Implementatie van procesveiligheidsindicatoren in oleochemisch bedrijf

"Leren ontdekken van niet-gewenste situaties"

Ir. Reinout van Zevenbergen, Croda Nederland, e-mail rkvan7bergen@zonnet.nl

Samenvatting

In dit paper wordt de vraag beantwoord in hoeverre de implementatie van een (bedrijf breed) procesveiligheidsmodel en bijbehorende doelstellingen, binnen de productielocatie van Croda in Gouda, het bewustzijn van niet-gewenste situaties op het gebied van procesbeheersing heeft vergroot. Tevens wordt beoordeeld of het aantal niet-gewenste situaties na implementatie van het model is verminderd. Om deze vraag te kunnen beantwoorden is kwantitatief en kwalitatief onderzoek uitgevoerd: door middel van meting van aantallen procesveiligheidsincidenten in de periode 2007-2010 en door middel van interviews die eind 2010 zijn gehouden met een aantal werknemers. De resultaten van het onderzoek laten zien dat de meldingsdiscipline van niet-gewenste situaties op het gebied van procesbeheersing is toegenomen, wat leidt tot een toename van het bewustzijn. De rapportage van het aantal niet-gewenste situaties is de afgelopen jaren toegenomen door een toename van het procesveiligheidsbewustzijn. Aangezien de implementatie nog niet geheel is afgerond, is het nog te vroeg om aan te geven of het daadwerkelijk aantal niet-gewenste situaties toe dan wel afneemt.

Keywords

Procesveiligheid, beheersmaatregelen, basis of safety, risico inventarisatie en evaluatie.

Inleiding

Croda is een wereldwijd oleochemisch productiebedrijf (ong. 3000 werknemers) waarvan het hoofdkantoor in Cowick, Engeland is gevestigd. Eén van de 18 productielocaties is in Gouda gevestigd. Croda Nederland BV in Gouda is in 1858 begonnen als kaarsenfabriek en in de 20ste eeuw geleidelijk uitgegroeid tot een geavanceerd oleochemisch productiebedrijf. Het produceren van kaarsen is in 1982 gestopt. Croda Gouda, met 300 medewerkers waarvan 110 in volcontinudienst (operators), maakt van natuurlijke hernieuwbare oliën en vetten halffabricaten voor bijvoorbeeld de auto industrie (smeermiddelen, coatings, etc.) en de cosmetische industrie. Op de Goudse locatie staan een twintigtal installaties waarin diverse omzettingen plaatsvinden, zoals verestering (reactie met alcoholen), amidering (reactie met ammoniak), hydrogenering (reactie met waterstof), dimerisatie en destillatie. Behalve diverse stafafdelingen zijn er een eigen onderhoudsdienst, een kwaliteitslaboratorium, een engineering afdeling en een logistieke afdeling.
De productielocatie valt onder de ARIE-regeling: Aanvullende voorschriften Risico Inventarisatie en – Evaluatie ter voorkoming en beperking van zware ongevallen met gevaarlijke stoffen. Verder is de productielocatie eind 2010 gecertificeerd voor ISO 14001 (milieu management systeem) en OHSAS 18001 (ARBO management systeem) in aanvulling op het reeds eerder behaalde ISO 9001 (kwaliteitsmanagement systeem).

Croda kent een centrale SHE afdeling die verantwoordelijk is voor het uitdragen van de veiligheid-verbeterprogramma's naar de productielocaties. Naar aanleiding van het *Health and Safety Executive* (*HSE*) rapport uit 2003, dat betrekking heeft op een drietal ernstige

procesveiligheidsincidenten die waren voorgevallen in 2000 op de BP Grangemouth locatie, is er binnen de centrale SHE afdeling van Croda een *Process Safety Initiative* opgestart. Dit initiatief geeft invulling aan de volgende twee belangrijkste lessen uit het "Grangemouth" rapport (HSE, 2003):

- Les 1: Risico's die bijdragen aan zware ongevallen moeten actief worden gemanaged om de risico's te kunnen beheersen en te reduceren. Hiervoor is specifieke focus op management van procesveiligheid noodzakelijk.
- Les 2: Bedrijven moeten KPI's ontwikkelen: *Key performance indicators* (kritische succes factoren) met betrekking tot de grootste risico's, en moeten hun procesveiligheidsprestaties hieraan toetsen en rapporteren.

