



Kennisdocument **‘Industriële Procesbeveiligingen’**

Inter provinciaal Overleg



Kennisdocument

‘Industriële Procesbeveiligingen’

Opdrachtgever IPO Programmaleidersoverleg Externe Veiligheid
De heer M. de Boer (projectleider)
De heer D. Schaap (uitvoerend projectleider)

Opgesteld door Tebodin B.V.
Postbus 16029
2500 BA Den Haag
Telefoon 070 - 348 09 11
Fax 070 - 348 06 45
denhaag@tebodin.nl
www.tebodin.com

Auteur Ir. C. Assmann
Ir. M. Kroonen

Publicatienummer 279

Inhoudsopgave

	Samenvatting	5	6	Aandachtspunten	30
1	Projectdoelstelling en kaderstelling	7	6.1	Wet en regelgeving	30
1.1	Initiatief en verantwoording	7	6.1.1	Europese wet- en regelgeving en richtlijnen	30
1.2	Doel van het document	7	6.1.2	Nederlandse wet- en regelgeving en richtlijnen	31
1.3	Inventarisatie en registratie van andere IPO thema's	8	6.2	Milieuvergunningverlening	32
1.3.1	IPO 02: Kennisbank	8	6.2.1	Emissies	33
1.3.2	IPO 03: Kennisnetwerk	8	6.2.2	Energiegebruik	33
1.3.3	IPO 04: Scholing	8	6.2.3	Afvalstromen	34
1.3.4	IPO 06: EV in de milieuvergunning	8	6.2.4	Geluid	34
1.4	Relatie tussen de PGS publicaties en het IPO kennisdocument	9	6.3	BRZO-inspecties	34
1.5	Project resultaten	9	7	Afkortingen en definities	35
1.6	Uitgangspunten	9		Bijlagen	37
2	Inleiding en leeswijzer	10	1	Meetmethoden	38
3	Veiligheid	11	2	Factsheets Procesbeveiligingen	46
3.1	Veiligheid in processen	11	2A	Niveau procesvat	47
3.1.1	Veiligheidsmanagementsysteem	11	2B	Drukbeveiliging in procesvat	50
3.1.1.1	OHSAS 18001	12	2C	Temperatuur in procesvat	55
3.1.1.2	ISO 14001	13	2D	pH meting in leidingen en procesvaten	59
3.1.2	Procesregeling en procesbeveiliging	13	2E	Niveau in atmosferische opslag	62
3.2	Vlinderdasmodel	14	2F	Drukbeveiliging in opslagtanks	66
4	Beveiligingsconcepten	16	2G	Stroming in leiding	71
4.1	Inherente veiligheid	16	2H	Druk pomp	75
4.2	Safety Integrity Level	17	2I	Temperatuurbeveiliging pomp	78
4.3	Line Of Defence	20	2J	Niveau verlading	81
4.4	Safety Instrumented System	20	2K	Druk bij verlading	84
4.4.1	Werking beveiliging	20	2L	Drukverschil over afscheider	88
4.4.2	Ontwerp beveiligingssystemen	21	2M	Temperatuur in afscheider	91
5	Gevaarsaspecten	23	2N	Temperatuur in een warmtewisselaar	94
5.1	Oorzaken ongevallen	23	2O	Zuurstofmeting	97
5.2	Scenario's	23	2P	Rookgasanalyse	100
5.2.1	Brand	24	2Q	Explosie van gas of damp	102
5.2.2	Explosie	25	2R	Positie afsluiter	105
5.2.2.1	BLEVE	27	2S	Fakkelen	109
5.2.3	Toxische wolk	28	2T	Compressor	113
5.2.4	Runaway reactie	28		Colofon	114
5.2.5	Milieuscenario's	29			

Samenvatting

Dit document dient om op een zo overzichtelijk mogelijke manier inzicht te geven in de wijze waarop procesbeveiligingen hun toepassing vinden in de procesindustrie. Het doel van het Nederlandse beleid voor externe veiligheid is het beheersen van risico's voor de omgeving bij gebruik, opslag en vervoer van gevaarlijke stoffen. Om de risico's met het werken met gevaarlijke stoffen te beperken moeten bedrijven die vallen onder het BRZO-1999 een veiligheidsbeheerssysteem opstellen, waarin het pakket aan maatregelen is opgenomen dat is geïmplementeerd bij dat bedrijf. Ook niet-BRZO bedrijven kunnen gebruik maken van beveiligingen bij hun processen. Een procesregeling kan worden ingezet om ervoor te zorgen dat een proces of opslag onder vastgestelde omstandigheden blijft. Wanneer er een kans bestaat dat de procesomstandigheden zodanig worden dat een gevaarlijke situatie dreigt te ontstaan, kan een procesbeveiliging ingezet worden.

Bij het ontwerp van een installatie moet al rekening worden gehouden met veiligheid. Dit kan bijvoorbeeld door een fabriek zodanig te ontwerpen dat deze inherent veilig is. Basis van inherente veiligheid is het voorkomen van gevaren in plaats van het beschermen daartegen.

De maat voor de betrouwbaarheid van een procesbeveiliging kan worden uitgedrukt in het Safety Integrity Level (SIL). Om een bepaalde SIL te bereiken kunnen verschillende Lines of Defence (LOD) ingezet worden. Er zijn verschillende analysemethodieken geschikt om procesafwijkingen systematisch op te sporen en de werking van de LOD's te beoordelen.

Bij de toepassing van SIL worden instrumentele beveiligingen pas in overweging genomen nadat alle niet-instrumentele beveiligingen zijn beoordeeld. De SIL bepaalt dan de betrouwbaarheid waarmee de instrumentele beveiliging het restrisico moet reduceren om tot een aanvaardbaar risico te komen. De vereiste betrouwbaarheid (SIL) wordt uitgedrukt in Probability of Failure on Demand (PFD). Er is een ontwikkeling gaande om ook de betrouwbaarheid van niet-instrumentele LOD's uit te drukken in een SIL. Een instrumenteel beveiligingssysteem, in het Engels aangeduid als Safety Instrumented System (SIS) verzorgt functies voor het bereiken of behouden van een veilige staat van het proces wanneer onacceptabele of gevaarlijke procescondities worden gedetecteerd. Het SIS werkt gescheiden en onafhankelijk van het reguliere besturingssystemen en is samengesteld met vergelijkbare elementen (sensor, processor en regelapparaat en signaalleidingen).

PGS 6 omschrijft mogelijke oorzaken voor zware ongevallen, welke kunnen worden uitgesplitst in basisoorzaken. In de factsheets, in bijlage 1 van dit document, wordt teruggegrepen op de in de PGS behandelde basisoorzaken.

Relevante regelgeving op het gebied van veiligheid is terug te vinden in:

- Seveso II-richtlijn;
- Richtlijn druksysteem;
- ATEX 95 en 137;
- BRZO-1999;
- PGS 6 en diverse andere PGS-en;
- IPPC;
- IEC 61508;
- Machinerichtlijn.

Een bijwerking van de inzet van een procesbeveiliging kan zijn dat negatieve gevolgen voor het milieu worden voorkomen, indien de procesbeveiliging bijvoorbeeld voorkomt dat schadelijke stoffen vrijkomen. Er zijn echter ook situaties denkbaar waarbij toepassing van de procesbeveiliging zorgt voor een grotere milieuschade, bijvoorbeeld indien door toepassing van de procesbeveiliging schadelijke stoffen worden afgeblazen naar de atmosfeer. Primair doel van de beveiligingen is het voorkomen van gevaarlijke situaties, beveiligingen zijn niet altijd een geschikt instrument om in te zetten ter voorkoming van milieuschade.

Dit document heeft als doelgroep Wm-vergunningverleners en (BRZO-)inspecteurs en beoogt hen meer bagage mee te geven over procesbeveiligingen, zodat men bij vergunningverlening of BRZO-inspecties de juiste vragen kan stellen. De lezers met een opleiding tot procestechnoloog zullen voldoende kennis hebben over dit onderwerp, voor hen kan dit document dienen als naslagwerk.

1 Projectdoelstelling en kaderstelling

1.1 Initiatief en verantwoording

Het veiligheidsbeleid ten aanzien van de vergunning op grond van de Wet milieubeheer (Wm) is de laatste jaren uitgebreid en zal o.a. door de komst het Besluit externe veiligheid inrichtingen (Bevi), in de komende jaren stringenter worden.

Er bestaat bij vergunningverleners van provincies en gemeenten op een aantal deelterreinen onduidelijkheid over, en onbekendheid met, de ‘stand der techniek’ en de best voorhanden zijnde middelen (‘best practical means’) ten aanzien van de mogelijke technische veiligheidsvoorzieningen. Dit is echter noodzakelijk als er in verband met het Besluit Externe Veiligheid Installaties (BEVI) overleg gevoerd moeten worden over verdergaande maatregelen om het Plaatsgebonden – en Groep Risico, respectievelijk PR en GR te verkleinen. De PGS richtlijnen zijn deels achterhaald en geven vaak onvoldoende houvast voor de vergunningverleners. De intensivering van het veiligheidsbeleid vereist instrumenten die op nationaal niveau meer houvast en uniformiteit verschaffen in vergunningverlening en handhaving.

In dit kader is het IPO 09 initiatief ontwikkeld met als doelstelling de stand der veiligheidstechniek in beeld te brengen. Als eerste project is gekozen voor een breed toepasbaar en industrie overschrijdend pilot project ‘Vloeibare bulk op -en overslag in tanks’. Het onderliggende kennisdocument betreft een eveneens breed toepasbaar onderwerp ‘Industriële procesbeveiligingen’.

Ten tijde van de opstelling van dit document bestond de projectgroep uit de volgende leden:

- | | |
|--------------------|---|
| • Marcel den Boer | Provincie Zeeland (projectleider) |
| • Dick Schaap | Provincie Zeeland (uitvoerend project leider) |
| • Leo van der Klip | Provincie Zeeland |
| • Jos Veerkamp | Provincie Groningen |
| • Jos van Liempt | Arbeidsinspectie |
| • Ton Graal | DCMR |

Het rapport is opgesteld door Tebodin BV onder leiding van de heer Carsten Assmann in samenwerking met mevrouw Mirjam Kroonen.

1.2 Doel van het document

Doel van dit document is het beschikbaar stellen van een kennisdocument waarin kennis en inzicht met betrekking tot de ‘stand der techniek’ en ‘best practical means’ zijn gebundeld.

Dit document is aanvullend op de wegwijzer veiligheid in de Wm vergunning en het overzicht standaard vergunningvoorschriften (externe) veiligheid en PGS richtlijnen.

Het geeft invulling aan de Best Bestaande Technieken (BBT's) t.a.v. procesveiligheid middels een beschrijving van de stand der techniek (technisch en organisatorisch) binnen branches, en 'best means' in de industrie voor toepassing in bijzondere omstandigheden (dreigende overschrijding van EV-normen).

Dit document heeft als doelgroep Wm-vergunningverleners en (BRZO-)inspecteurs en beoogt hen meer bagage mee te geven over procesbeveiligingen, zodat men bij vergunningverlening of BRZO-inspecties de juiste vragen kan stellen. De lezers met een opleiding tot procestechnoloog zullen voldoende kennis hebben over dit onderwerp, voor hen kan dit document dienen als naslagwerk.

Dit document behandelt veel voorkomende procesbeveiligingen. Procesbeveiligingen die minder regelmatig voorkomen worden niet behandeld. Ook beperkt dit document zich tot beveiligingen die procesparameters detecteren en naar aanleiding hiervan een actie initiëren. Beveiligingen buiten het proces, zoals rookmelders, worden niet behandeld.

In dit document worden geen voorschriften over beveiligingen voorgesteld. Hiertoe zijn andere kaders, zoals kaderstelling externe veiligheid, voorhanden.

1.3 Inventarisatie en registratie van andere IPO thema's

In IPO-verband worden o.a. de volgende gerelateerde projecten uitgevoerd:

1.3.1 IPO 02: Kennisbank

Doel van het project is het realiseren van een nationale Kennisbank Externe Veiligheid waarin resultaten, ervaringen, gegevens, kennis en deskundigheid die met afgeronde en lopende EV projecten door EV professionals is/wordt opgedaan, wordt opgeslagen.

1.3.2 IPO 03: Kennisnetwerk

Doel van het project is het realiseren een volwaardig, functionerend Kennisnetwerk Externe Veiligheid voor en door EV professionals. Het netwerk fungeert als instrument voor uitwisseling van kennis over EV-onderwerpen aan de hand waarvan platforms zijn geformeerd.

1.3.3 IPO 04: Scholing

In dit project zijn een aantal cursussen ontwikkeld, o.a. externe veiligheid voor vergunningverleners.

1.3.4 IPO 06: EV in de milieuvergunning

Doelstelling van dit project is om externe veiligheid op een efficiënte en uniforme wijze een volwaardige plaats in de milieuvergunning laten innemen door ontwikkeling van een selectiepakket met teksten voor aanvraag, considerans en voorschriften en een beheersstructuur voor de toekomst.

1.4

Relatie tussen de PGS publicaties en het IPO kennisdocument

De PGS publicaties komen tot stand op basis van actuele kennis en na overleg tussen rijk, provincies (IPO), gemeenten (VNG) en bedrijfsleven (VNO-NCW, MKB-Nederland). De publicaties zijn een advies aan het betreffende bevoegd gezag waarvan gemotiveerd kan worden afgeweken.

De PGS Publicaties worden toegepast in standaard gevallen, het onderliggend IPO rapport kan worden toegepast in gevallen waarin de PGS niet voorziet en in geval dat het Bevoegd Gezag de risico's verder wil verkleinen met de Best Bestaande Technieken.

Naar het oordeel van IPO kan met de adviezen in veel gevallen een invulling worden gegeven aan het overleg tussen overheid en bedrijfsleven over het verantwoord omgaan met gevaarlijke stoffen of de wijze waarop effecten en risico's worden berekend en in beeld gebracht

1.5

Project resultaten

Het project heeft geresulteerd in voorliggend document, dat bestaat uit een basisdocument, waarin men de achtergrondinformatie kan vinden over veiligheid, beveiligingsconcepten en gevaarsaspecten, en factsheets waarin voor de meest voorkomende informatie wordt gegeven over aandachtspunten bij meting, werking en praktijkvoorbeelden van procesbeveiligingen.

1.6

Uitgangspunten

Uitgangspunten gebruiker document:

Dit document is geschreven voor (BRZO-)inspecteurs en vergunningverleners. Er wordt vanuit gegaan dat de gebruiker over basiskennis beschikt met betrekking tot processen en procesbeveiliging. Verder wordt aangenomen dat de gebruiker behoefte heeft aan overzichtelijke en beknopte informatie.

Uitgangspunten procesbeveiligingen:

Dit document behandelt de veel voorkomende instrumentele procesbeveiligingen. Beveiligingen die niet rechtstreeks ingrijpen in het proces, zoals gas- en branddetectie en breekplaten, of beveiligingen die niet veel worden toegepast, zoals beveiliging op vulsystemen van vrachtwagens, worden niet behandeld.

Uitgangspunten gebruik procesbeveiligingen:

Er wordt vanuit gegaan dat procesbeveiligingen worden toegepast in processen waarbij veiligheid reeds in de ontwerpfase is meegenomen. Verder wordt aangenomen dat aanwezig personeel bekend is met de werking van de beveiligingen en weet hoe hiermee om te gaan.

2 Inleiding en leeswijzer

In de huidige samenleving en de ruimte indeling in een land als Nederland is een goed veiligheidsbeleid noodzakelijk. Het is dan ook van belang dat dit beleid eenduidig wordt toegepast bij zowel vergunningverlening als bij de veiligheidsinspecties (BRZO-inspecties) bij bedrijven waarop dit beleid van toepassing is. Maar ook voor niet-BRZO-bedrijven is een goed veiligheidsbeleid zinvol.

Dit document is opgesteld om eenduidigheid te bewerkstelligen bij het beoordelen van procesbeveiligingen en een leidraad te bieden in de informatie die voorhanden is. Er wordt op een zo overzichtelijk mogelijke manier inzicht gegeven in de wijze waarop procesbeveiligingen hun toepassing vinden in de procesindustrie.

In hoofdstuk 3 wordt ingegaan op veiligheid in het algemeen. Er wordt onder meer ingegaan op veiligheidsaspecten in de procesindustrie en het zogenoemde 'vlinderdasmodel'. Hoofdstuk 4 gaat verder in op beveiligingsconcepten. Safety Integrated Systems (SIS), Safety Integrity Levels (SIL), het ontwerp van het veiligheidssysteem en de probability of failure on demand (PFD) zijn hierbij onderwerpen die besproken worden. De gevaarsaspecten worden behandeld in hoofdstuk 5. Hier wordt ook ingegaan op de incidenten die kunnen optreden. Bijvoorbeeld een BLEVE en een run-away reactie zullen hier nader worden toegelicht. Hoofdstuk 6 gaat in op aandachtspunten bij vergunningverlening en inspectie. Bijlage 1 behandelt de verschillende meetmethoden, die veel gebruikt zijn in beveiligingen. De factsheets, in bijlage 2, behandelen de toepassing van veelgebruikte beveiligingen in verschillende situaties.

3

Veiligheid

Productie, vervoer en opslag van gevaarlijke stoffen leveren risico's op voor mens en milieu. Veiligheidsrisico's zijn nooit helemaal weg te nemen: dit is economisch en praktisch niet haalbaar. Daarom wordt er door het bevoegd gezag steeds een afweging gemaakt tussen veiligheid, haalbaarheid en kosten. Het Nederlandse kader met betrekking tot veiligheid is vastgelegd in de Wet milieubeheer en Arbowetgeving. Eisen met betrekking tot veiligheid bij het omgaan met gevaarlijke stoffen zijn onder andere vastgelegd in het Besluit Risico's Zware Ongevallen 1999 (BRZO-1999) en in de PGS-richtlijnen.

Er is specifiek beleid met betrekking externe veiligheid. Externe veiligheid beschrijft de kans dat personen in de omgeving van een activiteit waar met gevaarlijke stoffen wordt gewerkt slachtoffer worden van een ongeval met die stoffen. Het Nederlandse beleid ten aanzien van externe veiligheid is vooral gericht op de kans op overlijden. Doel van het beleid voor externe veiligheid is het beheersen van risico's voor de omgeving bij gebruik, opslag en vervoer van gevaarlijke stoffen. Interne veiligheid is de kans dat personen die met gevaarlijke stoffen werken, zoals werknemers, slachtoffer worden. [1].

3.1

Veiligheid in processen

Bedrijven die werken met gevaarlijke stoffen moeten maatregelen nemen om de risico's van het werken met deze stoffen beperken. De maatregelen kunnen bestaan uit puur organisatorische maatregelen, puur technische maatregelen of uit een combinatie van beide. Maatregelen kunnen zowel preventief als repressief van aard zijn.

3.1.1

Veiligheidsmanagementsysteem

Veiligheidsmanagementsystemen zijn nodig om de doelgerichte en betrouwbare werking van veiligheidsmaatregelen en –voorzieningen te borgen. Tot deze veiligheidsmaatregelen en –voorzieningen behoren ook procesbeveiligingen.

In het licht van BRZO-1999 bestaat het Veiligheidsmanagementsysteem (VMS) uit het Preventiebeleid Zware ongevallen (PBZO) en het ter uitvoering en ter vaststelling van dit beleid opgestelde en geïmplementeerde veiligheidsbeheerssysteem (VBS). Het PBZO is het beleid dat op basis van het BRZO-1999 moet worden uitgevoerd ter voorkoming van zware ongevallen en de beperking van de gevolgen daarvan. In het VBS wordt het pakket aan maatregelen opgenomen dat ter beheersing van de risico's van zware ongevallen met gevaarlijke stoffen is geïmplementeerd bij het bedrijf.

De eisen voor een VMS zijn beschreven in de norm NTA 8620. Op basis van het BRZO-1999 zijn bepaalde bedrijven die met grote hoeveelheden gevaarlijke stoffen werken, wettelijk verplicht een dergelijk VMS in te voeren.

In het BRZO-1999 is beschreven welke onderdelen het VBS moet bevatten. Dit zijn de 7 elementen [2].

1. de organisatie en het personeel;
2. de identificatie van de gevaren en de beoordeling van risico's van zware ongevallen;
3. beheersing van de uitvoering;

4. wijze waarop wordt gehandeld bij wijzigingen;
5. planning voor noodsituaties;
6. toezicht op de prestaties;
7. audits en beoordeling.

De organisatie en de werknemers: de taken en verantwoordelijkheden van het personeel dat op alle organisatorische niveaus bij het beheersen van de risico's van zware ongevallen is betrokken, het onderkennen van de behoefte aan opleiding van dat personeel, de organisatie van die opleiding en de deelname daaraan door het personeel, de aannemers en onderaannemers.

De identificatie van de gevaren en de beoordeling van de risico's van zware ongevallen: de vaststelling en de toepassing van procedures voor de systematische identificatie van de ongewenste gebeurtenissen die tot zware ongevallen kunnen leiden die zich bij normale en afwijkende bedrijfsomstandigheden kunnen voordoen, en de beoordeling van de kans op en de omvang van die ongevallen.

Beheersing van de uitvoering: de vaststelling en de toepassing van procedures en instructies voor de beheersing van de veiligheid van de bedrijfsvoering, met inbegrip van het onderhoud van de installaties en de tijdelijke onderbrekingen.

Wijze waarop wordt gehandeld bij wijzigingen: de vaststelling en toepassing van procedures voor de planning van wijzigingen met betrekking tot de inrichting of onderdelen daarvan dan wel met betrekking tot het ontwerpen van een nieuw procédé.

Planning voor noodsituaties: de vaststelling en de toepassing van procedures voor de systematische identificatie van noodsituaties alsmede voor het uitwerken, beoefenen en toetsen van de noodplannen.

Toezicht op de prestaties: de vaststelling en de toepassing van procedures voor de permanente beoordeling van de inachtneming van de doelstellingen van het beleid ter voorkoming van zware ongevallen en van het veiligheidsbeheerssysteem, alsmede de invoering van regelingen voor onderzoek en correctie bij het niet in acht nemen daarvan. Tot deze procedures behoren het systeem voor de meldingen van zware ongevallen en bijna-ongevallen, met name die waarbij de beschermende maatregelen hebben gefaald, het onderzoek daarnaar en de nazorg, een en ander op grond van de ervaringen uit het verleden.

Audits en beoordeling: de vaststelling en de toepassing van procedures voor de systematische periodieke evaluatie van het beleid ter voorkoming van zware ongevallen en van de doeltreffendheid en de deugdelijkheid van het veiligheidsbeheerssysteem alsmede voor de met documenten gestaafde analyse door de directie van de resultaten van het gevoerde beleid, van het veiligheidsbeheerssysteem en van de actualisering daarvan.

3.1.1.1

OHSAS 18001

Hierboven is vermeld hoe een VMS conform BRZO-1999 vormgegeven kan worden. Bedrijven zijn vrij in de wijze waarop zij het VMS implementeren. Een middel hiertoe is certificering volgens OHSAS 18001.

OHSAS staat voor Occupational Health and Safety Assessment Series. OHSAS 18001 bevat eisen voor een arbomanagementsysteem waarmee een organisatie de arborisico's, die verband houden met de activiteiten van de organisatie, kan beheersen en de prestatie van het systeem kan verbeteren.

OHSAS is geen internationale norm, maar is in veel landen wel geaccepteerd als certificeerbare norm voor arbomanagementsystemen. Het heeft in de eerste plaats betrekking op arbeidsomstandigheden en niet op

de veiligheid van producten en diensten. Een arbomanagementsysteem op basis van OHSAS bestaat uit de volgende onderdelen:

1. arbobeleid;
2. planning;
3. implementatie en uitvoering;
4. controle en corrigerende maatregelen;
5. beoordeling door de directie.

Een organisatie kan worden gecertificeerd op basis van OHSAS wanneer gewerkt wordt met een compleet arbomanagementsysteem. Tijdens het certificatieonderzoek wordt beoordeeld of alle elementen van het arbomanagementsysteem daadwerkelijk volgens de norm zijn geïmplementeerd. Vervolgens wordt nagegaan of het systeem ook in de praktijk functioneert. Een belangrijke eis, en voorwaarde voor certificatie, is of de organisatie voldoet aan alle eisen uit wet- en regelgeving. Het arbobeleid moet gericht zijn op de beperking van arborisico's en -gevaaren en op continue verbetering. [3]

3.1.1.2

ISO 14001

Waar het OHSAS zich vooral richt op arborisico's, richt het ISO 14001 zich vooral op het beheersen en verbeteren van de prestaties op milieugebied. ISO 14001 is een internationale norm die aangeeft waaraan een goed milieumanagementsysteem zou moeten voldoen. Een milieumanagementsysteem kan ook worden gecertificeerd volgens deze norm. Uitgangspunten van ISO 14001 zijn voldoen aan wet- en regelgeving en het beheersen van milieurisico's, en streven naar een permanente verbetering van de milieuprestaties van de organisatie.

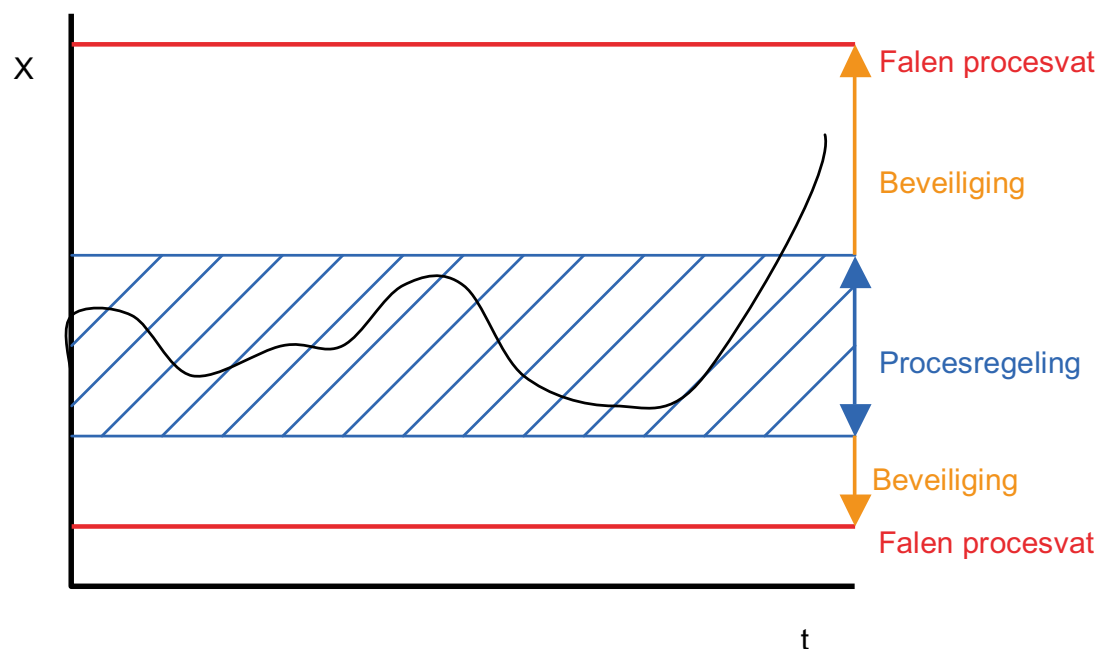
3.1.2

Procesregeling en procesbeveiliging

Een proces of opslag van gevaarlijke stoffen kent ideale omstandigheden. Een procesregeling dient ervoor om in te grijpen wanneer deze ideale omstandigheden overschreden dreigen te worden. Dit is te zien in onderstaande figuur (waarin X de te meten grootheid voorstelt, bijvoorbeeld druk of temperatuur, en t de tijd) als de blauw-gearceerde strook. Een procesbeveiliging dient als beveiliging voor het falen van bijvoorbeeld procesvat, opslagtank of apparatuur. De beveiliging grijpt in om te voorkomen dat de belastinggrenzen overschreden worden.

Figuur 3.1

Ingrijpen procesregeling en procesbeveiliging



Bij voorkoming van het ontstaan van een LOC (Loss Of Containment) dient aandacht besteed te worden aan oorzaakbestrijding en gevolg bestrijding.

Oorzaakbestrijding wordt vaak geïnitieerd door de procesregeling. Wanneer deze ingrijpt, is er meestal nog voldoende tijd om te voorkomen dat de apparatuur faalt. De maatregelen zijn gericht op het blijven doorgaan van het proces of de activiteit.

Effectbestrijding wordt pas ingezet wanneer er niet voldoende tijd meer is om de LOC te voorkomen.

Effectbestrijding is vaak een taak van de procesbeveiliging. Maatregelen zijn gericht op het veilig stoppen van het proces en het voorkomen van onveilige situaties.

Een beveiliging heeft functies zoals alarmering, bescherming en herstel. Verder zijn er verschillende manieren waarop een organisatie in deze functies kan voorzien (ingebouwde veiligheidssystemen, procedures, training, persoonlijke beschermingsmiddelen, etc. [4] Een beveiliging kan ingedeeld worden in verschillende gradaties:

- 1^e niveau alarmering: actie operator;
- 2^e niveau alarmering: noodstop / insluiten deelsysteem;
- 3^e niveau alarmering: noodstop systeem.

Er zijn situaties denkbaar waarbij het ongewenst is de beveiliging aan te spreken, bijvoorbeeld wanneer door aanspreken van een veerbeveiliging een zeer grote hoeveelheid gas geëmitteerd wordt en grote milieuschade of zelfs een zeer onveilige situatie kan ontstaan. In dit soort gevallen moeten regelingen en beveiligingen die vóór de veerbeveiliging worden aangesproken zodanig betrouwbaar zijn, dat het aanspreken van de veerbeveiliging vrijwel wordt uitgesloten.

3.2

Vlinderdasmodel

Maatregelen voor het beheersen van veiligheidsrisico's worden vaak weergegeven in scenario's in de vorm van een vlinderdasmodel.

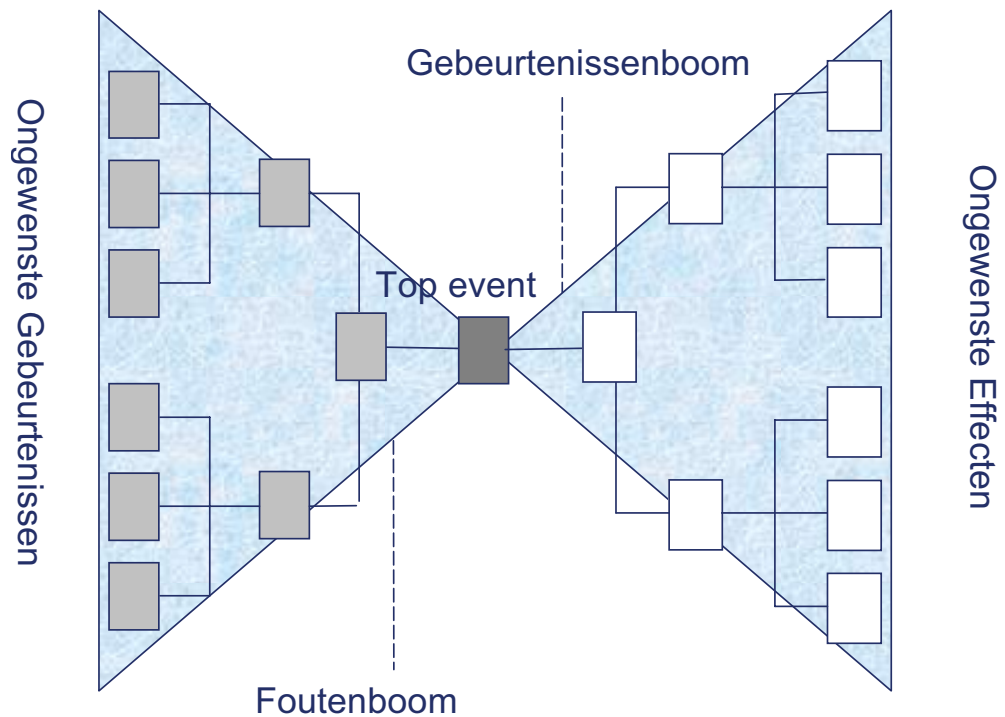
Het hart van de vlinderdas vormt een ongewenste, onveilige situatie, in onderstaand figuur een top event, zoals het vrijkomen van een gevaarlijke stof, het loss of containment (LOC).

De linkerkant van de vlinderdas is de foutenboom waarmee de keten van fouten wordt beschreven vanaf basisoorzaken tot de directe oorzaak van het falen van de omhulling. In dit deel zijn ook de preventieve maatregelen te vinden, die zijn gericht op het voorkomen van het vrijkomen van de gevaarlijke stof.

De rechterkant van de vlinderdas is de gebeurtenissenboom waarmee de keten van vervolgebeurtenissen vanaf het vrijkomen van een gevaarlijke stof tot de uiteindelijke schade wordt beschreven. Hier zijn ook de repressieve maatregelen te vinden, die zijn gericht op het beperken van de gevolgen van het vrijkomen van een gevaarlijke stof.

Figuur 3.2

Het vlinderdasmodel



Met dit model kan een complete beschrijving worden gegeven van de basisoorzaak, een gebeurtenis die kan leiden tot een top event, dat vervolgens in schade-effecten resulteert, en van de maatregelen die genomen kunnen worden om dit tegen te gaan.

4

Beveiligingsconcepten

Procesveiligheid begint met het ontwerpen van fabrieken die bestand zijn tegen menselijke fouten en falen van apparatuur zonder dat grote gevolgen voor mens en milieu ontstaan. Instrumentele beveiligings-systemen maken hier deel van uit. Deze veiligheden zorgen voor controle over ongewenste gebeurtenissen.

De Arbowet verlangt dat knelpunten met (mogelijke) gevolgen voor de mensen die in de omgeving van dit knelpunt werken bij de bron worden aangepakt, zodat de oorzaak van het probleem wordt weggenomen. Wanneer aanpak bij de bron niet mogelijk is, kunnen andere maatregelen worden genomen, zoals technische maatregelen en organisatorische maatregelen. Persoonlijke beschermingsmiddelen worden pas ingezet wanneer het niet mogelijk is met de bronaanpak een voldoende veilige situatie te creëren. Deze aanpak wordt ook wel de 'Arbeidshygiënische Strategie' genoemd.

4.1

Inherente veiligheid

De essentie van inherente veiligheid bij het ontwerpen en bedrijven van een proces is het vermijden, elimineren en reduceren van gevaren in plaats van het beschermen daartegen (Trevor Kletz). Inherente veiligheid maakt deel uit van het voorkomen van fouten aan de linkerkant (foutenboom) van het vlinderdas-model.

Een veilig proces begint met een veilig ontwerp. Intrinsieke veiligheid benadert het gevaar vanuit de eigenschappen van:

- materialen (schadelijke stoffen zoals zwavelzuur en chloor);
- condities (aanwezigheid van bijvoorbeeld stoom of een ontstekingsbron);
- gebruik (het ontstaan van bijvoorbeeld reactiewarmte of mechanische energie).

De vijf principes van inherente veiligheid [12]:

- Vervangen
- Verminderen van gevaarlijke stoffen (intensiveren)
- Verbeteren condities
- Verminderen van de mogelijke gevolgen
- Vereenvoudigen.

Vervangen: vervang de gevaarlijke stof door een minder gevaarlijk materiaal (bv LPG in spuitbussen vervangen door lucht), of gebruik hetzelfde materiaal in een minder gevaarlijke vorm (bv in oplossing).

Verminderen van gevaarlijke stoffen: Verminder de hoeveelheid gevaarlijke stof in opslag of proces.

Verbeteren condities: Kies voor veiligere procescondities, zoals een lagere druk of temperatuur, een groter volume, bijvoorbeeld door het toevoegen van katalysatoren.

Verminderen van de mogelijke gevolgen: Zorg voor snelle afvoer van gevaarlijke producten of voor zodanige omstandigheden dat de gevolgen dalen, bijvoorbeeld voldoende ventilatie.

Vereenvoudigen: Breng een beveiliging aan op systemen zodat deze alleen bij ingeschakelde beveiliging functioneren. Automatiseer het systeem zodat menselijke fouten vermeden worden.

