscheid gemaakt worden tussen actuatoren van het type 'spring return' en deze van het type 'double acting'. Bij 'spring return'-actuatoren plaatst een veer de klep in een bepaalde positie wanneer de perslucht wegvalt (dit is de faalpositie van de klep). Bij 'double acting' pneumatische actuatoren blijft de klep in haar laatste positie staan, tenzij er lokaal een persluchtvat is voorzien. Het persluchtvat is zo aangesloten dat het automatisch in dienst komt bij het wegvallen van het luchtdruknet en dat het steeds door het luchtdruknet op druk gehouden wordt. Indien er echter een beschadiging is van de luchtaansluiting tussen het persluchtvat en de klep, dan zal deze laatste niet meer sluiten.

Het magneetventiel zet een elektrisch signaal (komende van het beslissingsorgaan) om in een pneumatisch signaal. Als gevolg van de schakeling van het magneetventiel zal de perslucht naar de actuator gestuurd worden of zal de persluchtdruk van de actuator afgelaten worden. De vraag hier is dus wat er met de persluchtdruk naar de actuator gebeurt als er geen stroom gaat naar het magneetventiel. Indien de elektrische faalpositie niet gespecificeerd is, gaat men er meestal van uit dat deze identiek is aan de pneumatische faalpositie.

Wanneer de veilige faalpositie niet ondubbelzinnig kan bepaald worden of waar er een groot conflict is tussen operabiliteit en veiligheid, kan het wenselijk zijn dat de kleppen bij de uitval van perslucht nog bediend kunnen worden.

Beschouw bijvoorbeeld een klep van een drukontlastingssysteem (Emergency Depressurisation System), die geopend wordt door een instrumentele beveiliging bij hoge druk. Het ontlasten van de druk (naar de omgeving of naar een opvangsysteem) bij uitval van de perslucht kan ongewenst zijn omwille van operabiliteit en/of veiligheid. Indien een dergelijke klep om die reden 'fail close' uitgevoerd is, blijft het natuurlijk noodzakelijk dat de klep bij uitval van de perslucht bedienbaar blijft door de instrumentele beveiliging.

In dergelijke gevallen kan men een lokale persluchthouder (of stikstofhouder) voorzien of kan men een back-up voorzien voor het persluchtnet. In dat laatste geval wordt automatisch overgeschakeld van het persluchtnet naar bijvoorbeeld het stikstofnet wanneer het wegvallen van de perslucht gedetecteerd wordt (door middel van een driewegklep). Uiteraard dient de druk op de lokale drukhouder of het alternatieve net bewaakt te worden (b.v. door periodieke controles, alarmen, ...).

### **Uitval van voeding naar de elektrische actuatoren**

284. Werd voor alle kleppen met elektrische actuatoren bepaald (en gedocumenteerd) welke de gewenste faalpositie is bij uitval van elektriciteit (naar de actuator)?
285. Werd voor alle elektrische actuatoren die onderdeel zijn van een instrumentele beveiliging een alarm geïmplementeerd om een storing in de elektrische voeding te signaleren aan de operatoren?
286. Indien het wenselijk is dat de kleppen bij uitval van elektriciteit nog bediend kunnen worden, werden daartoe de nodige voorzieningen getroffen (b.v. voeding aangesloten op een noodgenerator)?
287. In het geval de klep gebruikt wordt in scenario's waar brand kan optreden: zijn de voedingskabels en de kabels voor het stuursignaal van een brandbestendig type en beschermd door een brandbestendig materiaal?

Elektrische actuatoren hebben elektrische stroom nodig om te werken. Sommige uitvoeringen maken gebruik van een veer of van een hydraulisch systeem om de klep bij het wegvallen van elektriciteit in een bepaalde positie te duwen. Zonder een dergelijk systeem kunnen dergelijke kleppen niet 'fail safe' uitgevoerd worden.

Door een lokale fout (b.v. losse draad) kan de bediening van de klep onmogelijk worden. Indien de klep geen veilige faalpositie heeft, kan hierdoor een gevaarlijke, slapende fout ontstaan.

Een alarm dat de storing in de klep meldt, kan de kans op een dergelijke slapende fout in zekere mate verlagen, maar in het algemeen dient het gebruik van elektrisch bekrachtigde kleppen, zonder veilige faalpositie, voor veiligheidstoepassingen toch sterk in vraag te worden gesteld.

### **Draadbreuk van de sturing van een motor**

288. Voor de instrumentele beveiligingen die een motor aansturen: indien de kabel tussen het beslissingsorgaan en de sturingseenheid van de motor breekt, zal de motor dan stoppen (of starten indien dat de veilige actie is) of zal deze draadbreuk gealarmeerd worden naar de operatoren?
289. Voor de instrumentele beveiligingen die een motor aansturen: werd de reactie in geval van een draadbreuk (tussen beslissingsorgaan en sturingseenheid) getest?

De vraag die zich hier stelt, is wat de sturingseenheid van de motor zal doen indien het een signaal van 0 V krijgt. Net zoals bij draadbreuk bij metingen zijn er de volgende mogelijkheden:

- niets (waardoor een slapende fout in de beveiliging optreedt)
- alarm (zodat de fout kan hersteld worden)
- de gewenste actie (stoppen of starten van de motor).

Bij hoogspanningsmotoren zal in vele gevallen de motor niet afslaan bij draadbreuk en dit om redenen van bedrijfszekerheid. Het gebruik van dergelijke motoren in veiligheidskringen verdient een grondige en kritische evaluatie.

Het gewenste gedrag bij draadbreuk is een onderdeel van de werkingslogica die geprogrammeerd wordt in het beslissingsorgaan. Dit aspect van de werking van de beveiliging moet dus getest worden bij de indienstname van een nieuwe beveiliging of bij een wijziging aan een bestaande beveiliging. Voor instrumentele beveiligingen waarvoor een dergelijke test in het verleden niet werd uitgevoerd (of niet werd geregistreerd), verwachten de inspectiediensten dat de volledige werkingslogica vooralsnog wordt getest.

## Bescherming tegen schadelijke invloeden

290. In het geval er voor de metingen gebruik werd gemaakt van 'tubing' of van meetbuizen: werden maatregelen getroffen om verstoppingen te vermijden?
291. In het geval er voor de metingen gebruik werd gemaakt van 'tubing': is er een bescherming voorzien tegen mechanische beschadiging van de tubing?
292. Wordt de instrumentatielucht gedroogd?
293. Wordt de luchtvochtigheid van de instrumentatielucht bewaakt?

'Tubing' (bij drukmetingen) en meetbuizen kunnen verstopt raken door viskeuze stoffen, stoffen met een hoog stolpunt, vloeistoffen die vaste deeltjes bevatten of vervuilde stoffen. Indien de meting gebruik maakt van 'tubing' (bij drukmetingen) of van een meetbuis, dan moet worden nagegaan of deze verstopt kan raken.

De volgende meetinstrumenten maken gebruik van een meetbuis:

- magnetische peilmeting (opgesteld in een meetbuis)
- 'displacer' (niveaumeting) (opgesteld in een meetbuis)
- sommige niveaumetingen waarbij drukverschil over een vloeistofkolom (in een meetbuis) wordt gemeten
- borrelbuismeting (niveaumeting)
- pitotbuis (annubar) (debietsmeting)
- rotameter (debietsmeting).

In het geval van drukmetingen kan men verstoppingen van de 'tubing' vermijden door het gebruik van 'seals' en een capillair.

Mechanische beschadiging van 'tubing' kan bijvoorbeeld optreden tijdens werken in de installatie.

Vocht in de instrumentatielucht zal bij vriesweer bevroren, waardoor een klep of een magneetventiel kan blokkeren. Een typisch dauwpunt van instrumentatielucht is -40°C (of minder).