Tevens is een belangrijke boodschap uit het *HSE* rapport meegenomen met betrekking tot incidenten. De *HSE* organisatie geeft aan dat kennis die aanwezig is over historische incidenten binnen en buiten de eigen organisatie onderdeel moet worden van het veiligheidsbeheerssysteem.
De ontwikkeling van het *Process Safety Initiative* werd versterkt door de gebeurtenissen in 2005 op de raffinaderij van BP in Texas City. Het *Process Safety Initiative* heeft geresulteerd in een (bedrijf breed) procesveiligheidsmodel (zie figuur 1) en een aantal doelstellingen op het gebied van procesveiligheid. Vanaf eind 2007 wordt er door de Goudse productielocatie ook ieder kwartaal gerapporteerd over deze doelstellingen.

Er is kwantitatief onderzoek gedaan naar de procesveiligheidsincidenten in de periode 2007-2010 en kwalitatief onderzoek in de vorm van interviews met medewerkers. Aan de hand hiervan wordt een uitspraak gedaan over de vraag of de implementatie het bewustzijn van niet-gewenste situaties op het gebied van procesbeheersing heeft vergroot, en of het aantal niet-gewenste situaties is verminderd binnen de productielocatie van Croda in Gouda.
Dit is van belang omdat de implementatie van het procesveiligheidsmodel een bijdrage kan leveren aan het continu verbeteren van beheersing van de risico's en daarmee aansluit bij de eisen vanuit de ARIE regeling en OHSAS 18001 norm. In dit onderzoek wordt alleen de implementatie van het procesveiligheidsmodel op de productielocatie in Gouda beoordeeld. Het aantal interviews dat is gehouden is beperkt, maar deze zijn wel gehouden met medewerkers uit verschillende afdelingen van het bedrijf.

Na een deel theorie over het procesveiligheidsmodel en de bijbehorende doelstellingen worden de methoden en technieken beschreven. Hierna volgen de resultaten van het onderzoek. Tenslotte wordt het paper afgesloten met discussie.

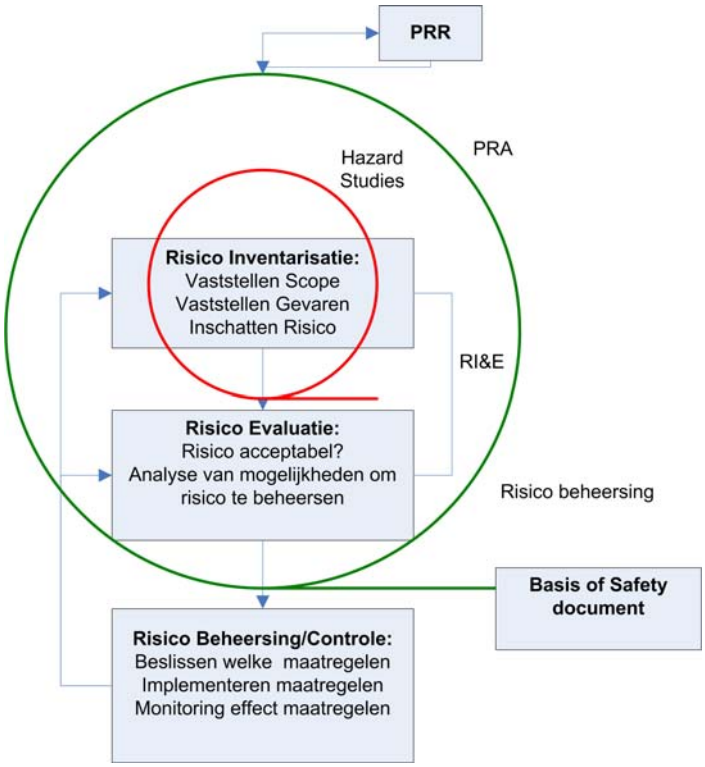
Theorie

De kern van het procesveiligheidsmodel is afkomstig uit een *British Standard* norm met betrekking tot risico management (BS, 1998). In het model worden de elementen van Risico Inventarisatie en Evaluatie (RI&E) weergegeven, die samen tot een *Process Risk Assesment* (PRA) leiden, waarbij een kwantitatieve beoordeling plaats vindt van de risico's en een toetsing aan het ALARP[1] principe, om te komen tot een acceptabel restrisico, al dan niet na het invoeren van (additionele) beheersmaatregelen. De uitkomsten hiervan worden samengevat in een *Basis of Safety* document, waarin ook een uitspraak wordt gedaan of het rest-risico met inachtneming van technische en organisatorische beheersmaatregelen acceptabel is. Iedere vijf jaar wordt de PRA tegen het licht gehouden tijdens een *Process Risk Review* (PRR). Hierbij worden onder meer de volgende vragen gesteld:

