

Preventie van onderhoudsgerelateerde ongevallen

O. Moll¹, A.R. Hale², K. Smit¹

Summary

Maintenance failures are the cause of more than 30% of the accidents in chemical industry. The structure of the registration is discussed. Priorities in the solution of the problem are suggested.

Samenvatting

Ruim 30 % van significante ongevallen (met name dodelijke en 'loss of containment-ongevallen') in de chemische industrie heeft te maken met (gebrek aan) onderhoud. Getracht is deze problematiek beter te modelleren en uitspraken over prioriteiten voor verbeteringen te doen.

Inleiding

In analyses van het Directoraat-Generaal van de Arbeid (DGA) [9] en de Britse Health and Safety Executive (HSE) [2] wordt er geconcludeerd dat ruim 30 % van significante ongevallen (met name dodelijke en 'loss of containment-ongevallen') in de chemische industrie met onderhoud, of gebrek aan onderhoud te maken heeft. Getracht is deze problematiek beter te modelleren en uitspraken over prioriteiten voor verbeteringen te doen.

Klassificatie van onderhoudsgerelateerde ongevallen

Onderhoudsgerelateerde ongevallen kunnen worden onderverdeeld naar de bedrijfsfase waarin zich het ongeval voordoet, bijvoorbeeld de bedrijfsfase 'starten/stoppen (van een procesinstallatie)' (A), 'normale bedrijfsvoering' (B), en de 'onderhoud' (C).

De bedrijfsfase 'onderhoud' is onderverdeeld in drie subfasen: de directe fysieke voorbereiding op de onderhoudswerkzaamheden (C1) (hierbij valt te denken aan het isoleren van de installatie, aftappen, en bepaalde schoonmaak-

werkzaamheden), de uitvoering van het onderhoud zelf (C2) en de overdracht van de installatie na onderhoud aan productie (C3). Ongevallen die optreden in de fasen C1 t/m C3 behoren tot de onderhoudsgerelateerde ongevallen. Dit noemen wij categorie 1-ongevallen.

Eveneens tot de onderhoudsgerelateerde ongevallen wordt gerekend de categorie onderhoudsgeïnduceerde ongevallen (categorie 2; in figuur 1 aangegeven met D). Deze categorie wordt onderverdeeld in twee subcategorieën: ongevallen die optreden in een latere fase als gevolg van niet correct uitgevoerd onderhoud (D1), en ongevallen die optreden als gevolg van het ontbreken van of een gebrekkig onderhoudsbeleid en daarvan afgeleid een niet effectief preventief onderhoudsconcept (D2). Een voorbeeld van dit laatste is een verkeerde inschatting die vooraf is gemaakt van het degradatiegedrag van bepaalde installatie-(onder)delen waardoor er geen, of te laat, of onjuist preventief onderhoud wordt gepland wat tot gevolg heeft dat technisch falen het ongevalsproces in werking kan stellen.

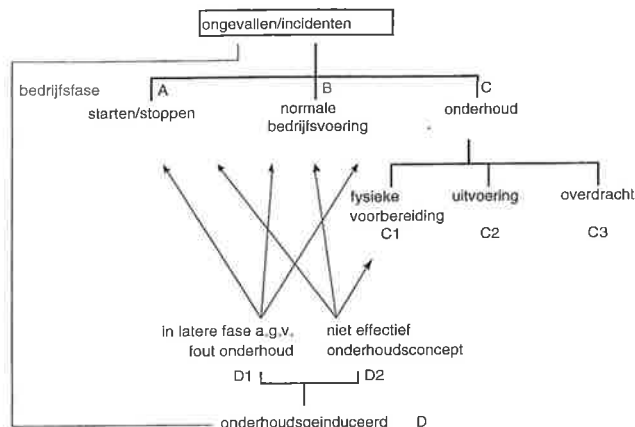
Als onderhoudsgerelateerde ongevallen definiëren wij dus de ongevallen van de bedrijfsfase C plus de onderhoudsgeïnduceerde ongevallen van categorie D.

Ongevallen van categorie 2 kunnen in elke bedrijfsfase optreden en wel voornamelijk in de bedrijfsfase normale

1. TU Delft, vakgroep Luchtvaarttechnische bedrijfskunde.

2. TU Delft, vakgroep Veiligheidskunde.

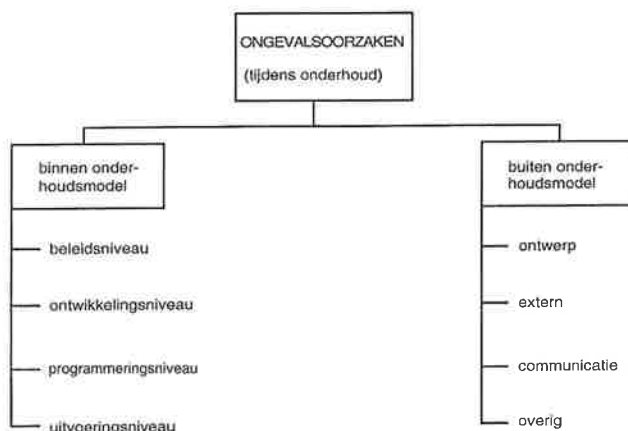
Figuur 1: Klassificatieschema van ongevallen in de chemische industrie



bedrijfsvoering omdat die in tijd gemeten het grootst is. In figuur 1 is dit weergegeven met pijlen. Ongevallen in een latere fase als gevolg van foutief uitgevoerd onderhoud (D1) worden in de literatuur soms tot de bedrijfsfase 'onderhoud' gerekend (tezamen met C3 in één subcategorie). Hier wordt de voorkeur gegeven aan de indeling zoals weergegeven in figuur 1, omdat deze ons inziens de werkelijke situatie beter weergeeft.

