

Risico's bij de repressie van zware ongevallen met gevaarlijke stoffen

“Als de SIRENE lokt”

René van Dort¹

Samenvatting

Werknemers kunnen slachtoffer worden van een zwaar ongeval² doordat ze de pech hebben toevallig in het effectgebied van een gevaarlijke stof aanwezig te zijn. Daarnaast kunnen werknemers ook slachtoffer worden doordat ze bewust het (potentiële) effectgebied betreden bij de repressie van een zwaar ongeval.

Aanleiding voor dit onderzoek is het hoge percentage incidenten waarbij werknemers risico lopen bij deze repressie van zware ongevallen. Zoals blijkt uit de incidentenrapportages van de directie Major Hazard Control (MHC) van de Arbeidsinspectie.

Naast werknemers van BRZO'99³ inrichtingen⁴, kunnen ook hulpverleners van bijvoorbeeld brandweer, slachtoffer worden bij het uitvoeren van repressieve taken bij BRZO inrichtingen. Beide groepen worden in dit artikel belicht aangezien werknemers van BRZO inrichtingen en brandweerpersoneel intensief met elkaar samenwerken bij de bestrijding van het zware ongeval.

Zoals zo vaak blijkt ook hier weer dat een goede risico-inventarisatie van deze repressieve scenario's ontbreekt. En als deze risico's onbekend zijn is het niet verwonderlijk dat niet alle maatregelen, nodig voor een aanvaardbaar risico, zijn genomen. Als zich een calamiteit voordoet is het van belang dat het ongevalscenario wordt herkend en de bijbehorende risico's worden onderkend. Dit is van belang bij het nemen van de juiste maatregelen of het op tijd veilige afstand nemen. Gezien het onvoorspelbare gedrag van personen in dit soort calamiteuze situaties zijn vooral technische maatregelen doeltreffend. Belangrijk is dat voorzieningen worden getroffen die het overbodig maken ten behoeve van de repressie het (potentiële) effectgebied te betreden.

Dit artikel een weergave van de afstudeeropdracht[i] van René van Dort voor de opleiding Management of Safety, Health and Environment (MoSHE) bij Delft Top Tech School of Executive Education (2006-2008). Een voordracht met de titel “Risico's bij de repressie van zware ongevallen met gevaarlijke stoffen” werd gehouden op het NVVK congres 2009 “Onderbuik of Onderbouwd”.

¹ Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, Arbeidsinspectie, directie Major Hazard Control, Tel.: +31 800 2700 000, Emailadres: rvdort@minszw.nl (René van Dort)

² Zwaar ongeval: gebeurtenis als gevolg van onbeheersbare ontwikkelingen tijdens de bedrijfsuitoefening in een inrichting, waardoor hetzij onmiddellijk, hetzij na verloop van tijd ernstig gevaar voor de gezondheid van de mens binnen of buiten de inrichting of voor het milieu ontstaat en waarbij een of meer gevaarlijke stoffen zijn betrokken (artikel 1 onder f BRZO'99);

³ BRZO'99; Besluit risico's zware ongevallen 1999.

⁴ Inrichtingen: Voorbeelden van inrichtingen in deze context zijn: Chemische fabrieken, olieraffinaderijen, tankopslagen, opslagen van verpakt gevaarlijke stoffen.

⁵ major accident; is an occurrence such as a major emission, fire, or explosion resulting from uncontrolled developments in the course of the operation of any establishment covered by the Directive 96/82/EC, and leading to serious danger to human health and/or the environment, immediate or delayed, inside or outside the establishment, and involving one or more dangerous substances.

⁶ Seveso II; Council Directive 96/82/EC of 9 December 1996 on the control of major-accident hazards involving dangerous substances (as amended) is a European Union law aimed at improving the safety of sites containing large quantities of dangerous substances. It is also known as the Seveso II Directive, after the Seveso disaster.

⁷ Establishment; the whole area under the control of an operator where dangerous substances are present in one or more installations, including common or related infrastructures or activities;

Summary

During major accidents⁵, unfortunate presence in the effect area of a dangerous substance (i.e. fire, explosion, toxic cloud), can victimize employees. Also mitigating activities in the (potential) effect area of dangerous substances by employees can be dangerous. Figures from incident reports of the Major Hazard Control department of the Dutch Labour Inspectorate show high numbers of accidents of employees, active in repression of major hazards. Both external parties, like fire fighters, and employees of Seveso II⁶ establishments⁷, can become a victim. This study focussed on both groups, because fire fighters and employees frequently join forces during these accidents.

This study calls attention to the absence of both an accurate risk inventarisation and possible or dominant scenarios, situations which often occur in practice. If risks are unknown it is not surprising that implementation of corresponding measures, necessary for an acceptable risk, are far from adequate. During a major accident, the recognition of accident scenarios, and corresponding risks by all parties is vital, as a starting point for these measures, or for the evacuation to a safe location. Especially technical measures will be effective during repression, due to the unpredictable behaviour of people when exposed to calamitous accidents. It is important to take measures making it unnecessary for mitigation purpose to enter a (potential) effect area of a major accident.

This manuscript is based upon the thesis[i] of René van Dort for the postgraduate education Management of Safety, Health and Environment (MoSHE), Delft Top Tech School of Executive Education (2006-2008). A lecture with the title “Risks at the mitigation of major accidents with dangerous substances” was held at the NVVK congress 2009 “Onderbuik of Onderbouwd”.

Inleiding

In termen van het geringe aantal gewonden en dodelijke slachtoffers zijn de veiligheidsstatistieken van de BRZO'99 inrichtingen zeer goed te noemen. Arbeidscondities zijn vaak excellent. In installaties van chemische fabrieken, raffinaderijen en tankopslagbedrijven zijn vaak weinig mensen aanwezig. De meeste werknemers verblijven op afstand van de installaties, in al dan niet beveiligde controlekamers. Deze situatie wijzigt zich zodra een Loss of Containment (LOC) zich aankondigt. Dan lopen werknemers (inclusief brandweerpersoneel) gevaar omdat het ontstaan van een LOC bepaalde activiteiten van ze vraagt waarbij het (potentiële) effectgebied kan worden betreden. In sommige gevallen blijken zelfs meer werknemers dan strikt noodzakelijk aanwezig te zijn bij de repressie van een incident. Een incident blijkt nog wel eens een aantrekkende werking te hebben op mensen.

De werkgever is verantwoordelijk voor de veiligheid van zijn eigen werknemers en voor anderen die op het terrein werkzaamheden verrichten, ook voor degenen die bedrijfsbrandweertaken uitoefenen.

Werknemers met bedrijfsbrandweertaken zijn bedrijfshulpverleners met een specifieke taak. Zodra een Officier van Dienst van de Veiligheidsregio de leiding van de repressie overneemt valt ook de groep werknemers met bedrijfsbrandweertaken onder zijn leiding. Deze innige samenwerking is reden zowel werknemers, zowel met als zonder bedrijfshulpverleningstaken, als ook brandweerpersoneel in dit onderzoek te beschouwen.

De geschetste probleemstelling heeft geleid tot de onderzoeksvraag;

Wat zijn de risico's bij de repressie van zware ongevallen?