## Periodieke inspectie

294. Zijn alle instrumentele beveiligingen opgenomen in een inspectieprogramma?
295. Is er voor elke instrumentele beveiliging een instructie om de periodieke test uit te voeren?
296. Blijkt uit deze instructies dat de goede werking van de metingen wordt getest (het meetbereik, correct signaal in functie van de waarde van de gemeten parameter)?
297. Wordt de aanvaardbare foutenmarge op de metingen vermeld in de testinstructies?
298. Blijkt uit deze instructies dat de correcte verwerking van het meetsignaal door het beslissingsorgaan wordt getest?
299. Blijkt uit deze instructies dat de correcte schakeling van het eindelement (juiste positie in functie van het stuursignaal) wordt getest?
300. Blijkt uit deze instructies dat de correcte werking van de eventuele positiemelders wordt getest?
301. Blijkt uit deze instructies dat alle diagnose-alarmen worden getest (voor alle metingen en elektrisch aangestuurde eindelementen)?
302. Blijkt uit deze instructies dat het activeringsalarm wordt getest?
303. Is voor elke inspectie een maximaal inspectie-interval bepaald?
304. Kan de keuze voor een inspectie-interval van meer dan 12 maanden geargumenteed worden?

De volledige werking van een instrumentele beveiliging kan gecontroleerd worden aan de hand van één 'kop-staarttest' of aan de hand van verschillende testen waarbij de verschillende delen van de instrumentele beveiliging apart worden getest, bijvoorbeeld een eerste test voor het deel van de meting tot het beslissingsorgaan, en een tweede test voor

het deel van het beslissingsorgaan tot en met de actuator. Splitst men de test op in twee of meerdere deeltesten, dan is het belangrijk dat elk deel van de keten wordt getest, evenals de overgangen tussen de delen die apart worden getest.

Voor continue metingen moet nagegaan worden of het meetbereik correct is. Dit betekent dat wanneer een drukmeting een meetbereik heeft van 0 – 10 barg, dit moet overeenkomen met het bereik 4 – 20 mA. Indien het meetbereik niet meer correct is, dan moet de drukmeting opnieuw gekalibreerd worden. Een foutief meetbereik kan als gevolg hebben dat de beveiliging niet meer correct werkt. Stel bijvoorbeeld dat het meetbereik verlopen is en dat 0 – 12 barg overeenkomt met 4 – 20 mA (i.p.v. de voorziene 0 – 10 barg). Een schakelwaarde van 9 barg komt dan overeen met 16 mA i.p.v. met de oorspronkelijke 18.4 mA. De druk zal moeten stijgen tot 10.8 barg (i.p.v. 9 barg) vooraleer de beveiliging geactiveerd wordt.

De foutenmarge is de afwijking die op de schakelwaarde getolereerd wordt. De foutenmarge van het meettoestel (zie verder) zal natuurlijk kleiner moeten zijn. Een foutenmarge van bijvoorbeeld 5% betekent dat het meetelement een afwijking mag vertonen van 5% alvorens het geherkalibreerd moet worden. Bij kalibratie is een nauwkeurigheid van 5% voldoende.

Voor discrete schakelaars (bijvoorbeeld drukschakelaars) moet niet het meetbereik maar de schakelwaarde gecontroleerd worden.

Voor het testen van de meting zijn verschillende opties mogelijk. Een eerste optie is het gecontroleerd opwekken van de procestoestand waaronder de instrumentele beveiliging moet werken. Dit heeft als voordeel dat de meting getest wordt bij de werkelijke bedrijfstoestand. De meting moet bovendien niet uitgebouwd worden, wat eventuele fouten bij de herinbouw voorkomt. Een 'live test' is echter niet altijd gemakkelijk te organiseren en uit te voeren. Een dergelijke test houdt ook een zeker risico in. Het is uiteraard belangrijk dat het proces op een heel gecontroleerde manier wordt gebracht tot het werkingspunt waar de schakelwaarde bereikt wordt. Een tweede optie is het uitbouwen van de meting, en het toestel buiten de installatie blootstellen aan condities die het bereiken van de schakelwaarde in het proces simuleren. Een voorbeeld is het uitbouwen van een trilvork en deze in contact brengen met een vloeistof, of nog het in contact brengen van een temperatuursmeting met een hete vloeistof.

Een meettoestel (in combinatie met een transmitter) produceert een elektrisch signaal. Het simuleren van dit elektrisch signaal test de elektrische bedrading naar het beslissingsorgaan (en eventueel de rest van de instrumentele beveiliging), maar levert uiteraard geen informatie op over de goede werking van de meting (en transmitter) zelf. Deze simulatie kan dus niet dienen als een alternatief voor een test van het meettoestel zelf.

Alarmen die verband houden met de activering van de beveiliging of met foutdiagnose worden vaak uitgevoerd in het DCS-systeem. Wijzigingen in het DCS-systeem zijn doorgaans niet onderworpen aan een beheerssysteem. Daarom is het nodig om alle functionaliteiten van beveiligingen die geïmplementeerd zijn in het DCS-systeem periodiek te controleren. Op die manier kunnen eventuele ongewilde wijzigingen in de programmatuur worden gedetecteerd.

De juiste schakeling van kleppen dient ter plaatse geobserveerd te worden. Het is dus geen goede praktijk om enkel te vertrouwen op de signalen van de positie-indicatoren. Ter plaatse kan geobserveerd worden of de klep vlot schakelt of eerder een haperende beweging uitvoert (hetgeen kan wijzen op problemen).

De praktijk leert dat het testen van instrumentele beveiligingen een relatief ingewikkelde activiteit is. Het hebben van een geschreven instructie per beveiliging en een gedetailleerde

registratie van de testresultaten is de enige manier om te verzekeren en aan te tonen dat de test correct en volledig gebeurd is. Het beschikken over geschreven testinstructies is een uitdrukkelijke vereiste van de standaard IEC 61511.

In de meeste gevallen is een inspectie-interval van 12 maanden voldoende. Hogere inspectie-intervallen kunnen geargumenteed worden aan de hand van betrouwbaarheidsberekeningen of op basis van een voldoende ruime inspectie-ervaring met de betrokken instrumentele beveiliging en met gelijkaardige beveiligingen in het bedrijf. Er zijn specifieke situaties waarbij een inspectie-interval van 12 maanden te groot is, althans voor bepaalde delen van de beveiligingskring. Sommige analysetoestellen hebben om de drie maanden een onderhoud nodig. Kringen in heel corrosieve omgevingen moeten om de paar maanden geschakeld worden om niet vast te komen zitten. Een inspectie-interval moet uiteraard steeds geëvalueerd worden op basis van de eerderetestresultaten.

#### **4.1.5 Risico's door werking**

##### **Risico's door werking**

305. Werd onderzocht of er risico's optreden ten gevolge van de activering van de instrumentele beveiliging?

Het schakelen van de eidelementen (het openen of sluiten van kleppen, het stoppen of starten van motoren) kan bepaalde risico's met zich meebrengen.

Het afsluiten van een bepaalde stroom kan bijvoorbeeld stroomopwaarts aanleiding geven tot een abnormaal hoog vloeistofniveau. Een ander mogelijk probleem bij het afsluiten van een leiding is het pompen tegen een gesloten afsluiter, waardoor de pomp zeer warm kan worden met alle gevolgen van dien (hoge druk, hoge temperatuur, thermische schok).

Indien de onterechte activering ('spurious trip') van een instrumentele beveiliging ernstige veiligheidsproblemen met zich meebrengt, dienen maatregelen overwogen te worden om ongewenste activering te vermijden.

Men kan zich beschermen tegen een ongewilde activering als gevolg van een fout in de metingen door meerdere metingen te voorzien, waarbij meer dan 1 meting een bepaalde waarde moet registreren alvorens de correctieve actie wordt uitgevoerd. Een typische configuratie is '2oo3'.