Een proces dat op het gebied van materialen, condities en gebruik veilig is, heeft nauwelijks procesbeveiligingen nodig en heeft van zichzelf een hoge intrinsieke veiligheid. De intrinsieke veiligheid van een proces kan door toepassing van procesveiligheden ook worden verhoogd. Intrinsieke veiligheid houdt in dat een proces zodanig is opgebouwd dat deze, bij een defect of bijvoorbeeld een stroomstoring, automatisch naar een voorkeurstoestand komt die veilig is.

Nadelen van een intrinsiek veilig proces is dat de gevolgen van het proces verschoven kunnen worden naar andere disciplines. Er kan meer milieuschade ontstaan, door een hoger energiegebruik, meer transport en meer afval. Ook vergt een dergelijk ontwerp vaak hogere investeringen, terwijl de kosten tijdens het bedrijven van het proces vaak dalen. [5]

4.2

Safety Integrity Level

Indien alle niet-procesbeveiligingen uitvallen, blijft er een restrisico over dat door de procesbeveiliging afgedekt dient te worden. Het Safety Integrity Level (SIL) is een maat voor dit restrisico. Het SIL-niveau bepaalt de betrouwbaarheid die de procesbeveiliging moet hebben.

Het SIL geeft hiermee aan in hoeverre de eindgebruiker kan verwachten dat het betreffende instrumentatie veilig werkt, en dat het, in het geval van een falen, op een veilige manier faalt. De bepaling van Safety Integrity Levels is vastgelegd in de standaarden IEC 61508 en IEC 61511.

In het verleden werd ook wel gebruik gemaakt van de Duitse Anforderungsklasse (AK), welke was vastgelegd in de Duitse DIN-standaard DIN 19250. Hoewel de SIL-klassen Europese standaard zijn, kan men de AK-klassen nog tegenkomen.

Individuele componenten kunnen alleen als onderdeel van de beveiligingsloop gecertificeerd worden, een losstaand instrument kan geen SIL-waardering hebben. De betrouwbaarheid van de hele loop wordt bepaald door de zwakste component.

Het startpunt bij het bepalen van de SIL is het vastleggen van het gewenste veiligheidsniveau. Dit veiligheidsniveau geeft aan welke combinaties van kansen en effecten bij het optreden van procesafwijkingen aanvaardbaar zijn en welke niet. Wat aanvaardbaar is kan wettelijk bepaald zijn, bijvoorbeeld in de ATEX-richtlijnen en het Besluit bedrijfsbrandweren. Het komt voor dat bedrijven, boven de wettelijke eisen, andere drijfveren hebben om zichzelf strengere eisen op te leggen aan het veiligheidsniveau. Drijfveren kunnen zijn milieu, veiligheid, financieel en reputatie.

Om het veiligheidsniveau te bepalen wordt een risicomatrix gebruikt. De meest gebruikelijke matrix is opgenomen in IEC 61508, de risicografiek zoals onderstaand afgebeeld. In IEC 61508 wordt onderscheid gemaakt in letselrisico's voor werknemers of derden (bijvoorbeeld omwonenden) en milieurisico's. Sommige bedrijven hebben daarnaast ook aanvaardbaarheidscriteria voor productie-/leveringsuitval, economische schade en reputatieschade gedefinieerd.

De onderstaande figuur toont een risicografiek. Voor specifieke apparatuur kunnen verschillende risicografieken gevonden worden in Europese normen of richtlijnen.

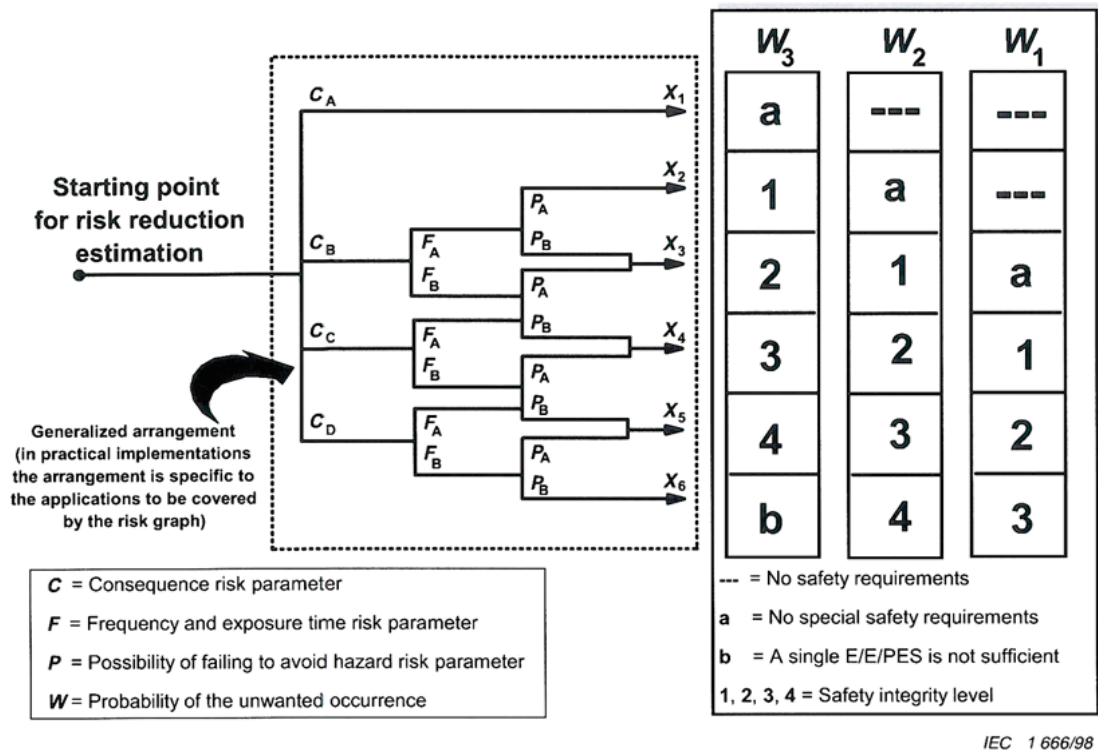
Het gestippelde blok beschrijft de voorwaarden waaronder de gevaarlijke gebeurtenis kan voorkomen.

Het blok met doorgetrokken lijn geeft de kans aan dat een ongewenste gebeurtenis voorkomt.

Wanneer deze kans groter is, worden hogere eisen gesteld aan de procesbeveiliging.

Figuur 4.1

Risicograaf, persoonlijke bescherming [6]



In bovenstaande figuur staat C voor consequentie, gevolg, en wordt uitgedrukt in het aantal sterfgevallen of zware verwondingen waarvan het waarschijnlijk is dat die voortkomen uit de gevaarlijke gebeurtenis.

F staat voor bezettingsgraad, de kans dat iemand aanwezig is in het blootgestelde gebied wanneer de gevaarlijke gebeurtenis plaatsvindt.

P is de kans dat blootgestelde personen in staat zijn het gevaarlijke gevolg, dat ontstaat wanneer de veiligheidsinstrumenten falen nadat hier een beroep op wordt gedaan, te ontwijken.

W is het aantal keren dat de gevaarlijke gebeurtenis zou voorkomen in afwezigheid van het veiligheidsinstrument X is de nummering van het pad en heeft geen verdere betekenis.

Uit de figuur blijkt, dat wanneer de kans dat een gebeurtenis voorkomt kleiner is, er ook een lager SIL-niveau van de beveiliging noodzakelijk is om de kans op het voorkomen van een ongewenste gebeurtenis op een aanvaardbaar niveau te brengen. Andersom, een grotere kans met grotere gevolgen, vereist een hoger SIL-niveau. Bij BRZO-bedrijven zal vaak de in het PBZO-document opgenomen risicomatrix toegepast worden. Wanneer een bedrijf zowel zijn eigen risicomatrix uit het PBZO-document als de risicograaf uit IEC 61508 gebruikt, moet helderheid over de geldigheid van de verschillende risicobedoelingscriteria gegeven worden. Het is dus ook mogelijk dat bedrijven de risicograaf als basis hanteren voor de beoordeling van risico's van zware ongevallen en deze opnemen in het PBZO-document. Op deze manier gebruiken zij SIL niet alleen voor instrumentele beveiligingen maar ook voor het bepalen van het benodigde veiligheidsniveau van de overige veiligheidsmaatregelen en –voorzieningen Line of Defence (LOD's).

Let op: het is niet de bedoeling om de risicograaf in omgekeerde volgorde te gebruiken. Uit het SIL niveau van een beveiliging mogen geen eisen aan de werking van niet instrumentele veiligheidsmaatregelen afgeleid worden. Dit zou namelijk ertoe kunnen leiden dat bijvoorbeeld minder hoge eisen aan de opleiding en ervaring van bedieningspersoneel gesteld zouden kunnen worden, omdat het proces toch al voorzien is van een heel betrouwbare instrumentele beveiliging.

De risicomatrix of de risicograaf wordt naast iedere voorzienbare procesafwijking gehouden om te beoordelen of er toereikende veiligheidsmaatregelen (Lines of Defence, LOD) genomen zijn om een aanvaardbaar risico te bereiken. Een LOD kan een instrumentele procesbeveiliging zijn, maar ook niet-instrumentele maatregelen kunnen worden ingezet. Er zijn verschillende analysemethodieken geschikt om procesafwijkingen systematisch op te sporen en de werking van LODs te beoordelen:

- What-If study;
- Process Hazards Analysis (PHA) of Hazard and Operability study (HAZOP);
- Failure Mode Effect (Criticality) Analysis (FME(C)A);
- Layers of Protection Analysis (LOPA);

LOPA helpt om consistente keuzes te maken over de geschiktheid van de bestaande of voorgestelde beveiligingen tegen een risicoscenario. De LOPA is specifiek toegesneden voor toepassing bij het bepalen van SIL. De studie wordt soms ook in aansluiting op één van de andere studies uitgevoerd. Dat is echter niet altijd zinvol. Middels een LOPA wordt het risico geëvalueerd in volgorde van grootte van de geselecteerde veiligheidsscenario's. Hierin wordt opgesomd welke oorzaken kunnen leiden tot een onveilige situatie. De LOPA is gelimiteerd tot evalueren van een enkelvoudig oorzaakgevolg paar als scenario. Er zijn vijf basisstappen in LOPA:

1. identificeer de scenario's;
2. selecteer een veiligheidsscenario;
3. identificeer de basisoorzaak van het scenario en bepaal frequentie van de startgebeurtenis (gebeurtenissen per jaar);
4. identificeer de Independent Protection Layers (IPL) en bereken de kans op Probability of Failure on Demand van elke IPL;
5. bereken het risico van het scenario.

Op basis van de scenario's wordt bepaald welke LOD's aanwezig zijn of nog genomen moeten worden om een acceptabele situatie te bereiken. Als het risico onaanvaardbaar is dan dient het gereduceerd te worden door procesbeveiligingen (Safety Related System, SRS). Er zijn twee soorten SRS:

- niet instrumentele beveiligingen (non-Safety Instrumented Systems); en
- instrumentele beveiligingen (Safety Instrumented Systems).

Instrumentele beveiligingen worden pas in overweging genomen nadat alle niet-instrumentele beveiligingen zijn beoordeeld. Een SIL wordt alleen voor instrumentele beveiligingen vastgelegd, hoewel steeds vaker aan niet-instrumentele beveiligingen een SIL wordt toegekend om zo deze vorm van beveiligen te kunnen kwantificeren. Bij instrumentele beveiligingen beschrijft de SIL de betrouwbaarheid waarmee de instrumentele beveiliging het restrisico moet reduceren om tot een aanvaardbaar risico te komen. De vereiste betrouwbaarheid (SIL) wordt uitgedrukt in Probability of Failure on Demand (PFD). PFD is de kans dat een instrumenteel beveiligingsloop niet in staat is om de vereiste functies uit te voeren, wanneer hier een beroep op wordt gedaan.

Wanneer de vereiste SIL is bepaald zou dit betrokken moeten worden bij het ontwerp van de installatie. De instrumentele beveiligingsloop bestaande uit meetopnemer, processor (logic solver), regelapparatuur en de tussenliggende signaallijnen zal zodanig vormgegeven moeten worden dat hij als geheel aan de vereiste PFD kan voldoen, zie hoofdstuk 4.4.

De te onderscheiden SIL-klassen worden genoemd in de volgende tabel:

Tabel 1

SIL-klassen

Veiligheidsniveau (Safety Integrity Level)	Betrouwbaarheid (failure on demand)	Risico reductie factor
SIL 4	$\geq 10^{-5}$ tot $< 10^{-4}$	100.000 tot 10.000
SIL 3	$\geq 10^{-4}$ tot $< 10^{-3}$	10.000 tot 1.000
SIL 2	$\geq 10^{-3}$ tot $< 10^{-2}$	1.000 tot 100
SIL 1	$\geq 10^{-2}$ tot $< 10^{-1}$	100 tot 10

Te zien is dat een hoger SIL aangeeft dat een lagere PFD vereist is. Dit kan betekenen dat hogere eisen aan het systeem en aan de procesbeveiliging worden gesteld, of dat meer procesbeveiligingen nodig zijn om het gewenste SIL te bereiken.

4.3 Line Of Defence

Ter voorkoming van het ontstaan van een Loss Of Containment (LOC) moet een bedrijf Lines Of Defence (LOD's) inzetten. Dit zijn technische of organisatorische maatregelen die kunnen worden onderverdeeld in preventief en repressief.

Voorbeelden van technische LOD's zijn:

- hoogniveaubeveiliging (preventief);
- aanwezigheid opvangcapaciteit (repressief).

Voorbeelden van organisatorische LOD's zijn:

- visuele controle (repressief);
- preventief onderhoud, aard en frequentie (preventief).

Procesbeveiligingen kunnen preventieve LOD's zijn, die worden toegepast om het restrisico, dat overblijft indien alle niet-procesbeveiligingen falen, af te dekken. Uit de SIL-classificering blijkt welke betrouwbaarheid de procesbeveiliging moet hebben. Aan de hand hiervan kan door de ontwerper bepaald worden welke procesbeveiliging ingezet dient te worden, om te voldoen aan de vereiste SIL-classificering.

In hoofdstuk 3 is het vlinderdasmodel besproken. In dit model kunnen de LOD's worden ingezet om de ongewenste gebeurtenissen die kunnen leiden tot het top-event, aan de linkerkant van de vlinderdas, te voorkomen. Ook kunnen de LOD's dienen om de ongewenste effecten, die kunnen ontstaan na het top event, aan de rechterkant van de vlinderdas, te beperken.

4.4 Safety Instrumented System

Hieronder wordt besproken uit welke onderdelen een beveiligingssysteem bestaat, en welke aandachtspunten er zijn bij het ontwerp van een beveiligingssysteem.

4.4.1 Werking beveiliging

Een instrumenteel beveiligingssysteem, in het Engels aangeduid als Safety Instrumented System (SIS) verzorgt functies voor het bereiken of behouden van een veilige staat van het proces wanneer dreigende onacceptabele of gevaarlijke procescondities worden gedetecteerd. Het SIS werkt gescheiden en onafhan-

kelijk van de reguliere procesbesturingssystemen maar zijn samengesteld uit vergelijkbare elementen.

Een instrumenteel veiligheidssysteem (SIS) kan uit drie delen bestaan:

1. sensor;
2. logic solver;
3. eidelement.

De sensor dient om de procescondities te detecteren. De logic solver ontvangt de signalen van de sensor, neemt beslissingen gebaseerd op deze signalen en verandert de outputsignalen op basis van de van tevoren gedefinieerde logica. Het signaal van de logic solver veroorzaakt dat het eidelement ingrijpt in het proces, bijvoorbeeld het sluiten van een klep, om een veilige staat te bereiken.

Niet alle systemen zijn voorzien van een duidelijk herkenbare logic solver, bijvoorbeeld omdat de actie die door het eidelement wordt uitgevoerd op een andere wijze wordt aangestuurd. Bijvoorbeeld in het geval van een niveaubeveiliging gebaseerd op het vlotterprincipe kan het eidelement rechtstreeks aangestuurd worden. Meestal is er echter een solver aanwezig om de actuele, gemeten waarde te vergelijken met de ingestelde waarde en op basis hiervan de actie te bepalen. Dit kan bijvoorbeeld een procescomputer zijn.

4.4.2

Ontwerp beveiligingssystemen

Een instrumenteel veiligheidssysteem dient ertoe de ontwikkeling van een ongewenste gebeurtenis te stoppen of om de ongewenste effecten te beperken. Het systeem kan worden ingezet als preventieve en/of reducerende maatregel.

Een industrieel veiligheidssysteem moet geschikt zijn voor het scenario en de hierbij gespecificeerde procesparameters en het procesdynamisch gedrag. Op basis hiervan worden onder meer de testintervallen en de eisen met betrekking tot operatie en onderhoud gedefinieerd.

Een ontworpen systeem moet voldoen aan het van tevoren vastgestelde SIL. Bij het ontwerp moet aandacht zijn voor:

- Houdt de procesbeveiliging volledig gescheiden van de regeling, dus zowel de meter, de logic solver als het eidelement. Dit voorkomt dat bij failure on demand van één van de onderdelen zowel de regeling als de beveiliging onterecht niet ingrijpt.
- Identieke apparaten kunnen dezelfde ontwerpfout hebben. Voorkom common mode failure (falen door een ontwerpfout) door de regeling en de beveiliging niet uit te rusten met dezelfde soort meting of afhankelijk te maken van dezelfde energievoeding. Een common mode failure kan voorkomen worden door beveiliging en regeling uit te rusten met een meting gebaseerd op een ander principe of anders aangedreven, bijvoorbeeld door de beveiliging pneumatisch aan te drijven en de regeling elektrisch.
- Plaats de meting van de regeling en van de beveiliging op afzonderlijke meetleidingen. Dit voorkomt een meetfout door verstopping van de leiding.
- Stel de beveiliging zodanig in, dat ongewenst ingrijpen wordt voorkomen. Bijvoorbeeld in het geval dat de druk regelmatig kort boven de ingestelde waarde komt en vanzelf weer daalt, kan ongewenst ingegrepen worden door de procesbeveiliging. In dit geval kan bijvoorbeeld overwogen worden de instelling aan te passen.
- Houdt bij het ontwerp rekening met wat er gebeurt met het proces nadat deze is stopgezet. Bijvoorbeeld nadat de verwarming is uitgezet kan de temperatuur nog verder oplopen door reacties in het proces.

De volledige beveiligingsloop moet voldoen aan een bepaald SIL-niveau. Indien de afzonderlijke onderdelen dit gewenste niveau niet bereiken, kan dit worden aangepast door de onderdelen dubbel uit te voeren, waardoor de failure on demand statistisch daalt. Onderdelen moeten gecertificeerd zijn om aan te tonen aan

welk SIL-niveau het voldoet. Deze certificering moet zijn uitgevoerd door een erkend bureau zoals KEMA of Loyds. Meters zijn over het algemeen niet boven het niveau SIL 2 verkrijgbaar, waardoor deze, indien een hoger SIL-niveau gewenst is vaak dubbel of zelfs driedubbel worden uitgevoerd. Dit wordt geïllustreerd door onderstaand voorbeeld.

Voorbeeld

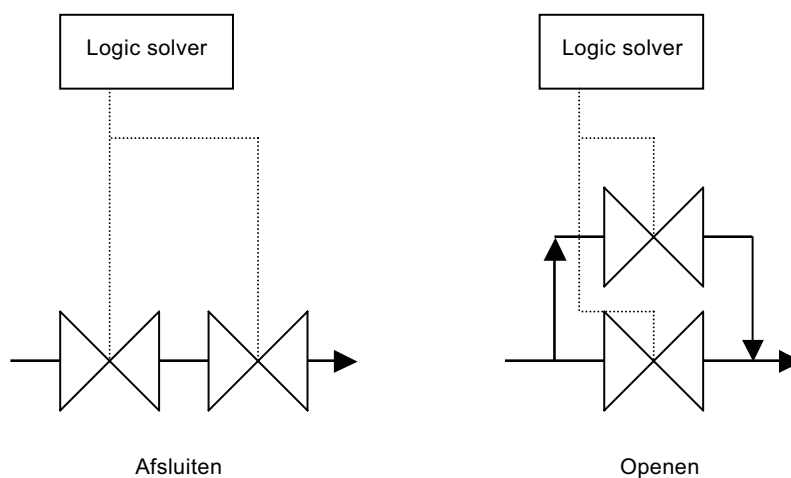
Een procesvat wordt voorzien van een drukbeveiliging. De meter heeft een SIL-niveau 2, terwijl niveau 3 gewenst is. Door de meter dubbel uit te voeren stijgt de kans dat een te hoge druk daadwerkelijk gemeten wordt, waardoor de failure on demand daalt en een hoger SIL-niveau bereikt wordt. Echter, de kans dat onterecht een te hoge druk gemeten wordt stijgt ook door de dubbele meting, waardoor de kans op een ongewenst ingrijpen stijgt. Dit kan worden voorkomen door drie meters toe te passen en slechts in te grijpen wanneer twee van de drie meters een te hoge druk registreren (dit wordt '2 out of 3' genoemd).

Logic solvers zijn beschikbaar in hoge SIL-niveaus als SIL 3 en zelfs SIL 4. Hierdoor is het mogelijk een logic solver toe te passen die voldoet aan het gewenste SIL-niveau.

Eindelementen voldoen vaak maximaal aan SIL 2. Om een hoger niveau te bereiken moet deze dubbel worden uitgevoerd. Indien een afsluiter gesloten moet worden, wordt deze dubbel in serie uitgevoerd, zodat bij falen van één van de kleppen de andere alsnog voor afsluiting van de leiding zorgt. Indien een afvoer geopend moet worden, wordt de afsluiter parallel uitgevoerd, zodat bij falen van een afsluiter via de andere afgevoerd kan worden. Dit is te zien in onderstaande figuur:

Figuur 4.2

Toepassen dubbele afsluiter



Afsluiters die deel uitmaken van het veiligheidssysteem worden meestal fail-safe uitgevoerd. Dit houdt in dat de afsluiter naar een veilige situatie gaat wanneer de aansturing wegvalt, bijvoorbeeld door een (tijdelijke) stop in de energietoevoer of wanneer de luchtdruk (bij luchtdrukgestuurde afsluiters) wegvalt. Dit gebeurt door een veer die door een elektrisch aangestuurde magneet of door luchtdruk aangespannen blijft, wanneer de elektriciteit of luchtdruk wegvalt ontspant de veer die de klep in de afsluiter naar de veilige stand duwt (dit kan, afhankelijk van de gewenste actie, zowel open als dicht zijn).

In het algemeen geldt dat de fail-safe positie van afsluiters ervoor zorgt dat geen energie (reactant, verwarmingsmedium) meer naar het systeem toegevoerd wordt, dat de toevoer van koelmedium geopend wordt en dat bij een mogelijke drukopbouw bij een ingesloten systeem deze druk veilig afgevoerd wordt naar verwerkings- of opvangsystemen (blow-down naar fakkels, dumpvat etc.).

Fail-safe uitvoeren van de afsluiters die deel uitmaken van het veiligheidssysteem is niet altijd noodzakelijk.

5

Gevaarsaspecten

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de gevaarsaspecten van processen en activiteiten binnen een inrichting. Er wordt een korte toelichting gegeven over de oorzaken die kunnen leiden tot een incident en de gevolgen hiervan. Vervolgens wordt een overzicht geboden van de gebruikelijke LOD's en de plaats van de procesbeveiligingen in de beveiligingsstrategie.

5.1 Oorzaken ongevallen

In de PGS 6 worden mogelijke oorzaken beschreven voor zware ongevallen met gevaarlijke stoffen door falen van de omhulling beschreven, namelijk falen door:

- corrosie;
- overschrijding belastingsgrenzen algemeen;
- erosie;
- externe belasting (beschadiging hierdoor);
- fout operator;
- overdruk:
 - door vloeistof;
 - door gas;
 - door vaste stof.
- temperatuur;
- onderdruk;
- trilling;
- foute onderdelen / plaatsing.

In bijlage 8 van de PGS 6 zijn voor bovenstaande oorzaken foutenbomen opgenomen, waarin de basisoorzaken voor bovenstaande oorzaken zijn opgenomen. In de factsheets procesbeveiligingen, in bijlage 1 van dit document, wordt teruggegrepen op deze basisoorzaken.

5.2 Scenario's

In voorgaande paragraaf is gesproken over wat kan leiden tot een incident. In deze paragraaf zal worden ingegaan op type incidenten. Hierbij zal een uitleg gegeven worden over de verschillende scenario's. De scenario's die besproken zullen worden betreffen:

- Brand;
- Explosie;
- BLEVE;
- Toxische wolk;
- Run-away reactie;
- Milieuscenario.

5.2.1

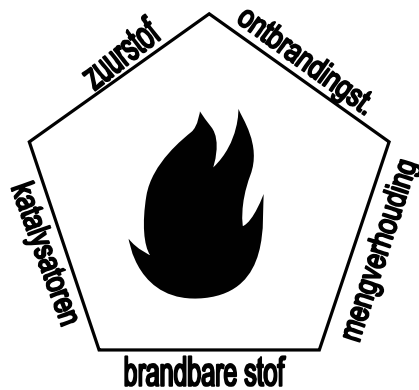
Brand

Een brand kan ontstaan als er sprake is van de volgende vijf factoren:

1. brandbaar materiaal;
2. zuurstof;
3. ontstekingsenergie of ontbrandingstemperatuur;
4. katalysatoren;
5. mengverhouding (De mengverhouding betreft bijvoorbeeld oppervlakteverhouding brandstof / zuurstof tgv de deeltjesgrootte).

Figuur 4.3

Brandvijfhoek [7]



Brand kan ontstaan in een installatie (bijvoorbeeld het vrijkomen van een brandbare wolk die ontsteekt) of in een loods waarin brandbare stoffen worden opgeslagen.

De ontwikkeling van een brand wordt gedefinieerd door een combinatie van factoren, waardoor de uiteindelijke brandsnelheid wordt bepaald.

De omvang van een brand wordt bepaald door:

- de aanwezige stoffen (brandbaarheid, maar ook brandbevorderend);
- constructiemateriaal;
- het brandoppervlak (bijvoorbeeld oppervlakte loods of oppervlakte tank);
- het ventilatievoud van de ruimte per uur (dit is alleen van belang bij branden in een gesloten ruimte zoals een brand in een tank of brand in een loods);
- de brandduur (de blootstellingsduur).

De (vervolg-)kans op optreden van een brandscenario wordt bepaald door:

- De brandwerendheid van de afscheiding van het brandcompartiment.
- Het brandbestrijdingssysteem operationeel in het brandcompartiment. In het handboek brandbestrijdingssystemen (PGS 14) zijn beschrijvingen te vinden van de voorkomende brandbestrijdingssystemen. In PGS-15 (PGS 2005b) zijn acht brandbeveiligingsinstallaties beschreven die momenteel als stand der techniek worden beschouwd, waaronder de (semi-) automatische monitorinstallatie (die in het genoemde handboek niet voorkomt).

5.2.2

Explosie

Bij een explosie komt in zeer korte tijd energie vrij in de vorm van een snelle drukverhoging. Gewoonlijk gaat dit gepaard met het ontstaan van hoge temperaturen en drukken en het vrijkomen van gassen. Een explosie veroorzaakt schokgolven in het medium waarin het optreedt.

Om een explosie te krijgen moet aan tenminste 3 voorwaarden zijn voldaan:

- er is een brandbare stof aanwezig;
- er is zuurstof aanwezig;
- er is een ontstekingsbron aanwezig.

Bij explosies kan onderscheid gemaakt worden in deflagraties en detonaties.

Deflagratie: In het geval van een deflagratie verplaatst het front zich met een snelheid lager dan die van het geluid (+/- 340 m/s).

Detonatie: In het geval van een detonatie verplaatst het reactiefront zich met een snelheid hoger dan die van geluid.

Explosies kunnen directe en indirecte effecten hebben voor mensen [8]:

- Directe of primaire effecten: de door de explosie veroorzaakte drukverandering kan letsel veroorzaken aan daarvoor gevoelige menselijke organen.
- Indirecte effecten:
 - Secundaire effecten: De uitwerking van scherven en brokstukken die ontstaan uit de explosiebron of doordat voorwerpen uit de omgeving van de explosiebron als gevolg van de explosie worden weggeslingerd;
 - Tertiaire effecten: als gevolg van de explosie kunnen mensen worden meegesleurd en tegen stilstaande voorwerpen botsen.

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de effecten van de schokgolf ten gevolge van explosies op mensen en gebouwen. [10]

Tabel 1

Effecten van overdrukken

Overdruk [bar]	Effect
0.002	grote ruiten kunnen breken
0.003	kleine ruiten kunnen breken
0.006	orkaan (windkracht 12)
0.02	ca. 10% ruitbreuk
0.03	veel ruitbreuk, lichte schade aan gebouwen
0.07	ruiten verbrijzeld, huizen zwaar beschadigd
0.14	muren van huizen storten in
0.2	gebouwen met stalen skelet beschadigd
0.28	olietanks opengescheurd
0.3	trommelvlies scheurt
0.42	huizen bijna totaal vernietigd
0.5	treinen gekanteld
0.7	alle gebouwen totaal vernietigd
1.0	mensen gedood in open lucht (door longbeschadiging)

De volgende typen explosies kunnen onderscheiden worden:

- chemische explosies:
 - stofexplosie;
 - gasexplosie;
 - instabiele stoffen.
- fysische explosies.

Stofexplosie

Een stofwolk kan exploderen als:

1. de vaste stof brandbaar is;
2. de deeltjesgrootte klein genoeg is;
3. er voldoende zuurstof in de atmosfeer is;
4. de stofconcentratie voldoende is;
5. er een ontstekingsbron actief is.

Gasexplosie

Een gasexplosie kan ontstaan als:

1. de concentratie van het gas zich tussen de onderste en bovenste explosiegrens bevindt (respectievelijk LEL, lower explosion level, en UEL, upper explosion level);
2. er voldoende zuurstof in de atmosfeer is;
3. er een ontstekingsbron actief is.

Instabiele stoffen

Bepaalde atomen zijn instabiel en veranderen spontaan in een andere atoomsoort. Hierbij komt energie vrij. Door de vrijgekomen energie kunnen andere atomen veranderen, waardoor een kettingreactie ontstaat.

Fysische explosie

Van een fysische explosie wordt gesproken wanneer een omhulling plotseling bezwijkt door overdruk of onderdruk. Een fysische explosie kan het gevolg zijn van een chemische explosie van de stof die zich in de omhulling bevindt.

5.2.2.1

BLEVE

Een BLEVE is vorm van explosie. BLEVE is een afkorting voor 'boiling liquid expanding vapour explosion' (kokende vloeistof-gasexpansie-explosie). Dit is een soort explosie die kan voorkomen als een houder (tank) met een brandbare vloeistof onder druk openscheurt.

Een BLEVE kan voorkomen bij een houder die gevuld is met een brandbare stof die onder atmosferische omstandigheden een gas is maar onder druk een vloeistof is (zoals LPG). De houder bevat dan een laag vloeistof met een laag gas erboven.

Wanneer een tank met bijvoorbeeld LPG wordt blootgesteld aan vuur, zal de tank verwarmd worden. In het begin (bij een volle tank) wordt de toegevoerde warmte benut om de vloeistof in de tank te verdampen (koken).

Doordat voor het verdampen van de vloeistof veel energie nodig is houdt de kokende vloeistof de wand van de tank (nog) relatief koel. Wel zal de gevormde damp in de tank de inwendige druk doen stijgen. Wanneer de druk hoger wordt dan de instelwaarde van het overdrukventiel, zal deze (gas) gaan afblazen. In de meeste gevallen zal deze uitgeblazen stroom gas vlam vatten, hetgeen voor de tank echter minder bedreigend is.

Naarmate de tank langer blootgesteld staat aan het vuur, zal er meer en meer vloeistof verdampen en het vloeistofniveau in de tank dalen. Dit betekent dat een groter deel van de tankwand niet meer gekoeld wordt door de kokende vloeistof met als resultaat dat de metalen wand warmer wordt. Het warmer worden van het metaal heeft tot gevolg dat de mechanische eigenschappen van het metaal (sterkte) afnemen. Uiteindelijk bezwijkt de tank doordat deze niet langer bestand is tegen de inwendige druk. Door het bezwijken van de tank daalt de druk en daalt ook de temperatuur waarbij de vloeistof kookt. Er zal dan ook plotseling een grote hoeveelheid damp gevormd worden die door het omringende vuur ontstoken zal worden. Het ontsteken van een dergelijke grote hoeveelheid damp gaat gepaard met een grote vuurbal die een groot vernietigend effect heeft in de directe omgeving.

5.2.3

Toxische wolk

Bij het vrijkomen van toxische of brandbare gassen worden deze met de wind meegevoerd, verspreid en verdund. De mate van verspreiding en verdunning van de wolk is afhankelijk van meteorologische omstandigheden.

Een toxische wolk is een hoeveelheid schadelijke damp of gas. Een stof is pas giftig boven de drempelwaarde van de betreffende stof, hieronder is nog geen nadelig effect aantoonbaar. Een stof die voor mensen niet giftig is, kan dit voor bepaalde dieren wel zijn en andersom.

Voor een groep prioritaire stoffen zijn interventiewaarden vastgesteld [9]. Deze interventiewaarden worden ingedeeld in de volgende groepen:

- Voorlichtingswaarde, concentratie van een stof die met grote waarschijnlijkheid door het merendeel van de blootgestelde bevolking wordt waargenomen, echter zonder een direct effect op de gezondheid bij een blootstelling gedurende één uur.
- Alarmeringsgrenswaarde, concentratie waarboven ernstige acute gezondheidsschade kan optreden door directe toxische effecten bij een blootstelling gedurende een uur.
- Levensbedreigende waarde: concentratie waarboven mogelijke sterfte, een levensbedreigende aandoening, verkorting van de levensverwachting of het ontstaan van een permanente handicap kan optreden door directe toxische effecten bij een blootstelling gedurende één uur.

De interventiewaarden van de prioritaire stoffen zijn te vinden in tabel 1 van de brochure 'Interventiewaarden gevaarlijke stoffen 2007' van het ministerie van VROM en van BZK.

5.2.4

Runaway reactie

Een runaway reactie is een ongewenste reactie die ontstaat binnen een proces en ongecontroleerd voortschrijdt. De effecten van een dergelijke reactie kunnen gelijk zijn aan die van de ontsteking en explosie van een brandstof/lucht mengsel. Verder bestaat het gevaar van het vrijkomen van toxische materialen.

De gevaren komen in principe voort uit:

- de thermische instabiliteit van reactanden en/of producten;
- snelle exotherme reacties die de temperatuur kunnen laten stijgen tot de ontledingstemperatuur, of de reactanten kunnen laten koken;
- snelle gasvorming die kan zorgen voor drukopbouw en mogelijk het falen van het procesvat.

Indien de procesparameters buiten de grenzen van de ontwerpwaarden komen, kunnen directe en indirecte milieugevolgen ontstaan. Hieronder worden verschillende milieuaspecten en mogelijke scenario's behandeld.