En de volgende subvragen;

1. *Is er een rode draad herkenbaar in scenario's met hoge risico's bij repressieve acties?*
2. *Wat zegt de Nederlandse wetgeving over de aanvaardbaarheid van risico's bij repressie?*
3. *Wat zijn de grenzen van de aanvaardbaarheid van de risico's bij repressie?*
4. *Hoe kan het Veiligheidsbeheersysteem van een BRZO inrichting helpen deze risico's te beheersen?*
5. *Welke verbetermogelijkheden zijn er voor brandweerorganisaties betrokken bij BRZO inrichtingen?*

Methoden en technieken

De casuïstiek uit de MHC incidentenrapportages over de jaren 2005^[ii] en 2006^[iii] en overige ongevalcasuïstiek van binnen en buiten Nederland werden als bron gebruikt om inzicht te verkrijgen in de mate waarin werknemers risico lopen of zelfs slachtoffer werden bij de repressie van zware ongevallen. Dit

betroef geen statistisch verantwoorde steekproef en kan slechts gezien worden als een poging een inzicht te verkrijgen in kenmerken die behoren bij scenario's die de potentie hebben, slachtoffers te veroorzaken bij repressie. Onderzocht werd of de repressie van zware ongevallen met gevaarlijke stoffen een rode draad bevat.

In aanwezigheid van acht MHC inspecteurs van team Rijnmond, op een complete bezetting van elf die allen een zelfde positie bekleden als de auteur, werden diverse situaties (scenario's) voorgelegd waarin repressief handelen werd vereist. Tevens werd met vier Officieren van Dienst (OvD) van de Gezamenlijke Brandweer⁹ en de Veiligheidsregio Rotterdam-Rijnmond district Haven eveneens een dergelijke sessie gehouden, met dezelfde scenario's, dit op een totale bezetting van 5 OvD's in deze regio.

De expert bijeenkomsten werden gescheiden van elkaar uitgevoerd omdat beide groepen vanuit een andere verantwoordelijkheid de risico's bij repressie beoordelen.

Doel van beide workshops was het vaststellen van de grenzen van een aanvaardbare repressieve inzet. Een voorgelegd scenario betrof het wel of niet aanvaardbaar zijn van het betreden van een plas licht ontvlambare vloeistof om zodoende effectbeperkende maatregelen te kunnen uitvoeren. Er werd verder gevarieerd in wel of niet aanwezig zijn van een explosieve atmosfeer, slachtoffers aanwezig in het effectgebied, uitbreiding van het incident naar andere installaties. Dit alles om de grenzen van een aanvaardbare repressieve inzet te verkennen.

Daarnaast werd, bij beide sessies, ook gevraagd welke maatregelen mogelijk zijn bij de verdere beheersing van de risico's bij repressie.

Een vijftal BRZO-inrichtingen in de regio Rijnmond werd ad random geselecteerd voor het onderzoeken van de stand van zaken met betrekking tot de beheersing van de risico's bij repressie van zware ongevallen. Vier bedrijven zijn afkomstig uit de chemische procesindustrie en een bedrijf is gespecialiseerd in de opslag van gevaarlijke stoffen. Het zijn bedrijven met een veiligheidsmanagementsysteem, waarbij naast preventieve maatregelen ook repressieve maatregelen geïmplementeerd dienen te zijn om zware ongevallen te voorkomen en de gevolgen daarvan te beperken. Zowel veiligheidskundigen, als ook werknemers betrokken bij de repressie, werden geïnterviewd. Werknemers van inrichtingen werden eveneens bevraged naar hun visie met betrekking tot de aanvaardbaarheid van risico's bij repressieve werkzaamheden. Eventuele omissies worden in dit onderzoek voorzien van aanbevelingen gedaan op basis van guideline EUR 18123 EN^[iv], ongevalcasuïstiek en literatuur.

Als richtsnoer voor een juiste invulling van het veiligheidsmanagementsysteem werd guideline EUR 18123 EN toegepast. Guideline EUR 18123 EN mag gezien worden als de stand van "good practice" in de inrichting van een veiligheidsmanage-

⁸ Een (LOC) scenario is een beschrijving van de keten van gebeurtenissen vanaf basisoorzaken via een foutenboom naar een directe oorzaak die vervolgens leidt tot het vrijkomen van een gevaarlijke stof (LOC; Loss of Containment). Vanaf het vrijkomen van de gevaarlijke stof worden de vervolgebeurtenissen via een gebeurtenissenboom beschreven tot de beschrijving van het uiteindelijke effect.

⁹ De Gezamenlijke Brandweer is een samenwerkingsverband tussen ruim 40 bedrijven in het haven- en industriegebied van Rotterdam-Rijnmond, de Gemeente Rotterdam en de Gemeente Rozenburg.

mentsysteem (VMS).

Aan de hand van de zeven elementen van het veiligheidsmanagementsysteem;

VMS element "De organisatie en de werknemers";

VMS element "De identificatie en de beoordeling van de risico's van zware ongevallen";

VMS element "De beheersing van de uitvoering";

VMS element "De wijze waarop wordt behandeld bij wijzigingen";

VMS element "De planning voor noodsituaties";

VMS element "Het toezicht op de prestaties";

VMS element "Audits en beoordeling";

is onderzocht of de risico's bij repressie van zware ongevallen voldoende zijn afgedekt.

Resultaten

Literatuuronderzoek

Uit eerder onderzoek blijkt dat richtlijnen kunnen worden gegeven om een veilige repressie mogelijk te maken.

De al eerder aangehaalde Europese guideline EUR 18123 EN geeft voor de beheersing van de risico's bij repressie twee belangrijke aandachtspunten.

Allereerst, een inrichting dient de ongevalsscenario's te identificeren en de risico's te beoordelen.

Ten tweede, als een inrichting zich bewust is van de ongevalsscenario's die zich kunnen voordoen is tevens duidelijk waar men zich op moet voorbereiden. De zogenaamde planning voor noodsituaties, het uitwerken, oefenen en toetsen van de noodplannen.

De praktijk laat een ander beeld zien en wijkt af van wat de Europese guideline vraagt. Risico's beoordelen houdt ook in dat bepaalde ongevalsscenario's als onaanvaardbaar kunnen worden beoordeeld. Uit de onderzoeken van Rosmuller blijkt, gezien de slachtoffers die vallen, dit helaas niet.

Volgens Rosmuller[v] blijkt dat verhoudingsgewijs veel slachtoffers (89,4 %) vallen onder brandweerpersoneel bij een schadebeperkende inzet. De andere 10,6 % van de slachtoffers onder brandweerpersoneel valt bij het redden van mensenlevens. Opvallend is dat bij schadebeperking met lage tijdsdruk maar liefst ruim een kwart van de dodelijke slachtoffers valt. Eveneens blijkt volgens Rosmuller[vi] dat 70% van de slachtoffers (46 van de 66) onder brandweerpersoneel in Nederland valt ten gevolge van slechts drie oorzaken:

- instorting (10 doden: zoals bijvoorbeeld bij de brand in de Koningkerk:3 doden (2005));
- explosies (23 doden: zoals bijvoorbeeld bij de vuurwerkram in Enschede:4 doden (2000));
- desoriëntatie (13 doden).

