QUADERNI PER LA PROGETTAZIONE

LA MANUTENZIONE DI MACCHINE E IMPIANTI: SICUREZZA E AFFIDABILITÀ

Rischi per gli addetti, profili di usura e guasti, sistemi complessi, casi di studio

Il Cd-Rom allegato contiene: fogli di lavoro per l'esecuzione di PFMEA e DFMEA; banca dati relativa ai tassi di guasto; schede tecniche di integrità meccanica (CCPS) e documentazione OHSA

di
MARZIO MARIGO

EPC EDITORE

INDICE GENERALE

CAPITOLO 1

INTRODUZIONE E STUDIO DI CASI 11

1.1 Studio di casi 15

1.1.1 Incendio causato dalla rimozione di una pompa 18

1.1.2 Flixborough (UK) 18

1.1.3 Esplosione ed incendio conseguente ad un guasto ad un sensore di sicurezza 20

1.1.4 Accesso in un silos con organi interni in movimento 20

1.1.5 Esplosione di un serbatoio d'acqua alimentato da un pozzo artesiano 21

1.1.6 Therac 25 22

1.1.7 Manutenzione di lastre in fibrocemento 23

1.1.8 Cisterna contaminata con acido solfidrico 23

1.1.9 Isolamento di spazi confinati non completo 25

1.1.10 Rimozione anticipata dell'isolamento 26

1.1.11 Dispositivo di sicurezza non affidabile 26

1.1.12 Coclea non completamente carterizzata 27

1.1.13 Incendio e sviluppo di fumi e gas di combustione in uno spazio confinato 28

1.1.14 Mancata manutenzione di un'autoclave 28

1.1.15 Lavori su parti attive in tensione 29

1.1.16 Dispositivo di sicurezza manipolato 29

1.1.17 Sensore radioattivo non isolato 30

1.1.18 Accesso a stiva carica di soia 30

1.1.19 Ingresso in reattore inertizzato 31

1.1.20 Manutenzione di gruppi frigoriferi 32
1.1.21 Magazzino verticale automatico 33
1.1.22 Valvola dalla tenuta difettosa 34
1.1.23 Motonave "Elisabetta Montanari", Ravenna 34
1.1.24 Evaporazione di solventi in spazi confinati 38
1.1.25 Corrosione all'interno di uno spazio confinato 39
1.1.26 Umbria Olii 39
1.1.27 Manutenzione in acciaieria 40
1.1.28 Cedimento strutturale in gru non manutenzionata 41

CAPITOLO 2

PROFILI DI USURA E GUASTO
NELLE MACCHINE E IMPIANTI 43

2.1 Le cause organizzative e umane dei guasti 44
2.1.1 L'errore organizzativo 44
2.1.2 L'errore umano 49
2.1.3 Cause profonde e manutenzione 51
2.1.4 Studi sull'affidabilità umana 52
2.1.4.1 Esempio applicativo: Determinazione numerica dell'errore umano 56
2.1.4.2 Approfondimento: Le barriere tecnologiche ed il comportamento umano 57
2.2 L'uso scorretto ragionevolmente prevedibile 58
2.3 Le cause meccaniche dei guasti 59
2.3.1 Approfondimento: La fatica ad elevato numero di cicli 63
2.3.2 Approfondimento: Il disastro ferroviario di Viareggio 68
2.4 Le cause elettriche e/o elettroniche dei guasti 69
2.5 Le cause di guasto dovute al software 71

CAPITOLO 3

QUANTIFICARE L'AFFIDABILITÀ
E LA DISPONIBILITÀ DI UN SISTEMA 75

3.1 Il modello affidabilistico dei componenti non riparabili 77
3.1.1 I parametri di riferimento 79
3.1.2 La distribuzione normale 81
3.1.2.1 Esempio applicativo: Calcolo del tasso di guasto 83
3.1.2.2 Esempio applicativo: Previsione di durata 85
3.1.3 La distribuzione esponenziale 86
3.1.3.1 Esempio applicativo: Previsione di affidabilità in apparecchi meccanici 88
3.1.4 La distribuzione di Weibull 89
3.1.5 I test vita e la quantificazione dei parametri affidabilistici 90
3.1.5.1 Approfondimento: Utilizzo della carta di Weibull 92
3.1.5.2 Approfondimento: Utilizzo di software di calcolo dedicati 97
3.1.5.3 Approfondimento: Valori tipici dei parametri della funzione di Weibull 98
3.2 Il modello affidabilistico dei sistemi riparabili 101
3.2.1 L'MTBF e la disponibilità dei sistemi riparabili 102
3.2.1.1 Approfondimento: Modello di ispezione, riparazione e disponibilità 104
3.3 Gli andamenti tipici del tasso di guasto 105

CAPITOLO 4

LA VALUTAZIONE AFFIDABILISTICA
NEI SISTEMI COMPLESSI 111

4.1 Affidabilità dei sistemi in serie 112
4.1.1 Esempio applicativo: Sistema in serie 115
4.2 Affidabilità dei sistemi in parallelo 116