- Lucht:
 - Door het falen van een omhulling kunnen gassen en dampen vrijkomen.
 - De werking van emissiebeperkende voorzieningen is afhankelijk van de juiste procesomstandigheden. Bij afwijking van deze procesomstandigheden kan de werking van de emissiebeperkende voorzieningen worden beperkt. Dit is bijvoorbeeld het geval in een rookgasreiniging, waar een verandering van de temperatuur zorgt voor een verschuiving van het reactie-evenwicht.
- Bodem:
 - Vloeistoffen kunnen in de bodem terecht komen, indien geen of onvoldoende bodembescherming is toegepast.
- Water:
 - Schadelijke stoffen kunnen in het oppervlaktewater terecht komen.
 - Door afwijking van de procesparameters kan via het koelwater verontreiniging in het oppervlaktewater terecht komen. Bijvoorbeeld door stijging van de temperatuur ontstaat een groter gebruik van koelwater of het gebruikte koelwater wordt geloosd met een hogere temperatuur.
- Grondstofverbruik:
 - Een Loss of Containment zorgt voor een verlies aan product en direct of indirect, van grondstoffen.
 - Bij afwijking van de procescondities komt het reactie-evenwicht anders te liggen, waardoor een lagere opbrengst kan ontstaan. Dit zorgt voor een stijging van het grondstofgebruik om dezelfde hoeveelheid product te realiseren.
- Energiegebruik:
 - Het energiegebruik kan stijgen door bijvoorbeeld meer koeling of verwarming, inzetten compressor, inzet pompen etc.
- Afval:
 - Door een LOC ontstaat een hoeveelheid onbruikbaar product, dit kan een hoeveelheid uitgestroomd product zijn, maar ook het product dat zich nog in de omhulling bevindt kan off-spec zijn. Afhankelijk van de soort stof kan het noodzakelijk zijn dit als gevaarlijk afval af te voeren.
 - In geval van bodemverontreiniging moet de af te graven hoeveelheid grond als (gevaarlijk) afvalstroom worden afgevoerd.
 - Ook de omhulling kan na een LOC onbruikbaar zijn geworden en al dan niet als gevaarlijk afval afgevoerd moeten worden.
- Geluid:
 - Indien de LOC gepaard gaat met bijvoorbeeld vrijkomen van procesmedium onder druk, of een explosie, ontstaat veel geluid.
 - Ook beveiligingsmaatregelen kunnen geluidsoverlast veroorzaken. Fakkelen bijvoorbeeld veroorzaakt, afhankelijk van de hoeveelheid te verbranden procesmedium en de toegevoerde hoeveelheid stoom, meer of minder geluid.

6 Aandachtspunten

In dit hoofdstuk wordt een kort overzicht gegeven van de relevante wet- en regelgeving en richtlijnen op het gebied van veiligheid. Deze Wet- en regelgeving heeft gevolgen voor de milieuvergunningverlener, omdat de wet- en regelgeving moet worden opgenomen in de milieuvergunning, ook richtlijnen moeten in het vergunningproces worden opgenomen al kan hiervan gemotiveerd worden afgeweken. Toezicht op de veiligheid wordt gehouden door de (BRZO-)inspecteur, daarom worden in dit hoofdstuk ook aandachtspunten voor de (BRZO-)inspecteur opgenomen.

6.1 Wet en regelgeving

Deze paragraaf wordt onderverdeeld in Europese en Nederlandse wet- en regelgeving en richtlijnen.

6.1.1 Europese wet- en regelgeving en richtlijnen

Seveso II-richtlijn

De Seveso II-richtlijn stelt eisen aan het veiligheidsbeleid van bedrijven die op grote schaal met gevaarlijke stoffen werken. Doelstelling is het beschermen van mens en milieu tegen de gevolgen van het vrijkomen van gevaarlijke stoffen door het voorkomen en beperken van ongevallen met gevaarlijke stoffen. De richtlijn verplicht bedrijven om alles te doen wat nodig is voor een optimale veiligheid, dit wordt ook wel zorgplicht genoemd. De Seveso II-richtlijn is een Europese richtlijn die in nationale wetgeving vertaald moet worden. Het BRZO-1999 is de Nederlandse implementatie van de Seveso II-richtlijn.

IPPC

De IPPC-richtlijn (Integrated Prevention and Pollution Control) verplicht de lidstaten van de EU om grote milieuverontreinigende bedrijven te reguleren middels een integrale vergunning gebaseerd op de best beschikbare technieken (BBT). Het begrip BBT staat centraal bij de vergunningverlening op grond van de Wet milieubeheer en de Wet verontreiniging oppervlaktewateren. In de BREF's (BBT referentie documenten) zijn de resultaten te vinden van de Europese uitwisseling van informatie tussen de lidstaten en de betrokken bedrijfstakken over de best beschikbare technieken, de daarmee samenhangende controlevoorschriften en de ontwikkelingen op dat gebied. In de BREF wordt beschreven welke best beschikbare technieken moeten worden toegepast, ter beperking van de gevolgen van bedrijfsactiviteiten voor het milieu. Veiligheidsmaatregelen kunnen gevolgen hebben voor het milieu, deze gevolgen kunnen positief zijn (wanneer door de maatregel een emissie wordt voorkomen), neutraal (toepassen van de veiligheidsmaatregel heeft geen gevolgen voor het milieu) of negatief (wanneer ter voorkoming van een gevaarlijke situatie emissies ontstaan, bijvoorbeeld wanneer ter voorkoming van een explosie een gas in de atmosfeer wordt afgeblazen) (BREF Mineral Oil and Gas). In de verschillende BREF's worden voorstellen gedaan voor technieken ter bevordering van de veiligheid. Dit kan zijn het opstellen van een veiligheidsrapport en het gebruiken van de resultaten van de risico-analyses. Uit die risico-analyses kan bijvoorbeeld blijken dat een bepaalde situatie extra beveiliging behoeft, dat bijvoorbeeld door een procesbeveiliging bereikt kan worden. Ook wordt in verschillende BREF's (onder andere de BREF Mineral Oil and Gas Refineries en BREF Organische Bulkchemie) beschreven welke technieken kunnen worden toegepast bij een fakkel. Fakkels kunnen gebruikt worden om gassen die vrijkomen uit veiligheidskleppen te verbranden. De IPPC-richtlijn is geïmplementeerd in de Wet milieubeheer (Wm) en de Wet verontreiniging oppervlaktewater (Wvo).

ATEX

De ATEX richtlijn 1999/92/EG (ATEX 137) richt zich op de bescherming van de werknemer op arbeidsplaatsen met ontploffingsgevaar. De ATEX productrichtlijn 94/9/EG (ook bekend als ATEX 95) beschrijft voorschriften voor apparaten en beveiligingssystemen op plaatsen waar explosiegevaar kan optreden. De ATEX-richtlijn schrijft voor dat men zich tegen een explosie moet beveiligen om ook de schadelijke gevolgen te beperken. ATEX 137 is opgenomen in het Arbeidsomstandighedenbesluit. De eerste verantwoordelijkheid voor het toezicht op naleving van de ATEX 137 -richtlijn ligt bij de Arbeidsinspectie. De ATEX 95 is verankerd in de Warenwet.

Richtlijn druksystemen

De richtlijn druksystemen (ook wel PED: Pressure Equipment Directive) is van toepassing op het ontwerp, de fabricage en overeenstemmingsbeoordeling van drukapparatuur en installaties waarvan de maximaal toelaatbare druk meer dan 0,5 bar bedraagt. Deze richtlijn is ook van toepassing op veiligheidsappendages, zoals veiligheidskleppen, breekplaatbeveiligingen, druk- temperatuur- en niveauschakelaars en meet-, controle en regelvoorzieningen.

De richtlijn stelt eisen aan de veiligheid, fabricage en het testen van apparatuur en installaties. Het is een Europese richtlijn welke is ingevoerd in het Nederlandse Besluit Drukapparatuur 311 van 5 juli 1999.

Machinerichtlijn

De machinerichtlijn is de meest gebruikte naam van de Europese richtlijn 98/37/EG. De richtlijn richt zich op het voorkomen van ongevallen die ontstaan door het gebruik van machines. De richtlijn stelt onder andere dat bij het ontwerpen, de bouw en het gebruik van de machine risico's worden uitgesloten of zoveel mogelijk worden beperkt. Dit kan gedaan worden door een in de machine verwerkte beveiliging. Deze beveiliging is gericht op het beschermen tegen bewegende delen.

IEC 61508

De IEC 61508 is een Europese standaard en geeft een generieke benadering voor veiligheidsactiviteiten voor systemen die bestaan uit elektrische, elektronische of programmeerbare elektronische componenten die worden gebruikt om veiligheidsfuncties uit te voeren.

6.1.2

Nederlandse wet- en regelgeving en richtlijnen

BRZO-1999

Met de implementatie van het Besluit Risico's Zware Ongevallen 1999 (BRZO-1999) heeft Nederland een groot deel van de Seveso-II richtlijn in nationale regelgeving vastgelegd. In het besluit is vastgelegd dat bedrijven alle maatregelen, die nodig zijn om een geaccepteerd veiligheidsniveau te bereiken, moeten nemen. In het besluit is vastgelegd dat bedrijven, die vallen onder het besluit, maatregelen moeten nemen om de risico's te beperken. Of een bedrijf moet voldoen aan het besluit is afhankelijk van de vergunde hoeveelheid gevaarlijke stoffen en is vastgelegd in bijlage 1 van het besluit. Belangrijke eisen uit het besluit zijn het verstrekken van gegevens aan het bevoegd gezag over de gevaarlijke stoffen waarmee wordt gewerkt, en het indienen van het veiligheidsrapport (VR).

PGS 6

In de PGS 6 is uitgewerkt hoe het BRZO-1999 'Aanwijzingen voor implementatie' moet worden geïmplementeerd. Hierin wordt onder andere beschreven welke onderdelen een VR moet bevatten. In een VR moet worden beschreven welke gevaarlijke stoffen aanwezig zijn en welke activiteiten met deze gevaarlijke stoffen worden uitgevoerd, ook moet zijn beschreven welke maatregelen een bedrijf neemt, zowel organisatorisch als technisch, om ongevallen met gevaarlijke stoffen te voorkomen en de gevolgen van ongevallen met gevaarlijke stoffen te beperken.

Hier kunnen procesbeveiligingen deel van uitmaken.

De PGS bevat in bijlage 8 foutenbomen. Hierin is aangegeven waar procesbeveiligingen kunnen ingrijpen, en wat de gevolgen kunnen zijn indien de procesbeveiliging faalt.

Overige PGS-en

Toepassing van instrumentele beveiliging komt in veel van de overige PGS-en voor, steeds toegepast op die specifieke situatie. Hieronder wordt een overzicht gegeven van de PGS waar eisen omtrent beveiliging voor een bepaalde situatie zijn opgenomen. PGS-en zijn aangewezen tot BBT-documenten.

- PGS 8: Opslag van organische peroxiden;
- PGS 9: Opslag van vloeibare zuurstof;
- PGS 10: Opslag vloeibare zwaveldioxide;
- PGS 12: Opslag en verlading van ammoniak;
- PGS 13: Toepassing van ammoniak als koudemiddel voor koelinstallaties en warmtepompen;
- PGS 15: Opslag van verpakte gevaarlijke stoffen;
- PGS 16: Autogas;
- PGS 17: LPG tankwagens;
- PGS 18: Distributiedepots voor LPG;
- PGS 19: Opslag van propaan;
- PGS 20: Opslag van propaan / butaan in bovengrondse reservoirs met een inhoud van 0,15 tot 5 m³;
- PGS 22: Toepassing van propaan in wegenbouwmachines en onkruidbestrijdingsmachines;
- PGS 23: Vulstations van butaan- en propaanflessen;
- PGS 24: vulstations voor spuitbussen met propaan, butaan en dimethyl-ether als drijfgas;
- PGS 25: Gecomprimeerd aardgas, afleverstations voor motorvoertuigen;
- PGS 28: Vloeibare aardolieproducten;
- PGS 29: Bovengrondse opslag van brandbare vloeistoffen in verticale cilindrische tanks;
- PGS 30: Vloeibare aardolieproducten, buitenopslag in kleine installaties.

6.2

Milieuvergunningverlening

Hoofdstuk 12 van de Wet milieubeheer beschrijft welke gegevens met betrekking tot de externe veiligheid een bedrijf moet verstrekken voor het verlenen van een milieuvergunning. Bij het verlenen van een milieuvergunning moet de milieuvergunningverlener, op basis van de door het bedrijf aangeleverde informatie, beoordelen of het BRZO-1999 van toepassing is. Indien het BRZO-1999 van toepassing is, moet het zogenoemde voorlopig of beperkt VR (ook wel sterretjes-VR) bij de vergunningaanvraag gevoegd worden. Een beperkt VR is alleen verplicht bij VR-plichtige bedrijven dus niet voor alle BRZO plichtige bedrijven. PBZO bedrijven vallen wel onder BRZO maar hebben geen VR plicht. Dit beperkte VR bevat alle onderdelen die de PGS 6 staan aangegeven met een *. Het bevoegd gezag beoordeelt de rapporten en verbindt daar mogelijk gevolgen aan voor de milieuvergunning. Voor het in werking gaan vande inrichting dient dit VR te worden geactualiseerd en met de ontbrekende delen te worden aangevuld.

Het doel van een VR is aan te tonen (aannemelijk te maken) dat:

- a. Er een beleid en veiligheidsbeleid is ingevoerd ter voorkoming van zware ongevallen.
- b. De risico's van zware ongevallen zijn bepaald en de nodige maatregelen zijn getroffen om die te voorkomen en de gevolgen van dergelijke ongevallen voor mens en milieu te beperken.
- c. Het ontwerp, de constructie, de exploitatie en het onderhoud van alle met de werking van de inrichting samenhangende installaties, opslagplaatsen, apparatuur en infrastructuur die samenhangen met de gevaren van een zwaar ongeval binnen de inrichting voldoende veilig en betrouwbaar zijn.
- d. Een intern noodplan is gemaakt.

Naast het BRZO-1999 moet tijdens de vergunningverlening ook getoetst worden aan de van toepassing zijnde BREF's, zodat wordt vastgelegd of het bedrijf de best beschikbare technieken heeft toegepast. Zoals in de paragraaf hiervoor beschreven, maken maatregelen op het gebied van veiligheid deel uit van de BREF's.

Gevolgen beveiliging voor milieu.

Het toepassen van een procesbeveiliging kan zowel positieve als negatieve gevolgen voor het milieu hebben. In dit hoofdstuk wordt per milieuaspect besproken in hoeverre dit beïnvloedt kan worden door de procesbeveiliging.

6.2.1

Emissies

Inzet van procesbeveiliging kan invloed hebben op het al dan niet ontstaan van emissies: procesbeveiligingen kunnen als bijeffect hebben dat emissies worden voorkomen, maar ook dat een flinke emissie ontstaat.

Wanneer een procesbeveiliging een Loss of Containment voorkomt worden, naast onveilige situaties, ook emissies voorkomen. Denk hierbij bijvoorbeeld aan een temperatuurregeling bij een opslagtank die moet voorkomen dat een Loss of Containment ontstaat doordat de temperatuur van de opgeslagen vloeistof te hoog wordt. Als neveneffect wordt tevens voorkomen dat de damp van het opgeslagen product vrijkomt. Door de beveiliging zodanig in te stellen dat de temperatuur zo laag blijft dat de verdamping minimaal blijft, kan een beveiliging een middel zijn om aan de emissie-eisen te voldoen.

Bij escalatie van de procesomstandigheden kan een procesbeveiliging er ook noodzakelijkerwijs toe leiden dan emissiewaarden worden overschreden. Dit is bijvoorbeeld het geval als een drukbeveiliging opent en er een emissie naar de omgeving plaatsvindt.

In het laatste geval is het openen van de drukbeveiliging een uiterste noodmaatregel waarvan het gebruik zoveel mogelijk voorkomen dient te worden. In dit geval kunnen zodanige procesregelingen worden ingezet dat de kans dat de breekplaat aangesproken wordt geminimaliseerd wordt.

Zoals in bovenstaande voorbeelden getoond is het in sommige gevallen mogelijk een procesbeveiliging in te zetten om aan de emissie-eisen te voldoen, hierbij is de keuze van het instrument van belang. Het voorkomen van emissies is echter niet het primaire doel van de procesbeveiliging.

6.2.2

Energiegebruik

Procesbeveiligingen kunnen een neutrale of negatieve invloed hebben op het energiegebruik. Toepassen van een hoog-niveaubeveiliging zal bijvoorbeeld niet zorgen voor een stijging van het energiegebruik. In veel gevallen wordt echter door de procesbeveiliging een actie geïnitieerd waar het energiegebruik door stijgt. Het duidelijkst is dit te illustreren met een procesbeveiliging die een noodkoeling aanstuurt. Toepassing van noodkoeling gebruikt veel energie.

6.2.3

Afvalstromen

Procesbeveiligingen kunnen een positieve en een negatieve invloed hebben op het ontstaan van afvalstromen.

Een hoog-niveau beveiliging voorkomt overstromen van de tank, en heeft hiermee als bijkomstig effect dat een hoeveelheid uitgestroomde vloeistof niet meer aan de specificaties voldoet en daardoor als afvalstof moet worden afgevoerd.

Procesbeveiligingen die een noodstop van een proces initiëren, creëren hiermee een situatie waarbij de processtromen niet meer gebruikt kunnen worden. Vaak zal de gehele inhoud van het proces afgevoerd moeten worden als afvalstroom of naar de fakkels om daar te worden verbrand.

Zoals hierboven vermeld kan een procesbeveiliging invloed hebben op het ontstaan van afvalstromen, het is echter geen geschikt middel om de afvalstromen te reduceren.

6.2.4

Geluid

Sommige procesbeveiligingen hebben een negatief effect op het ontstaan van geluid. Indien een drukbreekplaat wordt aangesproken, worden gassen en dampen met grote kracht naar buiten geblazen waardoor geluidsoverlast kan ontstaan. Ook wanneer procesmedia worden afgevoerd naar de fakkels heeft dit invloed op de geluidsproductie van de inrichting: een fakkels produceert veel geluid en licht wanneer deze grote stromen verbrandt.

6.3

BRZO-inspecties

Toezicht op het veiligheidsaspect van een bedrijf wordt, in het geval van BRZO-plichtige bedrijven, gehouden door de (BRZO-)inspecteur. Ten aanzien van BRZO-inspecties is het van belang dat de procesbeveiligingen zijn geborgd (ontwerp, onderhoud en bediening) in het VBS.

Tijdens de BRZO-inspecties moet onder meer aandacht worden besteed aan de volgende aspecten:

- tijd die na alarmering beschikbaar is om actie te nemen;
- werken insluitsystemen (volledig, sluiten alle toe en afvoeren);
- is de fail-safe positie van afsluiters (correct) vastgelegd;
- zijn common failures (instrumentenlucht, elektriciteit) ondervangen;
- is de werking van beveiligingen tijdens abnormale bedrijfsomstandigheden (onderhoud, opstarten, shut down, alternatieve procesvoering) gedefinieerd;
- is er aandacht in de Management of Change voor het vervangen en repareren van defecte beveiligingen;
- weet de operator wat hij moet en mag doen in geval van alarm/ingrijpen beveiliging;
- wie mag beveiligingen buiten werking stellen/overbruggen, onder welke voorwaarden;
- is de afstelling van de beveiliging afgestemd op de laatste wijzigingen in de installatie of in het proces;
- is er een duidelijke beveiligingshiërarchie, zodat beveiligingen elkaar niet tegenwerken;
- is er een duidelijke testprocedure voor onderhoud en calibratie van het instrument.

De website www.BRZO99.nl biedt meer informatie over onder andere het BRZO-inspectieproces en de Nieuwe Inspectiemethodiek (NIM) [11].

7

Afkortingen en definities

Basisoorzaak	De eerste door het bedrijf geïdentificeerde en beïnvloedbare gebeurtenis die leidt tot een LOC.
BLEVE	Boiling liquid expanding vapour explosion, letterlijk vertaald een kokende vloeistof-gasexpansie-explosie.
BREF	BBT referentie documenten
BRZO:	Besluit risico's zware ongevallen.
Directe oorzaken:	Directe oorzaken voor een LOC zijn (zoals vermeld in RRZO 1999) corrosie, erosie, externe belasting, impact, overdruk, onderdruk, lage temperatuur, hoge temperatuur, trillingen, menselijke fout tijdens gebruik, wijziging en onderhoud.
Fail safe:	De installatie of installatieonderdeel gaat automatisch naar een veilige situatie wanneer de aansturing wegvalt.
FME(C)A	Failure Mode Effect (Critical) Analysis
Gevaarlijke stoffen:	Stoffen, mengsels of preparaten, genoemd in BRZO-1999 bijlage I, deel 1, of behorend tot een categorie, genoemd in bijlage I, deel 2, en aanwezig als grondstof, product, bijproduct, residu of tussenproduct, met inbegrip van stoffen, mengsels of preparaten waarvan redelijkerwijs kan worden verwacht dat zij door het onbeheersbaar worden van een industrieel chemisch proces ontstaan (ar. 1b BRZO-1999).
HAZOP	Hazard and Operability study
Inherente veiligheid:	Het vermijden, elimineren en reduceren van gevaren in plaats van het beschermen daartegen.
Installatie:	Onder installatie wordt verstaan (zie BRZO-1999 artikel 1 onder I): een technische eenheid binnen een inrichting waar gevaarlijke stoffen worden vervaardigd, gebruikt, gebezigd, verwerkt of opgeslagen; daartoe wordt mede gerekend alle uitrusting, constructies, leidingen, machines, gereedschappen, eigen spooremplacementen, laad- en loskades, aanlegsteigers voor de installatie, pieren, depots of soortgelijke, al dan niet drijvende constructies, die nodig zijn voor de werking van de installatie.
IPPC	Integrated Prevention and Pollution Control
LOC:	(Loss of containment - bezwijken van omhulling) Ongewenst vrijkomen van gevaarlijke stoffen, bijvoorbeeld door het falen van een fysieke omhulling.
LOD:	(Line of Defence – veiligheidsmaatregel) De aanwezige technische en/of organisatorische maatregel om de risico's van zware ongevallen te beheersen. Dit kan toegespitst zijn op een insluitsysteem (specifiek) of op de gehele inrichting van toepassing zijn (generiek).
Logic solver:	Onderdeel instrumenteel beveiligingssysteem. Ontvangt signaal van de sensor, neemt beslissingen gebaseerd en verandert de outputsignalen.
LOPA	Layers of Protection Analysis
OHSAS	Occupational Health and Safety Assessment Series
PBZO:	Preventiebeleid zware ongevallen.

PFD:	Probability of failure on demand, de kans dat een instrumentele beveiligingsloop niet in staat is om de vereiste functies uit te voeren, wanneer hier een beroep op wordt gedaan.
PGS:	Publicatiereeks gevaarlijke stoffen.
PHA	Proces Hazard Analysis
Preventieve maatregel:	Maatregel gericht op het voorkomen van het vrijkomen van de gevaarlijke stof.
Repressieve maatregel:	Maatregel gericht op het beperken van de gevolgen van het vrijkomen van een gevaarlijke stof.
Scenario's:	Opsomming welke oorzaken kunnen leiden tot een onveilige situatie.
SIS	(safety instrumented system) Instrumenteel beveiligingssysteem;
SIL	(safety integrity level) Een maat voor de betrouwbaarheid van een bepaalde procesbeveiliging.
VBS:	(veiligheidsbeheerssysteem) Het pakket aan maatregelen opgenomen dat ter beheersing van de risico's van zware ongevallen met gevaarlijke stoffen is geïmplementeerd bij het bedrijf.
VMS:	(veiligheidsmanagementsysteem) Dit wordt gevormd door het Preventiebeleid Zware ongevallen (PBZO) en het ter uitvoering en ter vaststelling van dit beleid opgestelde en geïmplementeerde veiligheidsbeheerssysteem.

Referentie

1. www.vrom.nl
2. www.veiligheidskunde.nl
3. www.sccm.nl/ohsas.html
4. www.swov.nl/rapport/R-2003-19.pdf
5. Ir. W.B. Patberg, Inherente veiligheid in de praktijk, 2007
6. EN 61508-5 (2002), attachment D.5
7. NIBRA, Brandbeveiliging opslag kunststoffen
8. Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 1, Deel 2A: Effecten van explosies op personen
9. Ministerie van VROM en van BZK, Interventiewaarden gevaarlijke stoffen 2007
10. Theorie van Explosies, toelichting op de ATEX 137
11. www.BRZO99.nl
12. T.A. Kletz, Plant Design for Safety – A User Friendly Approach, 1991

Bijlagen



Bijlage 1: Meetmethoden

1 Inleiding

In de factsheets procesbeveiligingen worden verschillende beveiligingen besproken, die gebruik maken van verschillende meetmethoden. In deze bijlagen wordt de werking van een aantal veel toegepaste meetmethoden besproken voor het meten van:

1. temperatuur;
2. druk;
3. niveau;
4. debiet;
5. geleiding.

In de factsheets wordt voor de verschillende situaties, waar deze meetmethoden worden ingezet, de beperkingen en aandachtspunten besproken.

2 Temperatuur

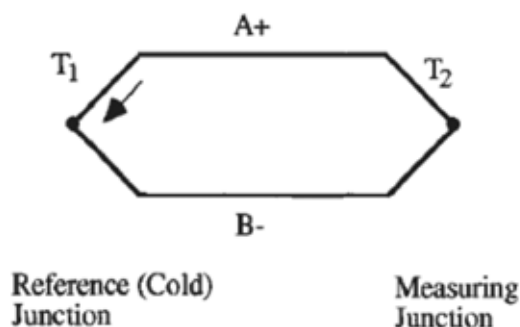
De drie meest gebruikte meetinstrumenten voor het meten van temperatuur in automatische controles zijn thermokoppels, weerstandthermometers en pyrometers.

2.1 Thermokoppels

Een thermokoppel bestaat uit twee draden van verschillende metalen die aan elkaar zijn verbonden. Wanneer tussen beide contactpunten een temperatuurverschil heerst zal een potentiaalverschil ontstaan, waarvan de sterkte afhankelijk is van het temperatuurverschil. Een thermokoppel meet het temperatuurverschil tussen twee punten en dus niet ten opzichte van een bepaalde standaard, zoals bij een thermometer. [2] Een schematische weergave van het thermokoppel is te vinden in Figuur 1.

Figuur 1

Werking thermokoppel [8]



In Figuur 1 zijn A en B de twee metalen en T_1 en T_2 zijn de temperaturen bij de verbindingen. Stel dat T_1 de referentie-verbinding en T_2 de meetverbinding is. Als de thermo-elektrische stroom in de richting als aangegeven in de weergave stroomt dan wordt metaal A aangeduid als de thermo-elektrische positieve ten opzichte van metaal B.

De referentieverbinding kan op een constante temperatuur worden gehouden, of de verbinding wordt bij omgevingstemperatuur gehouden maar wordt elektrisch gecompenseerd zodat het overkomt alsof hij op een constante temperatuur gehouden wordt. Het verschil in temperatuur tussen T_1 en T_2 is meetbaar door de thermo-elektrische stroom door de verbinding.

2.2 Weerstandsthermometers

De werking van de weerstandsthermometer is gebaseerd op de inherente karakteristieken van materialen om te veranderen in een elektrische weerstand als ze een temperatuurswisseling ondergaan. Een weerstandsthermometer is eigenlijk een instrument voor het meten van elektrische weerstand welke is gekalibreerd in temperatuureenheden in plaats van weerstandseenheden. Weerstandsthermometers zijn ongeveer tienmaal zo nauwkeurig als thermokoppels en worden daardoor steeds vaker toegepast.

2.3 Pyrometers

Een pyrometer vergelijkt een te meten doel met een zwart lichaam. De pyrometer heeft een detector, die het signaal van de specifieke golflengte meet. Aan de hand van die specifieke golflengte kan de temperatuur van een zwart object precies worden berekend. De meeste objecten zijn echter geen zwarte objecten, waardoor de temperatuur nog moet worden omgerekend naar de werkelijke temperatuur van het object. De meeste temperatuursbepalingen met de pyrometer-methode gaan er vanuit dat het object grijs is of een bekende emissiewaarde heeft. De emissiewaarde van een niet-zwart object is afhankelijk van de geometrie van het oppervlakte van het object. Ook is het medium waardoor de thermische straling gaat niet altijd transparant. Deze onzekerheden maken een nauwkeurige bepaling van de temperatuur van het object moeilijk. Een correcte selectie van de pyrometer en de juiste emissiewaarden kunnen een hoge mate van accuraatheid bewerkstelligen.

2.4 Uitzettingsthermometer

Het volume van een stof verandert bij het veranderen van de temperatuur. De werking van de uitzettingsthermometer is gebaseerd op dit principe. Bij een vloeistofthermometer is het reservoir gevuld met vloeistof, terwijl het reservoir bij een gasthermometer gevuld is met gas. [3]

2.5 Bimetaal thermometer

Een bimetaalthermometer bestaat uit twee aan elkaar bevestigde maar van verschillende materialen vervaardigde metalen strippen. Doordat de uitzettingscoëfficiënt van de twee metalen verschillend is zal de combinatie bij een temperatuurverandering kromtrekken. [3]

2.6 Optische thermometer

De optische thermometer maakt gebruik van temperatuurafhankelijke fluorescentie in glasvezeltips.

Methoden om druk te meten kunnen worden ingedeeld in drie groepen:

- metingen gebaseerd op de hoogte van een vloeistofkolom (ook manometer genoemd);
- metingen gebaseerd op de vervorming van een elastische drukkamer;
- elektrische sensoren.

3.1

Vloeistofkolom

Drukmetingen gebaseerd op de hoogte van de vloeistofkolom zet de gemeten druk uit tegen de druk die wordt uitgeoefend door een kolom van vloeistof. Als de dichtheid van de vloeistof bekend is, is de hoogte van de vloeistofkolom een maat voor de druk. De meeste vormen van vloeistofkolommen worden manometers genoemd.

Aangezien de dichtheid van een vloeistof afhankelijk is van de temperatuur, moet er rekening gehouden worden met de temperatuur voor een nauwkeurige meting.

3.2

Elastische drukkamer

Bij deze meetmethode wordt een elastisch materiaal (meestal een metaalachtige) binnen de elastische limiet vervormd. Hierbij is de grootte van de vervorming een maat voor de uitgevoerde druk. De meest gebruikte methode gebaseerd op de elastische drukkamer is de Bourbonbuis.

3.3

Elektrische sensoren

Er zijn verschillende soorten elektrische methoden:

- Spanningsmeter:
Als een draad of elektrische geleider elastisch wordt uitgerekt, neemt de lengte toe en de diameter af. Deze beide dimensionale veranderingen resulteren in een toename in de elektrische weerstand van de geleider.
Spanningsmeters die direct aan een diafragma-drukgevoelig element zijn verbonden hebben een extreem snelle responstijd en zijn geschikt voor hoog-frequente dynamische drukmetingen.
- Piezo-weerstandmeters:
Halfgeleider wafels van gebonden singel-crystal, waarvan de weerstand varieert met spanning of vervorming. Een sensor gaat vibreren door een combinatie van een magnetisch veld en een stroom. De resonantiefrequentie is een functie van de druk van de resonator.
- Piezo-elektrische meters:
bepaalde kristallen zorgen voor een potentiaalverschil tussen hun oppervlakten wanneer ze onder spanning worden gezet. Doordat de piezo-elektrische kristallen bij een lage frequentie in sterke mate afhankelijk zijn van de elektriciteit zijn deze omzetters meestal niet geschikt voor metingen van statische procesdrukken.

Het niveau in een tank of vat kan op drie plaatsen gemeten worden:

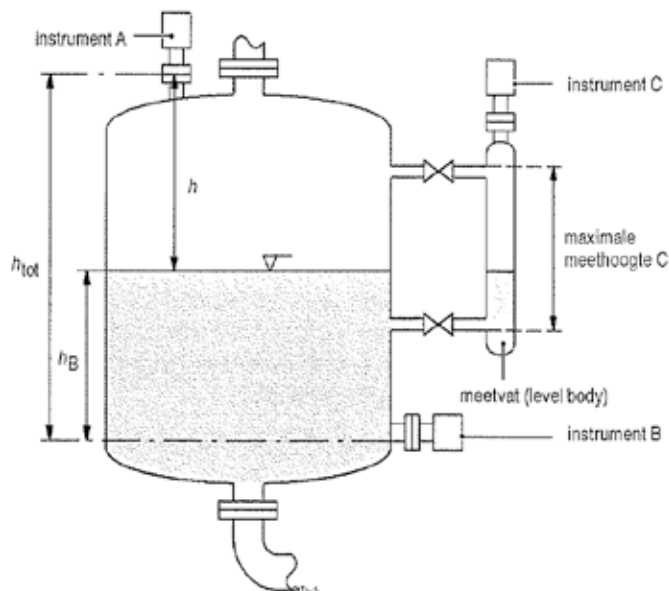
- bovenin het vat, bepaalt de ruimte boven het medium in het vat;
- onderaan het vat, meet direct de niveauhoogte;
- aan een meetvat, wanneer meting in het vat niet mogelijk is, kan zowel een meting bovenin als onderaan het meetvat zijn.

Veel gebruikte meetinstrumenten voor niveaumeting zijn:

- Hydrostatisch;
- Capacitief;
- Ultrasoon;
- Radar;
- Verdringer.

Figuur 2

Niveaumetingen in tank of vat [1]



4.1

Hydrostatisch

Bij een hydrostatische niveaumeting wordt de druk van de vloeistof vergeleken met een referentiedruk buiten het vat op dezelfde referentiehoogte. Wanneer de dichtheid van de vloeistof constant is kan het niveau bepaald worden.

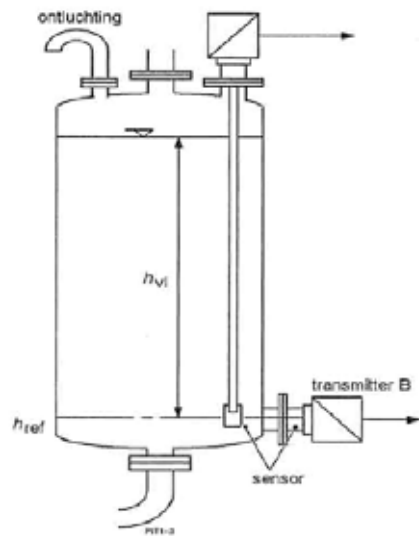
4.2

Capacitief

Een capacitieve meting is gebaseerd op de capacitieve werking van een tankwand en een elektrode. De elektrode wordt bovenin de tank gestoken. De capaciteit wordt beïnvloed door de hoogte van de vloeistof of vaste stof. De gemeten stof hoeft niet geleidend te zijn. Figuur 3 geeft een schematische weergave van de capacitieve meting.

Figuur 3

Capacitieve meting [8]



4.3

Ultrasoon

Een ultrasone sensor zendt geluidsimpulsen uit naar het oppervlak, waar het geluid wordt weerkaatst. Het tijdsverschil tussen zenden en ontvangen is een maat voor de afstand tussen het niveau en de sensor. Zie voor een schematische weergave Figuur 4.

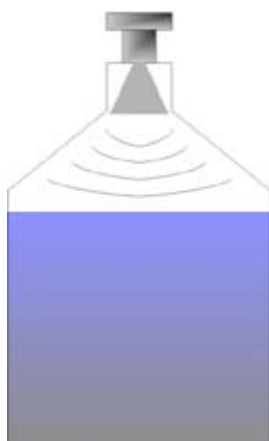
4.4

Radar

Een radarniveaumeting is vergelijkbaar met een ultrasone meting, echter het signaal wordt met een zeer hoge frequentie uitgezonden. Hierdoor hebben de pulsen minder last van temperatuur, druk en gassamenstelling.

Figuur 4

Ultrasone niveaumeting [2]



4.5

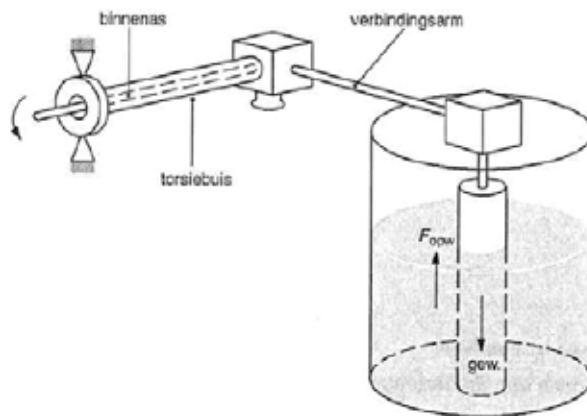
Verdringer

Een verdringerniveaumeting maakt gebruik van een gesloten verdringer, vaak een metalen buis. Wanneer het niveau stijgt, krijgt de verdringer een grotere opwaartse kracht. De verandering van het gewicht van de verdringer is een maat voor het niveau.

De figuur hieronder is een weergave van een verdringerniveaumeting.