Een aantal kenmerken van ongevallen die optreden in categorie 1 verschilt met die van categorie 2. In categorie 2 is voornamelijk sprake van de gevolgen van 'loss of containment', terwijl bij categorie 1 ook de val van een stelling, en de gevolgen van het niet dragen van beschermende kleding wordt gerekend. Het is evident dat bij categorie 1 ongevallen voornamelijk onderhoudspersoneel betrokken is, terwijl bij categorie 2 ongevallen iedereen (bedienaars en omgeving) betrokken kan raken.

Figuur 2: Mogelijke oorzaken van ongevallen tijdens onderhoud



Uiteraard is de gemaakte indeling met de genoemde verschillen niet eenduidig en slechts gemaakt voor de klassificatie. Beide categorieën sluiten elkaar niet wederzijds uit; een ongeval als gevolg van een niet-effectief preventief onderhoudsconcept kan optreden tijdens de uitvoering van onderhoudstaken. Uit het onderzoek is overigens gebleken dat er geen sprake is van een grote overlap. Mogelijke oorzaken van de onderhoudsgerelateerde ongevallen liggen binnen of buiten het onderhoudsmanagementsysteem (zie figuur 2). Wat verstaan wordt onder het onderhoudsmanagementsysteem wordt hierna behandeld.

Onderhoudsmanagementsysteem

Als uitgangspunt voor de beschrijving van het onderhoudsmanagementsysteem is het besturingsmodel technische en onderhoudsdiensten [5] (figuur 3) genomen. In dit besturingsmodel worden in vier 'hiërarchische' niveaus de processen met hun onderlinge relaties weergegeven voor een Technische Onderhoudsdienst. Het onderhoudsbeleid is onderdeel van het totale bedrijfsbeleid. Het veiligheidsbeleid binnen een organisatie maakt tevens deel uit van het totale bedrijfsbeleid. Waar hierna bij de bespreking van de verschillende niveaus dan ook gesproken wordt over een veiligheidsprogramma wordt bedoeld dat dit programma onderdeel vormt van het totale veiligheidsbeleid binnen het bedrijf. In het onderstaande wordt per niveau binnen het onderhoudsmanagementsysteem allereerst een opsomming van de belangrijkste algemene taken binnen dat niveau gegeven, gevolgd door specifieke taken gericht op het waarborgen van een zo hoog mogelijke veiligheid. Deze maatregelen zijn dus onderdeel van het totale veiligheidsbeleid.

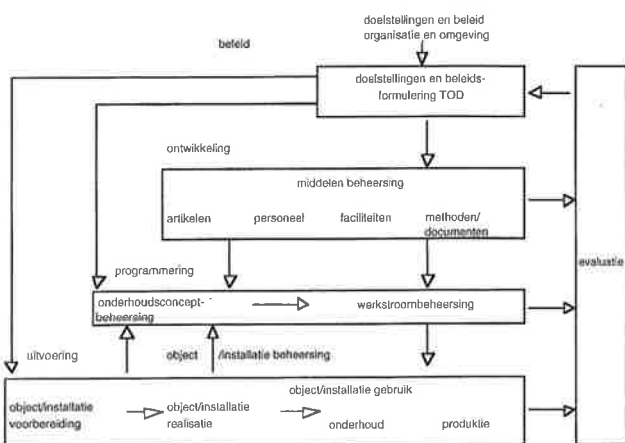
1. Beleidsniveau

* Bij de beleidsvorming worden wegen en middelen vastgesteld die tot realisatie van de doelstellingen moeten leiden. Op (zoveel mogelijk) gekwantificeerde manier worden toetsbare uitspraken gedaan over de te verwachten doeltreffendheid en doelmatigheid van de onderhoudsprocessen. Wenselijkheden zijn afgestemd op de mogelijkheden. Dit alles leidt tot doelen, beleid, voorschriften, budgetten, en normen zodat de voor het onderhoud noodzakelijke middelen ontwikkeld en ingericht kunnen worden.

* In het beleidsniveau dient een veiligheidsprogramma te worden opgesteld, met daarin opgenomen de doelstellingen met betrekking tot veiligheid, het incidenten- en ongevalmeldingssysteem, de afbakening van de taken, bevoegd- en verantwoordelijkheden en de wijze waarop de evaluatie van het veiligheidsbeleid gebeurt. In het beleid kunnen bijvoorbeeld beperkingen opgenomen zijn ten aanzien van het uitbesteden van onderhoudswerk aan (middels ISO 9000 gecertificeerde) externe onderhoudsbedrijven.

De belangrijkste doelstelling die het management met het veiligheidsbeleid in dit niveau moet nastreven, is dat wordt voorkomen dat personeel aan tegenstrijdige eisen wordt blootgesteld; enerzijds veiligheidseisen en de daarbij behorende tijdvergende procedures en anderzijds eisen ten aanzien van hoeveelheden af te leveren werk waardoor extra tijds- en werkdruk ontstaan.

Figuur 3: Besturingsmodel technische en onderhoudsdiensten



2. Ontwikkelingsniveau

* In het ontwikkelingsniveau vindt de ontwikkeling, de verwerving en het beheer plaats van de benodigde middelen in kwalitatieve en kwantitatieve zin. Middelen voor het onderhoud bestaan uit: artikelen (reservedelen, materialen, diensten), personeel (-zorg, en -beheer, kwalitatief en kwantitatief), faciliteiten (bijv: hijs-, transportmiddelen), documentatie en methoden (lay-outs, tekeningen, schema's, procedures).

* Maatregelen om de veiligheid te verhogen bij de ontwikkeling van middelen liggen op het gebied van:

- personeel: selectie van gekwalificeerd personeel (aangeven welke kwalifikaties voor welke onderhoudsfuncties vereist zijn) en de realisatie daarvan.
- werkvergunningen: essentieel voor de veiligheid bij de uitvoering van onderhoudstaken met een zeker risico zijn de vaststelling, de implementatie en de naleving en controle van een effectief werkvergunningensysteem. De vaststelling en de implementatie van een effectief werkvergunningensysteem zijn taken die in het ontwikkelingsniveau horen te gebeuren; de detailinvulling van de werkvergunningen gebeurt in het programmeringsniveau.
- beschermende uitrusting: naast de aanschaf van effectieve beschermende uitrusting dient er tevens een procedure te worden ontwikkeld die ervoor zorgt dat instructie over het gebruik is gewaarborgd, dat de uitrusting in goede staat blijft en dat er waar nodig een koppeling wordt gemaakt met de werkvergunningen.