[1] ALARP = as low as reasonable practicable – zo laag als redelijkerwijze haalbaar (kostenefficiënte beoordeling van het risico)

- Is de huidige PRA nog actueel genoeg? Is het noodzakelijk om een nieuwe (deel) PRA uit te voeren?
- Zijn alle risico's die zijn geïntroduceerd met aanpassingen aan de installaties voldoende beoordeeld tijdens het ontwerp van deze aanpassingen? (betekent een controle van de project hazard studies/RI&E)
- Zijn de corrigerende maatregelen voor onderliggende oorzaken van incidenten (binnen en buiten het bedrijf) geïmplementeerd en voldoende effectief?
- Zijn de corrigerende maatregelen voor de top 10 van werkorders (reparaties aan onderdelen van de installatie) wel juist geïmplementeerd en voldoende effectief?

Naar aanleiding van de uitkomsten van de PRR wordt het installatie specifieke *Basis of Safety* document geactualiseerd.



Figuur 1: Procesveiligheidsmodel Croda (figuur uit Leigh et al, 2007)

Zoals eerder aangegeven, heeft de centrale SHE afdeling van Croda in 2007 voor iedere productielocatie binnen Croda doelstellingen op het gebied van procesveiligheid geformuleerd, die aansluiten op het procesveiligheidsmodel, waarbij duidelijk een relatie is gelegd met de lessen uit het genoemde "Grangemouth" rapport:

1) De locaties moeten beschikken over een PRA voor alle *gevaarlijke* processen (dit zijn processen waarbij brand of explosie kan ontstaan).
2) De locaties moeten voor ieder gevaarlijk proces een *Basis of Safety* document maken (waarin opgenomen een lijst met *final layers of protection* –preventieve en beschermende beheersmaatregelen) om de effectiviteit van de procesbeheersing aan te tonen.
3) De locaties moeten een PRR programma uitvoeren om continue verbetering en de geschiktheid en actualiteit van de PRA te waarborgen (iedere 5 jaar een PRR uitvoeren).
4) De locaties moeten actief opvolging geven aan de acties volgend uit de PRR.

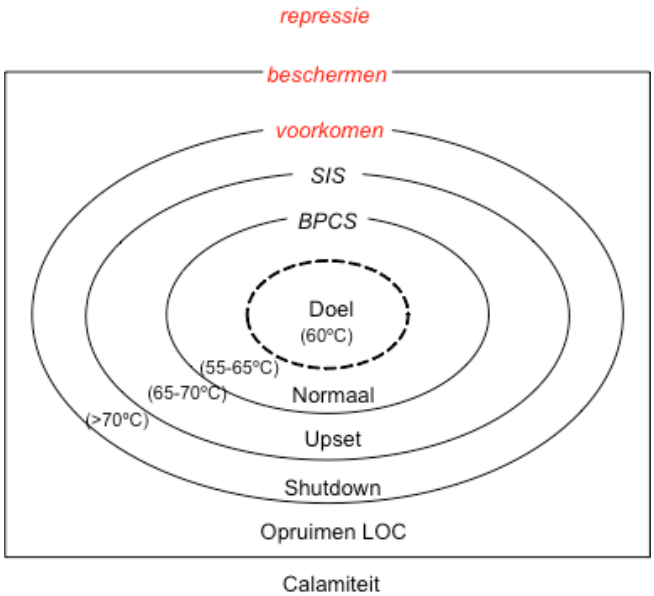
De verantwoordelijkheid voor het bereiken van deze doelstellingen ligt bij het lijn-management. De centrale en locatie SHE afdelingen faciliteren en monitoren.