Voor kleppen is een dergelijk stemgedrag in de praktijk echter zeer moeilijk te realiseren.

##### **Vloeistofslag**

306. Werden de risico's van vloeistofslag ten gevolge van het snel sluiten van de klep geanalyseerd?

Vertragingen kunnen ingebouwd worden zodat de vloeistofslag beperkt wordt.

Vertragingen kunnen gerealiseerd worden door een smoorventiel, dat de luchtdruk vertraagd aflaat. Als dit ventiel verstopt is, kan de luchtdruk niet meer weg en de klep niet meer schakelen. Als het ventiel teveel openstaat, kan de klep te snel sluiten. Deze problemen kunnen worden opgevangen door preventief onderhoud.

## **Opheffen van de beveiligingsactie**

307. Wordt de activering van de instrumentele beveiligingen gesignaleerd aan de operatoren in de controlekamer?
308. Is er een menselijke tussenkomst vereist om acties van een aangesproken beveiliging ongedaan te maken (het 'resetten' van de beveiliging)?
309. Werd voor alle instrumentele beveiligingen getest dat de reset-functie correct werkt?

Een instrumentele beveiliging voert haar actie uit wanneer de waarde van de gemeten parameter de schakelwaarde bereikt. Het is een goede praktijk dat wanneer de procesparameter daarna terug een veilige waarde bereikt, de beveiligingsactie behouden blijft. Kleppen die bijvoorbeeld door de beveiliging werden gesloten, moeten in gesloten positie blijven en mogen dus niet automatisch terug opengaan wanneer niet langer voldaan is aan de condities waarbij de beveiliging geactiveerd wordt. Na het activeren van een beveiliging moet een diagnose van de opgetreden storing door het productiepersoneel gebeuren. Pas nadat het personeel van oordeel is dat de normale werking van de installatie kan hervat worden, kan de blokkerende werking van de beveiliging worden opgeheven. Het terugstellen of 'resetten' van een instrumentele beveiliging vereist dus in principe een expliciet manueel commando (via een knop of een computerscherm).

De werking van de reset-functie moet getest worden bij de indienstname van een nieuwe beveiliging of bij een wijziging aan een bestaande beveiliging. Voor instrumentele beveiligingen waarvoor een dergelijke test in het verleden niet werd uitgevoerd (of niet werd geregistreerd), verwachten de inspectiediensten dat de volledige werkingslogica vooralsnog wordt getest.

## **4.2 Beheer van instrumentele beveiligingen**

### **4.2.1 In dienst nemen van de instrumentele beveiliging**

#### **Uitvoering van een inspectie bij indienstname**

310. Beschikt de onderneming over een procedure die voorschrijft dat bij de indienstname van een nieuwe of een gewijzigde instrumentele beveiliging moet worden gecontroleerd of ze volledig beantwoordt aan de vooropgestelde specificaties?
311. Werd voor elke instrumentele beveiliging een instructie opgesteld om te controleren of ze volledig beantwoordde aan de vooropgestelde specificaties?
312. Werden de resultaten van deze controles geregistreerd?

De standaard IEC 61511 hecht zeer veel belang aan de validatie van de beveiliging na de technische realisatie ervan.

Het doel van de validatie is het verzekeren door middel van tests en inspecties dat de beveiliging werkt overeenkomstig de specificaties.

De inspectie van een instrumentele beveiliging bij de indienststelling is veel ruimer dan de periodieke test. Bij de periodieke test kan men zich in principe beperken tot die aspecten van de kring die aan slijtage onderhevig zijn of die het voorwerp kunnen uitmaken van ongecontroleerde wijzigingen (met name alle functionaliteiten die in het DCS-systeem werden uitgevoerd). De testen bij de indienstname moeten er echter ook op gericht zijn om eventuele programmeer- en constructiefouten te detecteren.

De standaard IEC 61511 schrijft voor dat na wijzigingen aan de logica van de instrumentele beveiliging de volledige functionaliteit volledig dient getest te worden.

### **Inspectie na onderhoud of herstellingen**

- 313. Is er een procedure die voorschrijft dat na onderhoud van of herstellingen aan een instrumentele beveiliging, de beveiliging geheel of gedeeltelijk wordt getest?
- 314. Wanneer een klep wordt uitgebouwd voor revisie of onderhoud, wordt dan na het terug inbouwen van de klep getest of deze correct functioneert conform de specificaties van de instrumentele beveiliging (schakelgedrag, faalpositie, eventuele vertragingen, enz.)?

In functie van de omvang van het onderhoud of de herstellingen, dient vastgelegd te worden of de volledige instrumentele beveiliging of slechts een bepaald gedeelte ervan moet getest worden.

Kleppen die gereviseerd zijn, dienen opnieuw getest te worden. Mogelijke fouten die bij kleppen kunnen optreden, zijn: het omdraaien van de faalactie, het verkeerd of niet aangesloten zijn van de kabels van het stuursignaal, het verkeerd of niet aangesloten zijn van de kabels voor het terugmelden van de klepstand, ...

### **Verbinden van de metingen met de procesinstallatie**

- 315. Is er een systeem om te verzekeren dat meetelementen die bij werkzaamheden geïsoleerd werden van de installatie, na het beëindigen van de werken terug verbonden worden met de installatie?

Sommige meetelementen kunnen gescheiden worden van de procesinstallatie door middel van handafsluiters. Een typisch voorbeeld vormt een niveauschakelaar met een standpijp. Als men de kleppen naar de standpijp niet open zet, zal de beveiliging niet meer werken zoner dat dit wordt opgemerkt. Dit is een bijkomend argument om analoge metingen te gebruiken, die dan continu kunnen vergeleken worden met de normale controlemetingen (die per definitie in orde moeten zijn om te kunnen opstarten).

In vele ondernemingen geldt de afspraak dat enkel het productiepersoneel deze afsluiters mag bedienen. Het productiepersoneel is in dat geval verantwoordelijk om deze meetelementen terug in verbinding te stellen met de installatie nadat het onderhoudspersoneel er werken aan heeft uitgevoerd. Voor de opstart van een installatie zou de correcte stand van dergelijke afsluiters gecontroleerd moeten worden, bijvoorbeeld met behulp van een controlelijst.

## **4.2.2 De uitvoering van inspecties en herstellingen**

### **Planning en tijdige uitvoering van inspecties**

- 316. Kan een overzicht getoond worden van de meest recente inspecties die uitgevoerd zijn op de instrumentele beveiligingen?
- 317. Kan de planning getoond worden van de inspecties die voorzien zijn in de nabije toekomst?
- 318. Is er een werkwijze voor het opvolgen van de tijdige uitvoering van inspecties door het hoger management?
- 319. Kan een overzicht getoond worden van inspecties die niet op tijd werden uitgevoerd?
- 320. Wordt de uiterste inspectiedatum alleen overschreden na expliciete toestemming van het hoger management?

De inspecties worden tijdig ingepland om te garanderen dat de voorbereiding en uitvoering ervan de uiterste uitvoeringsdatum niet overschrijden. Bij het plannen van de inspecties wordt rekening gehouden met de planning van stilstanden.



Uit het overzicht van de uitgevoerde inspecties moet blijken dat de maximale inspectieintervallen niet overschreden werden. Indien dit toch gebeurt, moet dit ruim op voorhand aangevraagd worden aan het hoger management. Deze aanvraag omvat:

- de mogelijke gevolgen van een uitstel
- de argumentatie voor het uitstel
- op welke wijze de risico's onder controle gehouden worden, ondanks het uitstel
- de nieuwe uitvoeringsdatum.

Het overschrijden van de uiterste inspectiedatum gebeurt slechts na expliciete toestemming van het hoger management.