3. Programmeringsniveau

* Op dit niveau komen de onderhoudsprogramma's tot stand, en vindt de werkstroombeheersing plaats. Hier worden werkinhoud en werkmethode concreet bepaald, werk uitgegeven, en de voortgang ervan bewaakt.

* Ten aanzien van de veiligheid betekent dit dat de onderhoudstaken op een veilige manier dienen te kunnen worden uitgevoerd c.q. te worden aangepast. De koppeling met de voor de uitvoering benodigde 'middelen' (die in het ontwikkelingsniveau ontwikkeld zijn) met concrete onderhoudstaken gebeurt in het programmeringsniveau.

Taken in het programmeringsniveau die de veiligheid direct beïnvloeden zijn:

- de afstemming van meerdere onderhoudskarweien (in tijd en ruimte tussen productie, de diverse onderhoudsvakgebieden en derden);
- de beheersing van het onderhoudsconcept waardoor de installatie bedrijfszeker blijft.

4. Uitvoeringsniveau

* Buiten het daadwerkelijke onderhoud aan installaties gebeurt hier ook de engineering en de realisatie van uitbreiding, modifikaties of vervanging van bestaande installaties. Een en ander zal plaatsvinden aan de hand van procedures die gehanteerd worden door de TOD.

* Zaken die hier direct met veiligheid te maken hebben zijn voornamelijk gericht op het naleven van de procedures zoals die in de hiervoor beschreven niveaus ontwikkeld zijn, op het gebruik van persoonlijk beschermende uitrusting, etc. Het is tevens een taak van al het personeel dat betrokken is bij de uitvoering van onderhoudswerkzaamheden om via meldingen en registratie van onveilige situaties en middels voorstellen tot verbeteringen bij te dragen aan een verhoging van de veiligheid. Hierdoor ontstaat een terugkoppeling vanuit de uitvoering naar de bovenliggende niveaus.

Methode

Het doel van deze studie is om te kijken waar in het onderhoudsmanagementmodel (welke deelprocessen in

welke niveaus) tekortkomingen zijn die hebben geleid tot ongevallen. De methode die gebruikt is om bovenvermelde relatie te kunnen leggen is de volgende:

1. Maak uitgaande van de ongevalsbeschrijvingen een categorie-indeling voor factoren die een rol kunnen hebben gespeeld bij de ontwikkeling van onderhoudsgerelateerde ongevallen. Voorbeelden van dergelijke categorieën zijn:

- het werkvergunningensysteem
- onvoldoende opleiding van personeel
- onveilige werkmethode (procedures)
- ontwerp van de installatie.

2. Wijs per ongeval aan de hand van de ongevalsbeschrijvingen uit de literatuur een aantal factoren aan die bij dat ongeval een rol hebben gespeeld. Wijs tevens, waar mogelijk, één factor als primaire ongevalsoorzaak aan.

3. Rubriceer en totaliseer per literatuurbron met ongevalsbeschrijvingen en per categorie ongevalsoorzaken de aantallen (absoluut en procentueel). Doe dit voor de primaire ongevalsoorzaak (één oorzaak per ongeval) en apart voor het totale aantal ongevalsoorzaken (meerdere oorzaken voor één ongeval).

4. Leg een relatie tussen de categorieën en de (deelprocessen binnen) niveaus van het onderhoudsmanagementmodel of met verantwoordelijkheidsgebieden buiten dit model. Bijvoorbeeld voor de categorie 'onvoldoende opleiding personeel' ligt er een relatie met het ontwikkelingsniveau, nl. de beheersing van het middel 'personeel'. Voor de categorie 'eenduidigheid van het type schakelaar' ligt er een relatie met verantwoordelijkheidsgebied 'ontwerp van de installatie' (buiten het onderhoudsmodel).

5. Totaliseer de aantallen die aan categorieën factoren zijn toegekend per niveau uit het onderhoudsmanagementmodel (waar mogelijk per deelproces) en per gemeenschappelijk verantwoordelijkheidsgebied buiten het systeem.

Hiermee is een kwantitatieve relatie gelegd tussen de ongevallen (en incidenten) en delen van het onderhoudsmanagementmodel en kunnen er uitspraken worden gedaan over waar in dit model verbeteringen moeten worden aangebracht teneinde het aantal onderhoudsgerelateerde ongevallen te verminderen of de gevolgen ervan terug te brengen.

Bij het zoeken naar ongevalsgegevens voor de literatuurstudie is gebleken dat er zeer weinig bruikbare sets ongevalsbeschrijvingen beschikbaar zijn binnen de industrietaak chemische industrie. Om toch aan beschrijvingen van onderhoudsgerelateerde ongevallen te komen zijn tevens een tweetal bronnen gebruikt die geen betrekking hebben op de chemische industrie.

Gerelateerd aan het klassifikatieschema beslaan de belangrijkste gebruikte bronnen de toepassingsgebieden zoals aangegeven in tabel 1.

Naar aanleiding van de bronnen [2], [3], en [4] is nagegaan als gevolg van welke tekortkomingen in het onderhoudsmanagementsysteem zich ongevallen hebben voorgedaan bedrijfsfase onderhoud. Over ongevallen als gevolg van een niet effectief onderhoudsconcept is in de literatuur weinig bekend. Er kunnen naar aanleiding van bestudering van 'One hundred largest losses' [6] en twee studies van de HSE (Britse Health and Security Executive) naar ongevallen waarbij 'pipework' en hoge druk installaties betrokken waren ([7] en [8]) slechts globale uitspraken gedaan worden over het percentage dat toe te wijzen is aan een niet-effectief onderhoudsconcept. Gegevens uit deze studies worden vergeleken met gegevens uit FACTS [1].