Het *Basis of Safety* document is een korte (op abstract niveau) samenvatting van de belangrijkste procesrisico's die in een installatie kunnen optreden en de maatregelen die aanwezig zijn om deze risico's te beheersen. Het *Basis of Safety* document moet zo zijn opgesteld dat het begrijpelijk is voor iedereen die een verantwoordelijkheid heeft in het waarborgen van de veiligheid (dus van manager tot aan de vloer). Het document dient als trainingsdocument voor de operator die de installatie bedient. De elementen die aan bod dienen te komen in het document zijn (Leigh et al., 2007):

- Procesbeschrijving (beknopt)
- Gevaarlijke stoffen en mogelijke interactie van stoffen.
- Grootste procesrisico's in de installaties
- Beheersmaatregelen voor de genoemde procesrisico's. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen:
  - Inherente veiligheid
  - Preventieve maatregelen – KPI(5) (voorkomen)
  - Beschermende maatregelen – KPI (4) (beschermen)
  - Effect / schade beperkende maatregelen (repressie)
- Uitspraak of het rest risico acceptabel is (*Basis of Safety statement*).

De procesrisico's die in het *Basis of Safety* document worden gepresenteerd zijn niet nieuw en reeds bekend bij de operators, want afkomstig uit een bestaande PRR, maar het format waar het in is geplaatst en de benoeming van KPI (4) en (5) beheersmaatregelen wel.

In figuur 2 worden de verschillende niveaus van beheersmaatregelen visueel weergegeven in een diagram. Dit is een interpretatie door Leigh et al. (2007) van een diagram uit de Europese elektrotechnische norm met betrekking tot *Safety Instrumented Systems* (IEC, 2003). In de buitenste ringen komen de termen *voorkomen*, *beschermen* en *repressie*, die aansluiten bij de types van beheersmaatregelen zoals die in het *Basis of Safety* document worden opgenomen.



Figuur 2: Diagram procesbeheersing (Leigh et al, 2007)
(SIS = Safety Instrumented system (bijvoorbeeld software noodstops)
BPCS = Basic Controls, Process Alarms and Operator Supervision (alarmen en operator bediening)

Om invulling te geven aan de tweede procesveiligheidsdoelstelling (effectiviteit van procesbeheersing aantonen) is het noodzakelijk om falen van preventieve en/of beschermende maatregelen als incident te rapporteren en te onderzoeken. Door middel van rapportage in het interne incidenten-rapportage systeem wordt gemeten hoe vaak een beschermende maatregel wordt aangesproken. Een voorbeeld van het falen van een beschermende maatregel KPI (4) is de activering van een breekplaat of veiligheid op een druktoestel. Een voorbeeld van het falen van een preventieve maatregel KPI (5) is een ongeplande stop van de installatie, door het activeren van een *hardwired* noodstop naar aanleiding van een druk of temperatuurverhoging, waardoor de druk of temperatuur buiten de normale *operating range* komt te liggen. Omdat het van belang is om voor een procesveiligheidsincident ook een uitgebreid onderzoek uit te voeren is het activeren van een veiligheidsklep/breekplaat (KPI (4)) binnen het Croda incidenten-rapportage en -onderzoek systeem op hetzelfde niveau geplaatst als een ongeval met verzuim.

Het meten van KPI (4) en (5) incidenten wordt als een reactieve (*lagging*) indicator beschouwd. Daarentegen kan het meten van opvolging van PRR actie items als preventieve (*leading*) indicator worden beschouwd.

Methoden en Technieken

Om te bepalen of de implementatie van het procesveiligheidsmodel en de bijbehorende doelstellingen binnen de productielocatie van Croda in Gouda het bewustzijn van niet-gewenste situaties op gebied van procesbeheersing heeft vergroot, en of het aantal niet-gewenste situaties is verminderd, is op twee manieren onderzoek uitgevoerd:

1) Kwantitatief: De rapportage van procesveiligheidsincidenten is beoordeeld.
Binnen het bedrijf wordt gebruikt gemaakt van een elektronisch incidenten rapportage en analyse systeem, waarin iedere medewerker een melding kan maken van een niet-gewenste gebeurtenis (op het gebied van veiligheid en milieu en in enkele gevallen op het gebied van kwaliteit). De medewerker voert vervolgens met zijn leidinggevende de analyse uit naar de directe en onderliggende oorzaken van de niet-gewenste gebeurtenis, waarna de verantwoordelijke manager het onderzoek en de corrigerende acties goedkeurt. In het geval van een procesveiligheidsincident is op dit moment de leidinggevende of de manager in staat om de juiste classificatie van het incident aan te brengen.