Ook hier komt weer naar voren dat bepaalde ongevalsscenario's onaanvaardbaar zijn en niet beheerst kunnen worden en veilige afstand genomen dient worden, zeker waar het enkel schade beperking betreft. Hiervoor is uiteraard nodig dat deze risico's

door middel van inventarisatie en training herkend worden. Eén van de conclusies uit een ander onderzoek van Rosmuller naar de operationele besluitvorming door bevelvoerders[vii] is dat in de meeste situaties bevelvoerders beslissen op basis van situatieherkenning. Ook dit duidt weer op de noodzaak van inventarisatie en training van ongevalscenario's.

De aandachtspunten uit de Europese guideline EUR 18123 EN worden ook geïdentificeerd in de scriptie van Oomes[viii]. Namelijk, inventariseer en analyseer de gevaren van ongewenste gebeurtenissen. Plaats de maatregelen in een ongevalscenario en gebruik deze in trainingen. Vooraf dient besloten te worden welke ongevalscenario's op veilige wijze beheerst kunnen worden en welke dus niet.

Naar aanleiding van de brand in De Punt op 9 mei 2008 stellen Helsloot et al.[ix] dat bij branden in industriepanden moet worden uitgegaan van een groot gevaar op plotselinge branduitbreiding en van de afwezigheid van de noodzaak tot redding. De onderzoekers bevelen derhalve op grond van bestaande kennis aan dat branden in industriepanden door de brandweer altijd defensief worden benaderd, dit betekent dat de brandweer op veilige afstand blijft van het ongeval.

Uit een studie [x] van de risico's van besloten ruimten, bleek dat hoofdzakelijk impulsieve redding van slachtoffers uit besloten ruimten fataal was voor de redder. Redding door opgeleide werknemers voorzien van de juiste beschermingsmaatregelen bleek niet fataal te zijn voor de redders.

Trainingen, simulaties en oefeningen [xi] kunnen een middel zijn voor werknemers en hulpverleners om ervaring op te doen voor die schaarse situaties waarin zich plotseling een LOC voordoet. Onderdeel van de training moet zijn: het herkennen van het scenario en de bijbehorende risico's, waardoor het juiste beslissingsniveau (skilled / rules / knowledge based) [xii, xiii] wordt gekozen. Van hieruit kan worden bepaald of en hoe actie kan worden genomen.

Vooraf dient te worden nagedacht over een juiste wijze van evacueren. Gestreefd moet worden naar een inherent veilige evacuatie, zodat mensen niet verleid worden tot het maken van fouten, zoals bijvoorbeeld het nemen van een verkeerde vluchtweg [xiv, xv, xvi, xvii]. Het evacueren dient voldoende getraind en geëvalueerd te worden, zodat een ontruiming aan de vooraf gestelde eisen voldoet. Veel oefenen heeft als spin off dat het niveau van functioneren zich op rules en vooral op skilled based niveau zal begeven.

De in de Verenigde Staten gevestigde "Chemical Safety Board"¹⁰ (CSB) heeft op 10 juni 2009 een video uitgebracht met als onderwerp "Lessons from ten years of CSB investigations on preparing for chemical disasters"[xviii]. Uit de video blijkt dat het ongevallen betreft met een relatieve rustige periode na het ontstaan van het LOC gekoppeld aan een plotselinge branduitbreiding, explosie of ontstaan van een toxische wolk.

¹⁰ De "Chemical Safety Board" is een onafhankelijk instituut belast met het onderzoeken van industriële ongelukken met gevaarlijke stoffen. Vergelijkbaar met de Nederlandse Onderzoeksraad voor Veiligheid.

Hierdoor krijgen werknemers en hulpverleners de gelegenheid zich in het effectgebied repressieve activiteiten te verrichten. Aandachtspunten voor inrichtingen bij de voorbereiding op ongevallen met gevaarlijke stoffen zijn volgens het CSB, net zoals belangrijke Nederlandse bronnen dat aangeven, training en communicatie.

Samenvattend blijkt uit het literatuuronderzoek dat ongevalscenario's geïdentificeerd moeten worden en deze ongevalscenario's getraind dienen te worden. Vooraf dient te worden vastgesteld welke ongevalscenario's een onaanvaardbaar risico bevatten en dus veilige afstand dient te worden genomen.

Ongevalcasuïstiek met betrekking tot risico's bij repressie van zware ongevallen

De directie Major Hazard Control (MHC) van de Arbeidsinspectie onderzoekt per jaar zo'n 30 tot 40 zware ongevallen in BRZO'99 inrichtingen. Uit de incidentenrapportages van de directie MHC over 2005 en 2006 (zie tabel 1) blijkt dat voor een belangrijk deel van deze incidenten werknemers risico's hebben gelopen bij de repressie van zware ongevallen met gevaarlijke stoffen. Uit de gegevens over 2005 is gebleken dat elf werknemers bij de repressie van incidenten daadwerkelijk gewond zijn geraakt (dit op een totaal van veertig slachtoffers in dat jaar). De andere negenentwintig slachtoffers waren "toevallig" aanwezig in het effectgebied van de gevaarlijke stof en niet bij de repressie betrokken. Er kunnen combinaties van situaties optreden, werknemers kunnen bij meerdere stappen (stappen 1, 3 en 5 van figuur 1) betrokken zijn geweest.

Naast de ongevallen opgenomen in de MHC incidentenrapportages zijn ook grotere incidenten bekend waarbij werknemers én brandweerpersoneel slachtoffer zijn geworden tijdens de repressieve werkzaamheden. Een aantal voorbeelden van incidenten met meerdere slachtoffers, opgesplitst naar alle 5 stappen van figuur 1 is weergegeven in tabel 2.

Op basis van de MHC incidentenrapportages en overige ongevalcasuïstiek van binnen en buiten Nederland blijkt dat de repressie van zware ongevallen met gevaarlijke stoffen bepaalde vaste stappen bevat, weergegeven in figuur 1. In elke stap zijn risico's besloten die kunnen leiden tot slachtoffers.