De bronnen worden op blz. 86 beschreven. ►

Tabel 1. De belangrijkste voor deze studie gebruikte bronnen en hun toepassingsgebied.

Bron	functiegebied	aantal/soort ongevallen	mate van ongevals- beschrijvingen	bedrijfsfase (zie fig 1)
FACTS [1]	chemische industrie	700 ongevallen/ incidenten	(geen) codewoorden	A,B,C,D
Dangerous [2] Maintenance	chemische industrie	500 ongevallen/ incidenten	geen	C1-C3,D
Deadly [3] Maintenance	industrie algemeen	106 dodelijke ongevallen	beknopt (ca 50 woorden)	C1-C3,D
Midlands [4] Electricity Board	electriciteits centrale	60 ongevallen/ incidenten	zeer uitgebreid	C1-C3

Resultaten

Categorie 1 ongevallen (tijdens onderhoud)

De resultaten vallen in twee groepen uiteen. Ten eerste zijn er resultaten die gebaseerd zijn op aanduiding van de primaire ongevalsoorzaak. Hierbij is voor alle drie ([2],[3],[4]) de gebruikte bronnen een eenduidige categorie-indeling voor de primaire ongevalsoorzaak aangehouden. De resultaten hiervan staan in tabel 2. Om een relatie te kunnen leggen tussen factoren/oorzaken die een rol spelen bij ongevallen en (niveaus van) het onderhoudsmanagementmodel is het allereerst noodzakelijk om over een representatieve set ongevalsbeschrijvingen te beschikken. Om de gewenste informatie uit deze beschrijvingen te kunnen aflezen dient deze informatie in enige vorm aanwezig te zijn in deze beschrijvingen. Het opstellen van een ongevalsbeschrijving is in principe een subjectieve aangelegenheid en kan worden 'gekleurd' door diverse brillen, bijvoorbeeld een juridische bril of een psycholo-

gische. Bij dit onderzoek is, per ongeval, die oorzaak uit de meerdere aangeduide oorzaken, aangewezen als primaire ongevalsoorzaak, die op basis van de ongevalsbeschrijving en bezien door een 'onderhoudsbril' een overheersende rol heeft gespeeld bij de ontwikkeling van het ongeval.

Door aan elke categorie een verantwoordelijkheidsgebied toe te kennen, kunnen de resultaten ook per verantwoordelijkheidsgebied worden gegeven. Dit is gedaan in tabel 3.

De tweede groep resultaten is gebaseerd op het aanduiden van meerdere ongevalsoorzaken per ongevalsbeschrijving (tabel 4). In Dangerous Maintenance zijn slechts primaire ongevalsoorzaken vermeld en zijn geen ongevalsbeschrijvingen opgenomen, zodat deze bron niet is opgenomen in deze tweede groep resultaten. De categorie-indelingen voor beide bronnen met ongevalsbeschrijvingen wijken enigszins af zodat slechts de eindresultaten per verantwoordelijkheidsgebied vermeld worden in tabel 3.

Tabel 2. Categorieën primaire ongevalsoorzaken en de relatie met verantwoordelijkheidsgebieden binnen, en buiten, het onderhoudsmanagementsysteem.

primaire oorzaak	Dangerous Maintenance		Deadly Maintenance		Midlands Electricity Board		verantwoorde- lijkheids- gebied*)
	aan- tal	percen- tage	aan- tal	percen- tage	aan- tal	percen- tage	
werkmethode	41	14,0%	11	13,6%	5	8,5%	O/P
middelen niet aanwezig (documentatie)					1	1,7%	O
werkvergunningen (-systeem uitwerking ervan)	26	8,8%	12	14,8%	5	8,5%	O/P
beschermende uitrusting (niet of onvoldoende in voorzien)	25	8,5%	2	2,5%	1	1,7%	O
lokatie/werkplek	17	5,7%	2	2,5%	4	6,8%	O/P
training/ervaring	10	3,4%	2	2,5%	4	6,8%	O
toezicht/controle	5	1,7%	3	3,7%	2	3,4%	P
technisch falen			8	9,9%	2	3,4%	B/P
modifikatie			1	1,3%			B
communicatie					5	8,5%	C
fout in de uitvoering	89	30,5%	13	16,1%	10	17%	U
werkvoorbereiding één of meerdere klussen			4	4,9%	8	13,6%	P
ontwerp	33	11,2%	10	12,3%	7	11,8%	B
machinepark bescherming/beveiliging	10	3,4%	3	3,7%			O/P
defect							
overmacht	5	1,7%	3	3,7%	1	1,7%	-
niet indeelbaar	18	6,0%	7	8,6%	4	6,8%	-
diversen (wel indeelbaar)	15	5,1%					-
totaal	294	100%	81	100%	59	100%	

*) O=ontwikkelings-; P=programmerings-; U=uitvoeringsniveau; B=buiten het model

Tabel 3. Totaal overzicht percentages ongevalsfactoren gerelateerd aan verantwoordelijkheidsgebied, op basis van primaire oorzaak toekenning

verantwoordelijkheidsgebied		Dangerous Maintenance	Deadly Maintenance	Midlands Electricity Board
binnen onderhoudsmodel	ontwikkelingsniveau	27,8%	23,9%	22,1%
	programmeringsniveau	17,7%	28,9%	30,6%
buiten onderhoudsmodel (beïnvloedbaar*)	uitvoeringsniveau	30,5%	16,1%	17,0%
	ontwerp van apparatuur	11,2%	18,6%	13,5%
buiten onderhoudsmodel (niet beïnvloedbaar*)	onbekend	6,0%	8,6%	6,8%
	overmacht	1,7%	3,7%	
	extern communicatie	5,1%		1,7%
totaal		100%	100%	100%

*) Beïnvloedbaar door het onderhoudsmanagement.