Figuur 5

Verdringerniveaumeting [1]



4.6

Vlotter

De vlotterniveaumeting maakt gebruik van het drijfvermogen van de vlotter op het oppervlak van het medium in de tank of het vat. De vlotterniveaumeting is vooral geschikt om te registreren dat een tank vol is. Een vlottermeting is niet geschikt voor media waarop de vlotter niet blijft drijven of voor media die (deels) bevroren zijn.

5

Debiet

Er bestaan veel verschillende soorten debietmetingen. De keuze voor de soort meting is afhankelijk van het procesmedium en de eisen die gesteld worden aan de instrumenten zelf.

De meetmethoden kunnen worden ingedeeld in twee groepen: de lokale meetsystemen en de meet-systemen met transmitters. De lokale meetsystemen worden ter plaatse uitgelezen.

5.1

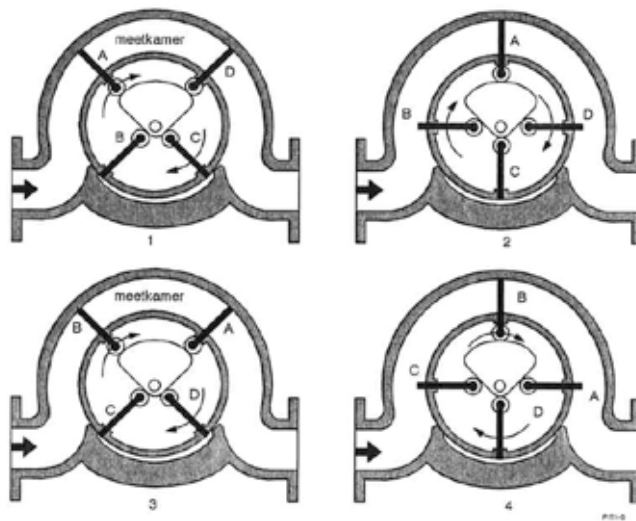
Turbinemeter

Deze meter wordt geheel in de leiding gemonteerd. In het meterhuis is een draaiende rotor geplaatst, waarin, door de schoepen, een bepaalde hoeveelheid medium wordt ingesloten. Het meetsysteem met het aantal omwentelingen van de rotor, wat een maat is voor de hoeveelheid medium die tussen de schoepen verplaatst is.

Figuur 6 toont de werking van de turbinemeter.

Figuur 6

Turbinemeter [1]



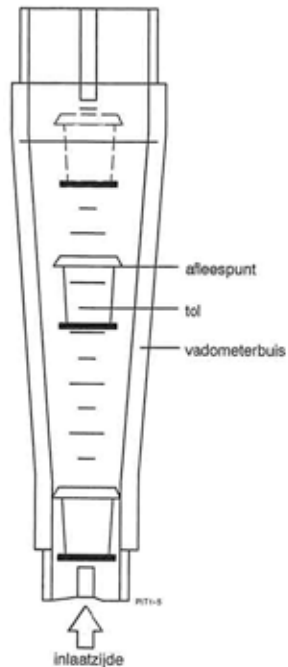
5.2

Vadometer

Een vadometer is een vertikaal opgestelde, enigszins tapse buis. In de buis zit een tol, die door het stromende medium wordt opgestuwd. Wanneer het debiet hoger wordt, komt de tol hoger in de buis. Figuur 7 toont de werking van de vadometer.

Figuur 7

Vadometer [1]



5.3

Drukverschil over schijfelement

Een meetschijf wordt in een procesleiding geplaatst. De stroming door de leiding perst zich door de meet-schijfopening. Door de plaatselijke vernauwing neemt de snelheid toe, waardoor de druk in de opening afneemt. De drukdaling in de vernauwing heeft een relatie met de snelheid.

5.4 Drukverschil over een annubar element

Een annubar-instrument is een ronde of vierkante buis, die loodrecht op de stroomrichting staat en stroomopwaarts en stroomafwaarts is voorzien van een aantal gaatjes. In de stroomopwaartse buis ontstaat een stuwdruk, stroomafwaarts ontstaat een statische druk. Het drukverschil is een maat voor de mediumsnelheid.

5.5 Magnetisch inductieve debietmeting

Een magnetisch inductieve debietmeting wordt uitgevoerd in een meetbuis met dezelfde maat als de procesleiding. Door een elektrische stroom in een magnetisch veld wordt een elektrische inductiespanning opgewekt. Deze meting is geschikt voor de meting van het debiet van geleidende stoffen.

5.6 Vortexdebietmeting

De vortexmeting vindt in een meetbuis plaats, waarin een stationaire staaf is geplaatst. Het medium stroomt langs deze staaf, waardoor vlak na de staaf wervelingen ontstaan. De wervelingen veroorzaken drukpulsen. De frequentie van de drukpulsen zijn een maat voor de mediumsnelheid.

5.7 Ultrasonische debietmeting

In de meetbuis zijn twee geluidsbronnen en twee ontvangers opgenomen. De stroomsnelheid van het medium heeft invloed op de geluidsgolf.

5.8 Thermische debietmeting

Moleculen die in contact komen met een verwarmingselement absorberen warmte en koelen het oppervlak van het element af. Bij een grotere gasstroom komen meer moleculen in aanraking met het verwarmingselement en koelt het oppervlak sterker af.

6 Geleiding

Een geleidingsmeter is gebaseerd op het bepalen van de mate waarin een elektrische stroom door een vloeistof vloeit. De meter bestaat uit twee elektroden, die op een bepaalde afstand van elkaar zijn geplaatst. Hierop wordt een lage wisselspanning gezet. De geleiding is beter naarmate er een groter aantal ionen tussen de elektronen aanwezig is.

7 Vochtigheidsmeters

Van sommige stoffen is het niet gewenst dat ze met water in aanraking komen. Ook kan het noodzakelijk zijn om een magazijn of hal zoveel mogelijk op een constante luchtvochtigheid wordt gehouden. In dit soort gevallen is het zinvol de luchtvochtigheid te meten.

In dit kennisdocument worden geen procesbeveiligingen op basis van vochtigheid besproken, daarom wordt hier verder niet op ingegaan.

8 Referentie

1. Proces-instrumentatie Field Instruments (PIT 1), Elsevier, 2002
2. www.wikipedia.nl
3. Meten en regelen in de procesindustrie, H.B. Harmsen en P.K.W. Valk, 1973

Bijlage 2: Factsheets Procesbeveiligingen

Hieronder volgt een lijst met de opgenomen factsheets. Gekozen is om de meest voorkomende procesbeveiligingen te behandelen. Dit heeft als gevolg dat er onderwerpen zijn die niet in de factsheets besproken worden.

2A	Niveau procesvat	47
2B	Drukbeveiliging in procesvat	50
2C	Temperatuur in procesvat	55
2D	pH meting in leidingen en procesvaten	59
2E	Niveau in atmosferische opslag	62
2F	Drukbeveiliging in opslagtanks	66
2G	Stroming in leiding	71
2H	Druk pomp	75
2I	Temperatuurbeveiliging pomp	78
2J	Niveau verlading	81
2K	Druk bij verlading	84
2L	Drukverschil over afscheider	88
2M	Temperatuur in afscheider	91
2N	Temperatuur in een warmtewisselaar	94
2O	Zuurstofmeting	97
2P	Rookgasanalyse	100
2Q	Explosie van gas of damp	102
2R	Positie afsluiter	105
2S	Fakkelen	109
2T	Compressor	113

2A Niveau procesvat

1 Inleiding

Een te hoog niveau van een procesmedium in een procesvat kan leiden tot overdruk in het vat en/of overlopen hiervan. Een te laag niveau kan zorgen voor schade aan roerwerk, pompen etc door drooglopen hiervan.

2 Niveaumeting in procesvat

2.1 Aandachtspunten niveaumeting

Aandachtspunten bij meting van niveau in een procesvat [2]:

- Plaats van de meting (bovenop vat, onder aan het vat of een niveaumeting aan een meetvat).
- Storende invloeden in vat. Zoals: schotten, stangen, mangaten, roerwerken en afvoeropeningen. Hierdoor kan door stroming het oppervlak niet constant vlak zijn, maar is het voortdurend in beweging.
- Bij sommige producten zijn schuim- en temperatuurlagen een onzekere factor die afhankelijk zijn van de processtatus.
- Wat zijn de wensen voor wat betreft signaalwerking en onderhoudsaspecten, niet alle meters zijn bijvoorbeeld eenvoudig uit het procesvat te verwijderen.

2.2 Toepassingsgebied niveaumeting

In de onderstaande tabel zijn een aantal niveaumetingen met hun eigenschappen weergegeven.

Tabel 1

Eigenschappen niveaumeting

	Hydrostatische niveaumeting	Capacitieve niveaumeting	Ultrasoneniveaumeting	Radar niveaumeting	Verdringer niveaumeting
Meetprincipe	Hydrostatische druk	Capacitief	Ultrasoon	Radar (microgolven)	Verdringerbuis
Dichtheidsverandering	Dichtheid moet constant zijn	Geen probleem	Geen probleem	Geen probleem	Dichtheid moet constant zijn
Geleiding procesmedium	Geen probleem	Beklede probes	Geen probleem	Beperking bij $\epsilon < 2$	Geen probleem
Vaste delen in vloeistof	Mogelijke verstopping	Geleidend vuil geeft afwijkingen	Geen probleem	Geen probleem	Kans op verstopping meetvat
Medium-temperatuur	Geen probleem	> 200 °C afhankelijk van druk	Laagvorming product/lucht	Geen probleem	Alleen dichtheid
Gasdruk	Compensatie meetbeen	Geen probleem	Tot circa 3 bar overdruk	Geen probleem	Geen probleem
Damp	Compensatie meetbeen	Kans op afwijkingen	Afhankelijk van samenstelling	Geen probleem	Geen probleem
Vacuüm	Compensatie meetbeen	Geen probleem	Toepassing vanaf 0,5 bar abs.	Geen probleem	Geen probleem
Toepassingsgebied	Afhankelijk van uitvoering tot 20 meter	Tot circa 5 meter	Tot circa 40 meter	Tot circa 40 meter	Tot circa 2 meter (pijp) of 30 meter (servo)

ϵ = dielektrische constante, de maat voor hoeveel een elektrisch veld een materiaal kan polariseren.

In een procesvat kan sprake zijn van extreme condities, bijvoorbeeld op het gebied van druk of temperatuur. Daarom is het van belang dat bij de keuze van het type meter gezocht wordt naar die meter die bestand is tegen de processpecifieke omstandigheden. Voor meer informatie omtrent de verschillende meetinstrumenten zie [3] en [4].

3 Beveiliging

3.1 Basisoorzaken afwijken niveau

De PGS 6 verdeelt het falen van een omhulling in basisoorzaken. Deze basisoorzaken worden beschreven in de foutenbomen in bijlage 8 van de PGS 6. Hieronder zal verwezen worden naar de nummering van de basisoorzaken die in deze bijlage gebruikt wordt. [5]

3.2 Voorkomen door procesregeling

De procesregeling dient ervoor te zorgen dat het niveau binnen ideale omstandigheden blijft, zodat het proces goed blijft verlopen. Hiertoe kunnen de volgende acties geïnitieerd worden. De nummers tussen haakjes geven aan op welke PGS 6-basisoorzaken dit ingrijpt.

- a. alarmering procesoperator (6.4, 6.7);
- b. verlagen toevoer door verlagen toerental toevoerpomp (7.22, 7.23, 7.24, 7.26),
- c. verhogen toevoer door verhogen toerental toevoerpomp;
- d. verlagen afvoer door verlagen toerental afvoerpomp.

3.3 Ingrijpen door procesbeveiliging

De procesbeveiliging heeft als doel een onveilige situatie door overschrijding van de belastinggrenzen van de apparatuur te voorkomen. De procesbeveiliging kan de volgende acties initiëren om falen van de apparatuur door een te hoog of te laag niveau te voorkomen:

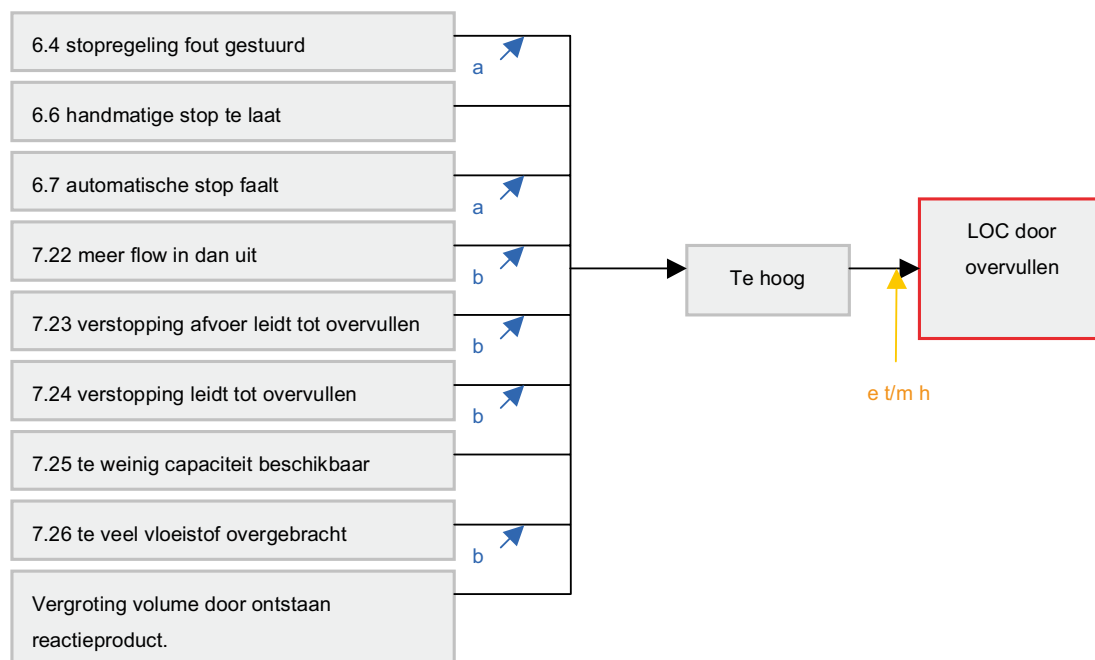
- e. starten toevoerpomp en/of afvoerpomp;
- f. stoppen toevoerpomp en/of afvoerpomp;
- g. stoppen roerder;
- h. verpompen in het vat aanwezig reactiemengsel naar knock-out vat of fakkel.

3.4 Beveiliging in de foutenboom

In de figuur op de volgende pagina wordt getoond op welke basisoorzaken wordt ingegrepen door de procesregeling, en wanneer de procesbeveiliging aangesproken wordt.

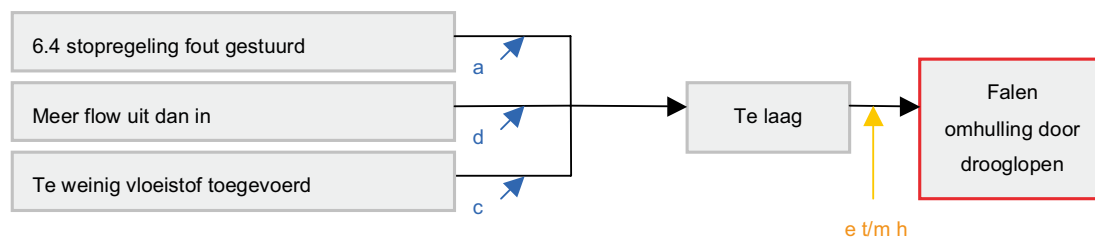
Figuur 1

Plaats beveiliging in de foutenboom hoog niveau



Figuur 2

Plaats beveiliging in de foutenboom laag niveau



4 Praktijkvoorbeeld

-

5 Referentie

- [1] Proces-instrumentatie Field Instruments (PIT 1), PIT1 3 niveaumetingen, figuur 1
- [2] Proces-instrumentatie Field Instruments (PIT 1), PIT1 3 niveaumetingen
- [3] Proces-instrumentatie Field Instruments (PIT 1), PIT1 3 niveaumetingen, paragraaf 3.3
- [4] Perry's chemical engineers handbook, 7th edition, section 8, pagina 49 en 50
- [5] Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 6, aanwijzingen voor implementatie van BRZO-1999, 2006, bijlage 8

2B Drukbeveiliging in procesvat

1 Inleiding

Procesvaten zijn erg kwetsbaar voor wijzigingen in de druk ten opzichte van de ontwerpdruk. Overdruk van het vat kan leiden tot lekkage van dampen of scheuren van wanden of leidingverbindingen, terwijl onderdruk kan zorgen voor het inzuigen van lucht of het kromtrekken van de wanden. Daarbij zijn met name afdichtingen van roerwerkassen, kijkglazen en mangatdeksels gevoelig voor drukschommelingen. Ook wanneer op het procesvat slangen, compensatoren of glazen apparatuur is aangesloten is de drukvastheid van de installatie vaak beperkt.

Drukbeveiligingen beschermen het proces dus niet alleen tegen het vrijkomen van product uit het binnenste van een procesvat, maar kunnen er ook voor zorgen dat geen zuurstof binnen dringt. Dit kan zowel uit het oogpunt van brand- en explosieveiligheid, alsook vanwege de productkwaliteit ongewenst zijn.

2 Drukmeting in procesvat

De druk in een procesvat wordt in de meeste gevallen bepaald door:

- de pompdruk of hydrostatische druk tijdens het toe en afvoeren van reactanten, hulpstoffen of product;
- de dampspanningen van de stoffen in het vat bij proces temperatuur;
- thermische expansie;
- de druk van de inertisering (bijv. stikstofdeken);
- de sterkte van het vacuüm of van de ventilatie waarmee dampen afgevoerd worden.

2.1 Aandachtspunten drukmeting

Aandachtspunten bij de meting van de druk in een procesvat zijn [1]:

- Wat moet gemeten worden, de absolute druk of de overdruk? Dit heeft invloed op de keuze van het type meting.
- Wat zijn de eigenschappen van het medium, zoals soort medium en de aard?
- Bij het meten van vloeistof en stoom moet de meetleiding vol blijven staan met vloeistof of condensaat;
- Bij het meten van een gas is het noodzakelijk dat de meetleiding leeg blijft.
- Vinden er grote temperatuurschommelingen in het procesvat plaats? Dit kan voor een meetafwijking zorgen.
- Het meetpunt dient zodanig geplaatst te zijn dat er geen leidingen en appendages voor de meetplaats aanwezig zijn.

2.2 Toepassingsgebied drukmeting

Er zijn verschillende soorten drukmeters die verschillende toepassingsgebieden hebben. In onderstaande tabel worden van drie veelvoorkomende drukmeetinstrumenten de toepassingsgebieden besproken.

Tabel 1

Drukmeetinstrumenten [1]

	Lokale manometer	Drukschakelaar	Druktransmitter
meetgebied	0 - 0,5 bar en van 0 tot 10.000 bar	Meet een bepaalde hoge en/of lage druk (instelbaar)	Afhankelijk van gebruikte meetcel.
standaardnauwkeurigheid	Circa 1%, precisiemeters tot ongeveer 0,2%		Afhankelijk van gebruikte meetcel.
aandachtspunten	- niet geschikt voor vervuilingsgevoelige media; - slechts voor algemeen gebruik.	- proceswaarde wordt direct gemeten (veldmontage) - voor algemeen gebruik, niet alleen voor druk.	- droge meetcel of vloeistofgevulde meetcel; - temperatuurgevoelig, temperatuurverhoging kan voor een meetafwijking zorgen. Meetcorrectie toepasbaar. - zeer geschikt om in smart field-instrumenten te gebruiken.

3 Beveiliging

In de PGS 6 worden verschillende mogelijke basisoorzaken voor falen vermeld. Ingegrepen kan worden door de procesregeling en door de drukbeveiliging [2].

3.1 Basisoorzaken hoge druk in procesvat

De PGS 6 verdeelt de basisoorzaken voor het falen van een omhulling door te hoge druk in te hoge druk door vloeistof, gas en vaste stof. Deze basisoorzaken zijn terug te vinden in de foutenbomen op pagina 85 tot 97 van bijlage 8 van de PGS 6. De basisoorzaken voor onderdruk zijn te vinden in de foutenboom op pagina 99 van bijlage 8 van de PGS 6.

Er kunnen preventieve en repressieve maatregelen worden genomen om een stofexplosie te voorkomen, zie ATEX 137/95.

3.2 Voorkomen hoge druk door procesregeling

De procesregeling zorgt dat de druk binnen de gewenste waarden blijft, zodat het proces goed blijft verlopen en de toe- en afvoer van grondstoffen en product niet gehinderd wordt. Hiertoe kunnen de volgende acties geïnitieerd worden (de nummers tussen haakjes verwijzen naar de PGS-basisoorzaken waar de actie op ingrijpt).

- drukregeling door sluiten/openen toevoerlep (7.6, 7.7, 7.15 - 7.21, 7.22, 7.23 – 7.26);
- drukregeling door sluiten/openen afvoerlep (7.2, 7.4, 7.7, 7.22, 7.23 – 7.26);
- verlagen pompdebiet naar vat (7.6, 7.7, 7.15 - 7.21, 7.22, 7.23 – 7.26);
- verhogen pompdebiet afvoer (7.2, 7.4, 7.7, 7.22, 7.23 – 7.26);
- starten noodkoeling (met ander koelmedium, bijv. ijswater) (7.11 – 7.14, 7.15 – 7.21).

3.3

Ingrijpen op hoge druk door procesbeveiliging

De beveiliging heeft als doel een onveilige situatie door overschrijding van de belastinggrenzen van de apparatuur te voorkomen. De beveiliging zal ingrijpen wanneer de drukgrenzen van het vat dreigen te worden overschreden. Niveau kan een maat zijn voor druk, daarom kan bij voorkomen van falen door hoge druk gebruik worden gemaakt van een hoog niveau-beveiliging en een drukbeveiliging. Hierbij heeft een directe drukbeveiliging de voorkeur, aangezien een niveau-beveiliging in dit opzicht een indirecte meetwijze betreft en daardoor vatbaarder is voor storingen.

De procesbeveiliging kan de volgende acties initiëren:

- f. stoppen toevoer- en/of afvoerpomp;
- g. sluiten/openen afvoer- en/of toevoerklep;
- h. starten noodkoeling;
- i. afvoeren dampen of producten, bijvoorbeeld naar fakkel;
- j. starten noodstop apparatuur;
- k. aanspreken veiligheidsklep/breekplaat (indien de andere methoden falen).

Een doelmatige veiligheidsklep dient ontworpen te zijn voor het debiet dat in het meest ongunstige van onderstaande scenario's (zie 3.4) op kan treden. Dit is vaak het brandscenario.

Drukontlasting dient te geschieden naar een veilige locatie (bijv. grote hoogte of fakkel).

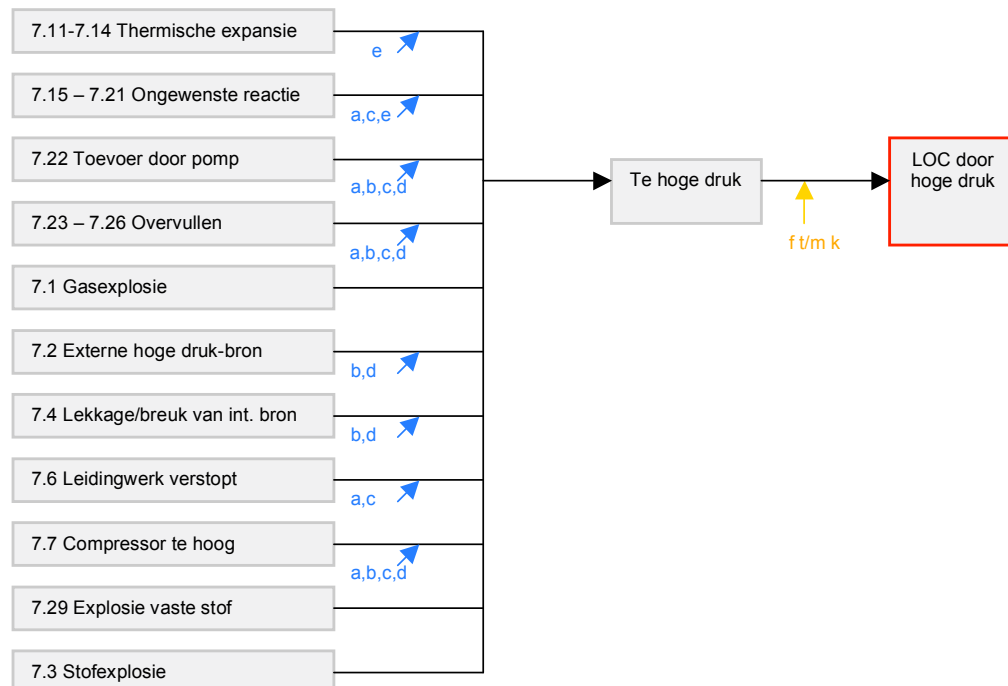
3.4

Beveiliging tegen hoge druk in de foutenboom

In onderstaande figuur is te zien op welke oorzaken de procesregeling ingrijpt (blauw) en op welke oorzaken de procesbeveiliging ingrijpt (oranje).

Figuur 1

Plaats beveiliging in de foutenboom voor hoge druk



3.5 Basisoorzaken te lage druk

De basisoorzaken voor onderdruk zijn te vinden in de foutenboom op pagina 99 van bijlage 8 van de PGS 6.

3.6 Voorkomen lage druk door procesregeling

De procesregeling voorkomt dat de druk te laag wordt (voor het proces) door de volgende ingrepen.

De getallen tussen haakjes verwijzen naar de basisoorzaken in PGS 6:

- l. verlagen pompdebiet afvoer product of dampen, bijvoorbeeld regelen toerental vacuümpomp (9.1 – 9.6);
- m. openen toevoerklep stikstof / lucht etc. (9.13 – 9.18);
- n. starten noodverwarming (9.4, 9.10, 9.16, 9.22, 9.5, 9.11, 9.17, 9.23);
- o. sluiten klep in productafvoer of ventilatie/dampafvoer (9.3, 9.9, 9.15, 9.21).

3.7 Ingrijpen op lage druk door procesbeveiliging

De procesbeveiliging kan de volgende acties initiëren:

- p. toevoer stikstof / lucht etc.;
- q. stoppen afvoer;
- r. noodstop apparatuur;
- s. aanspreken vacuümbreker of veiligheidsklep.

3.8 Beveiliging tegen lage druk in de foutenboom

In onderstaande figuur is te zien op welke oorzaken de procesregeling ingrijpt (blauw) en op welke oorzaken de procesbeveiliging ingrijpt (oranje).

Figuur 2

Plaats beveiliging in de foutenboom voor lage druk



4 **Praktijkvoorbeeld**

-

5 **Referentie**

- [1] Elsevier opleiding & advies, Proces-instrumentatie Field Instruments (PIT 1), PIT 1 2 druk- en drukverschilmeting.
- [2] Publicatiereeks Gevaarlijke Stoffen 6, aanwijzingen voor implementatie van BRZO-1999, 2006, bijlage 8.

2C Temperatuur in procesvat

1 Inleiding

Het proces, dat in een procesvat plaatsvindt, verloopt volgens een bepaald reactie-evenwicht dat (mede) afhankelijk is van de temperatuur. Daarom is het gewenst de temperatuur binnen een bepaald gebied te houden. Daarnaast bestaan er temperatuurgrenzen waarbuiten onveilige situaties optreden, zoals ontstaan van brosheid (met name aan kunststofdelen) van de omhulling of verstopping van de leidingen, waardoor bijvoorbeeld het procesvat kan falen. De procesbeveiliging dient ervoor dit laatste te voorkomen.

Falen van een procesvat door een te hoge of te lage temperatuur kan explosies en branden tot gevolg hebben (veiligheid). Ook kunnen emissies naar het milieu ontstaan. Naast de emissies van milieuschadelijke stoffen kan, door een stijging van de temperatuur van het koelwater dat op het oppervlaktewater geloosd wordt, een stijging van de temperatuur van het watermilieu ontstaan (milieu).

2 Temperatuurmeting in procesvat

Een goede temperatuurregeling is met name van belang in situaties waarbij belastinggrenzen van de installatie dreigen te worden overschreden, bijvoorbeeld bij sterk exotherme reacties of verdamping van in vloeibare toestand opgeslagen gassen.

2.1 Aandachtspunten temperatuurmeting

Aandachtspunten bij de meting van temperatuur in een procesvat zijn de volgende [1]:

- Betreft het een continu- of batchreactor? Dit heeft gevolgen voor de temperatuurverdeling en warmteoverdracht.
- Plaats van de meting: de temperatuursverdeling in het vat is waarschijnlijk niet volledig homogeen.
- Soort reactor, de temperatuurverdeling in een fixed-bed reactor is bijvoorbeeld heel anders dan in een mixed reactor.
- Exothermie van de reactie: hoe snel vindt mogelijke opwarming plaats.
- Vindt de reactie plaats in oplossing of niet, dit heeft invloed op de verdeling van de warmte.
- Aanwezigheid koeling / verwarming en locatie hiervan.
- Doseervolgorde en doseersnelheden (intrinsieke veiligheid).
- Temperatuurbewaking van mogelijke ontstekingsbronnen (zelfontbrandingstemperatuur van producten en media).

2.2 Toepassingsgebied temperatuurmeting

Een goede werking van de beveiliging is afhankelijk van een goede werking van de temperatuurmeting. Er zijn verschillende soorten thermometers die verschillende toepassingsgebieden hebben. In onderstaande tabel is van een aantal veel toegepaste thermometers het toepassingsgebied te vinden.

Tabel 1

Temperatuurmeetinstrumenten [3]

Instrument	Toepassing	Meetgebied	Bijzonderheden
Niet-lokale meting			
Thermokoppel	Algemeen gebruik	- 100 °C tot 1500 °C	Snelle meting wegens kleine sensor, puntmeting, nauwkeurigheid klasse 1, 2 of 3 ¹ ,
Weerstandthermometer	Algemeen gebruik	- 200 °C tot 800 °C	Snelle meetsnelheid wegens kleine sensor, meetgebied afhankelijk van de constructie, nauwkeurigheid: Klasse A +/- 0,15 °C + 0,002 *t Klasse B +/- 0,3 °C + 0,005*t
Optische thermometer	Contactloze meting op afstand, vaak hand-held	- 40 tot circa 3000 °C	Nauwkeurigheid +/- 2%, afhankelijk van emissiecoëfficiënt gevoelig voor damp/stoom, afstandsgevoelig (behalve kleurmethode)
Lokale meting			
Vloeistofgevulde thermometer	Algemeen gebruik	- 110 °C tot 650 °C	Capillair is kwetsbaar, metaal- of glasbehuizing, meetgebied afhankelijk van de vultvloeistof
Gasgevulde thermometer	Algemeen gebruik	- 150 °C tot 600 °C	Capillair is kwetsbaar, drukmeter heeft zeer klein volume, meetgebied afhankelijk van de gasvulling/vuldruk
Bimetaal thermometer	Algemeen gebruik	- 60 °C tot 600 °C	Thermometer is kwetsbaar

¹ De nauwkeurigheid (tolerantie) volgens IEC-584 norm is afhankelijk van het type thermokoppel

3 Beveiliging

De temperatuur wordt onder normale omstandigheden bewaakt door de procesregeling. Pas wanneer door afwijken van de temperatuur een Loss of Containment (LOC) dreigt te ontstaan wordt de procesbeveiliging aangesproken.

3.1 Basisoorzaken afwijken temperatuur

De PGS 6 verdeelt het falen van een omhulling door temperatuur in basisoorzaken. Deze basisoorzaken worden beschreven in de foutenboom in bijlage 8 van de PGS 6. Hieronder zal verwezen worden naar de nummering van de basisoorzaken die in deze bijlage gebruikt wordt.

3.2 Voorkomen door procesregeling

Het doel van de procesregeling is ervoor te zorgen dat het proces onder ideale omstandigheden blijft, zodat het proces goed blijft verlopen. De procesregeling zal daarom ingrijpen wanneer de temperatuur buiten de voor het proces gewenste temperatuurgrenzen dreigt te komen en kan hiertoe de volgende acties initiëren. De nummers tussen haakjes geven aan op welke PGS 6-basisoorzaken dit ingrijpt.

- verbeteren menging door aanpassing toerental roerder (8.1);
- verhogen verwarming of koeling (8.2 t/m 8.8);
- aanpassen dosering door (verder) openen / sluiten afsluiters (8.4, 8.6, 8.8).

3.3

Ingrijpen door procesbeveiliging

De procesbeveiliging heeft als doel een onveilige situatie door overschrijding van de belastinggrenzen van de apparatuur te voorkomen. De procesbeveiliging zal ingrijpen wanneer de temperatuur buiten de voor het proces gewenste temperatuurgrenzen is en de temperatuurgrenzen voor falen van de apparatuur dreigen overschreden te worden. De procesbeveiliging kan de volgende acties initiëren. De acties hoeven niet noodzakelijkerwijs tegelijkertijd geïnitieerd te worden, er kan een tijdsverloop zijn tussen de verschillende acties.

- d. alarmering procesoperator (8.1 t/m 8.8);
- e. stoppen toevoerpomp en/of afvoerpomp (8.4, 8.8);
- f. stoppen verwarming / koeling (8.2, 8.3, 8.4, 8.6, 8.8);
- g. verpompen in het vat aanwezig reactiemengsel naar knock-out vat of fakkel (8.1 t/m 8.4, 8.6, 8.8);
- h. injecteren inhibitor (8.4);
- i. starten noodkoeling (met ander koelmedium, bijv. ijswater (8.4, 8.5);
- j. af laten lopen naar een opvangvoorziening.

De temperatuur waarbij het procesvat faalt hoort over het algemeen ver boven of onder de temperatuurgrenzen voor een goed verloop van het proces te liggen. Dit betekent dat bij een daling of stijging van de temperatuur in eerste instantie voldoende tijd is om correctieve maatregelen te nemen. Pas wanneer de correctieve maatregelen niet blijken te helpen of wanneer de stijging of daling van de temperatuur dermate snel gaat dat correctieve maatregelen te laat voor het gewenste effect zullen zorgen, moet direct in het proces worden ingegrepen.

Bepaalde onderdelen van het procesvat zijn het meest gevoelig voor falen door een te hoge / te lage temperatuur. Denk hierbij aan kunststoffen, rubbers, afdichtingen en compensatoren. Voor deze onderdelen is er minder tijd om in te grijpen, omdat de temperatuur waarbij deze onderdelen falen op het randje van het operationele gebied zit.

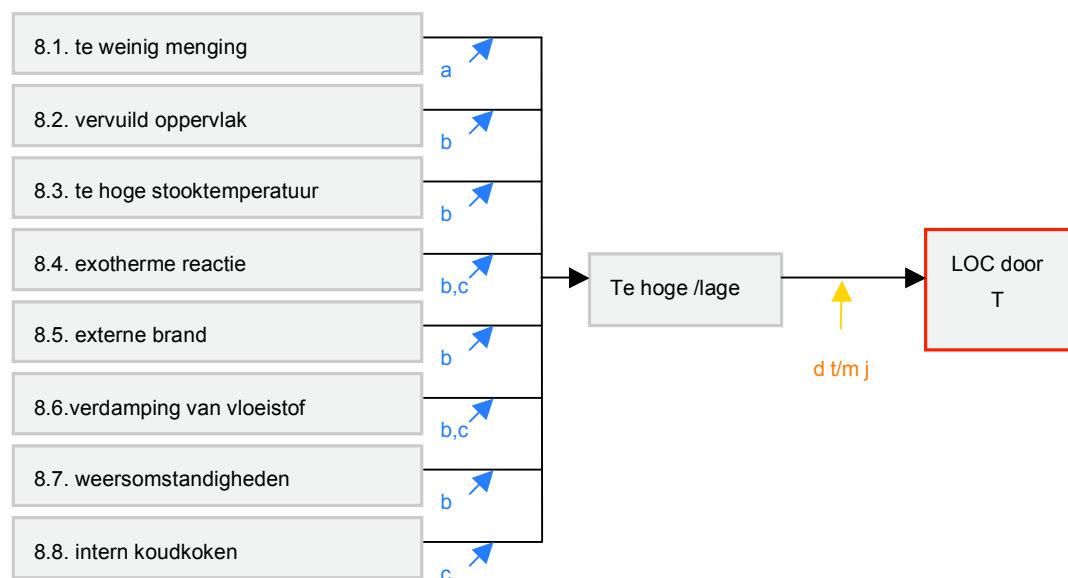
3.4

Beveiliging in de foutenboom

In onderstaand figuur wordt getoond op welke basisoorzaken wordt ingegrepen door de procesregeling, en wanneer de procesbeveiliging aangesproken wordt.