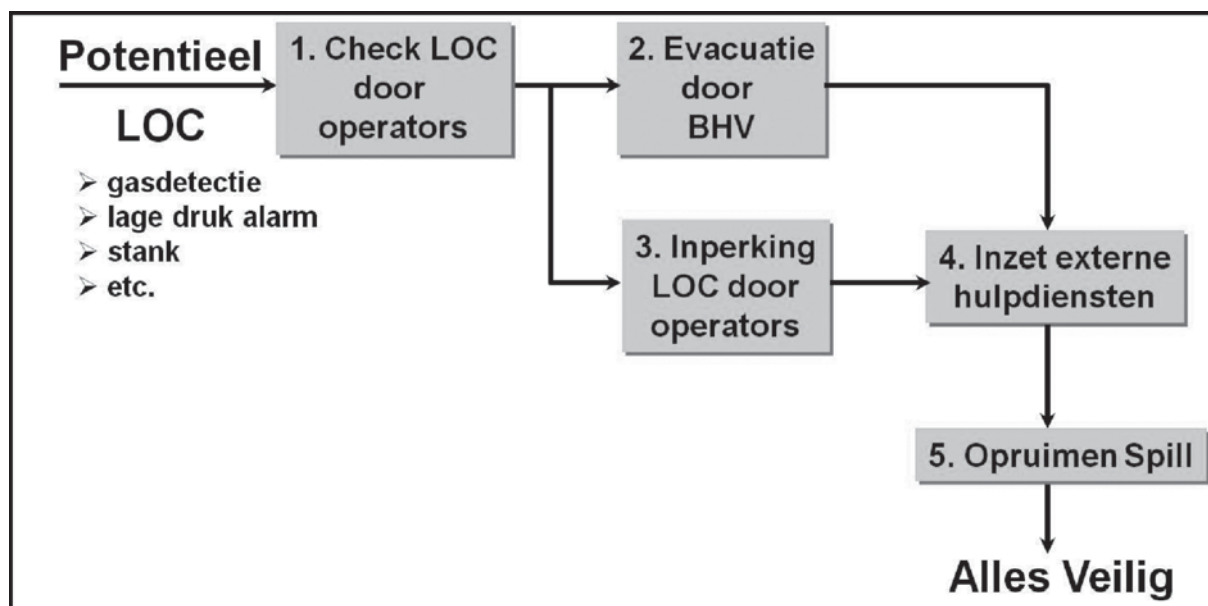
- Stap 1; Het verifiëren of er daadwerkelijk een loss of containment is (is het gasalarm vals positief, of lokale controle van weglappende druk in systeem).
- Stap 2: Het ontruimen van de locatie door de bedrijfshulpverleningsorganisatie.
- Stap 3: Bestrijden van een incident door werknemers in nabijheid van de lekkage; met name kan gedacht worden aan het (handmatig) inblokken van een lekkend systeem, het lokaal pompen uitzetten, en het opzetten van waterschermen.
- Stap 4: De inzet van de externe hulpdiensten (politie, brandweer, geneeskundige hulpverlening bij ongevallen en rampen (GHOR).
- Stap 5; Het opruimen van achtergebleven gevaarlijke stoffen zal ook inzet van werknemers vragen (het leegpompen van opvangputten).

Tabel 1: Aantal incidenten met gevaar voor werknemers bij de repressie van het zware ongeval

Fase van de repressie	Aantal incidenten		Percentage van alle incidenten	
	2005	2006	2005	2006
Werknemers in gevaar bij verificatie van het LOC (stap 1, figuur 1)	7	9	19 %	29 %
Werknemers in gevaar bij inperken/bestrijden van het LOC (stap 3, figuur 1)	10	8	27 %	26 %
Werknemers in gevaar bij het opruimen van vrijgekomen gevaarlijke stoffen (stap 5, figuur 1)	5	2	14 %	6 %

Tabel 2: Casuïstiek van grotere incidenten met slachtoffers bij de repressie

Incident	Slachtoffers in de stappen	Doden † / gewonden
10 augustus 1971: Explosie Marbon, Amsterdam [xix]	3, 4	9 † / 22
22 februari 1978: BLEVE van spoorwagons met propaan, Waverly USA [xx]	4, 5	16 † / 43
9 juli 1992: Explosie Cindu / Nevcin, Uithoorn [xxi]	3, 4	3 † / 11
9 april 1998: Bleve propaantank Albert City, Iowa Albert City, Iowa [xxii]	4	2 † / 7
23 april 2004: Explosie Formosa plastics corp., Illinois USA [xxiii]	1, 2, 3	5 † / 3
30 juli 2004: Explosie aardgasleiding, Gellingen België [xxiv]	2, 4	24 † / 132
19 december 2007: Runaway reactie, Jacksonville, Florida, USA [xxv]	2, 3	4 † / 13



Figuur 1: Een overzicht van de vaste stappen in de repressie van zware ongevallen

De "Rode Draad", leerpunten vanuit de ongevalcasuïstiek.

Uit de ongevalcasuïstiek van zware ongevallen met gevaarlijke stoffen kan een rode draad worden opgesteld van scenario's die tot slachtoffers bij repressie leiden;

- Scenario's met slachtoffers tijdens de repressieve inzet tonen als overeenkomstige eigenschap een relatieve rustige periode na het ontstaan van het LOC gekoppeld aan een plotselinge branduitbreiding of explosie. Bij een vertraagde ontsteking zal dit het geval zijn. Deze relatief rustige periode heeft een aanzuigende werking op personen.
- Het scenario en de potentiële vervolgebeurtenissen zijn niet duidelijk. Hierdoor wordt het potentiële effectgebied van een brand of explosie betreden en worden grote risico's genomen.
- Niet alle maatregelen worden genomen om het vervolg op het scenario af te wenden.
- Meer personen dan strikt noodzakelijk betreden het potentiële effectgebied, denk aan hulpvaardige collega's en nieuwsgierigen.
- Door het ontbreken van mogelijkheden om een insluitsysteem vanaf veilige afstand in te blokken betreden werknemers het effectgebied.

Kunnen bepaalde omstandigheden onaanvaardbare risico's rechtvaardigen?

Is er een wettelijke basis?

In de Arbeidsomstandighedenwet is impliciet vastgelegd dat ook risico's ten aanzien van de repressie aanvaardbaar dienen te zijn. Alleen voor politie en brandweer kunnen bepaalde omstandigheden onaanvaardbare risico's rechtvaardigen.

In het algemeen kan gezegd worden dat iedere werknemer, ongeacht de aard van de werkzaamheden, moet worden beschermd door de werkgever tegen de risico's die zijn beroep met zich meebrengt. Dit kan door het treffen van

maatregelen. Echter verschillende beroepen hebben verschillende risico's en vergen daardoor verschillende maatregelen. In het geval van bijvoorbeeld de politie en brandweer zullen die maatregelen van heel ander niveau zijn dan de maatregelen voor iemand die kantoorwerk doet. In voorkomende gevallen waarin grotere belangen zich verzetten tegen toepassing van bepaalde artikelen uit de Arbowet kan het zo zijn dat de werknemer 'in de burgerlijke openbare dienst' incidenteel een mindere mate van bescherming geniet. Echter, structureel gezien geldt ook voor deze werknemers dat hun werkgever de verplichting heeft hen door middel van opleiding, training en middelen te beschermen tegen de aan de arbeid gerelateerde inherente risico's. Artikel 1.17 van het Arbeidsomstandighedenbesluit impliceert dat werknemers "niet werkzaam in burgerlijke openbare dienst" zoals BHV'ers, operators, etc., tijdens de repressie niet aan onaanvaardbare risico's mogen worden blootgesteld en dus veilige afstand dienen te nemen als risico's onaanvaardbaar zijn.

Bespreking scenario's met MHC-inspecteurs van team Rijnmond van de Arbeidsinspectie

Doel van de bespreking is het vaststellen van de grenzen van een verantwoorde repressieve inzet, het bepalen van aandachtsgebieden voor BRZO inrichtingen en de brandweerorganisatie.