Hieronder wordt voor enkele categorieën ongevalsfactoren verduidelijkt welke oorzaken tot deze categorie behoren en is tevens aangegeven hoe de relatie met de verantwoordelijkheidsgebieden is gelegd (laatste kolom). Het betreft hier categorieën die niet voor zich spreken of waar een relatie met meerdere vlakken is gelegd; de niet apart behandelde categorieën spreken voor zich.

1. werkmethode

Hiermee wordt in de literatuur enerzijds bedoeld dat er geen systeem aanwezig was binnen het bedrijf om veilige werkmethoden, procedures vast te leggen (organisatorisch), en anderzijds dat de procedure zelf niet veilig was (inhoudelijk). Aangezien niet aangegeven was welke van de twee subcategorieën van toepassing was, is arbitrair 50% toegerekend aan het ontwikkelingsniveau (organisatorisch) en 50% aan het programmeringsniveau (inhoudelijk).

2. werkvergunning

Hetgeen hierboven vermeld is over de werkmethode is ook van toepassing op de werkvergunningen.

3. locatie / werkplek

Dit is een verzamelnaam voor oorzaken die liggen op het gebied van: onvoldoende bordessen aanwezig, de verlichting is niet in orde, de toe- of de uitgang is onvoldoende toegankelijk, etc.

Indien er bij de werkvoorbereiding en planning onvol-

doende rekening is gehouden met de specifiek voor dat karwei geldende omstandigheden ten aanzien van de lokatie valt een en ander onder het programmeringsniveau.

Voor wat betreft het bijvoorbeeld niet in voldoende aantallen of grootte aanwezig zijn van bordessen, waardoor onderhoudspersoneel zelf aanpassingen gaat doen etcetera, ligt de verantwoordelijkheid in het ontwikkelingsniveau.

4. technisch falen

Aangezien in de bronnen geen storingsanalyse is toegepast, maar volstaan is met de constatering dat technisch falen op zich de oorzaak van het ongeval was, is voor 50% een relatie gelegd met de onderhoudsconceptbeheersing uit het programmeringsniveau en 50% buiten het onderhoudsmodel (onbekende oorzaken).

5. fouten tijdens de uitvoering

Hiermee worden slechts fouten aangemerkt, waarbij niet tevens een andere dominante oorzaak is aan te duiden. Het niet dragen van beschermende uitrusting, een foutieve onderhoudshandeling en het niet opvolgen van instructies behoren tot deze categorie.

6. machinebescherming / beveiliging defect

Tot deze categorie behoren ongevallen waarbij de aanwezige bescherming/beveiliging van de machines waaraan onderhoud moest worden gepleegd, defect zijn. Machines die geen of onvoldoende bescherming bij het ontwerp heb-

Tabel 4. Totaal overzicht percentages ongevalsfactoren gerelateerd aan verantwoordelijkheidsgebied, op basis van meerdere oorzaken per ongeval

verantwoordelijkheidsgebied		Deadly Maintenance	Midlands Electricity Board
binnen onderhoudsmodel	ontwikkelingsniveau	26,8%	26,5%
	programmeringsniveau	35,2%	23,6%
	uitvoeringsniveau	20,3%	23,2%
buiten onderhoudsmodel (beïnvloedbaar)	ontwerp van apparatuur	9,8%	10,4%
buiten onderhoudsmodel (niet beïnvloedbaar)	onbekend	3,0%	2,0%
	overmacht	1,3%	
	extern communicatie	3,7%	3,6%
totaal		100%	100%

ben meegekregen vallen niet onder deze categorie (wel tot: ontwerp). Deze categorie wordt voor wat betreft het duidelijk niet aanwezig zijn van een goed werkend systeem om defecte machinebeveiligingen te onderkennen, toegerekend aan het ontwikkelingsniveau en voor wat betreft het de controle op de defecten tot het programmeringsniveau.

De ongevallen gegroepeerd naar verantwoordelijkheidsgebied, zijn weergegeven in tabel 3.

Zoals reeds eerder vermeld hebben wij voor de twee bronnen met ongevalsbeschrijvingen meerdere factoren aan kunnen duiden die een rol hebben gespeeld in de periode voor het ongeval. Het betreft hier 'Deadly Maintenance' en de 'Midlands Electricity Board'. De eindresultaten zijn weergegeven in tabel 4.

Uit de resultaten blijkt een verschuiving in percentages per verantwoordelijkheidsgebied ten opzichte van de resultaten op basis van één (primaire) factor per ongeval. Een verklaring hiervoor is dat bepaalde factoren dominant zijn ten opzichte van andere factoren. Als voorbeeld hiervan: de factor 'oorzaak onbekend'; het zal duidelijk zijn dat deze factor, indien aangeduid in een indeling met meerdere factoren, altijd primaire factor is. Voor de factor 'beschermende uitrusting niet gedragen' geldt het omgekeerde; deze factor zal bij een groter aantal ongevallen mede een rol hebben gespeeld dan dat wanneer het een primaire faktor zou zijn geweest. Een overzicht gebaseerd op meerdere factoren per ongeval zal dan ook anders moeten worden geïnterpreteerd. Het geeft inzicht in gebieden waar zaken niet goed zijn georganiseerd, zonder dat het wegnemen van één bepaalde categorie factoren het betreffende percentage ongevallen zal doen verminderen. Als iemand bijvoorbeeld onervaren en zonder opleiding een onderhoudskarwei moet doen waarbij als gevolg van een incident chemische stof op zijn hand komt, spelen daarbij de factoren 'onvoldoende opleiding' (primaire factor), 'beschermende uitrusting' en wellicht 'onvoldoende toezicht' een rol. Dit voorbeeld maakt duidelijk dat een indeling gebaseerd op hetzij primaire factoren, hetzij meerdere factoren geen totaalbeeld oplevert van probleemgebieden. Slechts het

combineren van resultaten van beide indelingen geeft aan waar verbeteringen dienen te worden aangebracht.