### **Rapportering van inspecties**

321. Kan van elke inspectie een rapport getoond worden?

322. Vermeldt het inspectierapport de identificatiecode van de geïnspecteerde beveiliging?

323. Vermeldt het inspectierapport de meetresultaten en observaties?

Het inspectierapport vermeldt:

- de identificatie van de instrumentele beveiliging die werd gecontroleerd
- de uitgevoerde controles
- de resultaten van deze controles.

Het is een goede praktijk om na de inspectie onmiddellijk feedback te geven aan de betrokken productieverantwoordelijken.

Indien uit de inspectie blijkt dat de instrumentele beveiliging niet meer voldoet aan de vooropgestelde vereisten, dan moeten onmiddellijk alternatieve maatregelen genomen worden om eenzelfde veiligheidsniveau te behouden. Er mag in dat geval niet gewacht worden op het officiële rapport.

### **Correcte uitvoering van herstellingen**

324. Werd na elke herstelling de functionaliteit van de instrumentele beveiliging getest?

325. Werd de uitvoering van deze test geregistreerd?

326. Is er een procedure die het testen van een instrumentele beveiliging na een herstelling voorschrijft?

Na een interventie aan een component van een detectiesysteem of van een automatische lekbeperkende maatregel, is er een verhoogd risico op een fout in het systeem. Daarom moet na elke interventie terug een volledige controle van de beveiliging gedaan worden, gelijkaardig aan deze bij de indienstname ervan.

## **4.2.3 Handelswijze bij niet-actieve maatregelen**

### **Beperking van toegang tot instrumentele beveiligingen**

327. Indien er drukknoppen of schakelaars aanwezig zijn om de instrumentele beveiligingen (of metingen ervan) te overbruggen, zijn deze schakelaars dan vergrendeld met een sleutel?

328. Indien de instrumentele beveiligingen uitgeschakeld kunnen worden via het controlesysteem (via een seriële link met het veiligheidssysteem), is de toegang tot deze functies in het controlesysteem dan beveiligd door middel van een code of sleutel?

329. Werden voor alle instrumentele beveiligingen de middelen om instrumentele beveiligingen te overbruggen (schakelaars, drukknoppen, seriële link met DCS) getest?

330. Is de toegang tot de sleutel, die toelaat om softwareaanpassingen aan te brengen in het programma van de veiligheids-PLC, gecontroleerd?

Schakelaars of drukknoppen om metingen te overbruggen, worden 'Process Override Switches' genoemd.

Sommige installaties zijn uitgerust met zogenaamde 'MOS' ('Maintenance Override Switches'), die toelaten om de meting uit dienst te nemen wanneer de component onderhoud of herstelling nodig heeft. Een MOS wordt dus in principe bediend door het onderhoudspersoneel.

Dit kan op 3 manieren gebeuren:

- in een ESD-kast met een schakelaar per instrument
- in het DCS-systeem
- in de controlekamer met vast bedrade ('hard wired') schakelaars.

Indien deze 'MOS' niet aanwezig zijn, dan zal het overbruggen meestal gebeuren door bedrading aan te brengen in klemmenkasten. Er is dan telkens een risico dat de bedrading niet of te laat terug wordt weggenomen.

Verschillende materiële maatregelen zijn mogelijk om het ongecontroleerd overbruggen te verhinderen. Indien de overbrugging via de ESD-kast gebeurt, is een sleutel vereist om de mogelijkheid tot overbrugging per meting actief te maken. Indien de overbrugging via DCS gebeurt, kan eveneens gewerkt worden met een sleutel of code. Deze sleutels mogen uiteraard niet permanent op de ESD-kast of op het DCS-systeem aanwezig zijn.

De TÜV (een internationale certificatie-instelling) schrijft voor dat indien het overbruggen gebeurt via DCS, er steeds een vast bedrade ('hard wired') schakelaar (of andere methode) moet zijn die alle overbruggingen uitschakelt.

Elke veiligheids-PLC heeft een sleutel die noodzakelijk is om softwareaanpassingen of overbruggingen ('forceren van signalen') te kunnen uitvoeren. Dit is niet dezelfde sleutel als deze voor de vrijgave van de 'MOS'. Deze sleutel mag niet permanent op het systeem blijven zitten, anders heeft deze vorm van beveiliging uiteraard weinig toegevoegde waarde.

De mogelijkheden om een instrumentele beveiliging uit dienst te nemen, moeten getest worden bij de indienstname van een nieuwe beveiliging of bij een wijziging aan een bestaande beveiliging. Voor instrumentele beveiligingen waarvoor een dergelijke test in het verleden niet werd uitgevoerd (of niet werd geregistreerd), verwachten de inspectiediensten dat de volledige werkingslogica vooralsnog wordt getest.

### **Signalisatie van overbrugde beveiligingen (of metingen) naar operatoren**

331. Wordt duidelijk zichtbaar gemaakt aan de operatoren in de controlezaal welke instrumentele beveiligingen uitgeschakeld zijn?

332. Wordt duidelijk zichtbaar gemaakt aan de operatoren in de controlezaal welke metingen uitgeschakeld zijn?

Individueel overbrugde instrumentele beveiligingen kunnen bijvoorbeeld zichtbaar gemaakt worden voor de operatoren via een overzichtspaneel waarop de uitgeschakelde kringen oplichten. Een alternatief is een signalisatie per installatie of per deel van de installatie.

Ook het gebruik van 'MOS' dient gevisualiseerd te worden, zodat er steeds een duidelijk (visueel) overzicht is welke metingen uit dienst zijn.

### **Bypassleiding over de klep**

333. Zijn de kleppen in eventuele 'bypass'leidingen over afstandsgestuurde afsluiters die deel uitmaken van een instrumentele beveiliging, verzegeld in gesloten positie?
334. Wordt de gesloten stand van deze kleppen periodiek gecontroleerd?
335. Is het openen van een dergelijke bypassklep onderworpen aan een procedure?

Een dergelijke bypassleiding kan bijvoorbeeld gebruikt worden om de klep te testen (te sluiten) zonder impact op de productie. In normale omstandigheden mag deze bypassleiding natuurlijk nooit openstaan.

### **Lokale bediening**

336. In het geval kleppen, die aangestuurd worden door een instrumentele beveiliging, lokaal bediend kunnen worden (via een schakelaar), heeft het signaal van de beveiliging voorrang op het signaal dat lokaal wordt gegeven?
337. In het geval een lokale bediening van een magneetventiel van een klep (die deel uitmaakt van een instrumentele beveiliging) mogelijk is, heeft de onderneming maatregelen getroffen om te vermijden dat er ongecontroleerd gebruik gemaakt wordt van deze mogelijkheid?

In sommige gevallen is ter hoogte van de klep een schakelaar voorzien om de klep ter plaatse te bedienen. Dit is vooral het geval bij zogenaamde 'MOV's' ('motor operated valves' of kleppen met een elektrische motor). Deze lokale bediening mag de beveiligingsfunctie niet uitschakelen. Daarom moet het signaal van de beveiliging voorrang krijgen op het lokale signaal. Dat moet blijken uit het logische schema van de beveiliging.

Sommige elektromagnetische stuurventielen voorzien in een 'manual override' die toelaat om de kleppen lokaal te bedienen. Deze voorziening is niet aan te raden voor kleppen in veiligheidstoepassingen.

### **Procedure voor niet-actieve instrumentele beveiligingen**

338. Is er een procedure voor het (geheel of gedeeltelijk) uit dienst nemen van een instrumentele beveiliging?
339. Voorziet deze procedure in het bepalen van alternatieve maatregelen?
340. Voorziet deze procedure in maatregelen om te vermijden dat de beveiligingen ongecontroleerd gedurende langere tijd uit dienst blijven?

Wanneer een instrumentele beveiliging uit dienst wordt genomen, verlaagt men het veiligheidsniveau van de installatie. Het is daarom noodzakelijk om formeel te evalueren of men de installatie in dienst kan houden. Als beslist wordt om de installatie in dienst te houden, moet men vastleggen onder welke voorwaarden dit kan gebeuren en hoelang deze tijdelijke situatie kan aanhouden.