2) *Kwalitatief: Er zijn interviews gehouden met medewerkers van verschillende niveaus binnen de lijnorganisatie en met medewerkers van een aantal ondersteunende afdelingen.*
De interviews zijn gehouden aan de hand van een vragenlijst met elf vragen en namen elk ongeveer een half uur in beslag. De insteek van de vragen was om de kennis te toetsen over:

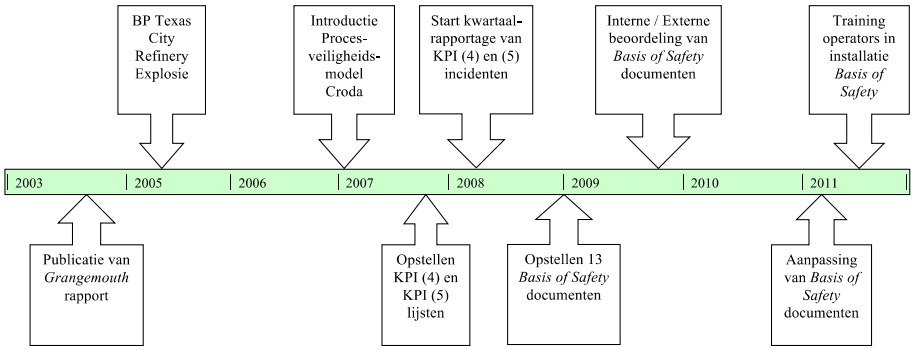
- Het procesveiligheidsmodel en de procesveiligheidsdoelstellingen.
- De locatie en inhoud van een *Basis of Safety* document.
- De KPI (4) en (5) beheersmaatregelen, incidenten en corrigerende acties.

De laatste vraag van het interview had betrekking op de mogelijke toename van beheersbaarheid van het proces door verbetering van kennis over de bovenstaande punten. Er zijn acht medewerkers geïnterviewd uit de volgende afdelingen: productie (4), engineering (2), laboratorium (1), personeelszaken (1). Vanwege het geringe aantal medewerkers dat geïnterviewd is betreft het geen representatieve steekproef. Toch is gekozen voor enkele interviews en niet voor bijvoorbeeld een enquête onder een groter deel van de organisatie, omdat er zo meer ruimte was voor vragen die niet van tevoren waren gedefinieerd, maar die naar aanleiding van het onderlinge gesprek tussen interviewer en geïnterviewde naar boven kwamen.

Op deze manier hebben de interviews meer bruikbare informatie opgeleverd dan dat een meer algemene enquête dat zou hebben gedaan.

Resultaten

Na de introductie van het procesveiligheidsmodel zijn eind 2007 de lijsten met KPI (4) en KPI (5) beheersmaatregelen opgesteld per installatie. Voor een destillatie unit betekent dit bijvoorbeeld dat er acht veiligheden (drukvaten) zijn opgenomen als KPI (4) en negen *Hardwired* Nood Stops (HWNS) als KPI (5). In 2008 is begonnen met het opstellen van *Basis of Safety* documenten voor de installaties. Halverwege 2009 waren de in totaal dertien *Basis of Safety* documenten voor de diverse installaties gereed (sommige installaties zijn gecombineerd in één document). Deze zijn samengesteld door een klein team van: een procestechnoloog, een productie teamleider en een medewerker veiligheid en milieu. De documenten zijn in 2009 intern beoordeeld door twaalf operators (calamiteiten coördinatoren) die als eerste moeten optreden bij een (mogelijke) calamiteit. Deze beoordeling vormde tegelijkertijd een training voor deze operators, omdat zij ook ingezet worden bij calamiteiten in afdelingen die zij niet zelf lopen als operator. Ook zijn de documenten extern beoordeeld door de centrale SHE groep. De documenten zijn beschikbaar gemaakt via het bedrijfsnetwerk voor het (productie)personeel, en dit is begin 2010 gecommuniceerd door middel van een veiligheidsnieuwsbrief aan al het personeel. De documenten zullen naar aanleiding van de interne en externe beoordeling aangepast worden alvorens alle operators getraind worden (gepland 2011). Bovenstaande gebeurtenissen worden in de tijdlijn in figuur 3 weergegeven.



Figuur 3: Tijdlijn implementatie procesveiligheidsmodel en doelstellingen

Vanaf eind 2007 worden de KPI(4) en (5) incidenten (falen van een KPI (4) of (5) beheersmaatregel) als zodanig gerapporteerd en gemeten. In tabel 1 worden de resultaten van meten van de aantallen KPI (4) en (5) en LOC (*Loss of Containment* – Lekkages) incidenten weergegeven.