In LOC scenario's opgenomen in het veiligheidsrapport of bedrijfsnoodplan dienen de specifieke repressieve maatregelen te zijn opgenomen. De MHC inspecteurs zijn van mening dat de maatregelen nodig om de installatie veilig buiten bedrijf te nemen en de maatregelen nodig om een LOC te beheersen beschreven dienen te zijn in het scenario. In dit LOC scenario dient te zijn vastgelegd of een Emergency Shut Down (ESD) geïnitieerd kan worden of dat op locatie "in het veld" handmatig insluitsystemen moeten worden ingeblokkt, of pompen lokaal dienen te worden gestopt, etc. Uit deze LOC scenario's moet dan ook blijken

dat de risico's van deze repressieve acties aanvaardbaar zijn, en dat geen risico's worden genomen bij de bestrijding van het zware ongeval die in normale omstandigheden onaanvaardbaar zouden zijn.

Uitgangspunt dient te zijn dat het (potentiële) effectgebied van een brand of explosie, bijvoorbeeld ten behoeve van inblokken, onderzoek of reddingswerkzaamheden, niet wordt betreden. Het potentiële effectgebied is in dit geval het gebied waar effecten van een brand of explosie optreden als brandbare / explosieve stof wordt ontstoken. Maak gebruik van eenvoudige rekenregels om het (potentiële) effectgebied vast te stellen.

Als de grenzen van technische maatregelen bereikt zijn, kan de aandacht verschuiven naar het inzetten van mensen in het (potentiële) effectgebied, waarbij mensenlevens worden ingezet om mens of installatie te redden. Het menselijke gedrag in dit soort calamiteuze situaties is lastig te sturen. Het is niet onwaarschijnlijk dat, tegen instructies in, risicovolle acties worden uitgevoerd om mensen of installaties te redden.

De workshop met MHC inspecteurs leidt tot de onderstaande resultaten;

- Het potentiële effectgebied van een explosie niet betreden. Persoonlijke bescherming tegen explosie is nauwelijks mogelijk.
- Alleen met adequate beschermingsmiddelen het (potentiële) effectgebied betreden van een brand of toxische stoffen ten behoeve van onderzoek, inblokken of redding.
- Op veilige afstand inblokken van een installatie verdient altijd de voorkeur boven het betreden van het (potentiële) effectgebied van een zwaar ongeval.

Visie van Officieren van Dienst van de Brandweer op risico's

Scenarioherkenning:

Het trainen, gebruikmakend van basis-scenario's met gevaarlijke stoffen, om zodoende te leren het onderhavige scenario te herkennen én mogelijke vervolg gebeurtenissen te voorzien wordt door de OvD's als onvoldoende ervaren. Bij de OvD's is de wens aanwezig meer ervaring op te bouwen in scenario's met brand, toxische emissies en gaswolkexplosies.

Situaties die vrij abrupt kunnen veranderen zijn het gevaarlijkst, denk aan instorting, branduitbreiding, explosie, eventueel in combinatie met desoriëntatie.

Naast praktijktrainingen is het ook van belang om in overleg diverse scenario's te bespreken en te bediscussieren welke aanpak optimaal is. Er is voldoende ongevalcasuïstiek om van te leren. Door bijvoorbeeld te bespreken welke risico's aanvaardbaar en welke onaanvaardbaar zijn. Dit kan geïllustreerd worden met voorbeelden welke als referentie kunnen dienen bij toekomstige zware ongevallen.

Belangrijk is om tijdens de repressie van een zwaar ongeval met de beschikbare kennis en ervaring de risico's te analyseren en trachten het onvoorstelbare voorstelbaar te maken.

Het meest belangrijk is dat de brandweer herkent dat een scenario ontstaat of aanwezig is, dat niet kan worden beheerst, en dus veilige afstand dient te worden genomen

Evaluatie van de repressie van een zwaar ongeval:

Een gecompliceerde repressie inzet wordt geëvalueerd, zeker als er slachtoffers onder eigen personeel zijn gevallen. Het achteraf vaststellen en bespreken of de risico's voor werknemers van bedrijven en brandweermensen tijdens een inzet aanvaardbaar waren is nog geen standaard onderdeel na een inzet.

Resultaten uit de interviews bij BRZO inrichtingen:

Voor vier van de vijf geïnterviewde bedrijven blijft ook bij een calamiteit de risicomatrix geldig. Inhoudende dat geen omstandigheden te bedenken zijn die bij een calamiteit onaanvaardbare risico's aanvaardbaar maken. Eén bedrijf hanteert een andere visie, de risicomatrix vervalt bij een calamiteit met gevaarlijke stoffen. Aangegeven werd dat werknemers zich niet in het effectgebied van een gevaarlijke stof mogen bevinden. Ook voor dit bedrijf geldt expliciet dat werknemers niet wordt toegestaan onaanvaardbare risico's te nemen bij de repressie.

Aan de hand van de indeling van het wettelijk vereiste veiligheidsmanagementsysteem zijn de resultaten weergegeven, van VMS element b tot en met VMS element h.

VMS element "De organisatie en de werknemers":

Alle bedrijven geven aan dat de eigen LOC scenario's worden beoefend. Door de geïnterviewde bedrijven worden de stappen verkennen van het zware ongeval en opruimen van een spill niet altijd beoefend bij de nabootsing van een scenario.

VMS element "De identificatie en de beoordeling van de risico's van zware ongevallen":

De risico's met betrekking tot de repressie van zware ongevallen worden door geselecteerde bedrijven niet structureel geïnventariseerd en gewogen. In het effectgebied aanwezige werknemers en hulpverleners die repressieve handelingen uitvoeren worden niet in de risicoweging meegenomen. Het beoordelen van de operability is vaak geen onderdeel van een HAZOP studie, dit terwijl de naam van de techniek dit wel beoogt (HAZard and OPERability). Daarnaast worden de veiligheidsissues bij het opruimen van een eventuele spill of andere aan het incident gerelateerde gevaarlijke werkzaamheden niet beschouwd. In de zogenaamde LOC scenario's wordt de gebeurtenisboom van repressieve inzet van werknemers niet uitgewerkt. Er wordt vaak volstaan met het benoemen van het bedrijfsnoodplan. Of het risico van (ongewenste) gebeurtenissen aanvaardbaar is, volgens de risicomatrix van de inrichting, is dan in feite niet vastgesteld.

VMS element "De beheersing van de uitvoering":

Uit de reacties van de bedrijven blijkt dat handafsluiters niet in een onderhouds- of testprogramma zijn opgenomen. Dit sluit aan met de ervaringen van de brandweer tijdens

repressieve inzetten, namelijk, meer dan eens blijken handafsluiters niet bedienbaar te zijn. Maatregelen met een geïdentificeerde safetykritische functie zoals inblokafsluiters, gasdetectieapparatuur, etc. worden wel periodiek onderhouden en getest.

VMS element “De wijze waarop wordt gehandeld bij wijzigingen”:

Wijzigingen kunnen leiden tot veranderingen ten aanzien van de inzet bij repressieve acties. Bij geen van de bedrijven wordt in begeleidende veiligheidstudies aandacht gegeven aan eventuele wijzigingen in de inzet bij repressieve acties.