Een defect aan een instrumentele beveiliging heeft hetzelfde effect op het veiligheidsniveau als de uitdienstname van een goed functionerende maatregel. Indien het defect niet onmiddellijk kan hersteld worden, dan moet men daarom dezelfde werkwijze volgen als bij de uitdienstname van een beveiliging.

Het is aangewezen om zowel voor een geplande uitdienstname van een instrumentele beveiliging als voor een defecte maatregel te werken met een formulier waarop de volgende velden zijn voorzien:

- datum van uitdienstname
- maximale duur van uitdienstname
- reden van uitdienstname
- tijdelijke alternatieve maatregelen
- goedkeuring van een bevoegd persoon.

### **Signalisatie van componenten van instrumentele beveiligingen**

341. Worden de componenten van een instrumentele beveiliging ter plaatse gemarkeerd als veiligheidskritisch?

Een dergelijke markering heeft als voornaamste bedoeling het vermijden van ongecontroleerde werkzaamheden aan componenten van instrumentele beveiligingen.



# 5

## Correctieve menselijke handelingen

### 5.1 *Analyse van correctieve menselijke handelingen*

#### 5.1.1 Identificatie en beschrijving

##### Identificatie

342. Zijn alle correctieve menselijke handelingen ('CMH') geïdentificeerd?

343. Is voor elke CMH gedocumenteerd welke procesparameter wordt bewaakt?

344. Werd de uiterste veilige waarde van deze parameter bepaald en gedocumenteerd?

Met 'correctieve menselijke handeling' ('CMH') wordt een maatregel bedoeld die bestaat uit:

- één of meerdere metingen
- een beslissingsorgaan
- een alarmsignaal
- een handeling die wordt uitgevoerd door één (of meerdere operatoren) als reactie op het alarmsignaal.

We beperken ons in deze vragenlijst tot CMH die:

- als doelstelling hebben om te voorkomen dat processtoringsen leiden tot een gevaarlijke vrijzetting van stoffen of energie uit de installatie
- noodzakelijk zijn om de gewenste risicoreductie te halen (zoals moet blijken uit de risico-evaluatie).

Niet alle alarmen van afwijkende procesparameters zijn dus te beschouwen als een onderdeel van een CMH in de context van deze vragenlijst. De hierna vermelde alarmen vallen buiten het toepassingsgebied.

- Alarmen en bijhorende acties die door het bedrijf niet in rekening worden gebracht bij de evaluatie van het risico van de betrokken processtoring. Vaak zijn dit alarmen die worden uitgevoerd als onderdeel van het controlesysteem, die nuttig zijn om het aanspreken van automatische beveiligingen te voorkomen, maar die niet voldoen

aan één of meerdere criteria van een veiligheidsmaatregel (onafhankelijkheid, betrouwbaarheid, effectiviteit).

- Alarmen van afwijkende procesparameters die, in geval ze niet (tijdig) gecorrigeerd worden, geen aanleiding geven tot een gevaarlijke vrijzetting van stoffen of energie.
- Alarmen die de activering signaleren van instrumentele beveiligingen.

De identificatie van de CMH zou in principe moeten volgen uit het onderzoek van de processtoringsen.

Uit dat onderzoek moet immers blijken welke menselijke tussenkomsten (na alarm) noodzakelijk zijn om de gewenste risicoreductie te halen.

Met automatische maatregelen kan men een grotere risicoreductie realiseren dan met CMH. De betrouwbaarheid van CMH wordt immers beperkt door de betrouwbaarheid van de menselijke component. Voor de beheersing van risico's van zware ongevallen geeft een CMH in de meeste gevallen onvoldoende risicoreductie. Waar mogelijk moet men de voorkeur geven aan automatische maatregelen.

### **Beschrijving**

345. Is voor elke CMH gedocumenteerd welke meetelementen het alarm genereren?
346. Is voor elke CMH gedocumenteerd bij welke waarde van de gemeten parameter het alarm wordt gegenereerd?
347. Is voor elke CMH gedocumenteerd welke operatoren verondersteld worden op het alarm te reageren?
348. Is voor elke CMH gedocumenteerd hoe en waar dit alarm wordt gesignaleerd?
349. Is voor elke CMH gedocumenteerd welke actie moet ondernomen worden bij het afgaan van het alarm?
350. Is voor elke CMH gedocumenteerd welke eidelementen moeten bediend worden?

De beschrijving van de werking en de technische uitvoering van een CMH kan bijvoorbeeld opgenomen worden in een specificatieblad (naar analogie met instrumentele beveiligingen) of in een operationele instructie.

Eidelementen zijn doorgaans kleppen, maar kunnen ook elektrische toestellen zijn (zoals motoren of pompen).

## **5.1.2 Effectiviteit**

### **Effect van de actie op het proces**

351. Kan worden aangetoond dat de corrigerende actie een voldoende impact heeft op het proces, om te voorkomen dat de uiterste grenswaarde van de bewaakte parameter overschreden wordt?
352. Kan het bedrijf aantonen dat er voldoende tijd is voor de operator(en) om de actie uit te voeren?
353. Kan worden aangetoond dat steeds voldoende operatoren beschikbaar zijn om de actie uit te voeren?

De corrigerende actie die wordt uitgevoerd moet voldoende 'impact' hebben om het overschrijden van de parameter die door de beveiliging bewaakt wordt, te voorkomen. In sommige gevallen is dat niet vanzelfsprekend. Denk bijvoorbeeld aan een noodkoeling die geactiveerd wordt om de oplopende druk in een reactor te beperken. Berekeningen moeten aantonen dat de noodkoeling wel degelijk in staat is om de nodige warmte af te voeren.

Een belangrijk aspect van de effectiviteit is de tijd waarbinnen moet gereageerd worden (alvorens de bewaakte procesparameter haar kritische waarde overschrijdt). De reactietijd

van een CMH is de som van de volgende tijden:

- de detectietijd (dit is de tijd nodig voor het meetelement om een bepaalde waarde te registreren)
- de beslissingstijd (dit is de tijd nodig om de meetsignalen te interpreteren; deze tijd is voor moderne PLC's doorgaans verwaarloosbaar)
- de tijd nodig voor de operator om het alarm op te merken
- de tijd nodig voor de operator om een juiste beslissing te nemen
- de tijd nodig voor de operator om de actie uit te voeren
- de tijd nodig om de actie haar effect te laten hebben op het proces (bijvoorbeeld: het opstarten van een noodkoeling leidt niet onmiddellijk tot de gewenste temperatuursdaling).

De tijdigheid van de interventie is bij menselijke tussenkomsten moeilijker te verzekeren dan bij automatisch werkende systemen. Mensen zijn immers trager dan machines als het aankomt op de verwerking van informatie. De tijd die een operator nodig heeft om een alarmsignaal op te vangen en op basis hiervan de juiste beslissing te nemen en over te gaan tot actie, is zeker niet verwaarloosbaar.

Indien een handeling in de installatie moet verricht worden, bijvoorbeeld het sluiten van een klep, dan moeten de verplaatsingstijd en de tijd nodig om de actie uit te voeren ook in rekening worden gebracht.

Een belangrijk aspect bij de reactietijd van de CMH is de alarmwaarde. Hoe verder de alarmwaarde verwijderd is van de kritische waarde (die niet mag overschreden worden), hoe vroeger het alarm in werking treedt en hoe meer tijd er is om de corrigerende actie uit te voeren.

Bij het bepalen van de minimale ploegbezetting moet men rekening houden met de eventuele aanwezigheid van CMH in het beveiligingsconcept van de installatie. Er moeten steeds voldoende operatoren aanwezig zijn om de CMH uit te voeren.