Tabel 1: Resultaten meting procesveiligheidsincidenten in de periode 2007-2010

Incident	2007*	2008	2009	2010
KPI (4) – activering breekplaat/ veiligheid	2	2	2	4
KPI (5) – niet-geplande noodstop	0	2	6	15**
LOC – grote hoeveelheid gevaarlijke stof bij gevaarlijke omstandigheden	1	1	0	2
LOC – kleine hoeveelheid gevaarlijke stof	-***	16	11	8

**2007 is begonnen met deze rapportage.*
***Van deze vijftien meldingen, zijn er zeven unieke meldingen.*
****Wel gerapporteerd, niet gemeten.*

Wanneer de cijfers uit tabel 1 op de tijdslijn van de implementatie van procesveiligheidsmodel en doelstellingen (figuur 3) worden gelegd blijkt dat er een toename is van gerapporteerde KPI (4) en (5) incidenten, die vermoedelijk toe te wijzen is aan een toename van kennis over de KPI (4) en (5) meldingsverplichtingen. Aangezien de rapportage van het aantal LOC van grote hoeveelheden gevaarlijke stoffen gemiddeld hetzelfde blijft en van kleine hoeveelheden gevaarlijke stoffen zelfs daalt, is het niet aannemelijk dat de installaties op het gebied van procesveiligheid onveiliger zijn geworden. De toegenomen meldingsdiscipline is een uiting van een lerende organisatie die leidt tot een toename van het bewustzijn van niet-gewenste situaties. Het is mogelijk dat, wanneer ook alle operators zijn getraind in de installatie specifieke *Basis of Safety* documenten, de aantallen KPI (4) en (5) incidenten in eerste instantie nog verder toenemen, alvorens een daling zichtbaar wordt door implementatie van corrigerende maatregelen. Een aantal van de geïnterviewde medewerkers heeft aangegeven dat een herhaaldelijke activering van een *hardwired* noodstop heeft geleid tot een technische wijziging om de onderliggende oorzaak te corrigeren.

Dit zou betekenen dat in de toekomst door het aanpassen van software of apparatuur ontwerp, het aantal meldingen van falen van preventieve of beschermende maatregelen daalt. Hiermee wordt de stelling ondersteund dat het bewustzijn van niet-gewenste situaties op het gebied van procesbeheersing is toegenomen.

Uit de interviews bleek dat de kennis over het procesveiligheidsmodel en de bijbehorende doelstellingen was óf weggezakt óf niet aanwezig. Het blijkt dat herhaling van training noodzakelijk is om deze kennis vast te houden. Daarentegen waren de medewerkers vaak wel bekend met de afzonderlijke elementen, zoals bijvoorbeeld het vijfjaarlijks herhalen van een PRR en het melden van procesveiligheidsincidenten. De vraag om procesveiligheid in eigen woorden uit te leggen gaf verschillende interpretaties, voornamelijk vanuit het eigen werkveld ingegeven. De gemeenschappelijke bewoordingen waren: "*veilig bedrijven installatie", "technische risico's", "ontwerp"; "hazard reviews"; "veiligheidskleppen".* Verder bleek uit de interviews dat de medewerkers uit productie goed op de hoogte waren van de (netwerk)locatie en de inhoud van de *Basis of Safety* documenten. De overige medewerkers waren hiervan niet goed op de hoogte. Uit de gesprekken bleek ook dat zij geen toegang hadden tot deze locatie. Dit vormt een belemmering om te komen tot een gemeenschappelijk begrip van de *Basis of Safety* van een installatie binnen en buiten de productieafdelingen. De vraag over de betekenis van KPI (4) en (5) beheersmaatregelen leverde bij iedereen de termen: *"veiligheidsklep"; "breekplaat"; "hardwired noodstop"* op.