Categorie 2 ongevallen (niet-effectief onderhoudsconcept)

Hiervoor stond slechts één gedeelte van de onderhoudsgerelateerde ongevallen centraal, nl die ongevallen die tijdens de bedrijfsfase onderhoud optraden (zie figuur 1). Hieronder komt het andere gedeelte van de onderhoudsgerelateerde ongevallen aan de orde, nl. de onderhoudsgeïnduceerde ongevallen. In de literatuur is hierover zeer weinig bekend. Dit komt waarschijnlijk door het zeer moeilijke en tijdrovende werk dat de ongevalsanalyse kost en die nodig is om conclusies te kunnen trekken over onderhoudsgeïnduceerde ongevallen. Volgens figuur 1 bestaan de onderhoudsgeïnduceerde ongevallen uit twee subcategorieën: 'in een latere fase als gevolg van foutief uitgevoerd onderhoud' (D1) en 'in een (willekeurige) fase als gevolg van een niet effectief onderhoudsconcept' (D2).

Aangezien de enige literatuurbron [2] die gevonden is met concrete cijfers omtrent subcategorie D1, deze subcategorie niet rekent tot de onderhoudsgeïnduceerde ongevallen maar tot de ongevallen in de bedrijfsfase onderhoud, en wel tot de subfase 'overdracht/overname' (zie figuur 1) beperken wij ons hierna tot subcategorie D2. Hierna geldt dus dat onderhoudsgeïnduceerde ongevallen gelijk zijn aan ongevallen als gevolg van een niet-effectief onderhoudsconcept.

Op basis van een drietal bronnen ([6],[7],[8]) wordt geconcludeerd dat technisch falen in respectievelijk 38%, 21% en 40% de belangrijkste ongevalsoorzaak is geweest. Een verdere onderverdeling naar oorzaken van dit technisch falen naar corrosie (slijtage), materieeldefect, overdruk, inslag etc. leert dat voor de van toepassing zijnde installatiedelen ca. 8% toewijsbaar is aan een niet effectief onderhoudsconcept. Hierbij gaan wij er vanuit dat minimaal de ongevallen veroorzaakt door corrosie en slijtage voorkomen hadden kunnen worden met een effectief onderhoudsconcept.

De cijfers in FACTS [2] bevestigen de orde grootte van het aandeel ongevallen door technisch falen (ruim 22%) en ook het percentage als gevolg van een niet effectief onderhoudsconcept van ca 8% omdat, zonder nadere kwantita-

Tabel 5. Totaal overzicht percentages ongevalsfactoren gerelateerd aan verantwoordelijkheidsgebied

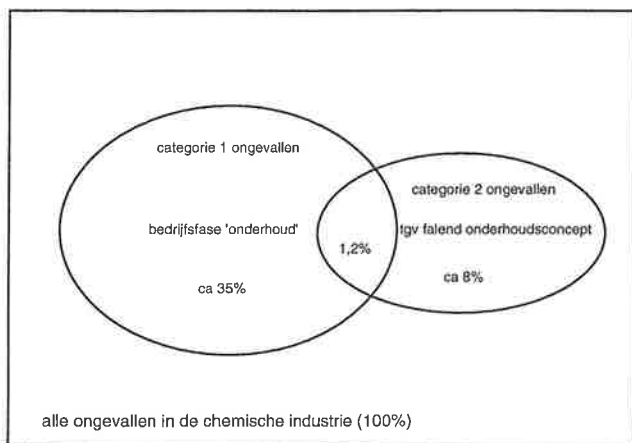
verantwoordelijkheidsgebied		Dangerous Maintenance	Deadly Maintenance		Midlands Electricity Board	
		primaire factor	primaire factoren	meerdere factoren	primaire factoren	meerdere factoren
binnen onderhoudsmodel	ontwikkelingsniveau	27,8%	23,9%	26,8%	22,1%	26,5%
	programmeringsniveau	17,7%	28,9%	35,2%	30,6%	23,6%
buiten onderhoudsmodel (beïnvloedbaar)	uitvoeringsniveau	30,5%	16,1%	20,3%	17,0%	23,2%
	ontwerp van apparatuur	11,2%	18,6%	9,8%	13,5%	10,4%
buiten onderhoudsmodel (niet beïnvloedbaar)	onbekend	6,0%	8,6%	3,0%	6,8%	2,0%
	overmacht	1,7%	3,7%	1,3%		
	extern communicatie	5,1%		3,7%	1,7%	3,6%
totaal		100%	100%	100%	100%	100%

tieve aanduiding, corrosie en slijtage als belangrijkste oorzaken van technisch falen vermeld worden. In tabel 5 staan nogmaals de resultaten in één tabel gegeven.

Conclusie / discussie

1. Uit literatuuronderzoek is gebleken dat tussen de 30% en 40% van de ongevallen, die optreden in de chemische industrie, tijdens de bedrijfsfase 'onderhoud' gebeurde. Nog eens ca 8% van de ongevallen die optreden in de chemische industrie gebeurt door technisch falen van de installatie (-delen) als gevolg van een niet-effectief onderhoudsconcept. Hieruit blijkt dat meer dan 40% van de ongevallen in de chemische industrie onderhoudsgerelateerd is. Het optellen van beide percentages is niet zonder meer toegestaan; beide categorieën sluiten elkaar niet volledig uit. Een ongeval als gevolg van een niet effectief onderhoudsconcept kan in de fase onderhoud optreden en op die manier dubbel worden meegeteld. Op grond van gedetailleerder gegevens in FACTS kan met behulp van de onderverdeling van het percentage ongevallen veroorzaakt door technisch falen in de drie bedrijfsfasen, worden afgeleid dat de overlap gering is, nl. ruim 1% (zie figuur 4).