Figuur 1

Plaats beveiliging in de foutenboom



4

Praktijkvoorbeeld

In 1976 ontstond in Seveso (Italië) een runaway-reactie in een reactor van een chemische fabriek voor pesticiden en herbiciden. De reactie ontstond doordat een reactor gedurende het weekend, waarin de fabriek gesloten was, halfvol met ongereageerd materiaal werd achtergelaten. De warme wanden van de reactor zorgden voor een lichte temperatuurverhoging van de bovenste laag van het reactiemengsel. Hier ontstond langzaam een exotherme reactie. Na enkele uren resulteerden deze reacties in andere, snellere exotherme reacties. Door de verhoogde druk die hierdoor ontstond opende een veiligheidsklep, waardoor een wolk TCDD (2, 3, 7, 8-tetrachlorodibenzo-p-dioxine) vrijkwam.

Doordat er tijdens het weekend alleen onderhoudspersoneel aanwezig was en er geen automatisch koelsysteem aanwezig was, werd de reactie niet in een vroeg stadium gestopt. [2]

5

Referentie

- [1] Perry's chemical engineers handbook, 7th edition, section 8
- [2] Chemical Process Technology, J.A. Moulijn, M. Makkee, A. van Diepen, 2001, hoofdstuk 13
- [3] Elsevier opleiding & advise, Proces-instrumentatie Field Instruments (PIT 1), PIT1 4 (temperatuurmeting)
- [4] Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 6, aanwijzingen voor implementatie van BRZO-1999, 2006, bijlage 8

2D pH meting in leidingen en procesvaten

1 Inleiding

De pH in een processtroom kan van belang zijn voor de veiligheid in verband met het ontstaan van corrosie in leiding of vaten. Een te hoge zuurgraad kan (samen met een hoge temperatuur) zorgen voor een toename van corrosie van de metalen delen in een leiding of vat. Verder kan een te hoge of te lage zuurgraad zorgen voor ontstaan van neerslag en hierdoor verstopping van de leiding, of voor een verkeerd zuiveringsrendement van een zuiveringsinstallatie.

Door plotseling vrijkomen van zure stoffen kan een gevaarlijke situatie ontstaan voor de personen die in de omgeving aanwezig zijn. Wanneer de corrosie echter voor een langzame lekkage zorgt, kunnen ongemerkt grote hoeveelheden schadelijke stoffen in het milieu terecht komen.

2 Meetaspecten pH-meting

Een pH-meting is in feite een potentiaalmeetmethode. De elektrische spanning die de concentratie H^+ -ionen geeft, wordt gemeten. Deze spanning wordt gemeten door twee elektroden, die in de oplossing zijn geplaatst.

Eén elektrode is de pH-meetelektrode en de ander is de referentie-elektrode. Beide elektroden zijn gevuld met een specifieke vloeistof (bijvoorbeeld KCl). De glasbol (glasmembraan) van de meetelektrode is gevoelig voor de H^+ -ionen.

Bij een pH van 7 is de meetspanning tussen de elektroden 0 mV. Neemt de pH-waarde af, dan stijgt de afgegeven spanning. In het basische gebied is de meetspanning dus negatief.

De meetelektroden zijn temperatuurgevoelig, daarom wordt er gecorrigeerd voor de temperatuur.

In dat geval wordt er een derde 'meetelektrode' in het meetvat gestoken. Dit is veelal een Pt-100 element (dit is een veel toegepaste temperatuursensor met een groot meetbereik, nagenoeg lineair gedrag, lange levensduur en grote nauwkeurigheid. Een Pt-100 element is een thermokoppel). De temperatuurcorrectie verloopt automatisch in de omvormer/transmitter. [1]

2.1 Aandachtspunten pH-meting

Bij de pH-meting moeten een aantal dingen in de gaten gehouden worden. Het gaat hierbij om het volgende [2]:

- De referentie-elektrode is enigszins lekkend; de KCl-oplossing lekt langzaam door een permeabel membraan naar de te meten oplossing. De referentie-elektrode dient regelmatig vervangen te worden.
- Vervuiling van de meetelektroden komt vaak voor. Dit resulteert in zowel een nulpuntsverandering (asymmetrie) als een meetbreedteverandering (slope). De vervuiling ontstaat door het dichtslibben en vervuilen van de gevoelige 'membranen' van de elektroden. Er zijn schoonmaaksystemen, waarbij speciale spoelvloeistoffen op de elektroden wordt gespoten. Door middel van een wash cycle timer (wascommando) uit de omvormer/transmitter treden deze in werking.

- De referentie-elektrode kan 'vergiftigen'. Door het kleine lek dat deze heeft (zie eerste punt) kan er

procesmedium in komen. Hierdoor verandert de inwendige potentiaal van de elektrode, waardoor de meetspanning een behoorlijke afwijking kan hebben. De vergiftiging komt vooral voor bij een hoge procesdruk.

Een oplossing voor dit probleem is het meetvat te laten doorstromen met een lagedrukproces-flow.

Het meetvat is dan altijd als bypass aangesloten.

- Bij verandering van de procestemperatuur, zal in eerste instantie ook de meetelektrode afwijken. Om hiervoor te corrigeren is de Pt-100 geplaatst. Een ander punt is dat de temperatuur ook invloed heeft op de pH-waarde van het procesmedium. In werkelijkheid ontstaat er een andere concentratie H^+ -ionen en dus verandert de pH-waarde. Chemisch gezien wijzigt door de temperatuur het evenwicht in de chemische formule (bijvoorbeeld $H_2O \leftrightarrow H^+ + OH^-$). De meting is niet gecorrigeerd voor deze proces-pH-verandering.

2.2 Uitvoeringen elektroden

De elektroden kunnen in verschillende uitvoeringen toegepast worden. Dit betreft:

- een referentie-elektrode, een meetelektrode en een Pt 100;
- een gecombineerde meet- en referentie-elektrode en een losse Pt 100;
- een gecombineerde meet- en referentie-elektrode en Pt 100.

3 Beveiliging

pH-metingen zijn van belang om te kunnen voorkomen dat een leiding of vat faalt ten gevolge van corrosie die ontstaan is door een afwijkende pH. Dit zal verder worden toegelicht in onderstaande paragrafen.

3.1 Basisoorzaken afwijken pH

De pH kan een afwijking vertonen van de gewenste waarde door:

1. Verkeerde mengverhouding: hierdoor kunnen andere processen plaatsvinden waarbij de pH af kan wijken van de gewenste waarde.
2. Temperatuurafwijking: door een verandering van de procestemperatuur kan er een afwijkende pH ontstaan door een verandering in reacties die plaatsvinden.

De procesregeling en beveiliging wordt echter niet aangestuurd op de pH van de stof in het vat of in de leiding. Hiervoor zijn bijvoorbeeld temperatuursregelingen aanwezig. Hierop zal dan ook verder worden ingegaan.

3.2 Voorkomen door procesregeling

Het doel van de procesregeling is ervoor te zorgen dat het proces onder ideale omstandigheden blijft, zodat het proces goed blijft verlopen. De procesregeling zal daarom ingrijpen wanneer de temperatuur of mengverhouding buiten de voor het proces gewenste grenzen dreigt te komen en kan hiertoe de volgende acties initiëren. De nummers tussen haakjes geven aan op welke basisoorzaken uit bijlage 8 van de PGS 6 dit ingrijpt [3].

- a. alarmering procesoperator (8.1 t/m 8.8);
- b. verbeteren menging door aanpassing toerental roerder (8.1);
- c. verhogen verwarming of koeling (8.2 t/m 8.4, 8.6 t/m 8.8);
- d. aanpassen dosering door (verder) openen / sluiten afsluiters (8.4, 8.6, 8.8).

3.3

Ingrijpen door procesbeveiliging

Bij het afwijken van de pH zal geen procesbeveiliging in werking treden. Het systeem zal immers niet direct falen door de te hoge pH. Wel kan het vat falen door een te snel verlopende reactie, of kan op langere termijn corrosie optreden waardoor het vat faalt.

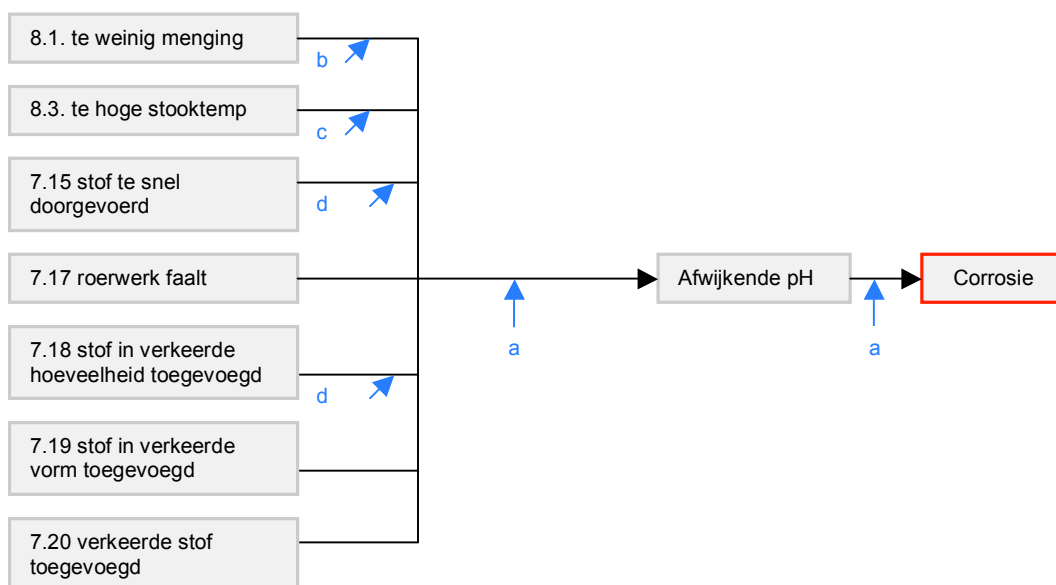
Voor detectie van een te snel verlopende reactie is een druk- of temperatuurbeveiliging geschikter dan een pH-meting, omdat de druk- en temperatuurbeveiliging voor een snellere detectie en sneller ingrijpen kunnen zorgen. Voor het falen van het vat door corrosie is een goed onderhoudsprogramma van de pH-meting en de leiding of het vat van groot belang ter voorkoming of onderhoud bij corrosie.

3.4

Beveiliging in de foutenboom

Figuur 1

Foutenboom bij pH-meting



4

Praktijkvoorbeeld

In 2005 ontstond een ernstig incident in een fabriek in Sellafield in Groot Brittanië. Door het falen van een voedingspijp was 83 m3 salpeterzuur, met daarin opgelost uranium, plutonium en splijttingsproducten, weggelekt uit de procesinstallatie en in de omhullende roestvrijstalen cel was terechtgekomen. Bij nader onderzoek bleek de massabalans van de installatie al langere tijd niet te kloppen.

Door toepassen van een pH-meting had een lekkage eerder ontdekt kunnen worden. [4]

5

Referentie

- [1] Perry's chemical engineers handbook, 7th edition, section 8
- [2] Elsevier opleiding & advise, Proces-instrumentatie Field Instruments (PIT 1), PIT1 6 (overage procesmeting)
- [3] Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 6, aanwijzingen voor implementatie van BRZO-1999, 2006, bijlage 8
- [4] www.vrom.nl/get.asp?file=docs/kamerstukken/Wed22Mar20061456410100

2E Niveau in atmosferische opslag

1 Inleiding

Bij opslag in een tank met een atmosferische druk is het van belang dat het niveau geregeld wordt, zodat de tank niet overloopt. Een te laag niveau in een tank leidt niet alleen tot logistieke problemen, maar kan ook veiligheidstechnische gevolgen hebben.

De niveaubeveiliging dient ervoor te zorgen dat de tank en naburige systemen (bijvoorbeeld pompen) niet beschadigen door overmaat of tekort aan procesmedium.

Overlopen van de tank kan zorgen voor een plasbrand of explosie (veiligheid), en voor emissies naar lucht en bodem.

2 Niveau in atmosferische opslag

Een goede niveauregeling is nodig bij atmosferische tanks aangezien overvullen kan zorgen voor een toename van de druk in de tank waardoor deze faalt of een overstroming van de tank veroorzaakt.

Bij tanks met drijvende daken kan een lage vulstand ertoe leiden dat dakpoten de tankbodem beschadigen.

Bij tanks met roerwerken kan laag niveau tevens tot ongelijkmatige belasting van de roerder leiden, waardoor deze uit balans raakt en bezwijkt.

Bij tanks met verwarming kan te laag niveau verhoogde opwarming van de resterende tankinhoud tot gevolg hebben. Dit kan een oorzaak voor te hoge (damp)druk, brand of ontleding zijn.

De niveaubeveiliging in een tank dient vaak ook als droogloopbeveiliging van aangesloten pompen.

2.1 Aandachtspunten niveaumeting

Aandachtspunten bij meting van niveau in atmosferische opslag zijn de volgende:

- Plaats van de meting (bovenop vat, onder aan het vat of een niveaumeting aan een meetvat).
- Storende invloeden in tanks. Zoals: schotten, stangen, mangaten, roerwerken en afvoeropeningen. Hierdoor kan door stroming het oppervlak niet constant vlak zijn, maar is het voortdurend in beweging wat zorgt voor een discontinue aanvoer van het medium naar bijvoorbeeld de pomp.
- Bij sommige producten zijn schuim- en temperatuurlagen een onzekerheidsfactor die afhankelijk is van de processtatus. Zo kan er (veel) schuim ontstaan bij het vullen dat na enkele tijd weg is of dit schuim kan blijvend zijn. Op dezelfde manier kunnen er bij verwarming verschillende temperatuurlagen met verschillende dichtheden ontstaan.
- Soortgelijke problemen geven niveaubewakingen van sedimentlagen van vaste stoffen in vloeistoffen.
- De niveaumeting in een open tank hoeft nauwelijks een drukbestendigheid te hebben. Dit is niet het geval indien een vat gesloten is en de druk dus meer kan af- en toenemen.

2.2

Toepassingsgebied niveaumeting

Tabel 1

Niveaumeetinstrumenten [1]

	Hydrostatische niveaumeting	Capacitieve niveaumeting	Ultrasonen niveaumeting	Radar niveaumeting	Verdringer niveaumeting	Vlotter
Meetprincipe	Hydrostatische druk	Capacitief	Ultrasonen	Radar (microgolven)	Verdringerbuis	Drijfvermogen vlotter
Dichtheids- verandering	Dichtheid moet constant zijn	Geen probleem	Geen probleem	Geen probleem	Dichtheid moet constant zijn	Dichtheid moet redelijk constant zijn.
Geleiding procesmedium	Geen probleem	Beklede probes	Geen probleem	Beperking bij $\epsilon < 2$	Geen probleem	Geen probleem
Vaste delen in vloeistof	Mogelijke verstopping	Geleidend vuil geeft afwijkingen	Geen probleem	Geen probleem	Kans op verstopping meetvat	Drijvende delen kunnen voor een afwijking van de meting zorgen.
Mediumtem- peratuur	Geen probleem	> 200 °C afhankelijk van druk	Laagvorming product/lucht	Geen probleem	Alleen dichtheid	-195 °C - 250 °C.
Gasdruk	Compensatie meetbeen	Geen probleem	Tot circa 3 bar overdruk	Geen probleem	Geen probleem	Geen probleem.
Damp	Compensatie meetbeen	Kans op afwijkingen	Afhankelijk van samen- stelling	Geen probleem	Geen probleem	Geen probleem.
Toepassings- gebied	Afhankelijk van uitvoering tot 20 meter	Tot circa 5 meter	Tot circa 40 meter	Tot circa 40 meter	Tot circa 2 meter (pijp) of 30 meter (servo)	Tot circa 25 meter.

ϵ = dielektrische constante, de maat voor hoeveel een elektrisch veld een materiaal kan polariseren.

3

Beveiliging

Wanneer het niveau te hoog of te laag dreigt te worden, kan ingegrepen worden door de procesregeling. Wanneer het niveau zodanig afwijkt dat een Loss of Containment dreigt, zal door de procesbeveiliging ingegrepen worden.

3.1

Basisoorzaken afwijken niveau

De PGS 6 verdeelt het falen van een omhulling een te hoog of te laag niveau in basisoorzaken. Deze basisoorzaken worden beschreven in de foutenboom in bijlage 8 van de PGS 6. Hieronder wordt verwezen naar de nummering van de basisoorzaken die in deze bijlage gebruikt wordt.

3.2

Voorkomen door niveauregeling

Het doel van de regeling is ervoor te zorgen dat het niveau in het vat binnen de vastgestelde grenzen blijft, zodat de opslag op de gewenste manier plaatsvindt. De niveauregeling zal daarom ingrijpen wanneer het niveau buiten de voor de opslag gewenste niveaugrenzen dreigt te komen en kan hiertoe de volgende acties initiëren. De nummers tussen haakjes geven aan op welke PGS 6-basisoorzaken dit ingrijpt:

- a. aanpassen toevoer/afvoer door openen/sluiten afsluiters (7.23 t/m 7.26)
- b. aanpassen toevoer/afvoer door verlagen/verhogen pompdebiet (7.23 t/m 7.26)

3.3

Ingrijpen door niveaubeveiliging

De niveaubeveiliging heeft als doel een onveilige situatie door overschrijding van de belastinggrenzen van de apparatuur te voorkomen. De beveiliging zal omgrijpen wanneer het niveau buiten de voor de opslag gewenste niveaugrenzen is en de niveaugrenzen voor het falen van de apparatuur dreigen overschreden te worden. De niveaubeveiliging kan de volgende acties initiëren. De acties hoeven niet noodzakelijkerwijs tegelijkertijd geïnitieerd te worden, er kan een tijdsverloop zijn tussen de verschillende acties.

- c. alarmering procesoperator;
- d. stoppen toevoer- en/of afvoerpomp;
- e. sluiten tankafsluiter;
- f. (openen) overloop naar opvangvoorziening.

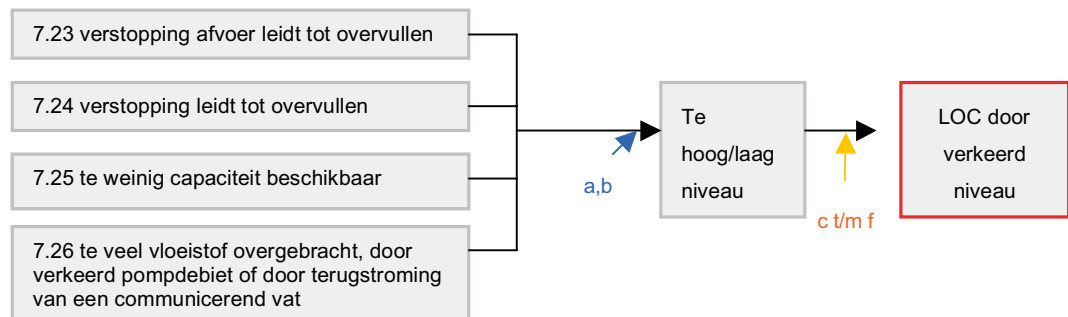
3.4

Beveiliging in de foutenboom

In onderstaand figuur wordt getoond op welke basisoorzaken wordt ingegrepen door de procesregeling, en wanneer de procesbeveiliging aangesproken wordt.

Figuur 1

Plaats beveiliging in de foutenboom



4

Praktijkvoorbeeld

Ook wanneer een niveaubeveiliging wordt toegepast kan dit, door niet adequaat reageren, resulteren in een Loss of Containment, zoals onderstaand voorbeeld aangeeft.

Een kolom werd met koude vloeistof overvuld tot boven de vlotter. De niveaumeting gaf een hoog alarm, deze werd echter genegeerd. Zodra de hele kolom gevuld was, gaf de niveaumeting niet meer het niveau van de vloeistof aan, maar was de aangegeven waarde een maat voor de relatieve dichtheid van de vlotter ten opzichte van de vloeistof waar deze inzit.

Tijdens het opstarten van de kolom werd de vloeistof opgewarmd. Door het stijgen van de temperatuur werd de dichtheid van de vloeistof lager, wat resulteerde in een lagere opwaartse druk op de vlotter. Dit resulteerde in een daling van de niveau-indicatie, terwijl het niveau in de kolom in werkelijkheid alleen maar verder steeg. Door het overvullen kwam brandbare vloeistof vrij, wat uiteindelijk resulteerde in brand en een explosie. [5]

5

Referentie

- [1] Perry's chemical engineers handbook, 7th edition, section 8
- [2] Chemical Process Technology, J.A. Moulijn, M. Makkee, A. van Diepen, 2001, hoofdstuk 13
- [3] Elsevier opleiding & advise, Proces-instrumentatie Field Instruments (PIT 1), PIT1 4 (temperatuurmeting)
- [4] Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 6, aanwijzingen voor implementatie van BRZO-1999, 2006, bijlage 8
- [5] www.sache.org/beacon/files/2007

2F Drukbeveiliging in opslagtanks

1 Inleiding

Bij opslagtanks is de drukregeling van groot belang gezien de grote effecten die een LOC kan hebben. Denk hierbij aan bijvoorbeeld een BLEVE bij een propaantank.

De effecten van falen door te hoge of te lage druk kunnen vooral bij opslag onder druk heel groot zijn vanwege de hoge energie-inhoud van de opslagsystemen. Bij gekoeld vloeibaar opgeslagen gassen is deze energie-inhoud kleiner, waardoor bij een LOC energie aan de omgeving onttrokken moet worden om verdamping en verspreiding te bevorderen. De druk in deze systemen kan echter snel oplopen als de koeling uitvalt. Daarom is een goede koeling van groot belang bij het voorkomen van een te hoge druk in een opslagtank.

Atmosferische opslagtanks ademen vrij naar afgassystemen (dampretour of gasbehandeling) of naar de open lucht. Bij atmosferische opslagtanks bestaat het gevaar van beschadiging van de tankconstructie door onderdruk. Kleine onderdrukken zijn vaak al voldoende om atmosferische tanks te doen bezwijken.

De gevolgen voor een te hoge of te lage druk zijn vergelijkbaar voor opslagtanks onder druk en atmosferische tanks, daarom worden beide soorten opslagtank in dit factsheet behandeld.

Voor het milieu is een drukregeling van belang om emissies naar lucht, bodem en water te voorkomen.

2 Drukmeting in opslagtank

De druk in een tank wordt in de meeste gevallen bepaald door:

- De pompdruk of hydrostatische druk tijdens het vullen en legen.
- De dampspanningen van de stoffen in de tank bij opslagtemperatuur, verlaging hiervan kan geschieden door koeling.
- Thermische expansie door verwarming of bij brand in de omgeving.
- De druk van de inertisering (bijv. stikstofdeken).

2.1 Aandachtspunten drukmeting

Aandachtspunten bij de meting van de druk in een opslagtank zijn [1]:

- Wat moet gemeten worden, de absolute druk of de overdruk? Dit heeft invloed op de keuze van het type meting.
- Wat zijn de eigenschappen van het medium, zoals soort medium en de aard?
- Bij het meten van vloeistof en stoom moet de meetleiding vol blijven staan met vloeistof of condensaat;
- Bij het meten van een gas is het noodzakelijk dat de meetleiding leeg blijft.
- Vinden er grote temperatuurschommelingen in de opslagtank plaats? Dit kan voor een meetafwijking zorgen.
- Het meetpunt dient zodanig geplaatst te zijn dat er geen leidingen en appendages voor de meetplaats aanwezig zijn.

2.2 Toepassingsgebied drukmeting

Er zijn verschillende soorten drukmeters die verschillende toepassingsgebieden hebben. In onderstaande tabel worden van drie veelvoorkomende drukmeetinstrumenten de toepassingsgebieden besproken.

Tabel 1 Drukmeetinstrumenten [1]

	Lokale manometer	Drukschakelaar	Druktransmitter
meetgebied	0 - 0,5 bar en van 0 tot 10.000 bar	Meet een bepaalde hoge en/of lage druk (instelbaar)	Afhankelijk van gebruikte meetcel.
standaardnauwkeurigheid	Circa 1%, precisiemeters tot ongeveer 0,2%		Afhankelijk van gebruikte meetcel.
aandachtspunten	- niet geschikt voor vervuilingsgevoelige media; - slechts voor algemeen gebruik.	- proceswaarde wordt direct gemeten (veldmontage) - voor algemeen gebruik, niet alleen voor druk.	- droge meetcel of vloeistofgevulde meetcel; - temperatuurgevoelig, temperatuurverhoging kan voor een meetafwijking zorgen. Meetcorrectie toepasbaar. - zeer geschikt om in smart field-instrumenten te gebruiken.

3 Beveiliging

Om de juiste druk te waarborgen wordt een procesregeling ingezet. De procesbeveiliging grijpt pas in wanneer het falen van de opslagtank dreigt.

3.1 Basisoorzaken hoge druk in opslagtank

De PGS 6 [2] verdeelt de basisoorzaken voor het falen van een omhulling door te hoge druk in te hoge druk door vloeistof, gas en vaste stof. Ook zijn in de PGS 6 basisoorzaken voor het ontstaan van onderdruk te vinden. Deze basisoorzaken zijn terug te vinden in de foutenbomen in bijlage 8 van de PGS 6.

3.2 Voorkomen hoge druk door drukregeling

De drukregeling zorgt dat de druk binnen de gewenste waarden blijft, zodat de toe- en afvoer van grondstoffen en product niet gehinderd wordt. Hiertoe kunnen de volgende acties geïnitieerd worden (de nummers tussen haakjes verwijzen naar de PGS-basisoorzaken waar de actie op ingrijpt).

- drukregeling door sluiten toevoerklep (7.6, 7.7, 7.15 - 7.21, 7.22, 7.23 - 7.26);
- drukregeling door openen afvoerklep (7.2, 7.4, 7.7, 7.22, 7.23 - 7.26);
- verlagen pompdebiet naar tank (7.6, 7.7, 7.15 - 7.21, 7.22, 7.23 - 7.26);
- verhogen pompdebiet afvoer (7.2, 7.4, 7.7, 7.22, 7.23 - 7.26);
- temperatuurregeling of starten noodkoeling (met ander koelmedium, bijv. ijswater) of stopzetten verwarming (7.11 - 7.14, 7.15 - 7.21).

3.3

Ingrijpen op hoge druk door procesbeveiliging

De beveiliging heeft als doel een onveilige situatie door overschrijding van de belastinggrenzen van de tank en zijn appendages te voorkomen. De beveiliging zal ingrijpen wanneer de drukgrenzen van de tank dreigen te worden overschreden.

Niveau kan een maat zijn voor druk, daarom kan bij voorkomen van falen door hoge druk gebruik worden gemaakt van een hoog niveau-beveiliging en een drukbeveiliging. Hierbij heeft een directe drukbeveiliging de voorkeur, aangezien een niveau-beveiliging in dit opzicht een indirecte meetwijze betreft en daardoor vatbaarder is voor storingen.

De hoge drukbeveiliging kan de volgende acties initiëren:

- f. alarmering operator
- g. stoppen toevoerpomp;
- h. sluiten/openen toevoer- en/of afvoerklep voor producten en inertisering;
- i. starten noodkoeling;
- j. afvoeren dampen of producten, bijvoorbeeld naar fakkel;
- k. starten noodstop apparatuur;
- l. aanspreken veiligheidsklep/breekplaat.

Een doelmatige veiligheidsklep of breekplaat dient ontworpen te zijn voor het debiet dat in het meest ongunstige van onderstaande scenario's (zie 3.4) op kan treden. Dit is vaak het brandscenario.

In geval van opslag van brandbare vaste stoffen in silo's moet vaak rekening gehouden worden met explosiedrukontlasting via explosieluiken. Deze hebben een groot oppervlak, waardoor het grootste deel van de explosie-energie naar een veilige locatie afgevoerd kan worden. Bij opslagtanks voor gassen en vloeistoffen is explosiedrukontlasting niet gebruikelijk, omdat de ontstekingsbronnen in het algemeen goed geweerd kunnen worden uit de (explosieve) dampfase van de opslagtanks.

Drukontlasting dient te geschieden naar een veilige locatie (bijv. grote hoogte of fakkel).

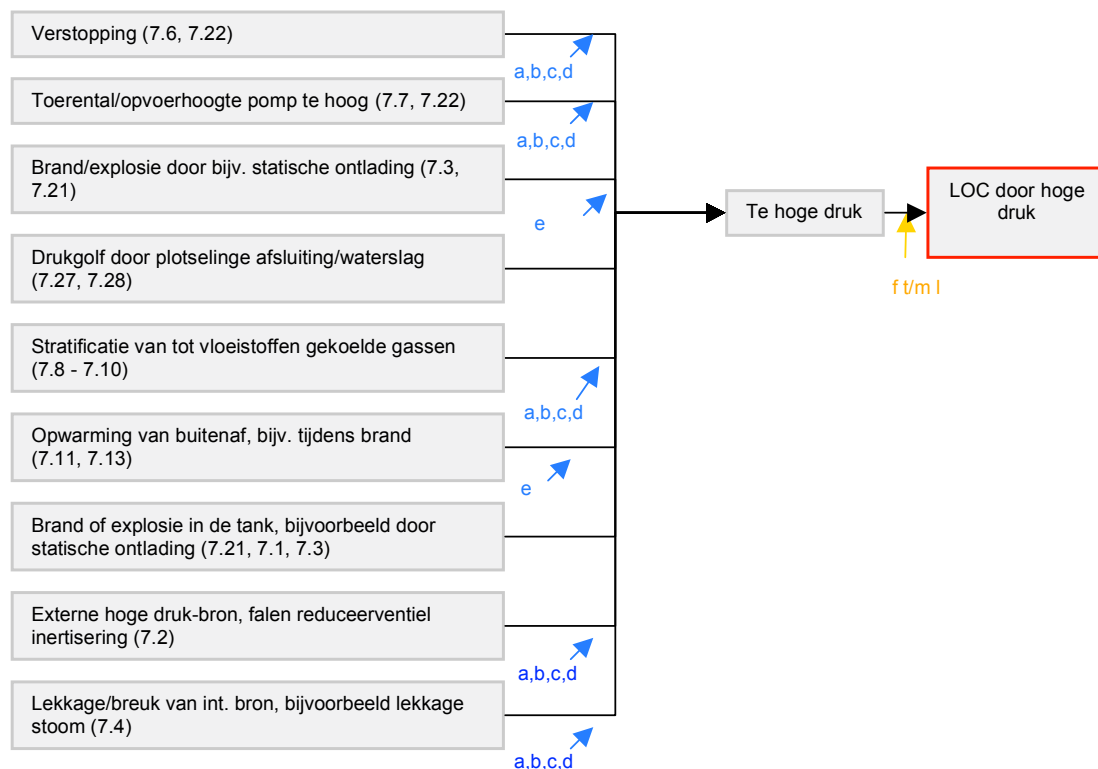
3.4

Beveiliging tegen hoge druk in de foutenboom

In onderstaande figuur is te zien op welke oorzaken de procesregeling ingrijpt (blauw) en op welke oorzaken de procesbeveiliging ingrijpt (oranje). Te zien is dat bij veel oorzaken nog tijd is om actie te ondernemen, echter bij enkele oorzaken is ingrijpen eigenlijk altijd te laat en kan het beste het proces zo snel mogelijk stop gezet worden.

Figuur 1

Plaats beveiliging in de foutenboom voor hoge druk



3.5 Basisoorzaken te lage druk

De basisoorzaken voor onderdruk zijn te vinden in de foutenboom in bijlage 8 van de PGS 6.

3.6 Voorkomen lage druk door procesregeling

De procesregeling voorkomt dat de druk te laag wordt (voor het proces) door de volgende ingrepen.

De getallen tussen haakjes verwijzen naar de basisoorzaken in PGS 6:

- m. Verlagen pompdebiet afvoer product of dampen, bijvoorbeeld regelen toerental vacuümpomp (9.1 – 9.6);
- n. Openen toevoerklep stikstof / lucht etc. (9.13 – 9.18);
- o. Starten noodverwarming (9.4, 9.10, 9.16, 9.22, 9.5, 9.11, 9.17, 9.23);
- p. Sluiten klep in productafvoer of ventilatie/dampafvoer (9.3, 9.9, 9.15, 9.21).

3.7 Ingrijpen op lage druk door procesbeveiliging

De procesbeveiliging kan de volgende acties initiëren:

- q. Toevoer stikstof / lucht etc.;
- r. Stoppen afvoer;
- s. Noodstop apparatuur;
- t. Aanspreken vacuümbreker of veiligheidsklep.

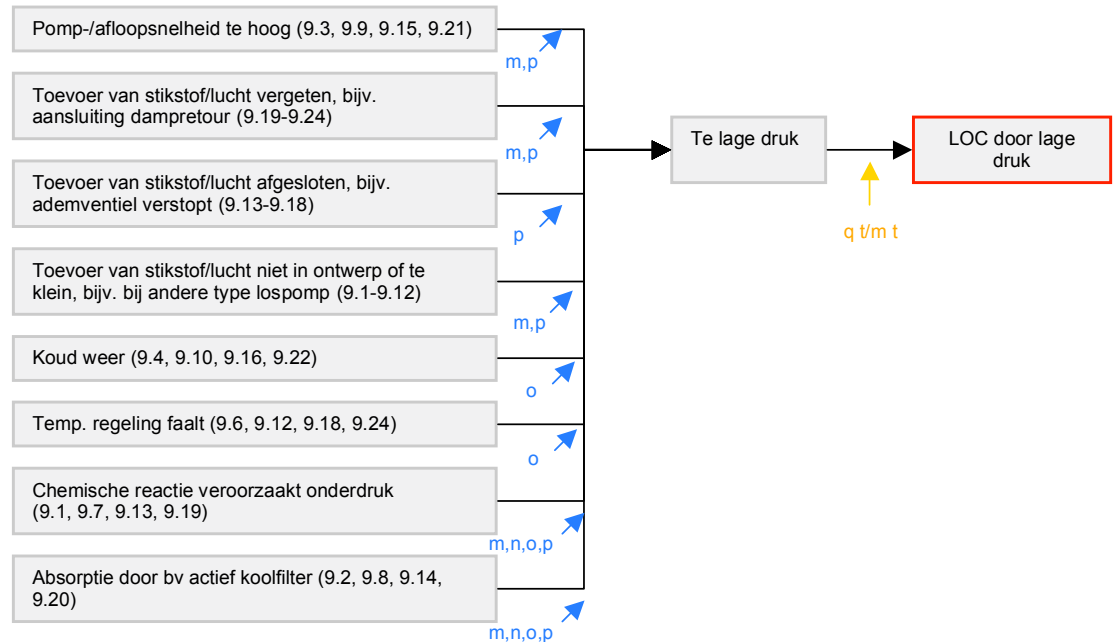
3.8

Beveiliging tegen lage druk in de foutenboom

In onderstaande figuur is te zien op welke oorzaken de procesregeling ingrijpt (blauw) en op welke oorzaken de procesbeveiliging ingrijpt (oranje).

Figuur 2

Plaats beveiliging in de foutenboom voor lage druk



4

Praktijkvoorbeeld

Het schoonmaken van de installaties en leidingen op raffinaderijen gaat veelal met heet water en stoom. Het water, vermengd met de olieresten, wordt slop genoemd. Het wordt opgevangen in slop tanks, om later in een apart proces gescheiden te worden.

Op zaterdag 20 januari 1968 zit een tank bij een raffinaderij vol met 1575 m³ slop. Dit slop wordt verwarmd door stoom van 130 graden uit een aanvoerleiding en raakt aan de kook. Door het koken valt het olie/water-mengsel in de tank uiteen en ontstaat boven het vloeistofoppervlak een explosief gasmengsel. De druk in de tank loopt snel op en het explosieve gasmengsel wordt door ventielen en overlopen uit de tank geblazen.