Het onderscheid tussen een KPI (4) of (5) wist niet iedereen te maken, maar het is de vraag of dat belangrijk is, wanneer wel duidelijk is dat activering van een veiligheidsklep/breekplaat of *hardwired* noodstop gerapporteerd en geanalyseerd moeten worden om tot corrigerende maatregelen te komen om een zwaarder incident te voorkomen. Het merendeel van de geïnterviewde medewerkers wist wel waarom het belangrijk is om de KPI (4) en (5) incidenten te rapporteren en te onderzoeken: *"er kan iets fundamenteels mis zijn in afdeling als er veel van deze incidenten worden gerapporteerd"; "om van te leren" ; "om erger te voorkomen".*

Conclusies

Naar aanleiding van het *Health and Safety Executive* rapport uit 2003, met betrekking tot een drietal ernstige procesveiligheidsincidenten die waren voorgevallen in 2000 op de BP Grangemouth locatie, is er binnen de centrale SHE afdeling van het oleochemische productiebedrijf Croda een *Process Safety Initiative* opgestart. Het *Process Safety Initiative* heeft geresulteerd in een (bedrijf breed) procesveiligheidsmodel (zie figuur 1) en een aantal doelstellingen op het gebied van procesveiligheid. Belangrijke elementen van het procesveiligheidsmodel zijn de PRA (Process Risk Assesment), de periodieke PRR (Process Risk Review) en het *Basis of Safety* document. In dit *Basis of Safety* document wordt een opsomming gegeven van de grootste proces risico's gegeven en de bijbehorende beheersmaatregelen, waaronder de KPI (4) – preventief en KPI (5) – beschermende maatregelen.

In dit paper is de vraag beantwoord in hoeverre de implementatie van dit model en bijbehorende doelstellingen binnen de productielocatie van Croda in Gouda het bewustzijn van niet-gewenste situaties op het gebied van procesbeheersing heeft vergroot en of het aantal niet-gewenste situaties is verminderd. Om deze vraag te kunnen beantwoorden is op twee manieren onderzoek uitgevoerd:

1) *Kwantitatief: De rapportage van procesveiligheidsincidenten is beoordeeld.*
2) *Kwalitatief: Er zijn interviews gehouden met medewerkers van verschillende niveaus binnen de lijnorganisatie en met medewerkers van een aantal ondersteunende afdelingen.*

De resultaten van het onderzoek laten zien dat de meldingsdiscipline van procesveiligheidsincidenten is verbeterd en dat dit zal leiden tot een toename van het bewustzijn van niet-gewenste situaties op gebied van procesbeheersing. Om het bewustzijn en de kennis van procesveiligheid op peil te houden is periodiek herhalen van *Basis of Safety* training wel noodzakelijk. Ook is het ontsluiten van de procesveiligheidsinformatie voor alle medewerkers van belang om tot een gemeenschappelijk begrip van de *Basis of Safety* van een installatie te komen.

De rapportage van het aantal niet-gewenste situaties neemt nog toe, door meer bekendheid met de rapportageverplichtingen. Aangezien de implementatie nog niet geheel is afgerond, is het nog te vroeg om aan te geven of het daadwerkelijke aantal niet-gewenste situaties toe dan wel afneemt.

Discussie

Bij bovenstaande resultaten zijn meerdere kanttekeningen te plaatsen. Allereerst is het aantal gemeten procesveiligheidsincidenten niet heel groot. Hierdoor is het moeilijk om een eenduidige relatie te leggen tussen de implementatie van het procesveiligheidsmodel en het voorkomen van procesveiligheidsincidenten. Mogelijk dat dit wel kan bij een groter

verzameling van incidenten (bijvoorbeeld door de aantallen KPI(4) en (5) incidenten binnen geheel Croda te beoordelen). Daarnaast is de implementatie van het procesveiligheidsmodel en de bijbehorende doelstellingen op de productielocatie in Gouda nog niet voltooid, want nog niet alle operators zijn getraind in de installatie specifieke *Basis of Safety* documenten. Hierdoor bestaat de kans dat er nog sprake is van onderrapportage op het gebied van procesveiligheidsincidenten. Tenslotte kan nog opgemerkt worden dat een volgende stap in het analyseren van niet-gewenste situaties gezet wordt wanneer ook incidenten op een lager niveau, namelijk het SIS niveau (zie figuur 2) zoals bijvoorbeeld het activeren van software noodstops, geanalyseerd worden.

Referenties

BSI (1998). Risk Management, Part 3: Guide to risk analysis of technological systems, BS 8444-3:1996.

HSE (2003). Major incident investigation report – BP Grangemouth Scotland 29th May-10th June 2000.

IEC 61511 (2003). Functional safety – Safety Instrumented Systems for the process industry sector.

Leigh, S. et al. (2007). Internal Croda communication on process safety.