Figuur 4: Grootte en onderverdeling van de onderhoudsgerelateerde ongevallen



2. Het is niet bekend hoe groot de tijdsduur van de bedrijfsfase onderhoud is in relatie tot de andere bedrijfsfasen. Met slechts de vermelding in diverse bronnen dat zij klein is ten opzichte van de andere fasen, is niets kwantitatiefs te vermelden over de kans op een ongeval in één van de bedrijfsfasen.

3. De verdere onderverdeling van de ongevallen die tijdens de bedrijfsfase onderhoud optraden is als volgt [2]:

- 17% tijdens de directe fysieke voorbereiding op de onderhoudswerkzaamheden (C1 in figuur 1)
- 76% tijdens de uitvoering van de onderhoudswerkzaamheden (C2)
- 7% tijdens de overdracht/overname van de installatie direct na onderhoud aan productie (C3)

4. Er zijn zeer weinig bruikbare sets ongevalsebeschrijvingen die betrekking hebben op de chemische industrie; één van de in potentie meest bruikbare sets beschrijvingen is in bezit van TNO en wordt gevormd door de databank FACTS, die gevuld is met gecodeerde informatie over ongevallen o.a. in de chemische industrie. Zij is echter niet vrij toegankelijk. Zij wordt commercieel geëxploiteerd. Dit wordt vanwege het algemeen belang hiervan niet wenselijk geacht.

5. De gegevens over arbeidsongevallen zoals die bij het

Directoraat Generaal van de Arbeid (DGA) van het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid worden verzameld in het kader van artikel 58 van de Ziektewet, zijn niet bruikbaar voor ongevalencasuïstiek. Er worden hiertoe onvoldoende gegevens geregistreerd. Ook in de situatie na de harmonisatie in EG-verband en aanpassing van het meldingsformulier in 1994 zijn slechts de mogelijkheden voor statistiek verruimd, niet de mogelijkheden voor casuïstiek verbeterd. Het is wenselijk dat door goede omschrijving, rapportage en codering dit bestand ook voor ongevalsanalyse bruikbaar wordt gemaakt.

6. Op basis van literatuuronderzoek naar onderhoudsgerelateerde ongevallen in de chemische industrie, de industrie algemeen en schakelfouten met gevolgen (vergelijkbaar met ongevallen/incidenten) bij een elektriciteitsbedrijf, blijkt een grote mate van overeenstemming te bestaan ten aanzien van het aandeel van de ongevallen dat toe te wijzen is aan verantwoordelijkheidsgebieden binnen en buiten het onderhoudsmanagementsysteem.

7. (op basis van toewijzing van primaire factoren)

a. Ca. 25% van de ongevallen is, voor alle drie de bronnen met hun verschillende 'toepassingsgebieden', toe te wijzen aan fouten gemaakt in het ontwikkelingsniveau. Hierbij valt te denken aan onvolkomenheden bij de ontwikkeling van middelen als:

- mensen (opleiding/training)
- systemen (werkvergunningen/procedures)
- materiaal (documentatie, beschermende uitrusting, bordessen, etcetera)

b. Ca. 30% van de ongevallen (voor Deadly Maintenance en Midlands Electricity Board) is te wijzen aan gebreken die gemaakt zijn in het programmeringsniveau. Dit percentage ligt voor de chemische industrie (Dangerous Maintenance) beduidend lager, namelijk 17,7%. Doordat behalve de industrietak ook andere variabelen als de grootte van de ongevalsbeschrijvingen en het soort ongeval tegelijkertijd variëren is niet met zekerheid te zeggen of dit lagere percentage representatief is voor de industrietak chemische industrie.

Processen die in het programmeringsniveau gebeuren zijn 'werkstroombeheersing en onderhoudsconceptbeheersing'. Het percentage van 30% heeft voor het grootste gedeelte betrekking op het proces 'werkstroombeheersing'.

c. Voor Deadly Maintenance en Midlands Electricity Board is ca. 17% van de ongevallen toe te wijzen aan fouten die gemaakt zijn in het uitvoeringsniveau (zonder dat een andere factor een dominante rol heeft gespeeld). Dit percentage ligt voor Dangerous Maintenance (chemische industrie) aanzienlijk hoger, nl. ca. 30%. Om dezelfde reden als onder b. genoemd is niet met zekerheid te zeggen of dit percentage in de chemische industrie structureel hoger is dan elders.

d. Uit alle drie de geraadpleegde bronnen blijkt dat in ca. 15% van de gevallen het 'ontwerp van apparatuur/installaties' de primaire ongevalsoorzaak was. Hiertoe behoren 'onvoldoende aandacht in het ontwerp voor bescherming/beveiliging van installaties tijdens onderhoudsoperaties', 'ergonomisch onveilig ontworpen schakelapparatuur' en een 'foutief ontwerp waardoor technisch falen het ongevalsproces kon initiëren'.

e. De gecombineerde percentages voor de verantwoordelijkheidsgebieden binnen het onderhoudsmodel die door het onderhoudsmanagement direct te beïnvloeden zijn, (ontwikkelingsniveau en programmeringsniveau) liggen voor de drie bronnen rond de 50%

Indirect beïnvloedbaar door het onderhoudsmanagement is het ontwerp van installaties e.d. Dit was in ca. 15% van de ongevallen de oorzaak van ongevallen tijdens onderhoud.

Bronbeschrijving

Dangerous Maintenance

Dit rapport geeft de bevindingen weer van het onderzoek dat de 'Health and Safety Executive' (HSE) in Groot Brittannië heeft uitgevoerd naar onderhoudsgerelateerde ongevallen in de chemische procesindustrie over de jaren 1982-1985. De belangrijkste conclusies uit het rapport zijn;

- van alle geregistreerde ongevallen bleken er 700 (= ca 30%) onderhoudsgerelateerd te zijn;
- bij 75 % van de ongevallen bleek dat het management geheel of gedeeltelijk verantwoordelijk was voor het niet, of slechts gedeeltelijk, nemen van preventieve maatregelen ter voorkoming van de ongevallen;
- 500 van deze ongevallen hebben betrekking op de chemische procesinstallaties; ze vormen de basis van deze studie.