### **5.1.3 Onafhankelijkheid**

#### **Onafhankelijkheid van de metingen**

354. Zijn de meetelementen die voor de alarmen van de CMH gebruikt worden verschillend en gescheiden van de meetelementen die gebruikt worden voor de controle van de bewaakte parameter?

Als de CMH bescherming moet bieden tegen een situatie die veroorzaakt kan worden door een foutieve meting, dan mag diezelfde meting uiteraard geen deel uitmaken van de beveiliging.

Soms volstaat het niet om verschillende meettoestellen te gebruiken voor controle en beveiliging, maar moet ook aandacht besteed worden aan de montage. Wanneer de meting voor de controle en de meting voor de beveiliging op dezelfde aftakking gemonteerd zijn, dan zullen beide metingen uitgeschakeld worden wanneer deze aftakkingen afgesloten worden van het proces (bijvoorbeeld door een verstopping of een handafsluiter in gesloten positie).

#### **Onafhankelijkheid van het beslissingsorgaan en de operator**

355. Is het beslissingsorgaan dat voor de alarmering gebruikt wordt verschillend en volledig gescheiden van het beslissingsorgaan dat gebruikt wordt voor de controle van de bewaakte parameter?

356. In het geval het alarm kan geactiveerd worden door een verkeerde uitvoering van

bepaalde handelingen: is de operator die moet reageren op het alarm verschillend van de operator die de handelingen uitvoert?

Als de CMH bescherming moet bieden tegen een situatie die veroorzaakt kan worden door een fout in een beslissingsorgaan (b.v. een DCS-systeem), mag datzelfde controleorgaan in principe geen deel uitmaken van de beveiliging.

In de praktijk betekent dit dat afzonderlijke beslissingsorganen gebruikt worden voor controle en beveiliging.

Bepaalde ondernemingen integreren toch controlesystemen en beveiligingssystemen, ondanks het feit dat dit indruist tegen tal van standaarden en aanbevelingen op dit vlak (met inbegrip van IEC 61511 en IEC 61508). Dergelijke ondernemingen moeten zelf kunnen aantonen (aan de hand van een uitgebreid onderzoek) dat de kansen op gemeenschappelijke fouten in de controle- en beveiligingssystemen voldoende werden teruggedrongen. Zo moet rekening gehouden worden met de kans dat elektronische controlesystemen kunnen 'vastlopen', net zoals dit het geval is met computers voor dagelijks gebruik op kantoor. Verder kunnen er zich problemen voordoen met de grafische interface, waarbij niet de processoren maar wel de schermen 'bevriezen'. Er kunnen dan geen alarmen worden weergegeven, waardoor de operatoren de CMH niet kunnen uitvoeren.

Naast hardware fouten stelt zich het probleem van de fouten in de software (de geprogrammeerde logica). Over het algemeen worden in het controlesysteem courant wijzigingen aangebracht. Hierdoor is het mogelijk dat per ongeluk instellingen van alarmen van CMH aangepast worden of dat er bewust aanpassingen gebeuren aan dergelijke alarmen zonder dat de nodige procedures hiervoor werden gevolgd.

Ook de onafhankelijkheid van de operator moet verzekerd zijn. Als een processtoring kan optreden door een menselijke fout, dan mag men niet rekenen op de persoon die deze fout maakte om de correctieve menselijke actie uit te voeren. Beschouw bij wijze van voorbeeld de situatie waarbij een operator een vulling van een houder uitvoert. Het is de taak van de operator om het stijgende vloeistofpeil in de gaten te houden en de vulling te stoppen bij een bepaald niveau. Stel dat deze operator deze controletaak niet correct uitvoert (bijvoorbeeld omdat hij zijn werkpost verlaten heeft, of omdat hij in gesprek is met iemand, of in het algemeen omdat hij op een bepaald ogenblik onoplettend of verstrooid is). Men mag dan niet op dezelfde operator rekenen om wel tijdig het alarm op te merken en correct op dit alarm te reageren. In dit geval moet er een tweede operator beschikbaar zijn om te reageren op het alarm.

### **Onafhankelijkheid van de eindelementen**

357. Zijn de eindelementen die gebruikt worden in de CMH verschillend en volledig gescheiden van de eindelementen die gebruikt worden voor de controle van de bewaakte parameter?

Als de CMH bescherming moet bieden tegen een situatie die veroorzaakt kan worden door een fout in een eindelement (b.v. een klep die blokkeert in een bepaalde positie), dan mag datzelfde eindelement uiteraard geen deel uitmaken van de beveiliging.

Het scheiden van eindelementen betekent bijvoorbeeld dat verschillende magneetventielen worden gebruikt.



## 5.1.4 Betrouwbaarheid

### Signalisatie van de alarmen

- 358. Is er een duidelijk onderscheid in de wijze waarop alarmen van CMH worden gepresenteerd aan de operatoren ten opzichte van andere alarmen (waarschuwingen)?
- 359. In geval van een auditief alarm: is dit hoorbaar op de plaats waar de betrokken operatoren zich kunnen bevinden?
- 360. Zijn de eidelementen die geschakeld moeten worden als onderdeel van de CMH duidelijk gesignaleerd?

Alarmen van CMH'en verschillen van andere alarmen in die zin dat er binnen een bepaalde tijd een actie vereist is om een ongewenste vrijzetting te voorkomen. Het is dus belangrijk dat de operator een onderscheid kan maken tussen alarmen van CMH en andere alarmen.

De signalisatie van eidelementen moet voorkomen dat de verkeerde eidelementen worden geschakeld of dat er tijd verloren gaat met het zoeken naar het juiste eidelement.

### Aanwezigheid van een operator

- 361. Wordt verzekerd dat op de plaats waar het alarm gegeven wordt, steeds een operator aanwezig is die de CMH kan uitvoeren?

Wanneer het alarm niet (tijdig) wordt opgemerkt, kan er uiteraard ook geen (tijdige) corrigerende actie worden genomen.

### Opleiding

- 362. Is de reactie op alarmen opgenomen in de initiële opleiding van operatoren?
- 363. Is er een opleidingsprogramma om de reactie op alarmen periodiek op te frissen?

De betrouwbaarheid van de CMH wordt niet alleen bepaald door de goede staat van de apparatuur, maar ook door de correcte reactie van het betrokken personeel. Om dit te verzekeren, is het belangrijk dat de uitvoering van de corrigerende handeling periodiek aan bod komt in het opleidingsprogramma.

### Detectie van fouten en de reactie op fouten

- 364. Wordt een onderbreking (b.v. breuk, los contact) in de bekabeling van de meetelementen van CMH gesignaleerd aan de operatoren?
- 365. In geval de metingen van de CMH beschikken over zelfdiagnose: worden de gedetecteerde fouten gesignaleerd aan de operatoren?
- 366. Werd onderzocht of men de goede werking van metingen (van CMH) kan opvolgen door de meetwaarde te vergelijken met eventuele andere beschikbare meetresultaten (b.v. van meettoestellen gebruikt voor de controle)?
- 367. Wordt bij een (significant) verschil in meetwaarden een alarm gegenereerd?
- 368. Is de gewenste reactie op de alarmen als gevolg van de detectie van fouten vastgelegd?

Wanneer de draad van de elektrische voeding naar het meetinstrument breekt, dan valt het signaal van het meetinstrument naar het beslissingsorgaan uiteraard terug op 0 mA. Hetzelfde gebeurt bij breuk van de draad van het meetinstrument naar het beslissingsorgaan. Dit kan gesignaleerd worden aan de operator via een diagnosealarm of door het activeren van het procesalarm dat gekoppeld is aan de meting.

De meeste continue metingen sturen een elektrisch signaal naar het beslissingsorgaan dat (wanneer de gemeten waarde binnen haar bereik blijft) tussen de 4 mA en 20 mA ligt. Valt het signaal buiten dit interval, dan is dit een indicatie dat er iets mis is. Programmeerbare meetinstrumenten kunnen zodanig geprogrammeerd worden dat ze bij een gedetecteerde fout een signaal uitsturen groter dan 20 mA of lager dan 4 mA.