Uiteindelijk explodeert de gaswolk buiten de tank. Door deze explosie ontstaat een domino-effect, waarbij eerst in de tank een BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion) ontstaat. De brandende olieslop en brokstukken van de tank vliegen in het rond, waardoor overal op het raffinaderijcomplex andere branden en explosies ontstaan.

Er vallen 2 doden en 85 gewonden, waarvan 9 ernstig. Op het terrein worden 3 kraakinstallaties, een zwavel fabriek en 80 opslagtanks verwoest.[3]

5

Referentie

- [1] Elsevier opleiding & advies, Proces-instrumentatie Field Instruments (PIT 1), PIT 1 2 druk- en drukverschilmeting.
- [2] Publicatiereeks Gevaarlijke Stoffen 6, aanwijzingen voor implementatie van BRZO-1999, 2006, bijlage 8.
- [3] http://www.zero-meridean.nl/ramp_sel.html#20jan68

2G Stroming in leiding

1 Inleiding

Een te hoog en een te laag debiet kunnen zowel directe schade veroorzaken aan pompen en leidingen, als gevolgschade door bijvoorbeeld verstoring van een proces. Een te laag debiet kan zorgen voor schade aan pompen door drooglopen. Een te hoog debiet kan zorgen voor mechanische belasting, elektrostatische oplading bij sommige producten, verhoogde geluidsproductie (bijvoorbeeld in stoomleiding). Zowel een te hoog als een te laag debiet kunnen zorgen voor een ongecontroleerde reactie door een te hoge of te geringe toevoer van grondstoffen. Een te hoge stroomsnelheid is samen met vaste deeltjes vaak ook de oorzaak van mechanische slijtage (erosie). Daarnaast is het debiet belangrijk ter voorkoming van elektrostatische lading van een medium. Sommige apolaire koolwaterstoffen, zoals toluene of styreen, moeten daarom met lage pompsnelheden verpompt worden. Een debietbeveiliging dient ervoor in te grijpen wanneer een zodanig hoog debiet dreigt te ontstaan dat de veiligheid in het geding is.

Indien ten gevolge van een hoog debiet de leiding of pomp faalt, kan door uitstromen van product brand of een explosie ontstaan. Ook hebben deze emissies directe gevolgen voor de milieukwaliteit op het gebied van lucht en bodem.

2 Meetaspecten stroming in leiding of pomp

Een goede werking van de debietbeveiliging is afhankelijk van de goede werking van de debietmeting. Hieronder worden de aandachtspunten en het toepassingsgebied van een debietmeting besproken.

2.1 Aandachtspunten debietmeting

Bij het meten van een debiet zijn de volgende aandachtspunten van belang:

- Plaats van de meting: na bochten en appendages kan het medium een ander (turbulent) stromingsprofiel hebben, waardoor de meting wordt beïnvloed. Een debietmeting kan daarom het beste plaatsvinden in een recht leidinggedeelte. De afstand is situatieafhankelijk. Een veelgebruikte afstand is 4 maal de leidingdiameter, echter dit is geen vaste eis.
- Medium en meetinstrument: een debietmeting heeft direct contact met het medium. Daarom is het van belang dat het meterhuis bestand is tegen de inwerking van het medium.
- Meetgebied: om het debiet te kunnen meten is een minimum stroomsnelheid nodig, daarnaast is er een maximale snelheid om het drukverlies over het meterhuis te beperken.

2.2 Toepassingsgebied debietmeting

In onderstaande tabel is van een aantal veel toegepaste debietmeetinstrumenten het toepassingsgebied te vinden. De vademeter is een voorbeeld van een lokaal meetsysteem, de overige zijn meetsystemen met transmitters.

Tabel 1

Debietmeetinstrumenten [1]

	Vadometer	Turbine-meter	Vortex debietmeting	Ultrasonde debietmeting	Thermische debietmeting	Magnetische debietmeting
Toepassing	Vloeistof en gas	Vloeistof en gas	Vloeistof, stoom en gas	Vloeistof, stoom en gas	Gas en beperkt vloeistof	Waterige vloeistoffen, minder geschikt voor koolwaterstoffen en andere niet-waterige vloeistoffen.
Dichtheid	Moet constant zijn	Mag variëren	Mag variëren	Mag variëren	Constant	Mag variëren
Vaste delen in medium	Nee	Nee	Beperkt toepasbaar	Geen	Invloed op meetprincipe	Goed toepasbaar
Druk	Bestendigheid	$P < 100 \text{ bar}$	$P < 100 \text{ bar}$	$P < 40 \text{ bar}$	$P < 400 \text{ bar}$	Bestendigheid
Temperatuur	Bestendigheid	$T < 90 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$T < 300 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$T < 350 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$T < 400 \text{ }^{\circ}\text{C}$	Bestendigheid
Nauwkeurigheid	Van +/- 1% tot +/- 5%	Vanaf 0,15 %	Vanaf circa 0,75%	Circa 5%	Vanaf circa 1%	onbekend
Toepassingsgebied	Circa 0,2 l/h tot 120 m ³ /h	Circa 5 l/h tot 10.000 m ³ /h	Circa 0,2 tot 10 m/s	Circa 0,5 tot 12 m/s	Circa 1 tot 200.000 kg/l	0,05 tot 10 m/s

Voor meer informatie omtrent de verschillende meetinstrumenten zie [1] en [2]

3

Beveiliging

Een te hoog debiet in de aanvoerleiding kan een basisoorzaak zijn van het ontstaan van een te hoge stroming in leiding. Een procesregeling wordt ingezet om het debiet op een voor het proces ideale waarde te houden. Indien door een te hoog debiet een Loss of Containment (LOC) dreigt te ontstaan, grijpt de procesbeveiliging in.

3.1

Basisoorzaken afwijken debiet

De PGS 6 heeft foutenbomen opgenomen voor een aantal veel voorkomende redenen voor het falen van een omhulling. Falen door verkeerd debiet komt in verschillende vormen voor in de foutenbomen. Een verkeerd debiet heeft vaak rechtstreekse gevolgen voor andere grootheden, zoals de druk.

Hieronder wordt een overzicht gegeven van de basisoorzaken in de foutenbomen van de PGS 6, die gedetecteerd (en voorkomen) kunnen worden door een debietbeveiliging. Tussen haakjes worden de nummers vermeld waaronder deze terug te vinden zijn in de PGS 6 [4].

- a. te hoge stroomsnelheid in proces (3.2, 3.4, 3.6);
- b. turbulentie (3.1, 3.3, 3.5);
- c. teveel product overgebracht (6.1 t/m 6.7, 7.26);
- d. stof in verkeerde hoeveelheid toegevoerd (7.18);
- e. stof te snel toegevoerd (7.15);
- f. waterslag door plotselinge verstopping of snelsluitende afsluiter (7.27, 7.28);
- g. verkeerde pomp-/compressorinstelling (7.7);
- h. toevoer-aansluiting te klein of pompcapaciteit te groot (9.1 – 9.6)

3.2

Voorkomen door procesregeling

Om het debiet binnen de gewenste procesgrenzen te houden kan de procesregeling de volgende acties initiëren. De nummers tussen haakjes geven aan op welke basisoorzaken dit ingrijpt. De acties hoeven niet noodzakelijkerwijs tegelijkertijd geïnitieerd te worden, er kan een tijdsverloop zijn tussen de verschillende acties.

- a. verlagen toerental pomp (3.2, 3.4, 3.6, 7.7, 7.26, 7.15);
- b. sluiten regelklep (6.1 t/m 6.7)
- c. omleiden medium via by-pass (7.15, 7.18, 7.26, 7.27, 7.28).

3.3

Ingrijpen door procesbeveiliging

De procesbeveiliging kan de volgende acties initiëren om een onveilige situatie door overschrijding van de belastinggrenzen van de leidingen en pompen te voorkomen.

Verandering van debiet kan rechtstreekse gevolgen hebben voor bijvoorbeeld de druk in de installatie.

Hierdoor kan een verandering van het debiet een voorspelling zijn voor drukveranderingen, waardoor eerder ingegrepen kan worden.

Mogelijke acties ter voorkoming van falen door verkeerd debiet zijn:

- d. stopzetten pomp;
- e. openen afsluiters voor afvoer medium, bijvoorbeeld naar knock-out vat of de fakkel.

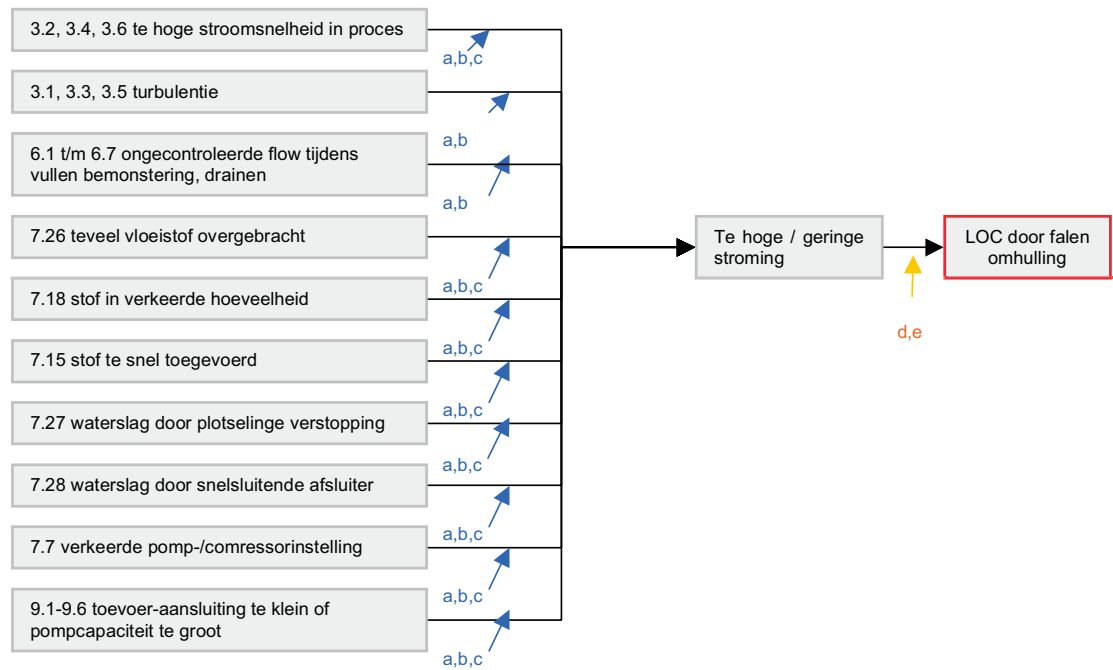
3.4

Beveiliging in de foutenboom

In onderstaande figuur is te zien op welke oorzaken de procesregeling ingrijpt (blauw) en op welke oorzaken de procesbeveiliging ingrijpt (oranje).

Figuur 1

Plaats debietbeveiliging in foutenboom



4

Praktijkvoorbeeld

-

5

Referentie

- [1] Perry's chemical engineers handbook, 7th edition, section 8
- [2] Chemical Process Technology, J.A. Moulijn, M. Makkee, A. van Diepen, 2001, hoofdstuk 13
- [3] Elsevier opleiding & advise, Proces-instrumentatie Field Instruments (PIT 1), PIT1 4 (temperatuurmeting)
- [4] Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 6, aanwijzingen voor implementatie van BRZO-1999, 2006, bijlage 8

2H Druk pomp

1 Inleiding

Een pomp creëert een drukverschil tussen de leiding voor en de leiding na de pomp, waardoor het medium in de gewenste richting stroomt. Pompen kunnen (bij gesloten afvoer) vaak een druk opbouwen die boven de ontwerpdruk van de navolgende systemen ligt. Dit is met name bij pompen die volgens verdringsprincipe (positive displacement) werken, van toepassing. Het beveiligen van de druk van een pomp is dus wenselijk om de apparatuur na de pomp te beschermen. Een te lage druk (onderdruk) aan de zuigzijde van de pomp is bovendien een indicatie dat de toevoerstroom afgesloten is. Ook hierdoor kunnen de ontwerpgrenzen van leiding en apparaten overschreden worden. Bovendien bestaat dan het gevaar van drooglopen van de pomp, dat wederom kan leiden tot heet worden, ontsteking en/of beschadiging van de pomp. Indien cavitatie ontstaat kunnen dampbellen ontstaan die met grote kracht inslaan op de behuizing van de pomp. Dit kan erosie veroorzaken.

2 Meetaspecten druk in pomp

Een goede werking van de drukbeveiliging is afhankelijk van de goede werking van de drukmeting. Een drukmeting in de pomp zelf is niet mogelijk, daarom zal het drukverschil tussen de leiding voor en na de pomp gemeten worden.

2.1 Aandachtspunten drukmeting

Bij het meten van druk in een pomp zijn de volgende aandachtspunten van belang:

- De meting zal worden beïnvloed door de turbulentie die door de pomp wordt beïnvloed en kan daardoor fluctueren.
- Bij verdringerpompen kunnen drukstoten (een onregelmatig drukprofiel) optreden. Om een gelijkmatige drukbelasting te verkrijgen worden vaak expansievaten geïnstalleerd. De drukmeting zou bij voorkeur aan de uitgangzijde van het expansievat plaats moeten vinden.

2.2 Toepassingsgebied drukmeting

Om het drukverschil te meten over een pomp wordt een drukmeter voor en na de pomp geplaatst. Hiertoe zijn de gebruikelijke drukmeters geschikt.

Tabel 1

Drukmeetinstrumenten [1]

	Lokale manometer	Drukschakelaar	Druktransmitter
meetgebied	0 - 0,5 bar en van 0 tot 10.000 bar	Meet een bepaalde hoge en/of lage druk (instelbaar)	Afhankelijk van gebruikte meetcel.
standaardnauwkeurigheid	Circa 1%, precisiemeters tot ongeveer 0,2%		Afhankelijk van gebruikte meetcel.
aandachtspunten	- niet geschikt voor vervuilingsgevoelige media; - slechts voor algemeen gebruik.	- proceswaarde wordt direct gemeten (veldmontage) - voor algemeen gebruik, niet alleen voor druk.	- droge meetcel of vloeistofgevulde meetcel; - temperatuurgevoelig, temperatuurverhoging kan voor een meetafwijking zorgen. Meetcorrectie toepasbaar. - Zeer geschikt om in smart field-instrumenten te gebruiken.

3

Beveiliging

3.1

Basisoorzaken afwijken druk

De PGS 6 [2] verdeelt de basisoorzaken voor het falen van een omhulling door externe belasting in het falen van de omhulling door corrosie en het falen van de omhulling door externe belasting. Deze basisoorzaken zijn terug te vinden in de foutenbomen op pagina 79 en 81 van bijlage 8 van de PGS 6.

Naast onderstaande procesbeveiligingen is het gebruikelijk om leidingen en apparatuur met behulp van veiligheidskleppen of breekplaten te beveiligen wanneer de pompdruk bij gesloten toe- of afvoer buiten de ontwerp grenzen van het systeem kan komen.

3.2

Voorkomen door procesregeling

Om te voorkomen dat de pomp faalt door een te hoge druk kan de procesregeling de volgende acties initiëren. De nummers tussen haakjes geven aan op welke basisoorzaken dit ingrijpt.

- Verlagen toerental pomp (7.27, 7.28);
- Omleiden medium via by-pass (7.27, 7.28);

3.3

Ingrijpen door procesbeveiliging

De procesbeveiliging kan de volgende acties initiëren om een onveilige situatie door overschrijding van de belastinggrenzen van de pomp en de hier op volgende leidingen en apparatuur te voorkomen. De acties hoeven niet noodzakelijkerwijs tegelijkertijd geïnitieerd te worden, er kan een tijdsverloop zijn tussen de verschillende acties.

- Stopzetten pomp;
- Sluiten afsluiter voor toevoer medium;
- Omleiden medium via bypass.

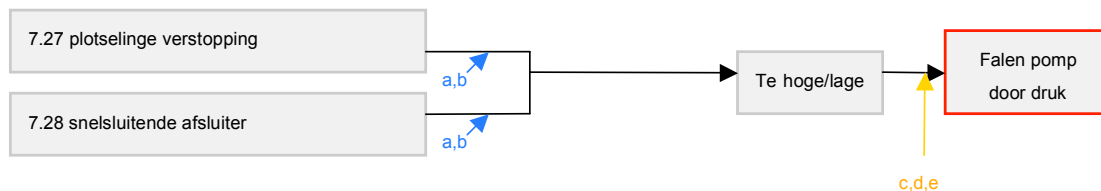
3.4

Beveiliging in de foutenboom

In onderstaande figuur is te zien op welke oorzaken de procesregeling ingrijpt (blauw) en op welke oorzaken de procesbeveiliging ingrijpt (oranje).

Figuur 1

Plaats beveiliging in de foutenboom hoge druk



4

Praktijkvoorbeeld

-

5

Referentie

- [1] Perry's chemical engineers handbook, 7th edition, section 8
- [2] Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 6, aanwijzingen voor implementatie van BRZO-1999, 2006, bijlage 8

21 Temperatuurbeveiliging pomp

1 Inleiding

Wanneer de temperatuur in een pomp te hoog oploopt, kan de pomp falen. Bij werking binnen de explosiegrenzen van het medium kan door temperatuurverhoging een gevaar voor explosie ontstaan. Om dit te voorkomen moet de pomp tijdig gestopt worden. Oorzaken van een te hoge temperatuur zijn geen stroming of een afwijking van de druk bij de pomp (zie betreffende factsheets). Een te hoge temperatuur in de pomp kan ook gevolg zijn van de uitval van smeermiddel.

2 Temperatuurmeting in een pomp

Bij het meten van de temperatuur in een pomp moet rekening gehouden worden met bewegende delen. Hierdoor zijn niet alle meetsystemen even geschikt.

Aandachtspunten temperatuurmeting

Bij het meten van de temperatuur in een pomp moet met de volgende aandachtspunten rekening worden gehouden:

- continue meting van de temperatuur in de pomp terwijl deze werkt;
- kan in de pomp een reactie (ontsteking, ontleding etc.) ontstaan?

Toepassingsgebied temperatuurmeting

Een goede werking van de beveiliging is afhankelijk van een goede werking van de temperatuurmeting.

De meest geschikte thermometer voor een pomp is de thermokoppel.

Tabel 1

Temperatuurmeetinstrument

Instrument	Werking	Meetgebied	Bijzonderheden
Thermokoppel	Door temperatuurverschil ontstaat een elektrische spanning tussen twee met elkaar verbonden metalen elementen.	Afhankelijk van gekozen metaal, -100 °C tot 1500 °C. Zeer nauwkeurig.	Snelle temperatuurmeting. Meet temperatuurverschil.

De thermokoppel kan het beste geplaatst worden op de pomp zelf, zodat de temperatuur van de pomp gemeten wordt. Dit om te voorkomen dat ten onrechte een lage temperatuur wordt gemeten door een medium met een lage temperatuur, terwijl de pomp (bijvoorbeeld door vastlopen) een te hoge temperatuur bereikt.

3 Beveiliging

3.1 Basisoorzaken afwijken temperatuur in pomp

De PGS 6 verdeelt het falen van een omhulling door temperatuur in basisoorzaken. Deze basisoorzaken worden beschreven in de foutenboom in bijlage 8 van de PGS 6 [1]. Hieronder zal verwezen worden naar de nummering van de basisoorzaken die in deze bijlage gebruikt wordt.

3.2 Voorkomen door procesregeling

Het doel van de procesregeling is ervoor te zorgen dat het proces onder ideale omstandigheden blijft, zodat het proces goed blijft verlopen. Om te voorkomen dat de temperatuur in een pomp te hoog oploopt kunnen hiertoe de volgende acties geïnitieerd worden (de nummers tussen haakjes geven aan op welke PGS 6-basisoorzaken dit ingrijpt):

- a. stoppen toevoer (7.27, 7.6);
- b. verlagen toerental pomp (9.1-9.6);
- c. verhogen toevoer smeermiddelen/koeling (8.1-8.8);
- d. verpompen via parallelpomp (7.6, 7.27, 9.1-6).

3.3 Ingrijpen door procesbeveiliging

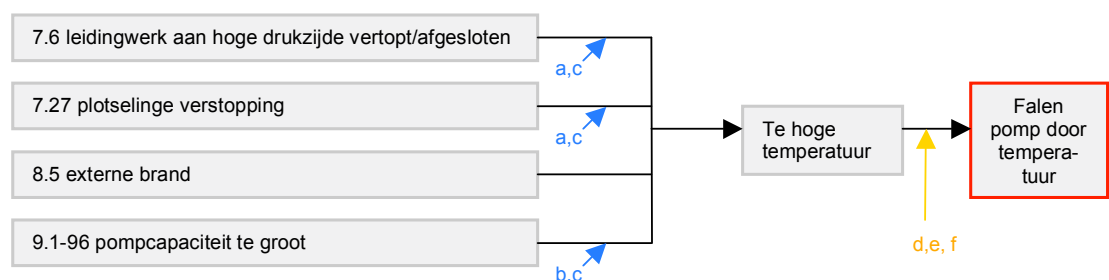
De procesbeveiliging heeft als doel een onveilige situatie door overschrijding van de belastinggrenzen van de apparatuur te voorkomen. De procesbeveiliging zal ingrijpen wanneer de temperatuur van de pomp zodanig oploopt dat de pomp kan falen. De procesbeveiliging kan de volgende acties initiëren:

- e. Stoppen pomp;
- f. Sluiten afsluiter toevoer.

3.4 Beveiliging in de foutenboom

In onderstaand figuur wordt getoond op welke basisoorzaken wordt ingegrepen door de procesregeling, en wanneer de procesbeveiliging aangesproken wordt.

Figuur 1 Plaats beveiliging temperatuur pomp in de foutenboom



Praktijkvoorbeeld

Door condensatie van een deel van de zuurdampen, die worden verpompt in een chemische fabriek in Midland, vond menging plaats van olie in de pompkamer met het zuur. Een additief in de olie werkte als katalysator voor een reactie van het zuur met het metaal van de behuizing, waardoor hier stukjes metaal los kwamen. De warmte geproduceerd door de reactie in combinatie van de warmte die werd geproduceerd door de wrijving van de metaaldeeltjes in de behuizing zorgde voor het verhitten van de pomp dat uiteindelijk resulteerde in het falen van de pomp. [2]

Referentie

[1] Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 6, aanwijzingen voor implementatie van BRZO-1999, 2006, bijlage 8.

[2] www.dowcorning.co.kr/ko_KR/content/publishedlit/80-3180-01.pdf.

2J Niveau verlading

1 Inleiding

Een niveau dat te hoog of te laag is kan zorgen voor het falen van tank of tankwagens als gevolg van het oplopen of lager worden van de druk in de tank.

2 Niveaumeting bij verladingen

2.1 Aandachtspunten niveaumeting

Aandachtspunten bij meting van niveau in bij verlading zijn de volgende [1]:

- Betreft het een vaste- of een vloeistof.
- Plaats van de meting (bovenop vat, onder aan het vat of een niveaumeting aan een meetvat).
- Storende invloeden in tanks. Zoals: schotten, stangen, mangaten, roerwerken en afvoeropeningen. Hierdoor kan door stroming het oppervlak niet constant vlak zijn, maar is het voortdurend in beweging.
- Bij sommige producten zijn schuim- en temperatuurlagen een onzeker factor die afhankelijk zijn van de processtatus. Zo kan er bij (veel) schuim ontstaan bij het vullen dat na enkele tijd weg is of dit schuim kan blijvend zijn. Op dezelfde manier kan er bij verwarming verschillende temperatuurlagen ontstaan.

2.2 Toepassingsgebied niveaumeting

In onderstaande tabel staan verschillende meetprincipes met hun specificaties aangegeven.

Tabel 1

Niveaumeetinstrumenten

	Hydrostatische niveaumeting	Capacitieve niveaumeting	Ultrasone niveaumeting	Radar niveau-meting	Verdringer niveaumeting
Meetprincipe	Hydrostatische druk	Capacitief	Ultrasoon	Radar (microgolven)	Verdringerbuis
Toepassing	Vloeistof	Vloeistof en vaste stof	Vloeistof en vaste stof	Vloeistof en beperkt vaste stof	Vloeistof
Dichtheids-verandering	Dichtheid moet constant zijn	Geen probleem	Geen probleem	Geen probleem	Dichtheid moet constant zijn
Geleiding proces-medium	Geen probleem	Beklede probes	Geen probleem	Beperking bij $\epsilon < 2$	Geen probleem
Vaste delen in vloeistof	Mogelijke verstopping	Geleidend vuil geeft afwijkingen	Geen probleem	Geen probleem	Kans op verstopping meetvat

	Hydrostatische niveaumeting	Capacitieve niveaumeting	Ultrasonische niveaumeting	Radar niveau- meting	Verdringer niveaumeting
Medium- temperatuur	Geen probleem	> 200 °C afhankelijk van druk	Laagvorming product/lucht	Geen probleem	Alleen dichtheid
Gasdruk	Compensatie meetbeen	Geen probleem	Tot circa 3 bar overdruk	Geen probleem	Geen probleem
Damp	Compensatie meetbeen	Kans op afwijkingen	Afhankelijk van samenstelling	Geen probleem	Geen probleem
Vacuüm	Compensatie meetbeen	Geen probleem	Toepassing vanaf 0,5 bar abs.	Geen probleem	Geen probleem
Toepassings- gebied	Afhankelijk van uitvoering tot 20 meter	Tot circa 5 meter	Tot circa 40 meter	Tot circa 40 meter	Tot circa 2 meter (pijp) of 30 meter (servo)

ϵ = dielektrische constante, de maat voor hoeveel een elektrisch veld een materiaal kan polariseren.

3 Beveiliging

In de PGS 6 worden verschillende mogelijke basisoorzaken voor falen vermeld. Ingegrepen kan worden door de procesregeling en door de procesbeveiliging [2].

3.1 Basisoorzaken te hoog of te laag niveau bij verladingen

De PGS 6 verdeelt het falen van een omhulling door een te hoog of te laag niveau in basisoorzaken. Deze basisoorzaken worden beschreven in de foutenboom in bijlage 8 van de PGS 6. Hieronder wordt verwezen naar de nummering van de basisoorzaken die in deze bijlage gebruikt wordt.

3.2 Voorkomen hoog en laag niveau door procesregeling

Het doel van de regeling is ervoor te zorgen dat het niveau in het vat binnen de vastgestelde grenzen blijft, zodat de opslag op de gewenste manier plaatsvindt. De niveauregeling zal daarom ingrijpen wanneer het niveau buiten de voor de opslag gewenste niveaugrenzen dreigt te komen en kan hiertoe de volgende acties initiëren. De nummers tussen haakjes geven aan op welke PGS 6-basisoorzaken dit ingrijpt:

- a. alarmering door procesoperator (7.23 t/m 7.26);
- b. aanpassen dosering door openen/sluiten afsluiters (7.23 t/m 7.26).

3.3 Ingrijpen op hoog en laag niveau door procesbeveiliging

De niveaubeveiliging heeft als doel een onveilige situatie door overschrijding van de belastinggrenzen van de apparatuur te voorkomen. De beveiliging zal omgrijpen wanneer het niveau buiten de voor de opslag gewenste niveaugrenzen is en de niveaugrenzen voor het falen van de apparatuur dreigen overschreden te worden. De niveaubeveiliging kan de volgende acties initiëren:

- c. stoppen toevoer- en/of afvoerpomp.

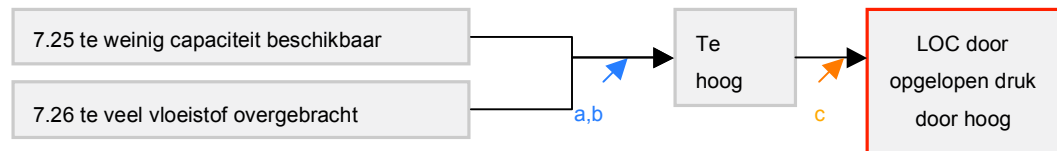
3.4

Beveiliging tegen hoog niveau in de foutenboom

In onderstaand figuur wordt getoond op welke basisoorzaken wordt ingegrepen door de procesregeling, en wanneer de procesbeveiliging aangesproken wordt. Een te laag niveau is in de PGS niet geadresseerd.

Figuur 1

Plaats niveaubeveiliging in foutenboom



4

Praktijkvoorbeeld

In 2005 vond er een verpomping plaats naar een benzinetank in een opslagdepot in Engeland. Om half twee 's nachts werd het niveau gecontroleerd, deze bleek zoals verwacht. Om drie uur steeg het niveau niet meer, terwijl er nog steeds 550 m³ per uur naar de tank werd verpompt. Uit berekeningen bleek achteraf dat de tank waarschijnlijk al rond half 6 vol was. De verpomping liep door, waardoor de vloeistof bovenuit de tank kwam en langs de tankwand naar beneden liep. Er ontstond een vloeistofplas en daaruit een brandbare dampwolk. Om ongeveer 6 uur 's morgens ontbrande de damp en vond de eerste explosie plaats. Hierna volgden meer explosies: uiteindelijk omvatte de brand 20 tanks.

De tank had een hoog niveau alarm, waarom deze niet werkte is (nog) niet bekend. [3]

5

Referentie

- [1] Elsevier opleiding & advies, Proces-instrumentatie Field Instruments (PIT 1), PIT 1 2 druk- en drukverschilmeting.
- [2] Publicatiereeks Gevaarlijke Stoffen 6, aanwijzingen voor implementatie van BRZO-1999, 2006, bijlage 8.
- [3] <http://www.sache.org/beacon/files/2006/09/nl/read/2006-09-Beacon-Dutch-s.pdf>

2K Druk bij verlading

1 Inleiding

Druk is een zeer belangrijke grootte bij verlading: het drukverschil zorgt ervoor dat het medium van de tankwagen naar de tank stroomt. Bij geblokkeerde ontluchting kan bijvoorbeeld de druk in een te vullen tank toenemen waardoor deze faalt of waardoor laad- of losslangen losschieten. Ook kan door middel van drukmeting een lek in een laadarm of tankwagen gedetecteerd worden waardoor de lekkage kan worden gestopt. De drukcontrole is met name van belang bij verlading door middel van perslucht, zoals vaak bij droge bulkproducten wordt toegepast.

Falen van een tank door te hoge druk kan leiden tot bijvoorbeeld een explosie of een plasbrand (veiligheid). Ook kan falen emissies naar het milieu (zowel lucht, bodem als water) tot gevolg hebben.

2 Drukmeting bij verladingen

Bij verladingen is druk op verschillende plaatsen van belang:

- in de tankwagen;
- in de laad- en losarmen of slangen;
- in de te vullen tank:

2.1 Aandachtspunten drukmeting

Aandachtspunten bij de meting van de druk zijn [1]:

- wat moet gemeten worden, de absolute druk of de overdruk? Dit heeft invloed op de keuze van het type meting;
- wat zijn de eigenschappen van het medium, zoals soort medium en de aard?
- bij het meten van vloeistof en stoom moet de meetleiding vol blijven staan met vloeistof of condensaat;
- bij het meten van een gas is het noodzakelijk dat de meetleiding leeg blijft;
- het meetpunt dient zodanig geplaatst te zijn dat er geen leidingen en appendages voor de meetplaats aanwezig zijn.

2.2 Toepassingsgebied drukmeting

Er zijn verschillende soorten drukmeters die verschillende toepassingsgebieden hebben. In onderstaande tabel worden van drie veelvoorkomende drukmeetinstrumenten de toepassingsgebieden besproken.

Tabel 1

Drukmeetinstrumenten [1]

	Lokale manometer	Drukschakelaar	Druktransmitter
meetgebied	0 - 0,5 bar en van 0 tot 10.000 bar	Meet een bepaalde hoge en/of lage druk (instelbaar)	Afhankelijk van gebruikte meetcel.
standaardnauwkeurigheid	Circa 1%, precisiemeters tot ongeveer 0,2%		Afhankelijk van gebruikte meetcel.
aandachtspunten	- niet geschikt voor vervuilingsgevoelige media; - slechts voor algemeen gebruik.	- proceswaarde wordt direct gemeten (veldmontage) - voor algemeen gebruik, niet alleen voor druk.	- droge meetcel of vloeistofgevulde meetcel; - temperatuurgevoelig, temperatuurverhoging kan voor een meetafwijking zorgen. Meetcorrectie toepasbaar. - Zeer geschikt om in smart field-instrumenten te gebruiken.

3

Beveiliging

In de PGS 6 worden verschillende mogelijke basisoorzaken voor falen vermeld. Ingegrepen kan worden door de procesregeling en door de drukbeveiliging [2].

3.1

Basisoorzaken hoge druk bij verladingen

De PGS 6 verdeelt de basisoorzaken voor het falen van een omhulling door te hoge druk in te hoge druk door vloeistof, gas en vaste stof. Deze basisoorzaken zijn terug te vinden in de foutenbomen op pagina 85 tot 97 van bijlage 8 van de PGS 6. De basisoorzaken voor onderdruk zijn te vinden in de foutenboom op pagina 88 van bijlage 8 van de PGS 6.

Indien de druk te hoog of te laag wordt, kan hierop worden ingegrepen door de procesregeling. Wanneer de druk zodanig te hoog of te laag dreigt te worden dat een LOC (Loss of Containment) dreigt, moet door de procesbeveiliging ingegrepen worden.

3.2

Voorkomen hoge en lage druk door procesregeling

Het doel van de regeling is te zorgen dat de druk binnen de gewenste waarden blijft, zodat de verlading goed blijft verlopen. De regeling zal daarom ingrijpen wanneer de druk buiten de voor de verlading gewenste grenzen dreigt te komen en kan hiertoe de volgende acties initiëren (de nummers tussen haakjes geven aan op welke PGS 6-basisoorzaak dit ingrijpt):

- Drukregeling door sluiten/openen toevoerklep of inertiseringsregelklep (7.7-7.10, 7.22, 9.3, 9.9, 9.15, 9.21);
- Verlagen pompdebiet/-toerental (7.7, 7.22, 9.3, 9.9, 9.15, 9.21);
- Tankwagen aarden 'statische ontlading kan explosie veroorzaken' (7.3, 7.22).

3.3

Ingrijpen op hoge en lage druk door procesbeveiliging

De beveiliging heeft als doel een onveilige situatie door overschrijding van de belastinggrenzen van de apparatuur te voorkomen. De beveiliging zal ingrijpen wanneer de drukgrenzen van de apparatuur (tankwagen, arm/slang of tank) dreigen te worden overschreden. De beveiliging kan de volgende acties initiëren:

- d. alarmering procesoperator (in de meeste gevallen te laat om nog in te kunnen grijpen);
- e. stoppen met pompen van/naar tankwagen (bij alle basisoorzaken uit PGS 6);
- f. stoppen met pompen van/naar tank (bij alle basisoorzaken uit PGS 6);
- g. aanspreken veiligheidsklep/ breekplaat of vacuümbreker tankwagen (bij alle basisoorzaken uit PGS 6);
- h. aanspreken veiligheidsklep/breekplaat of vacuümbreker tank (bij alle basisoorzaken uit PGS 6).

Een doelmatige veiligheidsklep of vacuümbreker dient ontworpen te zijn voor het debiet dat in het meest ongunstige van onderstaande scenario's (zie 3.4) op kan treden. Dit is vaak het brandscenario.

Waterslag (bij kilometer-lange leidingen) en drukstoten (bij hoge druk verdringerpompen) kunnen vaak niet voorkomen worden. Daarom zijn systemen waarin deze verschijnselen voorzienbaar zijn, uitgerust met drukexpansievaten, die de drukstoten dempen.

Drukontlasting dient te geschieden naar een veilige locatie (bijv. grote hoogte of fakkel).