VMS element “De planning voor noodsituaties”:

Alle veiligheidskundigen van de geselecteerde bedrijven geven aan dat (in theorie) persoonlijke veiligheid voor redden van installaties of externe veiligheid gaat, “eigen veiligheid eerst” is het adagium. Een installatie of omwonenden worden, in theorie, dus niet gered door een actie van een werknemer in het explosieve gebied van een gaswolk. Deze stelling van de bedrijven wordt begeleid door de toevoeging “in theorie”, aangezien bij eerdere uitgevoerde repressieve acties soms wel, onder risicovolle omstandigheden en ten koste van de persoonlijke veiligheid, een inzet werd uitgevoerd.

Eén bedrijf geeft aan dat de risicomatrix van het bedrijf niet meer geldt bij repressieve acties in het gevaarlijke gebied. Gesteld wordt dat niet in onveilig gebied wordt gewerkt. Zo gebruiken werknemers van dit bedrijf geen ademlucht om repressieve acties mogelijk te maken. Ademlucht wordt alleen gebruikt ter bescherming van de gezondheid bij werkzaamheden.

Er is een verschil waarneembaar in de beleving van geïnterviewde veiligheidskundigen en operationele werknemers. Operationele werknemers kunnen bereid zijn risico's te nemen die volgens de veiligheidskundige van het bedrijf onaanvaardbaar zijn.

Bij drie bedrijven is het gebruikelijk een gaswolk met een persoonlijke explosiemeter te benaderen om de omvang van deze gaswolk vast te stellen. Bij een concentratie van 10 % van de Lower Explosion Limit (LEL) dient men zich terug te trekken.

VMS element “Het toezicht op de prestaties”:

De inzet bij een LOC, geleverd door werknemers en hulpverleners wordt door alle geïnterviewde bedrijven geëvalueerd. Slechts één bedrijf onderzoekt daadwerkelijk de risico's van repressieve inzet bij zware ongevallen van enige importantie.

Het functioneren van veiligheidskritische repressieve maatregelen wordt niet bij alle geïnterviewde bedrijven, op een gestructureerde wijze, aan monitoring onderworpen.

VMS element “Audits en beoordeling”:

De geïnterviewde bedrijven hebben diverse leermomenten gehad naar aanleiding van de repressie van zware ongeval-

len. Op alle mogelijke gebieden zijn er leermomenten geweest, te onderscheiden in technische- en organisatorische aanpassingen en beïnvloeding van het gedrag van werknemers.

Discussie

Menselijk gedrag

Gedrag van personen in calamiteuze situaties is moeilijk te sturen. Uit de interviews blijkt dat niet iedereen reageert volgens vooraf gemaakte afspraken en dat eigen uitgangspunten ten aanzien van persoonlijke veiligheid geen stand houden bij een zwaar ongeval. Het adagium “eigen veiligheid eerst” kan in de hitte van de strijd nog wel eens verdampen. Daarbij blijkt ook dat niet iedereen hetzelfde beeld heeft, over wat een aanvaardbaar risico is.

Bewust benaderen van een explosieve gaswolk

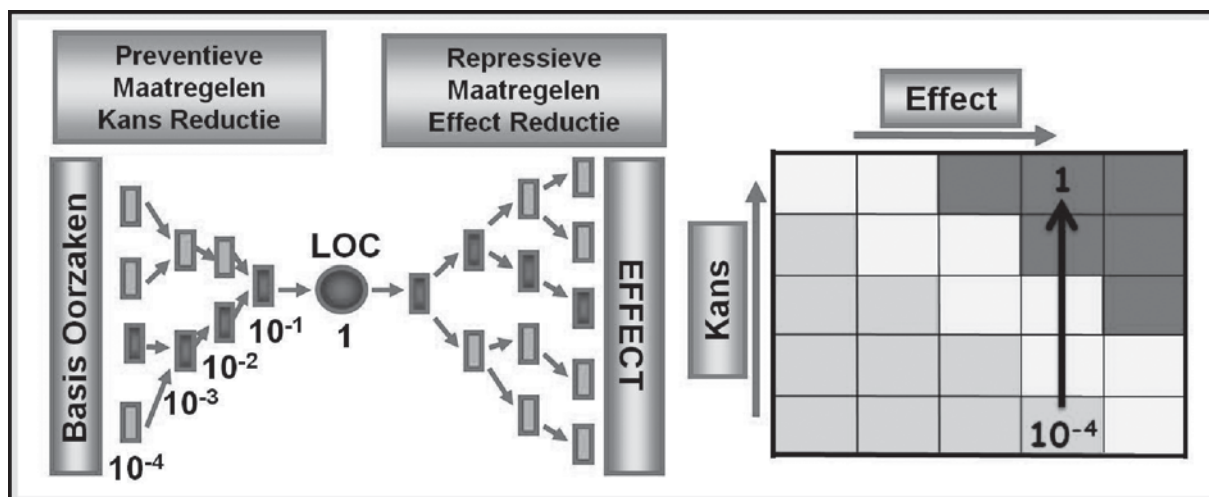
Technische hulpmiddelen kunnen een bijdrage leveren aan de beperking van gevaren. Detectie van vrijgekomen gevaarlijke stoffen met behulp van een explosiemeter tijdens onderhoudswerkzaamheden is daar een voorbeeld van. Anderzijds wordt een persoonlijk gedragen explosiemeter gebruikt om de omvang van een explosieve gaswolk vast te stellen of te onderzoeken of een locatie gelegen in gevaarlijk gebied betreden kan worden. Er is dan geen sprake meer van beperking van de gevaren aangezien het gevaar bewust wordt opgezocht, ook niet als het 10 % LEL gebied niet wordt betreden. Het benaderen van de ongevalslocatie met als voorwaarde buiten de 10% LEL-contour te blijven is nog geen garantie dat het effectgebied van een brand of explosie wordt vermeden, want gevaarlijke, zelfs dodelijke, effecten kunnen verder reiken dan een 10% LEL-contour.

Voor vier van de vijf geïnterviewde bedrijven blijft ook bij een calamiteit de risicomatrix geldig. Inhoudende dat geen omstandigheden te bedenken zijn die bij een calamiteit onaanvaardbare risico's aanvaardbaar maken. Past dit uitgangspunt bij de inzet van werknemers in potentieel effectgebied, zoals dit in de praktijk gebeurt?

Zodra namelijk diverse Lines of Defence (LOD) falen, zal de kans op optreden van het effect (brand, explosie, etc.) steeds verder toenemen. Bij optreden van een LOC is de kans op een LOC niet meer 10^{-4} /jaar, maar een “kans = 1” (zie figuur 2). Dit betekent dat als een aantal LOD's gefaald hebben het risico van het scenario richting het onaanvaardbare, rode gebied zal migreren. Is het dan nog wel aanvaardbaar, werknemers en hulpverleners in het (potentiële) effectgebied, een verkenning te laten uitvoeren en effectbeperkende maatregelen te laten treffen?