### **Faalpositie van de eidelementen**

369. Werd de faalpositie van de (automatische) kleppen bepaald?  
370. Indien het wenselijk is dat (persluchtgestuurde) kleppen bij uitval van perslucht nog bediend kunnen worden, werd hiervoor dan een plaatselijk persluchtreservoir voorzien?  
371. Wordt de druk in deze persluchtreservoirs opgevolgd?

Bij pneumatische actuatoren kan een onderscheid gemaakt worden tussen actuatoren van het type 'spring return' en deze van het type 'double acting'. Bij 'spring return'-actuators plaatst een veer de klep in een bepaalde positie wanneer de perslucht wegvalt (dit is de faalpositie van de klep). Bij 'double acting' pneumatische actuators blijft de klep in haar laatste positie staan, tenzij er lokaal een persluchtvat is voorzien. Het persluchtvat is zo aangesloten dat het automatisch in dienst komt bij het wegvallen van het luchtdruknet en dat het steeds door het luchtdruknet op druk gehouden wordt. Indien er echter een beschadiging is aan de luchtaansluiting tussen het persluchtvat en de klep, dan zal deze laatste niet meer sluiten.

Het magneetventiel zet een elektrisch signaal (komende van het beslissingsorgaan) om in een pneumatisch signaal. Als gevolg van de schakeling van het magneetventiel zal de perslucht naar de actuator gestuurd worden of zal de persluchtdruk van de actuator afgelaten worden. De vraag hier is dus wat er met de persluchtdruk naar de actuator gebeurt als er geen stroom gaat naar het magneetventiel. Indien de elektrische faalpositie niet gespecificeerd is, gaat men er meestal van uit dat deze identiek is aan de pneumatische faalpositie.

Wanneer de veilige faalpositie niet ondubbelzinnig kan bepaald worden of waar er een groot conflict is tussen operabiliteit en veiligheid, kan het wenselijk zijn dat de kleppen bij de uitval van perslucht nog bediend kunnen worden.

Het opvolgen van de druk in een lokaal persluchtreservoir kan gebeuren via periodieke inspecties ter plaatse of via een meting met alarm in de controlekamer.

### **Periodieke inspecties**

372. Zijn alle alarmen opgenomen in een inspectieprogramma?  
373. Is er voor elk alarm een instructie die vastlegt hoe het alarm wordt getest?  
374. Wordt het meetbereik van elk meetelement gecontroleerd?  
375. Wordt nagegaan of de alarmen ingesteld zijn bij de correcte waarden?  
376. Wordt nagegaan of de alarmen effectief gegenereerd worden bij de ingestelde waarden?  
377. Worden de diagnose-alarmen van meetelementen van CMH periodiek getest?  
378. Zijn de eidelementen die bediend worden bij de uitvoering van CMH opgenomen in een inspectieprogramma?  
379. Is voor elke inspectie een maximaal inspectie-interval bepaald?  
380. Kan de keuze voor een inspectie-interval van meer dan 12 maanden geargumenteed worden?

Een test van het alarm omvat:

- een controle van de goede werking van de meetelementen
- een controle van de goede werking van de signalisatie van het alarm (visueel en/of auditief).

Eindelementen die zelden of nooit bediend worden, moeten regelmatig geactiveerd worden om na te gaan of ze nog correct functioneren. Zowel kleppen die door perslucht of een elektrische motor geschakeld worden, als kleppen die met spierkracht geschakeld worden, moeten getest worden.

Bij afstandsgestuurde kleppen is het nodig dat zowel de manuele aansturing (b.v. via een drukknop) getest wordt als de goede werking van de klep zelf.

In de meeste gevallen is een inspectie-interval van 12 maanden voldoende. Langere inspectie-intervallen kunnen geargumenteed worden aan de hand van betrouwbaarheidsberekeningen of op basis van een voldoende ruime inspectie-ervaring met de onderdelen van de CMH. Er zijn specifieke situaties waarbij een inspectie-interval van 12 maanden te lang is. Sommige analysetoestellen hebben bijvoorbeeld om de drie maanden een onderhoud nodig. Kleppen in heel corrosieve omgevingen moeten om de paar maand geschakeld worden om niet vast te komen zitten. Een inspectie-interval moet uiteraard steeds geëvalueerd worden op basis van de testresultaten.

### **5.1.5 Risico's door werking**

#### **Risico's voor de operator**

381. Werden de risico's voor de operator die eventueel verbonden zijn aan het uitvoeren van de CMH in de installatie geïdentificeerd?

382. Werden de nodige maatregelen getroffen om de eventuele risico's voor de operator te beheersen?

Correctieve acties die moeten uitgevoerd worden in de installatie kunnen risico's inhouden voor de betrokken operator. Naast de risico's eigen aan de installatie, dient men rekening te houden met de tijdsdruk en het feit dat de installatie op het ogenblik van de handeling in storing is.

Door te kiezen voor eindelementen die vanop afstand bediend kunnen worden, kunnen de risico's bij een bediening ter plaatse vermeden worden.

#### **Risico's voor het proces**

383. Werden de risico's van de processtoringsen die het uitvoeren van de CMH met zich zouden kunnen meebrengen, onderzocht?

384. Werden de nodige maatregelen getroffen om de eventuele risico's voor het proces te beheersen?

Het plotseling onderbreken van een vloeistofstroom kan een drukstoot veroorzaken. Bij afstandsgestuurde noodafsluiters kan de sluitingstijd vertraagd worden om dit probleem te verhelpen.

Het plots onderbreken van een productstroom kan ook andere risico's veroorzaken in de onderdelen die stroomopwaarts of stroomafwaarts gelegen zijn.

Als een noodafsluiter gesloten wordt in de aanzuigleiding van een pomp, dan dient de pomp te worden uitgeschakeld om cavitatie en/of oververhitting te vermijden. Bij afstandsgestuurde noodafsluiters kan het sluiten van de noodafsluiter gekoppeld worden aan de automatische stopzetting van de pomp.

## **5.2 Beheer van correctieve menselijke handelingen**

### **5.2.1 In dienst nemen van de maatregel**

#### **Uitvoering van een inspectie bij indienstname**

385. Beschikt de onderneming over een procedure die voorschrijft dat het alarm en de eindelementen van een CMH bij de eerste indienstname en na wijzigingen getest moeten worden?
386. Is er een procedure die voorschrijft dat na onderhoud van of herstellingen aan een alarm of een eindelement van een CMH, deze onderdelen moeten worden getest?
387. Worden deze testen geregistreerd?

Bij de eerste indienstname moet de volledige functionaliteit getest worden, d.w.z. zowel de alarmering als de goede werking van de eindelementen.

Na wijzigingen of herstellingen kan de test zich beperken tot de gewijzigde onderdelen van de CMH.

#### **Opleiding van de operatoren vóór indienstname**

388. Wordt vóór de indienstname van een nieuw of gewijzigde CMH de nodige opleiding gegeven aan de operatoren die de corrigerende handelingen moeten uitvoeren?
389. Worden deze opleidingen geregistreerd?

Opleiding over CMH moet ook gegeven worden aan nieuwe operatoren. De opleiding van nieuwe operatoren wordt behandeld in het inspectie-instrument 'Operationele Handelingen' (CRC/SIT/006-N).

### **5.2.2 De uitvoering van inspecties en herstellingen**

#### **Planning en tijdige uitvoering van inspecties**

390. Kan een overzicht getoond worden van de meest recente inspecties die uitgevoerd werden op de alarmen en de eindelementen van de CMH?
391. Kan de planning getoond worden van de inspecties die voorzien zijn in de nabije toekomst?
392. Is er een werkwijze voor het opvolgen van de tijdige uitvoering van deze inspecties door het hoger management?
393. Kan een overzicht getoond worden van inspecties die niet op tijd werden uitgevoerd?
394. Wordt de uiterste inspectiedatum alleen overschreden na expliciete toestemming van het hoger management?