Deadly Maintenance

Deadly Maintenance is een rapport van een onderzoek dat door de HSE is uitgevoerd naar de oorzaken van 106 dodelijke ongevallen tijdens industrieel onderhoud in fabrieken aan installaties/machines. Het betreft een verscheidenheid aan installaties, variërend van transportbanden, opslagtanks tot kolenvergruismachines in steengroeves. De belangrijkste conclusies van het rapport zijn:

- in 51% van de gevallen heeft het management gefaald om veilige werkwijzen te ontwerpen, te implementeren of er toezicht op te houden;
- 22% van de ongevallen werd veroorzaakt door onvoldoende bescherming/beveiliging van het machinepark en beveiliging van bordessen;
- 78% van de ongevallen had voorkomen kunnen worden als uitvoerbare/haalbare voorzorgsmaatregelen waren genomen.

The Midlands Electricity Board (MEB)

Door MEB is een studie uitgevoerd naar de factoren die een rol hebben gespeeld bij fouten tijdens zogenaamde 'schakelhandelingen' aan het Britse elektriciteitsnet. De studie is uitgevoerd door Hale gedurende een periode van 2 jaar (1967-1969) bij de Midlands Electricity Board aan hoogspanningslijnen voor distributie van electriciteit van de centrale naar de gebruiker. Hoewel niet van toepassing op de chemische industrie past het rapport binnen deze literatuurstudie vanwege de gedetailleerdheid van de ongevalsebeschrijvingen en de, vanuit het onderhoudsmanagementsysteem, herkenbare organisatiestructuur van de sector Techniek binnen de MEB. Tevens ontstaat door gebruik van het MEB-rapport de mogelijkheid tot een eerste aanzet in de richting van een vergelijking van de situatie binnen en buiten de chemische industrie.

Alle onderzochte ongevallen/fouten in het rapport van Hale hebben betrekking op schakelhandelingen. Schakelhandelingen aan het netwerk kunnen worden gedaan om de volgende redenen:

- om electriciteit van één gedeelte van het netwerk naar een ander gedeelte te sturen;
- om gedeeltes van het netwerk af te sluiten in verband met onderhoud (preventief of correctief) aan het netwerk of voorafgaande aan uitbreidingen van het net.

Facts

Dit rapport geeft de bevindingen weer van een onderzoek dat TNO heeft uitgevoerd in opdracht van DGA naar ongevallen in de chemische industrie welke letsel hebben veroorzaakt. Als basis voor dit onderzoek is uit de TNO-databank FACTS een selectie gemaakt op grond van o.a. de volgende criteria:

- * ongevallen met gevaarlijke stoffen resulterend in persoonlijk letsel
- * ongevallen in de chemische industrie gedurende de handelingen:
 - het bedrijven van installaties
 - industrieel gebruik van gevaarlijke stoffen
 - opslag.

De analyse spitste zich vooral toe op een indeling van de ongevallen in één van de volgende bedrijfsfasen; normale bedrijfsvoering, onderhoud en starten/stoppen van een installatie. Binnen deze categorieën werden de volgende aspecten nader onderzocht:

- overslag van en naar opslagtanks
- oorzaak en verloop van het ongeval

- type installatie en soort gevaarlijke stof
- relatie tussen type installatie en gebeurtenissen welke tot een ongeval leiden.

De belangrijkste conclusies uit het rapport zijn;

- 38,5% van de 700 geselecteerde ongevallen bleek zich tijdens onderhoud voor te doen;
- tijdens eenvoudige en routinematige handelingen doen zich de meeste ongevallen voor.

Overige bronnen

- In twee studies is onderzoek gedaan naar ongevalsorzaken bij specifieke installatie-onderdelen, zoals pipework en hogedrukinstallaties. Deze studies zijn uitgevoerd door de HSE, die ook de onderzoeken Dangerous en Deadly Maintenance heeft gedaan. In een andere studie worden 'One Hundred Largest Losses' geanalyseerd naar type bedrijf, soorten installaties betrokken bij het ongeval en primaire ongevalsorzaak. Van deze drie studies hebben wij alleen de samengevatte conclusies kunnen inzien.

- Meldingen van arbeidsongevallen zoals die op grond van wettelijke bepalingen verzameld worden bij het DGA van het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid zijn niet bruikbaar voor het specifieke doel van de studie, omdat onvoldoende gegevens voor dit doel worden verzameld.

Literatuur

- [1] Koehorst, L.J.B. (1989) Analyse van een selectie ongevallen in de chemische industrie uit de databank FACTS. Den Haag: SDU.
- [2] Health and Safety Executive. (1987) Dangerous Maintenance. London: Government Bookshops.
- [3] Health and Safety Executive. (1985) Deadly Maintenance. London: Government Bookshops.
- [4] Hale, A.R. (1969) A study of operational switching accidents in the Midlands Electricity Board. The National Institute of Industrial Psychology.
- [5] Smit, K/Slaterus. (1988) Informatiemodel technische en onderhoudsdiensten (IMTOD). Den Haag: SDU.
- [6] Manuelle, Fred A. (1986) One Hundred Largest Losses - A thirty Year Review of Property Damage Losses in the Hydrocarbon - Chemical Industries. Marsh and McLennan Protection Consultants.
- [7] Crooks, E. (1985) Health and Safety Executive. Pipework Failures in the Chemical Industry. An Analysis of Accidents and Dangerous Occurrence Reports. London: Government Bookshops.
- [8] Crooks, E. (1987) Health and Safety Executive. An Assessment of the Marcode Data Bank. London: Government Bookshops.
- [9] In't Veld, R.A. Onderhoud en Veiligheid in de Chemische Procesindustrie. Den Haag, DGA, augustus 1991. ■