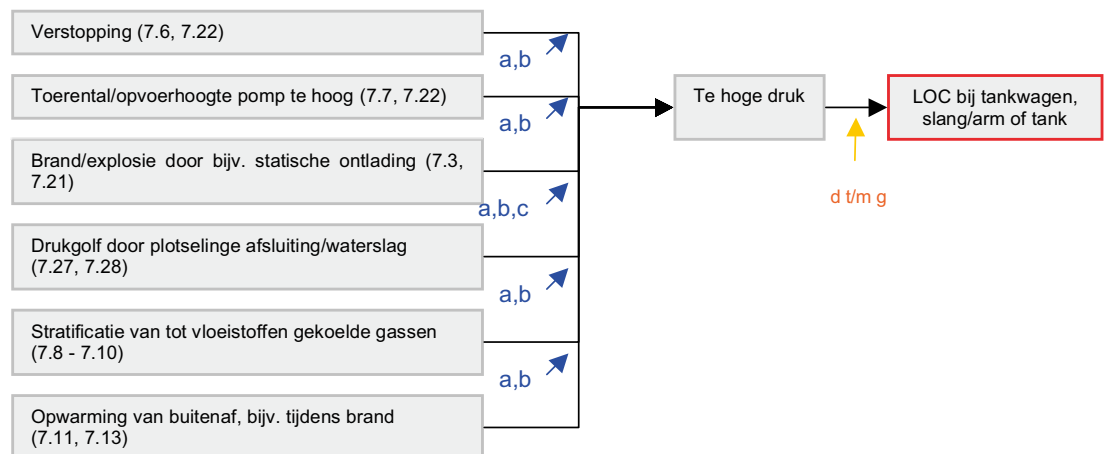
3.4

Beveiliging tegen hoge en lage druk in de foutenboom

In onderstaande figuur is te zien op welke oorzaken de procesregeling ingrijpt (a en b) en op welke oorzaken de procesbeveiliging ingrijpt bij het ontstaan van hoge druk (c t/m g).

Figuur 1

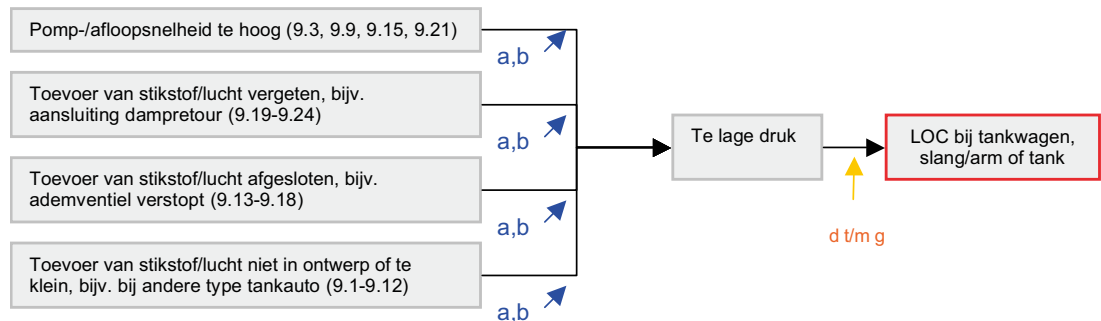
Plaats beveiliging in de foutenboom voor hoge druk



In onderstaande figuur is te zien op welke oorzaken de procesregeling ingrijpt en op welke oorzaken de procesbeveiliging ingrijpt bij het ontstaan van lage druk.

Figuur 2

Plaats beveiliging in de foutenboom voor lage druk



4

Praktijkvoorbeeld

Bij een bedrijf worden medicinale gassen geproduceerd. Tijdens het vullen van een tankwagen met lachgas wordt de ontwerpdruk van de tankauto overschreden doordat er een bedrijfscompressor met een te hoge druk wordt aangesloten. Dit veroorzaakt ontsnapping van het gas met een drukgolf. Als gevolg van de gasontsnapping ontstaat brand, waarin tientallen gasflessen in de omgeving ontploffen. 10 werknemers raken gewond. In de omgeving sneuvelen her en der ruiten.

Indien een juiste drukbeveiliging was toegepast had de verlading onmiddellijk gestopt kunnen worden zodra de beveiliging de te hoge druk had gedetecteerd. [3]

5

Referentie

- [1] Elsevier opleiding & advies, Proces-instrumentatie Field Instruments (PIT 1), PIT 1 2 druk- en drukverschilmetering.
- [2] Publicatierreeks Gevaarlijke Stoffen 6, aanwijzingen voor implementatie van BRZO-1999, 2006, bijlage 8.
- [3] <http://www.zero-meridean.nl>

2L Drukverschil over afscheider

1 Inleiding

Een drukverschil over een afscheider, zoals een zeef, filter of een gepakte kolom, is noodzakelijk om het rendement van het afscheidingsproces te borgen. Een te hoog drukverschil kan echter duiden op een verstopping van de afscheider. Verstopping van de afscheider kan zorgen voor grotere krachten op de leidingen en appendages waardoor breuk van het apparaat of van het filtratievlak kan optreden. Aangezien afscheidingsapparaten vaak bij de reiniging van afgas- en afvalwaterstromen worden gebruikt, leidt een dergelijk bezwijken vaak tot overschrijding van emissiegrenswaarden. Een te laag drukverschil kan duiden op een lekkage van de afscheider. Een drukverschilmeting wordt zelden dubbel uitgevoerd, indien de druk essentieel is voor de beveiliging kan bijvoorbeeld een bypass of een veerveiligheid toegepast worden. Verstopping van een leiding kan tot falen hiervan leiden, wat een Loss of Containment tot gevolg heeft. Dit kan leiden tot een onveilige situatie en/of tot milieuschade.

2 Drukmeting over een afscheider

Verschildrukken over een afscheider worden in eerste instantie bewaakt om op tijd te kunnen reinigen wanneer het afscheidingsrendement afneemt. Het reinigen kan zowel handmatig, als door middel van een automatisch reinigingsprogramma plaatsvinden.

Een verschildrukmeting bestaat uit twee druksensoren (één vóór en één na het afscheidingvlak) waarvan de signalen met elkaar vergeleken worden. Om de signalen met elkaar te kunnen vergelijken, dienen beide sensoren van hetzelfde type te zijn.

2.1 Aandachtspunten drukmeting

Om het drukverschil over een afscheider te kunnen meten, moet een drukverschil gemeten worden over de afscheider. Ook kan de overdruk van één kant ten opzichte van de ander gemeten worden. In beide gevallen is de keuze voor de locatie van plaatsen van de meter beperkt en is het lastig rekening te houden met de plaats van appendages, afscheider etc. die invloed kunnen uitoefenen op de meting. Bij het meten van het drukverschil over een afscheider dienen de volgende punten onder de aandacht worden gehouden.

- Door het gebruik van twee druksignalen aan weerskanten van de afscheider, zijn beide drukmetingen afhankelijk van verschillende procescondities. Éénzijdige verandering in de procescondities zal een verandering van het verschildruk betekenen zonder dat de vervuilingsgraad van de afscheider verandert.
- Wat zijn de eigenschappen van het medium, zoals soort medium en de aard?
- Bij het meten van vloeistof en stoom moet de meetleiding vol blijven staan met vloeistof of condensaat.
- Bij het meten van een gas is het noodzakelijk dat de meetleiding leeg blijft.
- Vinden er grote temperatuurschommelingen in het procesvat plaats? Dit kan voor een meetafwijking zorgen.

2.2 Toepassingsgebied drukmeting

Er zijn verschillende soorten drukmeters die verschillende toepassingsgebieden hebben. In onderstaande tabel worden van drie veelvoorkomende drukmeetinstrumenten de toepassingsgebieden besproken.

Tabel 1

Drukmeetinstrumenten [1]

	Lokale manometer	Drukschakelaar	Druktransmitter
meetgebied	0 - 0,5 bar en van 0 tot 10.000 bar	Meet een bepaalde hoge en/of lage druk (instelbaar)	Afhankelijk van gebruikte meetcel.
standaardnauwkeurigheid	Circa 1%, precisiemeters tot ongeveer 0,2%		Afhankelijk van gebruikte meetcel.
aandachtspunten	- niet geschikt voor vervuilingsgevoelige media; - slechts voor algemeen gebruik.	- proceswaarde wordt direct gemeten (veldmontage) - voor algemeen gebruik, niet alleen voor druk.	- droge meetcel of vloeistofgevulde meetcel; - temperatuurgevoelig, temperatuurverhoging kan voor een meetafwijking zorgen. Meetcorrectie toepasbaar. - Zeer geschikt om in smart field-instrumenten te gebruiken.

3 Beveiliging

3.1 Basisoorzaken drukverschil

De PGS 6 geeft basisoorzaken voor het falen van de omhulling. In dit factsheet wordt middels de in de PGS 6 gebruikte nummering naar deze basisoorzaken verwezen. [1]

3.2 Voorkomen door procesregeling

Door de volgende ingrepen kan de procesregeling voorkomen dat de druk over de afscheider te hoog wordt. Het getal achter de maatregel verwijst naar de basisoorzaak in bijlage 8 van de PGS 6:

- waarschuwen procesoperator dat filter vervangen moet worden (7.27);
- opstarten automatisch reinigingsprogramma (7.27);
- overschakelen naar een parallelle afscheider (7.27);
- verlagen toerental toevoer pomp (7.22).

3.3 Ingrijpen door procesbeveiliging

De procesbeveiliging kan de volgende actie initiëren:

- omleiden medium via by-pass;
- stoppen toevoer medium.

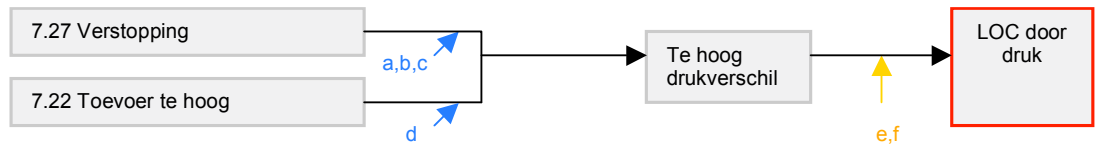
3.4

Beveiliging in de foutenboom

In onderstaande figuur is te zien wanneer de procesregeling ingrijpt (blauw), en wanneer de procesbeveiliging (oranje).

Figuur 1

Plaats beveiliging in de foutenboom voor drukverschil in een afscheider



4

Praktijkvoorbeeld

Actieve koolfiltratie is een gangbare techniek voor de zuivering van verontreinigd grondwater. Actieve kool bevat vaak as met een lage zuurgraad. Wanneer het koolfilter lang in gebruik is loopt hierdoor de zuurgraad langzaam op, waardoor de kans ontstaat dat metaalhydroxiden neerslaan en hierdoor een verstopping van het filter ontstaat. [2]

5

Referentie

- [1] Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 6, aanwijzingen voor implementatie van BRZO-1999, 2006, bijlage 8.
- [2] www.waterbodemrichtlijn.nl/bodembeheer.

2M Temperatuur in afscheider

1 Inleiding

Wanneer de temperatuur van een afscheider, zoals een filter of een absorber, te hoog is, kunnen ongewenste reacties plaatsvinden. Dit kan bijvoorbeeld resulteren in kristallisatie in het filter. Ook kan het procesmedium kristalliseren wanneer de temperatuur te laag is.

Hierdoor kan een drukverhoging ontstaan, het afscheidingsrendement dalen of de afscheider beschadigen. Vaak kan dit overschrijding van emissiegrenswaarden tot gevolg hebben.

Op het oppervlak van membranen vinden vaak reacties plaats. Deze verlopen het beste binnen bepaalde temperatuurgrenzen. Ook de reacties die plaatsvinden in een ionenwisselaar zijn afhankelijk van de temperatuur.

Bij het gebruik van doekfilters (platen of kaarsen) treedt mogelijk temperatuurverhoging op, omdat het doorlatende filteroppervlak verkleind is en de stroming over het vrije gedeelte toeneemt. Dit zijn zogeheten hot spots. De temperatuurverhoging door hot spots kan tot beschadiging van het filter, en in extreme gevallen (met name bij brandbare vaste stoffen) tot filterbrand en explosie leiden.

Hotspots kunnen ook ontstaan in actief koolfilters, bijvoorbeeld door katalytische oxidatie van metalen in het actief koolbed.

Door beveiliging van de temperatuur in de afscheider kan tijdig actie worden ondernomen om dit te voorkomen.

2 Temperatuurmeting afscheider

Een goede temperatuurmeting is van belang om het goed werken van het filter te kunnen waarborgen en te voorkomen dat er brand ontstaat.

2.1 Aandachtspunten temperatuurmeting

Aandachtspunten bij de meting van temperatuur in een procesvat zijn de volgende:

Welke media gaan door de afscheider (vast, vloeistof, gas);

Bij welke temperaturen werkt het afscheidingsproces effectief?

Is het toereikend om de temperatuur van het filtraat (achter de afscheider) te meten of moet op het scheidingsvlak gemeten worden (afhankelijk van de warmtegeleiding van het filtraat);

Vinden er nog reacties (bijvoorbeeld neutralisatie) plaats in de afscheider.

2.2 Toepassingsgebied temperatuurmeting

Een goede werking van de beveiliging is afhankelijk van een goede werking van de temperatuurmeting. Er zijn verschillende soorten thermometers die verschillende toepassingsgebieden hebben. In onderstaande tabel is van een aantal veel toegepaste thermometers het toepassingsgebied te vinden.

Tabel 1

Temperatuurmeetinstrumenten

Instrument	Toepassing	Meetgebied	Bijzonderheden
Niet-lokale meting			
Thermokoppel	Algemeen gebruik	- 100 °C tot 1500 °C	Snelle meting wegens kleine sensor, puntmeting, nauwkeurigheid klasse 1, 2 of 3 ¹ ,
Weerstandthermometer	Algemeen gebruik	- 200 °C tot 800 °C	Snelle meetsnelheid wegens kleine sensor, meetgebied afhankelijk van de constructie, nauwkeurigheid: Klasse A +/- 0,15 °C + 0,002 *t Klasse B +/- 0,3 °C + 0,005*t
Optische thermometer	Contactloze meting op afstand, vaak hand-held	- 40 tot circa 3000 °C	Nauwkeurigheid +/- 2%, afhankelijk van emissiecoëfficiënt gevoelig voor damp/stoom, afstandsgevoelig (behalve kleurmethode)
Lokale meting			
Vloeistofgevulde thermometer	Algemeen gebruik	- 110 °C tot 650 °C	Capillair is kwetsbaar, metaal- of glasbehuizing, meetgebied afhankelijk van de vultvloeistof
Gasgevulde thermometer	Algemeen gebruik	- 150 °C tot 600 °C	Capillair is kwetsbaar, drukmeter heeft zeer klein volume, meetgebied afhankelijk van de gasvulling/vuldruk
Bimetaal thermometer	Algemeen gebruik	- 60 °C tot 600 °C	Thermometer is kwetsbaar

¹ De nauwkeurigheid (tolerantie) volgens IEC-584 norm is afhankelijk van het type thermokoppel

3 Beveiliging

3.1 Basisoorzaken afwijken temperatuur

De PGS 6 verdeelt het falen van een filter door temperatuur in basisoorzaken. Deze basisoorzaken worden beschreven in de foutenboom in bijlage 8 van de PGS 6. Hieronder zal verwezen worden naar de nummering van de basisoorzaken die in deze bijlage gebruikt wordt. [2]

3.2 Voorkomen door procesregeling

Het doel van de temperatuurregeling is ervoor te zorgen dat de afscheider binnen de ontwerpomstandigheden wordt bedreven, zodat het afscheidingsproces goed blijft verlopen. De regeling zal daarom ingrijpen wanneer de temperatuur buiten de voor het filterproces gewenste temperatuurgrenzen dreigt te komen en kan hiertoe de volgende acties initiëren. De nummers tussen haakjes geven aan op welke PGS 6-basisoorzaken dit ingrijpt.

- verhogen verwarming of koeling (8.2 t/m 8.4, 8.6 t/m 8.8);
- aanpassen dosering door (verder) openen/sluiten afsluiters (8.4, 8.6, 8.8);
- overschakelen op een parallelle filter (8.2).

3.3

Ingrijpen door procesbeveiliging

De procesbeveiliging heeft als doel een onveilige situatie door overschrijding van de belastinggrenzen van de apparatuur te voorkomen. De procesbeveiliging zal ingrijpen wanneer de temperatuur buiten de voor het proces gewenste temperatuurgrenzen is en de temperatuurgrenzen voor falen van de afscheider dreigen overschreden te worden. De procesbeveiliging kan de volgende acties initiëren. De acties hoeven niet noodzakelijkerwijs tegelijkertijd geïnitieerd te worden, er kan een tijdsverloop zijn tussen de verschillende acties.

- d. alarmering procesoperator;
- e. stoppen toevoerpomp en/of afvoerpomp;
- f. stoppen verwarming / koeling;
- g. processtroom sturen via bypass;
- h. toevoegen inert koelmiddel.

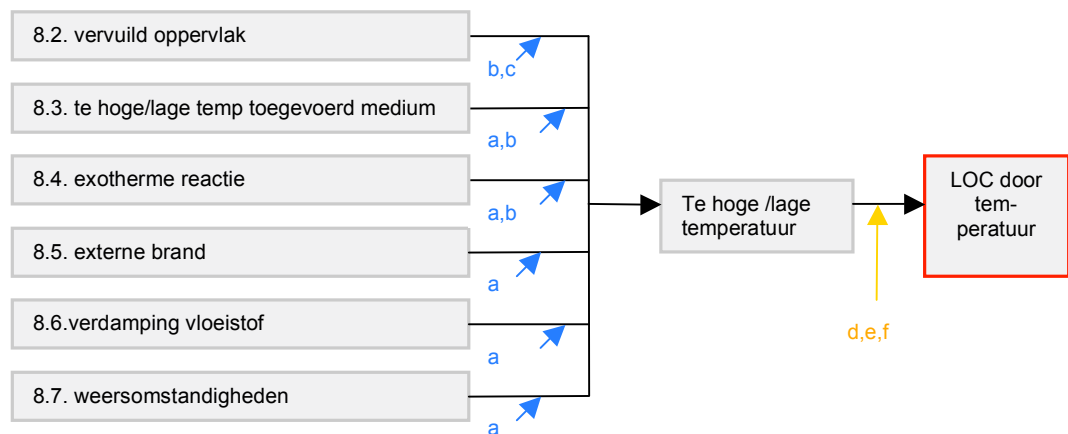
3.4

Beveiliging in de foutenboom

In onderstaand figuur wordt getoond op welke basisoorzaken wordt ingegrepen door de procesregeling, en wanneer de procesbeveiliging aangesproken wordt.

Figuur 1

Plaats beveiliging in de foutenboom



4

Praktijkvoorbeeld

-

5

Referentie

- [1] Elsevier opleiding & advise, Proces-instrumentatie Field Instruments (PIT 1), PIT1 4 (temperatuurmeting).
- [2] Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 6, aanwijzingen voor implementatie van BRZO-1999, 2006, bijlage 8.

2N Temperatuur in een warmtewisselaar

1 Inleiding

Een te hoge of te lage warmteoverdracht heeft gevolgen voor een proces. Wanneer de warmteoverdracht in de warmtewisselaar te hoog of te laag is kan het procesvat falen, zie hiervoor het factsheet 'Temperatuurbeveiliging in een procesvat'.

Indien in de warmtewisselaar een interne breuk ontstaat, kan hierdoor verwarmingsmedium in het procesmedium terecht komen, hetgeen een ongewenste situatie is.

Door ongewenste reacties kan kristallisatie in de warmtewisselaar ontstaan. Dit kan leiden tot een hogere druk over de warmtewisselaar en uiteindelijk tot falen van de warmtewisselaar.

Door verdamping van cryogene gassen kan het verdampingsoppervlak dichtvriezen. Hierdoor vindt geen warmteoverdracht meer plaats.

Een andere mogelijke oorzaak voor een verkeerde warmteoverdracht is koudkoken. Dit houdt in dat door daling van de temperatuur van het koelmedium het procesmedium verder gekoeld wordt dan ontworpen. Dit kan bijvoorbeeld gebeuren wanneer, door het wegvallen van de druk, een adiabatische expansie van het koelmedium (bv ammoniak) ontstaat en dit hierdoor zeer sterk afkoelt.

2 Temperatuurmeting in warmtewisselaar

Wanneer het temperatuurverschil tussen ingang en uitgang van de warmtewisselaar te klein of juist te groot is, geeft dit informatie over de warmteoverdracht aan het procesmedium. Wanneer teveel verwarmd of gekoeld wordt kan dit gevolgen hebben voor het proces. Ook kan een warmteoverdracht die anders is dan voorspeld informatie geven over het proces. Wanneer er meer gekoeld moet worden (het koelmedium dus meer is opgewarmd) is zichtbaar het procesmedium te warm of is er een lekkage naar het koelwatersysteem.

2.1 Aandachtspunten temperatuurmeting

Aandachtspunten bij de meting van temperatuur van een warmtewisselaar zijn de volgende:
plaats van de meting: de temperatuursverdeling in de warmtewisselaar is niet homogeen;
ontstaan er reeds in de warmtewisselaar reacties die invloed hebben op de temperatuur?

2.2 Toepassingsgebied temperatuurmeting

In onderstaande tabel is van een aantal veel toegepaste thermometers het toepassingsgebied te vinden.

Tabel 1 Temperatuurmeetinstrumenten [3]

Instrument	Toepassing	Meetgebied	Bijzonderheden
Niet-lokale meting			
Thermokoppel	Algemeen gebruik	- 100 °C tot 1500 °C	Snelle meting wegens kleine sensor, puntmeting, nauwkeurigheid klasse 1, 2 of 3 ¹ ,
Weerstandthermometer	Algemeen gebruik	- 200 °C tot 800 °C	Snelle meetsnelheid wegens kleine sensor, meetgebied afhankelijk van de constructie, nauwkeurigheid: Klasse A +/- 0,15 °C + 0,002 *t Klasse B +/- 0,3 °C + 0,005*t
Optische thermometer	Contactloze meting op afstand, vaak hand-held	- 40 tot circa 3000 °C	Nauwkeurigheid +/- 2%, afhankelijk van emissiecoëfficiënt gevoelig voor damp/stoom, afstandsgevoelig (behalve kleurmethode)
Lokale meting			
Vloeistofgevulde thermometer	Algemeen gebruik	- 110 °C tot 650 °C	Capillair is kwetsbaar, metaal- of glasbehuizing, meetgebied afhankelijk van de vultvloeistof
Gasgevulde thermometer	Algemeen gebruik	- 150 °C tot 600 °C	Capillair is kwetsbaar, drukmeter heeft zeer klein volume, meetgebied afhankelijk van de gasvulling/vuldruk
Bimetaal thermometer	Algemeen gebruik	- 60 °C tot 600 °C	Thermometer is kwetsbaar

¹ De nauwkeurigheid (tolerantie) volgens IEC-584 norm is afhankelijk van het type thermokoppel

3 Beveiliging

De procesregeling houdt de warmteoverdracht bij normale procesomstandigheden in de gaten. Wanneer de warmteoverdracht zodanig afwijkt dat falen van de warmtewisselaar of de hieraan gekoppelde apparatuur dreigt, grijpt de procesbeveiliging in.

3.1 Basisoorzaken afwijken temperatuur

De PGS 6 geeft basisoorzaken voor het falen van de omhulling. In dit factsheet wordt middels de in de PGS 6 gebruikte nummering naar deze basisoorzaken verwezen. [2]

3.2 Voorkomen door procesregeling

Door de volgende acties te initiëren kan de procesregeling ingrijpen wanneer de warmteoverdracht in de warmtewisselaar te hoog of te laag wordt. De nummers tussen haakjes verwijzen naar de basisoorzaken in de PGS 6.

- a. alarmering procesoperator (8.2, 8.8);
- b. verlagen toevoer procesmedium (7.26);
- c. verhogen toevoer procesmedium (9.1 - 9.6);
- d. Verlagen toevoer koelmedium (8.8);
- e. Verhogen toevoer verwarmingsmedium (9.4, 9.10, 9.16, 9.22)

3.3 Ingrijpen door procesbeveiliging

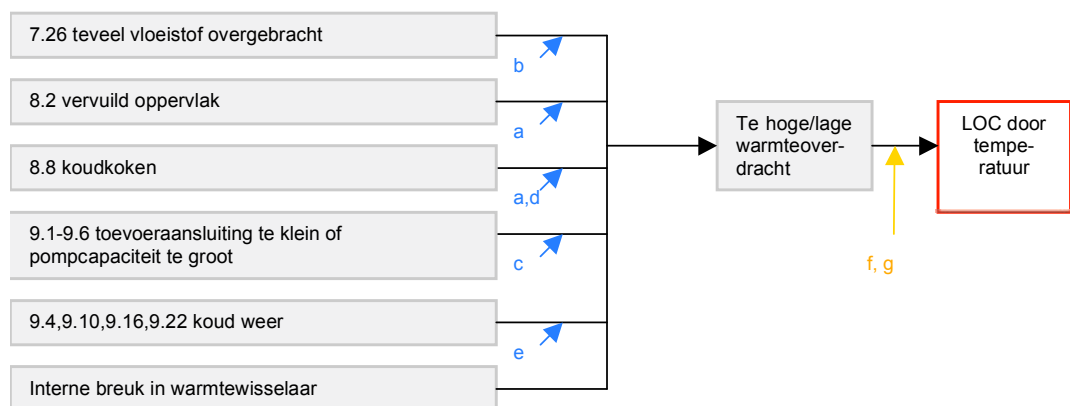
De procesbeveiliging kan de volgende acties initiëren om een gevaarlijke situatie door te hoge of te lage warmteoverdracht te voorkomen.

- f. stoppen toevoer pomp en/of afvoerpomp procesmedium;
- g. stoppen toevoer verwarmingsmedium / koelmedium.

3.4 Beveiliging in de foutenboom

In onderstaand figuur wordt getoond op welke basisoorzaken wordt ingegrepen door de procesregeling, en wanneer de procesbeveiliging aangesproken wordt.

Figuur 2: Plaats beveiliging in de foutenboom



4 Praktijkvoorbeeld

Op een offshore productieplatform voor gas werd zeewater gebruikt om een hoge-druk koolwaterstofgas te koelen. Door corrosie faalde de warmtewisselaar waardoor deze scheurde en de inhoud vrijkwam.

Wanneer een temperatuurbeveiliging was toegepast om de warmteoverdracht te meten zou de corrosie waarschijnlijk in een eerder stadium ontdekt zijn, waardoor eerder actie ondernomen had kunnen worden. [3]

5 Referentie

[1] Elsevier opleiding & advise, Proces-instrumentatie Field Instruments (PIT 1), PIT1 4 (temperatuurmeting)

[2] Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 6, aanwijzingen voor implementatie van BRZO-1999, 2006, bijlage 8

[3] www.hse.gov.uk

20 Zuurstofmeting

1

Inleiding

Er zijn situaties denkbaar waar de aanwezigheid van zuurstof wenselijk is, zoals in fornuizen, terwijl in andere situaties de aanwezigheid van zuurstof tot onveilige situaties kan leiden (zoals bij het voorkomen van een explosie mengsel). In beide situaties kan het wenselijk zijn de zuurstofconcentratie te controleren en binnen een bepaalde marge te regelen.

Fornuizen en stoomketels in industriële processen wekken warmte op door verbranding van gassen en andere brandstoffen. Het regelen van de juiste verbranding van deze stoffen (combustion fornuis/ketel) is hierbij een vereiste. Een goede regeling wordt verkregen door een verhoudingsregeling op de brandstof en verbrandingslucht aan te brengen.

Alle koolwaterstoffen uit de brandstof moeten bij de verbranding worden verbrand. Dit wordt gecontroleerd door in de verbrandingsgassen het percentage zuurstof (O_2) en/of koolmonoxide (CO) te meten.

Het gemeten percentage zuurstof wordt in de besturing gebruikt om de hoeveelheid verbrandingslucht zodanig aan te passen dat de juiste verhouding brandstof/verbrandingslucht ontstaat.

Indien de mengverhouding niet goed is kunnen, bijvoorbeeld door een niet volledige verbranding, de emissiegrenzen uit de milieuvergunning worden overschreden.

In situaties zoals hiervoor beschreven is de aanwezigheid van zuurstof wenselijk. Aanwezigheid van zuurstof kan ook onwenselijk zijn, bij procesonderdelen waar een brandbaar of explosief gas aanwezig is. De aanwezigheid van zuurstof kan leiden tot verlaging van de explosiegrens en tot hogere verbrandingswarmte.

Verder kan de zuurstofconcentratie veiligheidsrelevant zijn bij de bewaking van inertisering, bijvoorbeeld in ventilatiesystemen. Het verdringen van zuurstof door middel van stikstof of verbrandingsafgassen voorkomt het ontstaan van explosieve atmosfeer en degradatie van het product door oxidatie.

2

Meetaspecten zuurstofmeting

Een zirconiumcel is een voorbeeld van een sensor die zuurstof in gasen kan meten.

De cel bestaat uit een keramisch materiaal en wordt verwarmd tot een temperatuur tot circa 700 °C. Aan beide zijden van het keramische materiaal (zirconiumschijf) zijn twee elektrodes aangebracht. Aan de ene zijde staat een bepaalde referentie O₂-concentratie (meestal de buitenlucht). Het volumepercentage O₂ is daarin bijna 21% en wordt verondersteld constant te zijn. Aan de andere zijde wordt het te meten gas toegevoegd.

Door het concentratieverschil O₂ over de meetcel ontstaat er een evenredig spanningsverschil.

2.1

Aandachtspunten zuurstofmeting

Belangrijke aandachtspunten bij zuurstofmeting zijn:

- de plaatsing van het 'sample-point': dit moet representatief zijn voor het gas dat gemeten moet worden;
- de probe moet bestand zijn tegen het procesmedium.

3

Beveiliging

Zuurstofmetingen zijn van belang om te bepalen of bij de verbranding alle koolwaterstof uit de brandstof wordt verbrand. Als het percentage zuurstof in de verbrandingsgassen hoger is dan 0%, dan wordt er te veel lucht toegevoerd. Bij een juiste mengverhouding wordt precies zoveel lucht toegevoerd als nodig voor de verbranding, waarbij alle zuurstof wordt verbruikt. Om te voorkomen dat te weinig zuurstof wordt toegevoegd, kan de zuurstofmeting gecombineerd worden met een koolmonoxidemeting.

Bij het voorkomen van explosieve atmosfeer zijn explosiegrenzen van het product afhankelijk van het zuurstofpercentage.

3.1

Ingrijpen door procesregeling

Door de volgende acties te initiëren kan de procesregeling ingrijpen wanneer de zuurstofconcentratie in de gemeten gasstroom te hoog of te laag wordt:

- a. waarschuwen operator;
- b. veranderen mengverhouding zuurstof/brandstof.

3.2

Ingrijpen door procesbeveiliging

De procesbeveiliging kan de volgende acties initiëren om een gevaarlijke situatie door een verkeerde zuurstofconcentratie te voorkomen.

- c. stoppen toevoer brandstof;
- d. stoppen toevoer verbrandingslucht.

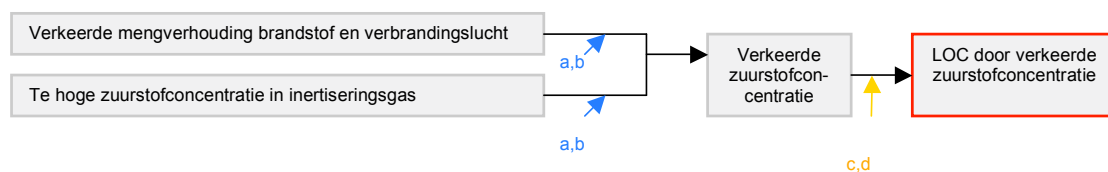
3.3 Beveiliging in de foutenboom

De beveiliging op zuurstofgehalte voorkomt het ontstaan van explosies. In de foutenbomen in de PGS 6 worden explosies vermeld als oorzaak van het ontstaan van overdruk.

Hieronder wordt de plaats van de beveiliging op zuurstofgehalte in de foutenboom getoond.

Figuur 1

Foutenboom bij zuurstof-meting



4 Praktijkvoorbeeld

-

5 Referentie

[1] Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 6, aanwijzingen voor implementatie van BRZO-1999, 2006, bijlage 8

2P Rookgasanalyse

1 Inleiding

In verschillende BREF's (onder andere de BREF Large Combustion Plants) worden eisen gesteld aan de concentraties van bijvoorbeeld NO_x , SO_2 en CO in de rookgassen. Een te hoge concentratie is schadelijk voor mens en milieu. Om milieuschade te voorkomen wordt vaak een rookgasreiniging toegepast.

2 Rookgasanalyse

Om aan te tonen dat aan de bovengenoemde BREF wordt voldaan, wordt rookgasanalyse toegepast. Hiertoe wordt bij normale procesomstandigheden gemeten wat de concentraties aan NO_x , SO_2 , stof en zuurstof zijn in de rookgassen. Om aan te tonen dat wordt voldaan aan de BREF moet deze meting minimaal bestaan uit drie afzonderlijke metingen van een half uur.

Rookgasanalyse kan ook gebruikt worden om het proces te regelen: de verschillende concentraties in de rookgassen geven immers veel informatie over het proces zelf en de efficiëntie van de rookgasreinigingsinstallatie. Hierdoor kan de meting bijvoorbeeld gebruikt worden om de dosering van de reactant te bepalen.

2.1 Aandachtspunten rookgasanalyse

Bij rookgasanalyse zijn de volgende aandachtspunten van belang:

- plaats van de meting: is dit representatief voor de gehele stroom;
- het meetinstrument moet bestand zijn tegen de procescondities zoals temperatuur en samenstelling.

3 Beveiliging

De informatie uit de analyse kan gebruikt worden om ongewenste procescondities te voorkomen. Daarmee is rookgasanalyse met name een milieubeveiliging.

3.1 Gebruik analyse door procesregeling

Analyse van de rookgassen geeft veel informatie over het proces:

- hoge concentraties NO_x , SO_2 en stof kunnen duiden op een onvoldoende werking van de rookgasreiniging;
- een afwijkende concentratie van zuurstof kan duiden op een verkeerd procesevenwicht.

3.2 Gebruik analyse door procesbeveiliging

Rookgasanalyse is geen geschikt instrument om de procesbeveiliging aan te sturen. Andere parameters, zoals druk en temperatuur, zijn geschikter voor aansturing van de procesbeveiliging.

3.3

Rookgasanalyse in de foutenboom

Omdat rookgasanalyse geen geschikt instrument is om de beveiliging op aan te sturen, is hier geen foutenboom voor opgesteld.

4

Praktijkvoorbeeld

-

2Q Explosie van gas of damp

1 Inleiding

Explosiegevaar houdt in dat een mengsel van lucht en een brandbare stof (in de vorm van gassen, dampen, nevels of stof) wordt ontstoken en hierna uitbreidt totdat alle brandbare stof verbrand is. Explosieve atmosfeer kan binnen en buiten procesapparatuur ontsteken. In het kader van procesbeveiligingen is met name de bewaking van de atmosfeer binnen apparatuur belangrijk, omdat ingrijpen in het proces meestal te laat is als het explosieve mengsel reeds is vrijgekomen.

In deze factsheet wordt alleen ingegaan op explosie van gassen en dampen. Stofexplosies zijn niet eenvoudig te detecteren. Door wegnemen van een ontstekingsbron (bijvoorbeeld door gebruik explosieveilige apparatuur) of zorgen dat er geen zuurstof aanwezig is (bijvoorbeeld door gebruik inert gas) kan het ontstaan van stofexplosies voorkomen worden.

2 Explosiemeter

Explosiegevaar kan gemeten worden met een explosiemeter, ook wel een LEL-meter. Een LEL-meter is vaak in procesventilatie systemen geïnstalleerd om de samenstelling van dampen te bewaken die via (niet explosieveilige) ventilatoren of vacuümpompen afgevoerd worden. LEL-meters die niet in procesbeveiligingen worden gebruikt, bevinden zich vaak in procesgebouwen, op lage hoogten bij gebruik van zware gassen en aan de bovenzijde van afgesloten gebouwen in het geval van gassen die lichter zijn dan lucht.

In de praktijk wordt de vuistregel gehanteerd dat bij 10% van de LEL waarde sprake is van een mogelijke explosieve atmosfeer. Het begrip LEL en UEL wordt hieronder uitgewerkt.