De inspecties worden tijdig ingepland om te garanderen dat de voorbereiding en uitvoering ervan de uiterste uitvoeringsdatum niet overschrijden. Bij het plannen van de inspecties wordt rekening gehouden met de planning van stilstanden.

Uit het overzicht van de uitgevoerde inspecties moet blijken dat de maximale inspectieintervallen niet overschreden werden. Indien dit toch gebeurt, dan moet dit ruim op voorhand aangevraagd worden aan het hoger management. Deze aanvraag omvat:

- de mogelijke gevolgen van een uitstel
- de argumentatie voor het uitstel
- op welke wijze de risico's onder controle gehouden worden, ondanks het uitstel
- de nieuwe uitvoeringsdatum.

Het overschrijden van de uiterste inspectiedatum gebeurt slechts na expliciete toestemming van het hoger management.

### **Rapportering van de inspecties**

395. Kan van elke inspectie een rapport getoond worden?

396. Vermeldt het inspectierapport de meetresultaten en observaties?

Het inspectierapport vermeldt:

- de aard van de uitgevoerde controles
- de resultaten van deze controles.

Het is een goede praktijk om na de inspectie onmiddellijk feedback te geven aan de betrokken productieverantwoordelijken.

Indien uit de inspectie blijkt dat de alarmen of de eidelementen niet meer voldoen aan de vooropgestelde vereisten, dan moeten onmiddellijk alternatieve maatregelen genomen worden om eenzelfde veiligheidsniveau te behouden. Er mag in dat geval niet gewacht worden op het officiële rapport.

## **5.2.3 Periodieke trainingen**

### **Planning en tijdige uitvoering van trainingen**

397. Kan een overzicht getoond worden van de meest recente trainingen waarin de CMH aan bod komen?

398. Kan de planning getoond worden van de trainingen die voorzien zijn in de nabije toekomst?

399. Is er een werkwijze voor het opvolgen van de tijdige uitvoering van trainingen door het hoger management?

CMH zijn geen routinehandelingen. Ze worden normaal gezien slechts zelden uitgevoerd, maar hun correcte uitvoering is belangrijk voor de veiligheid. In dat opzicht hebben ze veel gemeen met noodprocedures.

## **5.2.4 Handelswijze bij niet-actieve maatregelen**

### **Beperking van de toegang tot alarmen**

400. Indien er drukknoppen of schakelaars zijn om het alarm (of metingen ervan) te overbruggen, zijn deze drukknoppen en schakelaars dan vergrendeld met een sleutel?

401. Indien het alarm uitgeschakeld kan worden via het controlesysteem (via een seriële link met het veiligheidssysteem), is de toegang tot deze functies in het controlesysteem dan beveiligd door middel van een code of sleutel?

402. Is de toegang tot de sleutel, die toelaat softwareaanpassingen aan te brengen in het programma van de veiligheids-PLC, gecontroleerd?

Schakelaars of drukknoppen om metingen te overbruggen worden 'Process Override Switches' genoemd.

Sommige installaties zijn uitgerust met zogenaamde 'MOS' ('Maintenance Override Switches'), die toelaten de meting uit dienst te nemen wanneer de component onderhoud of herstelling nodig heeft. Een 'MOS' wordt dus in principe bediend door het onderhoudspersoneel.

Dit kan op 3 manieren gebeuren:

- in een ESD-kast met een schakelaar per instrument
- in het DCS-systeem
- in de controlekamer met vast bedrade ('hard wired') schakelaars.

Indien deze 'MOS' niet aanwezig zijn, dan zal het overbruggen meestal gebeuren door bedrading aan te brengen in klemmenkasten. Er is dan telkens een risico dat de bedrading niet of te laat terug wordt weggenomen.

Verskillende materiële maatregelen zijn mogelijk om het ongecontroleerd overbruggen te verhinderen. Indien de overbrugging via de ESD-kast gebeurt, is een sleutel vereist om de mogelijkheid tot overbrugging per meting actief te maken. Indien de overbrugging via DCS gebeurt, kan eveneens gewerkt worden met een sleutel of code. Deze sleutels mogen uiteraard niet permanent op de ESD-kast of op het DCS-systeem aanwezig zijn.

De TÜV (een internationale certificatie-instelling) schrijft voor dat indien het overbruggen gebeurt via DCS, er steeds een vast bedrade ('hard wired') schakelaar (of andere methode) moet zijn die alle overbruggingen uitschakelt.

Elke veiligheids-PLC heeft een sleutel die noodzakelijk is om softwareaanpassingen of overbruggingen ('forceren van signalen') te kunnen uitvoeren. Dit is niet dezelfde sleutel als deze voor de vrijgave van de 'MOS'. Deze sleutel mag niet permanent op het systeem blijven zitten. Op die manier heeft deze vorm van beveiliging uiteraard weinig toegevoegde waarde.

De mogelijkheden om een meting van een CMH uit dienst te nemen, moeten getest worden bij de indienstname van een nieuwe CMH of bij een wijziging aan een bestaande CMH. Voor CMH waarvoor een dergelijke test in het verleden niet werd uitgevoerd (of niet werd geregistreerd), verwachten de inspectiediensten dat de volledige werkingslogica vooralsnog wordt getest.

### **Procedure voor niet-actieve alarmen en eidelementen**

403. Is er een procedure voor het uit dienst nemen van een alarm of een eidelement van een CMH?
404. Voorziet deze procedure in het bepalen van alternatieve maatregelen?
405. Voorziet deze procedure in maatregelen om te vermijden dat de maatregelen ongecontroleerd gedurende langere tijd uit dienst blijven?

Wanneer CMH uit dienst wordt genomen, verlaagt men het veiligheidsniveau van de installatie. Het is daarom noodzakelijk om formeel te evalueren of men de installatie onder die omstandigheden in dienst kan houden. Als men beslist om de installatie in dienst te houden, dan moet men vastleggen onder welke voorwaarden dit kan gebeuren en hoe lang deze tijdelijke situatie kan aanhouden.

Een defect aan CMH, heeft hetzelfde effect op het veiligheidsniveau als de uitdienstname van een goed functionerende maatregel. Indien het defect niet onmiddellijk kan hersteld worden, dan moet men daarom dezelfde werkwijze volgen als bij de uitdienstname van een beveiliging.

Het is aangewezen om zowel voor een geplande uitdienstname van een CMH als voor een defecte maatregel, te werken met een formulier waarop de volgende velden worden voorzien:

- de datum van uitdienstname
- de maximale duur van de uitdienstname
- de reden van uitdienstname
- de tijdelijke alternatieve maatregelen
- de goedkeuring door een bevoegd persoon.

### **Signalisatie van componenten van CMH**

406. Worden de componenten van een CMH ter plaatse gemarkeerd als veiligheidskritisch?

Een dergelijke markering heeft als voornaamste bedoeling het vermijden van ongecontroleerde werkzaamheden aan componenten van CMH.

### **Bypass-leiding over de klep**

407. Zijn de kleppen in eventuele 'bypass'-leidingen over afstandsgestuurde afsluiters die deel uitmaken van een CMH, verzegeld in gesloten positie?

408. Wordt de gesloten stand van deze kleppen periodiek gecontroleerd?

409. Is het openen van een dergelijke bypass-klep onderworpen aan een procedure?

Een dergelijke bypass-leiding kan bijvoorbeeld gebruikt worden om de klep te testen (te sluiten) zonder dat dit een impact heeft op de productie. In normale omstandigheden mag deze bypass-leiding natuurlijk nooit openstaan.