Kunnen bedrijven die werknemers met een persoonlijke explosiemeter een (potentieel) LOC laten verkennen nog volhouden dat bij een calamiteit de risicomatrix geldig blijft en onaanvaardbare risico's niet toelaatbaar zijn?

Zo blijken in de praktijk[xxvi] nog legio bedrijven in hun ongevalsscenario's te hebben opgenomen dat lekkages met



Figuur 2: Als het LOC een feit is, is de kans op een LOC gelijk aan "1" geworden. Hierdoor kan dit risico richting het onaanvaardbare (rode) gebied van de risicomatrix migreren

gevaarlijke stoffen zoals chloor worden ingeperkt met handbediende afsluiters. Werknemers begeven zich dan in het effectgebied van deze gevaarlijke stoffen, wel is waar voorzien van persoonlijke beschermingsmiddelen zoals ademlucht, maar hoe past dit in de risicomatrix van deze bedrijven? En hoe past dit in de arbeidshygiënische strategie?

Waarom mogen werknemers bij een calamiteit met gevaarlijke stoffen wél risicovolle handelingen verrichten die vooraf als onaanvaardbaar worden bestempeld?

In het onderzoek is onvoldoende tijd gereserveerd voor het beoordelen van concrete methoden om werknemers en hulpverleners daadwerkelijk buiten het (potentiële) effectgebied van een zwaar ongeval te houden. Te weten, het scheiden van de mens van het gevaar! Leerpunten uit analyse [xxvii, xxviii, xxix] van twee beroepsgroepen met hoogrisico activiteiten (spoorbaanwerkers en brandweerpersoneel) geven aan dat het aanbrengen van een scheiding tussen mens en het gevaar een betrouwbare oplossing is voor het verlagen van het risico.

Er is uiteraard sprake van een spagaat tussen snel ingrijpen na het ontstaan van een LOC en het gedegen onderzoeken of de symptomen en feiten in overeenstemming zijn met het scenario dat voor ogen is. Vooraf afspreken en uiteraard trainen welke incidentscenario's op veilige afstand worden bestreden kan hierbij helpen. De brandweerorganisatie maakt hierbij steeds helderder keuzes:

Op basis van het ongeval bij de scheepswerf in de Punt (9 mei 2008) komt de brandweer tot het besef dat een binnenaanval voor het bestrijden van een brand een onaanvaard risico geeft. Branden in industriepanden zouden door de brandweer altijd defensief moeten worden benaderd.

Lessen uit "de Punt", 9 mei 2008;

"De brandweer hoeft geen gevaar te lopen om materiële schade tegen te gaan"

Continue verbetering van repressieve maatregelen

Door middel van monitoring kan een beeld worden verkregen van de veiligheidsprestaties van preventieve én repressieve maatregelen. De prestaties van repressieve maatregelen worden onvoldoende in beeld gebracht. Monitoring van prestaties speelt een sleutelrol in elk management proces (productie, financiën, kwaliteit, etc.). Zo ook voor het managen van veiligheid. Het is "gratis" informatie die aanwezig is in de organisatie. Als het meten niet correct wordt uitgevoerd, wordt de effectiviteit van het veiligheidsmanagement systeem (VMS) ondermijnd. Er is dan geen betrouwbare informatie voor het management om vast te stellen of en hoe de veiligheidsrisico's worden beheerst. Op een juiste wijze bijstellen van het veiligheidsbeleid en de bijbehorende uitvoering is dan niet meer mogelijk. Je kunt niet managen wat je niet kunt meten (Peter Ferdinand Drucker, managementgoeroe).

Kun je alleen door schade en schande wijzer worden?

Tijdens de bespreking met de OvD's werd naar voren gebracht dat ervaring met risicovolle inzetten nodig is om scenario's te leren kennen en de juiste beslissingen als OvD te kunnen nemen.

Uitspraak: "Pas als je het zelf hebt meegemaakt maak je een fout niet meer."

Dit kan worden uitgelegd als: Alleen na een lange loopbaan in de repressie van zware ongevallen, heb je hopelijk voldoende inzetten gepleegd waardoor je een scenario herkent en foute beslissingen kunt vermijden. Tot die tijd moet je maar hopen dat het goed gaat!

De vraag die opkomt, zijn de risico's en verantwoordelijkheid van het werk van een OvD niet te groot om alleen door middel van risicovolle inzetten voldoende ervaring op te bouwen?

Dilemma is en blijft dat het hier niet om routinematige werkzaamheden gaat, maar om sporadisch optredende situaties. Geen enkele situatie is gelijk.

Beperkingen van het uitgevoerde onderzoek

Voor het vaststellen van de rode draad in scenario's waar werknemers risico lopen bij de repressie is slechts een beperkt aantal zware ongevallen geselecteerd. Een meer onderbouwde "rode draad" kan worden verkregen indien meer incidenten worden beoordeeld en qua diversiteit een representatieve steekproef wordt geselecteerd.

Werknemers van politie kunnen eveneens risico lopen bij de repressie van zware ongevallen, dit is echter geen onderwerp van onderzoek geweest.

Uit het onderzoek komt naar voren dat er bij BRZO inrichtingen sprake is van een blinde vlek met betrekking tot de risico's bij zware ongevallen. Niet onderzocht is of er ook sprake is van een zelfde blinde vlek bij MHC inspecteurs.

Verder systematisch onderzoek naar ongevallen is nodig om vast te stellen welke stappen (1 tot en met 5) bij de repressie een hoge bijdrage geven aan het veroorzaken van slachtoffers en welke kenmerken (de rode draad) samengaan met het optreden van slachtoffers bij de repressie van zware ongevallen met gevaarlijke stoffen.

Slechts vijf BRZO inrichtingen werden onderzocht. In het gehele Rijnmondgebied zijn ongeveer 70 van dergelijke bedrijven gevestigd. In heel Nederland ongeveer 300. Voor meer onderbouwde conclusies dienen meer BRZO inrichtingen onderzocht te worden. De conclusies van dit onderzoek kunnen slechts gezien worden als een stimulans voor de overige BRZO inrichtingen om zelfstandig te inventariseren welke "blinde vlekken" aanwezig zijn ten aanzien van de beheersing van risico's bij de repressie van zware ongevallen.

Conclusies: Wat zijn de risico's bij repressie van zware ongevallen?

Is er een rode draad herkenbaar in scenario's met hoge risico's bij repressieve acties?

Een rode draad is herkenbaar. De meest kenmerkende eigenschap is het niet herkennen van het scenario dat zich afspeelt. Werknemers en hulpverleners betreden hierdoor het effectgebied van een zich aankondigende brand, explosie of toxische wolk.

Wat zegt de Nederlandse wetgeving over de aanvaardbaarheid van risico's bij repressie?

Alleen voor politie en brandweer kunnen hogere belangen onaanvaardbare risico's rechtvaardigen.

Wat zijn de grenzen van de aanvaardbaarheid van de risico's bij repressie?

Voor MHC inspecteurs staat vast dat het potentiële effectgebied van een brand of explosie niet wordt betreden. Persoonlijke bescherming tegen explosie is nauwelijks mogelijk. Op veilige afstand inblokken van een installatie verdient altijd de voorkeur boven het betreden van het

(potentiële) effectgebied van een zwaar ongeval.