De NPR 7910 behandelt de gevarenzone-indeling met betrekking tot explosiegevaar.

2.1 LEL en UEL

Het brandbare bereik is het bereik van de concentratie van een gas of damp dat brandt (of explodeert) wanneer een ontstekingsbron aanwezig is. De ondergrens van het brandbare bereik wordt gevormd door de LEL en de bovengrens door de UEL/UFL.

De Lower Explosion Limit (LEL) is de laagste concentratie van een gas of damp in lucht waarbij een ontstekingsbron brand of een explosie kan veroorzaken. Concentraties lager dan de LEL zijn te 'mager' om te kunnen branden.

De Upper Explosive or Flammable Limit (UEL/UFL) is de hoogste concentratie waarbij het gas of de damp nog kan branden of exploderen. Concentraties boven de UEL/UFL zijn te rijk om te branden.

De LEL en de UEL zijn afhankelijk van het gas of gasmengsel. In de tabel hieronder worden enkele voorbeelden gegeven van LEL en UEL bij een temperatuur van 20°C en atmosferische druk.

Tabel 1

LEL- en UEL-waarden voor enkele stoffen

Gas	LEL (%)	UEL (%)
Benzeen	1,35	6,65
Iso-butaan	1,80	9,6
Ethyleen	2,75	28,6
Waterstof	4	75
Benzine	1,4	7,6
Kerosine	0,7	5
Methaan	5	15
Tolueen	1,27	6,75

Het is van belang dat ruimten waar brandbare gassen worden opgeslagen goed worden geventileerd. Hierbij moet rekening gehouden worden met het moleculaire gewicht van het gas: lichte gassen zal ophopen bij het plafond terwijl zware gassen zich op de bodem concentreren.

De ventilatie moet voldoende zijn om de concentratie van gassen of dampen onder 25% van hun LEL te houden.

2.2 Aandachtspunten explosiemeting

Bij het bepalen van het explosiegevaar zijn de volgende aandachtspunten van belang:

- is het gas of de damp homogeen gemengd? Anders zegt de meting alleen iets over het punt waar de meter is geplaatst;
- is er genoeg/niet te veel stroming langs de sensor;
- is de meter met een geschikt ijkgas afgesteld;
- wat is de temperatuur in het systeem;
- is er ventilatie aanwezig.

3 Beveiliging

Het voorkomen van situaties waarbij explosies kunnen ontstaan is effectiever dan het beveiligen ertegen. Indien een explosie zich eenmaal voordoet kan een beveiliging zich slechts richten op het verminderen van de gevolgen ervan.

3.1 Basisoorzaken ontstaan explosie

In bijlage 8 van de PGS 6 [1] worden verschillende mogelijke basisoorzaken voor falen vermeld. Hierin wordt een explosie beschreven als gevolg van de aanwezigheid van een brandbaar/explosief mengsel en een ontstekingsbron.

3.2

Voorkomen door regeling

Explosiegevaar kan worden voorkomen door de volgende acties[2]. De nummers tussen haakjes geven aan op welke basisoorzaak uit de PGS 6 de actie ingrijpt.

- a. het vervangen van de brandbare stof door een stof met mindere en/of geen brandbare eigenschappen (7.221);
- b. een brandbare stof binnen de omhulling houden en niet op te laten mengen met de omgeving van de installatie (7.22);
- c. het werken onder ventilatiecondities waardoor de concentratie van de onderste explosiegrens niet bereikt wordt (7.22);
- d. werken onder zuurstofarme condities (inertiseren) (7.22);
- e. het wegnemen van ontstekingsbronnen (7.21).

3.3

Ingrijpen door beveiliging

Door ingrijpen van de procesbeveiliging worden de gevolgen van een explosie geminimaliseerd. De procesbeveiliging kan de volgende acties initiëren.

- f. Toepassen explosieluik, zodat de druk gecontroleerd wordt afgevoerd;
- g. Deluge systemen.

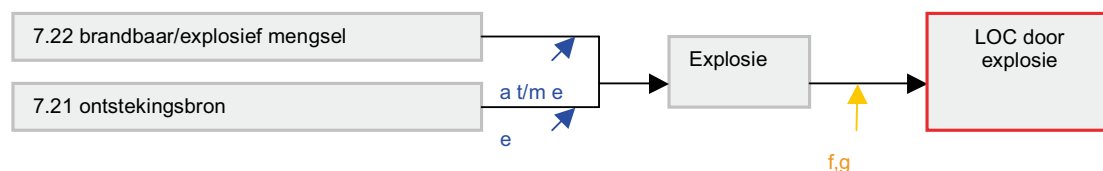
3.4

Beveiliging in de foutenboom

In onderstaand figuur wordt getoond op welke basisoorzaken wordt ingegrepen door de procesregeling, en wanneer de procesbeveiliging aangesproken wordt.

Figuur 1

Plaats beveiliging in de foutenboom



4

Praktijkvoorbeeld

Tijdens laswerkzaamheden aan een opslagtank bij een bedrijf in Warffum ontplofte de tank, waardoor twee medewerkers om het leven kwamen en een derde gewond raakte.

Door miscommunicatie waren de slachtoffers niet op de hoogte van de aanwezigheid van het aanwezige licht ontvlambare mengsel van water, aardgascondensaat en zuurstof. Andere medewerkers op het terrein waren wel op de hoogte van de aanwezigheid van het gasmengsel, maar niet van de laswerkzaamheden.

5

Referentie

- [1] Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 6, aanwijzingen voor implementatie van BRZO-1999, 2006, bijlage 8
- [2] www.arbo.nl/arbeidsveiligheid
- [3] www.liwwadders.nl/data/nieuws/items
- [4] Richtlijn 1999/92/EG (ATEX 137)
- [5] Richtlijn 94/9/EG (ATEX 95)
- [6] Explosie aardgascondensaat tank bij de Nederlandse Aardolie Maatschappij, De onderzoeksraad voor veiligheid, september 2007.

2R Positie afsluiter

1 Inleiding

Afsluiters kunnen verschillende functionaliteiten hebben. Voorbeelden zijn: regelkleppen, terugslagkleppen, noodafsluiters en isolatieafsluiters.

De juiste positie van een afsluiter zorgt voor een goede doorstroming van een medium in de juiste hoeveelheid. Indien, door een verkeerde positie van de afsluiter, teveel of te weinig medium doorstroomt kunnen ongewenste reacties ontstaan door een verkeerde mengverhouding. Ook kan dit zorgen voor erosie van de afsluiter.

Een onterecht gesloten afsluiter kan zorgen voor een terugslag en daardoor voor een grote belasting van leidingen en apparatuur.

2 Bepalen positie afsluiter

Voor een snelle reactie op een verkeerde stand van de afsluiter is het noodzakelijk dat het inzichtelijk is in welke positie deze zich bevindt. De positie is vaak ter plekke zichtbaar, maar voor een adequate reactie is het beter wanneer de stand van de afsluiter op afstand inzichtelijk is.

In geautomatiseerde processen zijn de indicaties voor de positie van afsluiters verwerkt in het procesbesturingsprogramma. De operator kiest dan alleen een bepaalde stap uit het besturingsmenu en de computer controleert of de afsluiters in de juiste positie staan om deze stap uit te voeren. Indien niet wordt dit automatisch gecorrigeerd of krijgt de operator een melding.

In geval de procescomputer (bij automatische systemen) of de aandrijving van een afsluiter uitvalt, kan een beveiliging ervoor zorgen dat de afsluiter in een van tevoren bepaalde veilige stand gaat (fail-safe position). Hiervoor moet de afsluiter voorzien zijn van een onafhankelijke aandrijving (veerbekrachtigd, met pneumatisch reservoir ter plekke of door middel van noodenergievoorzorging).

2.1 Aandachtspunten bepalen positie

Het detecteren of een afsluiter zich in een verkeerde positie bevindt kan middels een drukverschilmeting: over een gesloten afsluiter staat een groot drukverschil, terwijl over een geopende afsluiter nauwelijks een drukverschil bestaat. Daarnaast bestaat ook de mogelijkheid van mechanische standdetectie d.m.v. naderingsschakelaars.

In de praktijk wordt de naderingsschakelaar het meest toegepast.

Denk bij het bepalen van de positie van een afsluiter en het reageren hierop aan de volgende aspecten:

- type afsluiter;
- type drukmeter: is deze bestand tegen de procesomstandigheden zoals druk, temperatuur en procesmedium?

2.2

Toepassingsgebied positie afsluiter

De eigenschappen van afsluiters zijn afhankelijk van het type. Hieronder worden kort verschillende types afsluiters besproken.

Tabel 1

Afsluitertypen

Type afsluiter	Werking	Wijze van bediening	Nadeel	Voordeel
Vlinderklep	Klepblad dat over een hoek van 90° open of dicht kan worden gedraaid.	Elektropneumatisch, elektrisch of handmatig.	Klepblad bevindt zich altijd in de materiaalstroom, wat tot slijtage kan leiden. Klepblad zal drukval in leiding veroorzaken.	Klep is in veel gevallen goed toepasbaar.
Meskantafsluiter	Een schuifblad snijdt door het medium.		Sluit minder goed af en is daardoor vooral geschikt voor vaste stoffen.	
Zwenkafsluiter	Vergelijkbaar met meskantafsluiter.			Korte sluit- en openingestijden. Goed bestand tegen hogere drukken tot 6 bar.
Manchetafsluiter (membraanafsluiter)	Een elastisch manchet dat wordt dichtgeknepen.	Perslucht		Ook geschikt in vacuümsystemen. Gasdicht.
Kogelkraan			Medium kan in de ruimte tussen de kogel en het huis dringen.	Geschikt voor hoge drukken en temperaturen. Kan volledig open waardoor een volledige doorstroming ontstaat.
Dubbelplaatafsluiter	Over elkaar glijdende schuifbladen geven vanuit het midden een steed grotere of kleinere doorlaat.			Goed doseerbaar.
Globe valve	Afsluiter waar een schijf ingedraaid wordt om af te sluiten. Vernoemd naar de ronde vorm die de afsluiter van dit type in het verleden typeerde. Tegenwoordig niet altijd meer rond.	Handmatig of geautomatiseerd.	Niet geschikt wanneer een onbelemmerde doorstroming vereist is.	Geschikt voor toepassingen waar de afsluiter vaak geopereerd wordt.

3 Beveiliging

3.1 Basisoorzaken afwijken verkeerde stand afsluiter

De PGS 6 verdeelt het ontstaan van een LOC in basisoorzaken [1]. Deze basisoorzaken worden beschreven in de foutenbomen in bijlage 8 van de PGS 6. In deze foutenbomen komt een verkeerde stand van de afsluiter voor als oorzaak. Hieronder zal verwezen worden naar de nummering van de basisoorzaken die in deze bijlage gebruikt wordt. De acties die worden vermeld in paragraaf 3.2 en 3.3 worden gepositioneerd in de foutenboom in paragraaf 3.4.

3.2 Voorkomen door procesregeling

De procesregeling dient ertoe te voorkomen dat verkeerde procescondities ontstaan. Hiertoe kunnen de volgende acties geïnitieerd worden. De nummers tussen haakjes geven aan op welke PGS 6-basisoorzaken dit ingrijpt.

- a. alarmering procesoperator (6.9);
- b. openen van parallel geschakelde of sluiten van in serie geschakelde dubbel uitgevoerde afsluiter (2.1, 6.7, 7.27, 7.6, 10.1, 10.2).

3.3 Ingrijpen door procesbeveiliging

De procesbeveiliging zal ingrijpen wanneer een LOC dreigt te ontstaan. De procesbeveiliging kan de volgende acties initiëren:

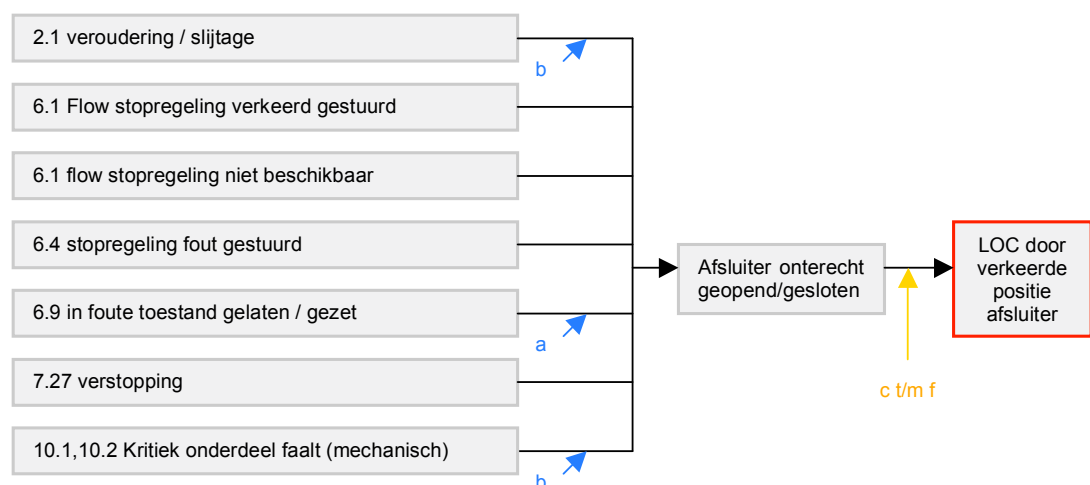
- c. Stoppen toevoerpomp en/of afvoerpomp;
- d. Afvoeren procesmedium via bypass.
- e. Sluiten van de afsluiters die onderdeel zijn van het SIS
- f. Openen van de afsluiters die onderdeel zijn van het SIS

3.4 Beveiliging in de foutenboom

In onderstaand figuur worden de basisoorzaken uit de PGS 6 getoond in de foutenboom. Hierin wordt getoond op welke basisoorzaken wordt ingegrepen door de procesregeling (a,b) en wanneer de procesbeveiliging aangesproken wordt (c t/m f).

Figuur 1

Plaats beveiliging in de foutenboom



Praktijkvoorbeeld

In 1979 ontstond bij een kernreactor in Three Mile Island een emissie van grote hoeveelheden radioactief materiaal. Hoewel zich geen persoonlijke ongevallen voordeden heeft dit ongeval grote gevolgen gehad voor de wijze waarop kerncentrales tegenwoordig worden ontworpen.

Bij het ontstaan van de emissie speelden afsluiters een belangrijke rol. Hoewel er ook andere aspecten meespeelden bij het ontstaan van dit incident wordt hier slechts de rol van de afsluiters behandeld.

Het primaire koelsysteem van de kernreactor bestond uit een hoge-druk systeem waarbij water gebruikt wordt om warmte uit de nucleaire kern af te voeren. Dit koelwater wordt gekoeld in een secundair koelsysteem. Twee pompen van het secundaire koelsysteem stopten, waarschijnlijk door een verkeerd controle-sigitaal. Hierdoor werd geen warmte meer afgevoerd uit het secundaire systeem en als gevolg hiervan ook niet meer uit het primaire koelsysteem.

Om te voorkomen dat de temperatuur in de reactor te hoog op zou lopen werden de noodpompen met voedingswater geactiveerd. Echter, twee afsluiters die van belang zijn bij het nood-koelsysteem waren enkele dagen eerder bij onderhoud gesloten. Hoewel de operator controleerde of de noodpompen in werking waren gebeurde er niets door de gesloten afsluiters. Eén van de alarmlichten op het controlepaneel dat de operators had kunnen alarmeren over de gesloten afsluiters werd aan het zicht onttrokken door een reparatiekaartje dat aan de schakelaar erboven hing.

Om de druk, die door de warmte steeg, op een veilig niveau terug te brengen, werd een relief valve geopend. Zodra de druk genoeg was gereduceerd werd een signaal naar de relief valve gestuurd om te sluiten. Hoewel het indicatorlampje op het controlepaneel aangaf dat dit signaal verstuurd was, sloot de afsluiter niet. Hierdoor bleef het systeem gedurende 140 minuten open staan waardoor 120 m³ inmiddels tot stoom gevormd koelwater met daarin radioactieve deeltjes, werd geëmitteerd. [2]

Referentie

- [1] Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 6, aanwijzingen voor implementatie van BRZO-1999, 2006, bijlage 8.
- [2] Charles Perrow, Normal Accidents, Living with High-Risk Technologies, 1984.

2S Fakkelen

1 Inleiding

Een fakkel of 'flare' verbrandt overtollige gassen of dampen die via veiligheidskleppen naar de fakkel worden geleid. Een fakkelinstallatie is een veiligheidssysteem dat samenwerkt met andere procesbeveiligingen. Daarnaast dient de fakkel zelf ook beveiligd te worden.

2 Beveiliging fakkels

2.1 Toepassing fakkel

Wanneer in een proces onregelmatigheden voorkomen, kunnen de gas- of dampvormige procesmedia naar de fakkelinstallaties worden geleid. Hierdoor wordt voorkomen dat de procesdruk te hoog wordt en kunnen fabrieken, indien nodig, veilig uit bedrijf genomen worden.

Door het verbranden van de procesmedia in de fakkel wordt voorkomen dat er brandbare of explosieve mengsels worden geëmitteerd. [1]

Bij volledige verbranding in de fakkel ontstaat CO₂ en waterdamp. Bij niet volledige verbranding ontstaat ook roet en andere gasvormige verbrandingsproducten. Om de verbranding zo volledig mogelijk te maken wordt het brandbare gas gemengd met stoom.

Fakkels worden gebruikt tijdens normale omstandigheden, bijvoorbeeld om verdringingsverliezen uit opslagtanks te verwerken: de in de tank aanwezige damp wordt naar de fakkel geleid. Ook worden fakkels ingezet bij het onderhoud van installaties. Alle gas of dampvormige procesmedia uit de installatie worden dan naar de fakkel geleid. Bij opstarten en uit bedrijf nemen van installaties wordt de fakkel gebruikt om de niet-buikbare gas of dampvormige procesmedia die in deze fase ontstaan te verbranden.

Bij een procesverstoring dient de fakkel als veiligheidssysteem om de druk in de installatie op een veilig niveau te houden. Bij een procesverstoring kan de druk in een installatie ongewenst stijgen. In dit geval worden gas of dampvormige procesmedia uit de installatie door veiligheidskleppen naar de fakkel gestuurd. Hiermee wordt beoogd dat de druk in de installatie de ontwerpdruk niet zal overstijgen en wordt een onveilige situatie voorkomen. [1]

De fakkel dient twee doelen: het voorkomen van een onveilige situatie door het vrijkomen van gevaarlijke stoffen, en het voorkomen van (grotere) milieuschade door vrijkomen van schadelijke stoffen.

Fakkelen is zichtbaar (licht) en zorgt vaak ook voor geluid. Het geluid wordt veroorzaakt door het bijmengen van stoom om de verbranding te verbeteren en het geluid van het verbrandingsproces zelf, en is afhankelijk van de hoeveelheid product die verbrand wordt.

Uitval van de fakkel kan gevaarlijke situaties opleveren door de emissie van onverbrande brandbare wolken die op afstand van de fakkel kunnen ontsteken. Om te waarborgen dat altijd ontsteking plaatsvindt moet de samenstelling van het gas (voldoende zuurstof), de juiste doorstroming (te veel doorstroming blaast de fakkel uit, bij te weinig stroming doet de wind dat mogelijk) en de werking van de ontstekingsbron (vaak waakvlam, maar ook een continue vonkinstallatie wordt gebruikt) veilig gesteld worden.

Niet alleen voor het voorkomen van emissies, maar ook voor het garanderen van de veiligheid van de fakkel zelf dient aandacht te zijn voor procesbeveiliging.

2.2

Aandachtspunten fakkelen

Bij affakkelen zijn de volgende aandachtspunten van belang:

- Fakkelen zorgt, naast het voorkomen van een onveilige situatie, ook voor milieugevolgen zoals CO₂-emissie, geluid en roetvorming. Bij het kiezen voor een fakkel moeten alle aspecten goed worden afgewogen.
- Bijmengen van stoom dient voor een goede verbranding, maar veroorzaakt ook een verhoging van de geluidsproductie. Zorg daarom voor een optimale mengverhouding van het medium en de stroom.
- Om inwendige explosies te voorkomen is het belangrijk te beletten dat (teveel) zuurstof in de fakkel komt. Dit kan bijvoorbeeld door beveiliging middels een zuurstofmeting in de aanvoer, of door het onder stikstof houden van de fakkelleiding.
- In het geval dat afscheiding van vloeistoffen in het systeem waarschijnlijk is, is de toepassing van een knockout drum van belang. Deze vangt, voordat de gasstroom het fakkelsysteem binnengaat, de eventueel aanwezige vloeistoffen op. De knockout drum is met name van belang wanneer substantiële afkoeling verwacht kan worden.

3

Beveiliging

Een fakkel voorkomt schadelijke emissies naar de lucht en bestrijdt hiermee de gevolgen van de acties van een procesbeveiliging. Doordat het fakkelen het ontstaan van een te hoge druk voorkomt is het een repressieve procesbeveiliging.

Ook de veiligheid van de fakkel zelf is van belang.

Voor een goede werking moet de fakkel op elk willekeurig moment aangesproken kunnen worden, moet de toegevoerde brandstof zodanig zijn dat de vlam niet door de brandstof of wind uitgeblazen wordt en moet de verbranding in de juiste verhouding plaatsvinden. Daarom dient de werking van de fakkel geborgd te worden op de volgende aspecten:

- stroming door de toevoerleiding (zie hiervoor bijlage 2G: Stroming in leiding);
- juiste samenstelling van het verbrandingsgas, onder andere voorkomen van explosies door voorkomen dat teveel zuurstof in de fakkel komt (zie hiervoor bijlage 2O: Zuurstofmeting, en bijlage 2Q: Explosie van gas of damp).
- beschikbaarheid ontsteker en het daardoor in werking zijn van de vlam.

Naast het borgen van de juiste hoeveelheden en samenstellingen is het ook van belang te voorkomen dat gas naar de fakkel wordt gestuurd wanneer er redenen zijn dat dit niet (voldoende) verbrand zal worden. Een middel hiervoor is bijvoorbeeld het blokkeren van de toevoerafsluiters indien essentiële functies van de fakkel niet in werking zijn, zoals de waakvlam of de stoomtoevoer.

Een knock out vat in de aanvoerleiding dient ter beveiliging van de fakkel zelf.

3.1 Basisoorzaken hoge druk door gas

De PGS 6 heeft foutenbomen opgenomen voor een aantal veel voorkomende redenen voor het falen van een omhulling. Fakkelen kan worden ingezet als maatregel om de gevolgen van een te hoge druk door gas of dampvormige procesmedia te voorkomen en te verlagen. De basisoorzaken die zijn opgenomen in de PGS 6 voor het ontstaan van een te hoge druk door gas of dampvormige procesmedia kunnen ook het inzetten van de fakkel noodzakelijk maken.

Een fakkel kan worden aangestuurd door zowel de procesregeling als de procesbeveiliging.

3.2 Aansturen fakkel door procesregeling

Inzetten van de fakkel tijdens normale omstandigheden die zijn te voorzien wordt geregeld door de procesregeling. Dit is het geval bij bijvoorbeeld vullen van vaten en het stoppen van een installatie voor onderhoud.

3.3 Aansturen fakkel door procesbeveiliging

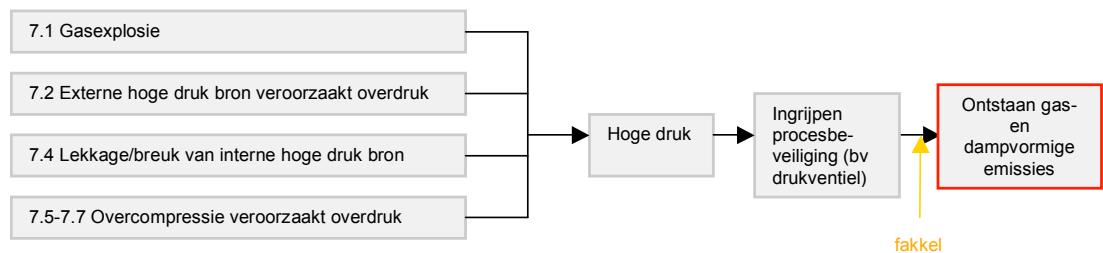
De procesbeveiliging stuurt de fakkel aan wanneer een ongecontroleerde hoge druk dreigt, waardoor een veiligheidsklep aangesproken wordt en het gas of de dampvormige procesmedia naar de fakkel wordt gestuurd.

3.4 De fakkel in de foutenboom

De fakkel dient ter voorkoming en beperking van de gevolgen van een te hoge druk en is daardoor de laatste maatregel die wordt ingezet voor het falen van de installatie. In de onderstaande figuur wordt getoond op welke basisoorzaken de fakkel kan worden ingezet als beveiligingsmaatregel. De getallen verwijzen naar de basisoorzaken die worden gehanteerd in de PGS 6. [2]

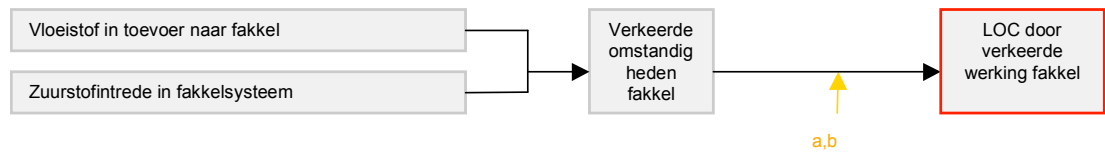
Figuur 1

Plaats fakkelen in foutenboom



Daarnaast dient een goede werking van de fakkel gewaarborgd te worden om een LOC door een verkeerde werking van de fakkel te voorkomen. Hiertoe kunnen de volgende acties geïnitieerd worden:
afvoer procesmedium naar knockout drum;
stoppen toevoer procesmedium naar fakkel.

Onderstaande figuur toont de beveiliging van de fakkel in de foutenboom.



4

Praktijkvoorbeeld

Bij een chemisch bedrijf in Nederland ontstond in 2008 een explosie in een knock-out drumvat van een fakkelsysteem. Door zuurstofintrede had een inwendige explosie plaatsgevonden.

Tengevolge van een verkeerde opijning tijdens onderhoudswerkzaamheden in de daarop aangesloten styreenfabriek is lucht toegetreden in het fakkelsysteem. Hierdoor ontstond een explosieve atmosfeer in het fakkelsysteem. Hierop volgde een ontsteking die waarschijnlijk werd veroorzaakt door statische elektriciteit of terugslag van de fakkel.

Het incident heeft geen externe veiligheid effecten gehad.

De oorzaak van de explosie was het achterwege laten van het dichtzetten van een handklep naar de atmosfeer en het negeren van het zuurstofgehalte in de knock-out drum. Er is een veiligheidsstudie gaande om dergelijke incidenten in de toekomst te voorkomen door de juiste layers of defense in te zetten.

5

Referentie

[1] <http://www.dow.com/facilities/europe/benelux/terneuzen/fakkelen/>

[2] Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 6, aanwijzingen voor implementatie van BRZO-1999, 2006, bijlage 8

2T Compressor

1

Inleiding

In de industrie worden compressoren gebruikt om gassen op druk te brengen en/of te transporteren. Vaak gaat het om centrifugaalcompressoren en zuigercompressoren.

Bij de keuze van de compressor moet erop gelet worden dat de compressor mechanisch geschikt is voor de werkdruk. Hierbij zijn met name de afdichtingen van belang, die voorkomen dat het gas naar buiten kan treden.

Naast de mogelijkheid tot lekkages, kan in een compressor 'surge' ontstaan. Surge kan ontstaan, wanneer door een stijging van de druk in de compressor, de voorwaartse stroom niet langer in stand gehouden kan worden en hierdoor een kortstondige debietomslag ontstaat. De druk van de teruggaande stroom zal dalen of de zuigdruk verhogen, waardoor de stroom voorwaarts weer hervat zal worden. Dit tot de druk weer stijgt en het surge-punt weer wordt bereikt. Deze surge-cyclus zal doorgaan tot is ingegrepen in het proces of in de compressorcondities. [1] Door de vibraties die in het geval van surge in de compressor ontstaat, kan een mechanische belasting en daardoor slijtage aan, of door vermoeiing scheuren in, de compressor ontstaan. Om surge te voorkomen worden surgecontrollers toegepast. Een surgecontroller maakt gebruik van beveiliging van het debiet en de druk. De werking van de surgecontroller wordt in hoofdstuk 2 van deze factsheet uitgelegd.

Naast debiet en druk is de beveiliging op temperatuur van belang. Temperatuurbewaking dient te voorkomen dat de temperatuur van de compressor stijgt tot boven de ontwerptemperatuur en eventueel een ontstekingsbron vormen in een gezonde gebied. Dit kan voorkomen indien de koeling niet naar behoren functioneert. Een te lage temperatuur kan zorgen voor condensatie in de compressor en daardoor tot cavitatie en beschadiging.

Een zuigercompressor heeft veel bewegende delen en is hierdoor gevoelig voor slijtage. De bewaking op surge en temperatuur is daarom bij dit type compressor van groot belang. Een centrifugaalcompressor heeft minder bewegende delen, die elkaar niet raken, en is hiervoor minder gevoelig voor slijtage.

Het volledig falen van de compressor, met een LOC naar buiten, is niet waarschijnlijk, omdat de compressor en/of het proces voordat dat gebeurt al gestopt zal zijn.

2

Beveiliging compressor

Hieronder wordt ingegaan op de surgecontroller en de temperatuurbeveiliging.

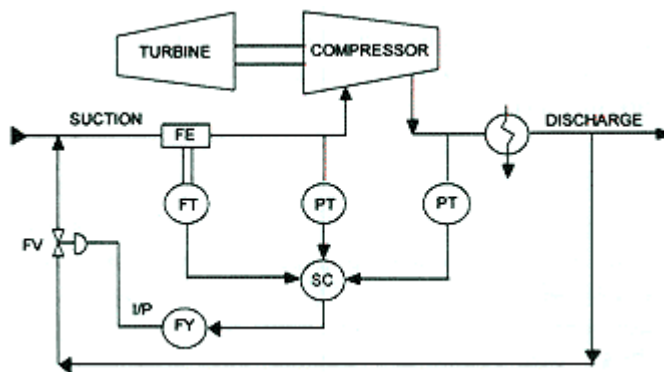
2.1

Surge

Een surgecontroller registreert het debiet aan de zuigkant van de compressor en het drukverschil tussen de zuig- en persleiding van de compressor. Op basis van deze gegevens opereert de surgecontroller een surgeklep, waardoor een hoeveelheid van het procesmedium uit de persleiding, via een omleiding, naar de zuigleiding stroomt. De werking van de surgecontroller wordt in de onderstaande figuur getoond.

Figuur 1

Werking surgecontroller [1]



Bij toepassing van de surgecontroller dient rekening gehouden te worden met de volgende aandachtspunten:

- De werking van de surgecontroller is veelal gebaseerd op de verwachte worst-case condities, om een veilige werking te garanderen onder alle verwachte procescondities. Nadeel hiervan is, dat dit kan resulteren in bovenmatig veel recycling van het procesmedium of teveel afblaas en veel energiegebruik. Bij de inzet van een surgecontroller dient daarom aandacht te zijn voor de juiste instellingen hiervan. [1]
- De debietmeting moet zodanig geplaatst zijn dat verstoring van de gasstroom wordt geminimaliseerd, en moeten zijn ontworpen voor het gehele bereik van de compressor. [1]
- De transmitters moeten zo dicht mogelijk bij het meetpunt worden geplaatst, om de reactietijd te minimaliseren. [1]
- De surgekleppen moeten een zeer snelle reactietijd hebben (maximaal 2 seconden). [1]
- Een compressor veroorzaakt een drukverschil tussen zuig- en perszijde die groot kan zijn. Bij het ontwerp van het leidingsysteem wordt uitgegaan van de druk die in de desbetreffende leiding verwacht kan worden: de ontwerpdruk van de leidingen aan de zuigzijde is daarom lager dan de ontwerpdruk van de leidingen aan de perszijde. Wanneer, door de toepassing van een surgecontroller, een bypass tussen pers- en zuigzijde ontstaat, moet een drukbeveiliging aan de zuigzijde worden toegepast om te voorkomen dat de druk in deze leidingen hoger wordt dan de ontwerpdruk. De hiervoor toepasbare instrumentele beveiliging worden besproken in bijlage 2B: druk in procesvat.

2.2

Temperatuur

De temperatuur in een compressor mag niet te hoog oplopen, om beschadiging van dichtingen, lagers en overige delen te voorkomen, hiertoe wordt meestal koeling van de compressormotor toegepast. Temperatuurbeveiliging wordt toegepast om schade te voorkomen indien de koeling faalt. De hoogte van de temperatuur is afhankelijk van het procesmedium, de ontwerptemperatuur van de compressor en de hieraan gekoppelde onderdelen.

Voor een juiste werking van de temperatuurbeveiliging moet er een goed thermisch contact zijn tussen de thermometer en het te meten onderdeel, hierbij dient rekening gehouden te worden met isolatie rond compressor, aan- en afvoerleidingen.

2.3

Overig

Naast beveiliging op surge en temperatuur zijn er andere aandachtspunten die een goede werking van compressoren ondersteunen, zoals:

- filteren toevoergas, om verontreiniging en daardoor vastlopen van de compressor te voorkomen;
- vochtigheid van het toegevoerde gas laag houden, om cavitatie te voorkomen.
- juiste instelling procesparameters, afgestemd op de capaciteit van de compressor.

3

Beveiliging

Maatregelen die worden ingezet om surge te voorkomen en de temperatuur van de compressormotor binnen de procesgrenzen te houden, maken deel uit van de procesregeling.

Wanneer de procesregeling er niet (meer) in slaagt de parameters binnen de procesgrenzen te houden, en bijvoorbeeld druk of temperatuur zo hoog oploopt dat de compressor dreigt te bezwijken, wordt ingegrepen door de procesbeveiliging.

3.1

Inzet procesregeling

Om surge te voorkomen, en te waarborgen dat de temperatuur binnen de gewenste waarden blijft, worden de volgende middelen ingezet:

- a. koeling compressormotor;
- b. bewaking temperatuur procesmedium;
- c. inzet surgecontroller.

3.2

Inzet procesbeveiliging

Indien druk of temperatuur zodanig hoog of laag wordt, dat de procesregeling niet meer in staat is deze parameters onder controle te krijgen, kunnen de volgende acties geïnitieerd worden:

- d. noodstop van de compressor;
- e. Aanspreken mechanische beveiliging zoals veerveiligheid of breekplaat. In de regel is actie d voldoende en hoeft deze actie niet aangesproken te worden. Indien dit wel in het ontwerp is meegenomen, moet voorkomen worden dat een brandbare of explosieve situatie ontstaat. Hiertoe kan bijvoorbeeld (afhankelijk van het soort gas) de veerveiligheid gecombineerd worden met een fakkel. Dit wordt bijvoorbeeld bij de compressie van aardgas toegepast.

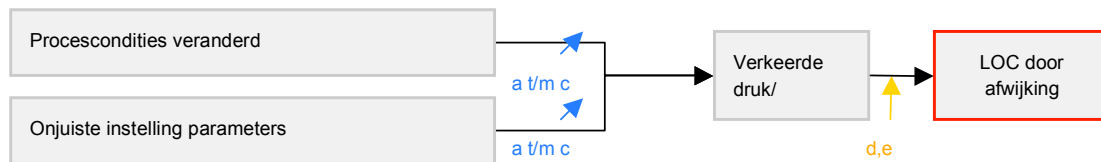
3.3

Beveiliging compressor in de foutenboom

In onderstaande figuur wordt getoond waar in de foutenboom de procesregeling, en waar de procesbeveiliging ingrijpt.

Figuur 2

Plaats beveiliging in de foutenboom



4

Praktijkvoorbeeld

-

5

Referentie

[1] www.dresser-rand.com/controls/sc0498.htm

Colofon

Dit is een uitgave van het
Interprovinciaal Overleg (IPO)
Postbus 16107
2500 BC Den Haag
Telefoon 070 888 1212
www.ipo.nl

Vormgeving: Haagsblauw, den Haag

IPO-publicatienummer 279

Den Haag, maart 2009