Hoe kan het Veiligheidsbeheerssysteem van een BRZO inrichting helpen deze risico's te beheersen?

Uit het onderzoek uitgevoerd bij vijf BRZO inrichtingen blijkt dat onvoldoende is geïnventariseerd, welke risico's er zijn bij de repressie. Hieruit volgt dan ook bijna automatisch dat niet alle maatregelen, nodig voor een aanvaardbaar risico, zijn genomen. Als zich een calamiteit voordoet is het van belang dat het ongevalsscenario wordt herkend en de bijbehorende risico's worden onderkend. Dit is van belang bij het nemen van de juiste maatregelen of het op tijd veilige afstand nemen. Gezien het onvoorspelbare gedrag van personen in dit soort calamiteuze situaties zijn vooral technische maatregelen doeltreffend. Belangrijk is dat voorzieningen worden getroffen die het overbodig maken ten behoeve van de repressie het (potentiële) effectgebied te betreden. Het is geen normale praktijk om na een zwaar ongeval te onderzoeken welke risico's werden gelopen en of de risico's van repressieve inzet van werknemers en hulpverleners aanvaardbaar waren. Het monitoren van de prestaties van veiligheidskritische repressieve Lines of Defence is slechts bij één van de vijf onderzochte inrichtingen geïmplementeerd.

Grofweg dienen twee stappen genomen te worden;

- Allereerst dient te worden geïnventariseerd welke risico's er zijn bij repressie.
- Daarna dienen maatregelen genomen te worden om deze risico's beheerst te krijgen. Het is van belang maatregelen te nemen die onveilig gedrag overbodig maakt. Denk aan het op veilige afstand uit bedrijf nemen van een installatie, het opvangen van een spill via een op afschot liggende vloer naar een daartoe bestemde opvangbak, containment door middel van inblokken, enzovoorts.

Welke verbetermogelijkheden zijn er voor brandweerorganisaties betrokken bij BRZO inrichtingen?

- Aandacht dient er te zijn voor het inventariseren en beoordelen van risico's en het nemen van maatregelen om deze risico's aanvaardbaar te maken.
- Brandweerpersoneel dient te worden opgeleid en getraind in basisscenario's zodat scenario's herkend worden en de juiste beslissingen kunnen worden genomen.
- Vooraf dient te worden vastgesteld welke ongevalsscenario's niet beheerst kunnen worden en dus veilige afstand genomen dient te worden, zeker waar het enkel schade beperking betreft.
- Het leren van incidenten en implementeren van verbeterpunten, ook als er geen slachtoffers zijn gevallen, is een ander belangrijk aandachtspunt.

Dit artikel is tot stand gekomen in samenwerking met Paul Swuste

Literatuur

- i van Dort R., Risico's bij de repressie van zware ongevallen met gevaarlijke stoffen, scriptie MOSHE (2008)
- ii MHC incidentenrapportage 3, AI/Directie MHC, periode 1 oktober 2004 tot en met 31 december 2005
- iii MHC incidentenrapportage 4, AI/Directie MHC, periode 1 januari 2006 tot en met 31 december 2006
- iv Guidelines on a Major Accident Prevention Policy and Safety Management System, as required by Council Directive 96/82/EC (SEVESO II), EUR 18123 EN, downloaden via <http://mahbsrv.jrc.it>
- v Rosmuller N., B.J.M. Ale, Classification of fatal firefighter accidents in the Netherlands: Time pressure and aim of the suppression activity, *Safety Science* 46 (2008)
- vi Rosmuller N., Dodelijke brandweerongevallen in Nederland (1946-2005): classificatie naar tijdsdruk en doel van de inzet, *Tijdschrift voor veiligheid* (2006)
- vii Rosmuller N., Operationele besluitvorming door bevelvoerders in psychologisch en didactisch perspectief (2005)
- viii Oomes E., Arbeidsveiligheidssysteem, maatregelen voor risicobeheersing bij repressie, scriptie Master of Crisis and Disastermanagement (2000)
- ix Helsloot I., E. Oomes, R. Weewer, Eindrapport Evaluatie van de brand in De Punt op 9 mei 2008 (2009)
- x Faes R. et al, Prevent Focus, Risico's in besloten ruimten opgelijst (2003)
- xi van Duin M.J., Van rampen leren: een vergelijkend onderzoek naar de lessen uit spoorweggevallen, hotelbranden en industriële ongelukken, Haagse Drukkerij & Uitgeversmaatschappij (1992) ISBN 90-71504-15-8
- xii Reason J., *Human Error*, Cambridge University press (1990)
- xiii Hale, A., Glendon, A., *Individual behaviour in the control of danger. Industrial safety series vol 2.* Elsevier, Amsterdam (1987)
- xiv Tong B., The application of behavioural research to improve fire safety, *Proc. Ann. Conf. Aston Health and Safety Society*, Birmingham (1983)
- xv Canter D.V., J. Breaux and J. Sime, Domestic, multiple occupancy and hospital fires, in: D.V. Canter (Ed.), *Fires and human behaviour*, Wiley, Chichester (1980)
- xvi Cunitz R.J., Psychologically effective warnings, *Hazard Prevention*, 17 (3) (1981) 5-7
- xvii Nederlands Instituut Fysieke Veiligheid (NIFV), *Zelfredzaamheid bij brand; kritische factoren voor het vluchten uit gebouwen* (2007)
- xviii <http://www.csb.gov/videoroom/detail.aspx?VID=29>, Lessons from ten years of CSB investigations on preparing for chemical disasters, (2009)
- xix <http://geschiedenis.vpro.nl/programmas/2899536/aflleveringen/3315370/>, Dossier "Andere Tijden"
- xx <http://www.tnema.org/events/index.html> (Tennessee Emergency Management Agency)
- xxi Vooren J., inspecteur Arbeidsinspectie, onderzoeker ongeval Cindu / Nevcin te Uithoorn, 2006, persoonlijke communicatie
- xxii http://www.csb.gov/investigations/detail.aspx?SID=54&Type=2&pg=1&F_InvestigationId=54, Herrig Brothers Farm Propane Tank Explosion, CSB investigation
- xxiii http://www.csb.gov/investigations/detail.aspx?SID=22&Type=2&pg=1&F_InvestigationId=22, Formosa Plastics Vinyl Chloride Explosion, CSB investigation
- xxiv Presentatie van Staatstoezicht op de Mijnen, 12-11-2008, gasramp te Gellingen
- xxv http://www.csb.gov/investigations/detail.aspx?SID=8&Type=2&pg=1&F_All=y, T2 Laboratories Inc. Reactive Chemical Explosion, CSB investigation
- xxvi van Dort, persoonlijke waarnemingen
- xxvii de Bruijn D.W., H.F.L. Frieling, *Veilig werken naast een nevenspoor*, Intergo (2004)
- xxviii Risico's van het vak, Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, Directie Brandweer en Rampenbestrijding (1999)
- xxix Inspectie voor de Openbare Orde en Veiligheid (IOOV), 'Veiligheidsbewustzijn bij brandweerpersoneel' (2005)