4.2.1 Esempio applicativo: Sistema in parallelo, affidabilità e manutenzione 117
4.3 Affidabilità di sistemi con ridondanza attiva 120
4.3.1 Esempio applicativo: Generatori elettrici 121
4.3.2 Approfondimento: L'MTTF in sistemi con tasso di guasto costante 121
4.3.3 Esempio applicativo: L'MTTF in un sistema 2oo3 122
4.4 Affidabilità di sistemi con ridondanza in Stand–By 122
4.4.1 Esempio applicativo: Generatori elettrici in Stand - By 123
4.5 Sistemi aventi funzioni di sicurezza 124
4.5.1 Le norme della serie IEC 61508 124
4.5.1.1 PFD con voting 1oo1 127
4.5.1.2 PFD con voting 1oo2 128
4.5.1.3 PFD con voting 2oo2 129
4.5.1.4 PFD con voting 2oo3 129
4.5.2 La norma EN ISO 13849-1 129
4.5.3 Relazione tra IEC 62061 ed EN 13849-1 nell'ambito della direttiva macchine 2006/42/CE 133
4.6 La tavola di verità 136
4.7 Cause di guasto comune 137
4.8 Modelli fisici di affidabilità 142
4.9 Banche dati 143

CAPITOLO 5

LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO AFFIDABILISTICO IN SISTEMI COMPLESSI 149

5.1 Definizione del sistema da analizzare 149
5.2 Analisi con albero delle avarie (FTA) 155
5.2.1 Costruire un albero delle avarie 159
5.2.2 Alcuni esempi applicativi 164

5.2.2.1 Esempio applicativo: Valutazione affidabilistica di un sistema di controllo di pressione installato in reattori chimici 165
5.2.2.2 Esempio applicativo: Valutazione affidabilistica di un sistema di controllo di livello installato in serbatoi di stoccaggio di liquidi fuori terra 168
5.2.2.3 Esempio applicativo: Valutazione affidabilistica di un generatore di vapore 170
5.2.3 Vantaggi e svantaggi dell'albero delle avarie 172
5.3 Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) 173
5.3.1 La FMEA in pratica 175
5.3.1.1 Pianificazione dell'analisi 176
5.3.1.2 Struttura del sistema 176
5.3.1.3 Identificazione dei modi di guasto 177
5.3.1.4 Identificazione delle cause di guasto 178
5.3.1.5 Identificazione delle conseguenze del guasto 178
5.3.1.6 Progetto/individuazione delle misure di rilevazione, di controllo e compensazione 179
5.3.2 Analisi di criticità e FMECA 179
5.3.3 Vantaggi e svantaggi della FMEA 183
5.4 La previsione di guasto 183
5.4.1 Guasti attualmente attesi 184
5.4.1.1 Esempio applicativo: Determinazione dei guasti attesi in un insieme di pompe centrifughe 184
5.4.2 Previsione di guasto in assenza di sostituzione 185
5.4.2.1 Esempio applicativo: Failure Forecast in uno stabilimento chimico 186

CAPITOLO 6

LA MANUTENZIONE ORIENTATA ALL'AFFIDABILITÀ (RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE, RCM) 189

6.1 Contesto operativo e funzioni del sistema 191

6.1.1 Il contesto operativo 192
6.1.2 Le funzioni primarie e secondarie 193
6.1.2.1 Le funzioni primarie 194
6.1.2.2 Le funzioni secondarie 194
6.2 I guasti funzionali 195
6.3 I modi di guasto 196
6.4 Gli effetti del guasto 199
6.5 Le conseguenze del guasto 200
6.6 La politica di gestione dei guasti 202
6.6.1 Manutenzione su condizione 202
6.6.2 Manutenzione preventiva ciclica 207
6.6.2.1 Esempio applicativo: Calcolo dell'incremento di affidabilità di un sistema sottoposto a manutenzione preventiva 209
6.6.3 Failure Finding (FF) 211
6.6.3.1 Esempio applicativo: Failure Finding in un sistema di protezione 212
6.6.4 Manutenzione correttiva 212
6.7 La politica manutentiva prevista dall'RCM: diagramma di sintesi 214
6.8 Esempio di data sheet di applicazione dell'RCM 217
6.9 Fraintendimenti comuni relativi all'implementazione dell'RCM in ambito industriale 217
6.10 L'integrità meccanica (MI) del CCPS 218

CAPITOLO 7

LA MANUTENZIONE
E LA SICUREZZA SUL LUOGO DI LAVORO 221

7.1 La campagna di manutenzione sicura dell'OSHA 232
7.1.1 Pianificazione 232
7.1.2 Rendere sicura la zona di lavoro 234

7.1.3 Usare attrezzature adatte 234
7.1.4 Lavorare secondo la pianificazione effettuata 235
7.1.5 Effettuare i controlli finali 235
7.2 La gestione del cambiamento 235
7.2.1 Cambiamenti negli apparecchi di processo 237
7.2.2 Cambiamenti nei sistemi di controllo 238
7.2.3 Cambiamenti nei sistemi di protezione 238
7.2.4 Cambiamenti nelle modalità di ispezione e manutenzione ... 238
7.3 I rischi presenti nelle attività di manutenzione di impianti 239
7.3.1 Identificazione dell'apparecchio 239
7.3.2 Depressurizzazione, raffreddamento, svuotamento da liquidi, rimozione di solidi, pulizia, bonifica da gas 241
7.3.3 Isolamento dell'impianto 243
7.3.3.1 Isolamento di reattori e tubazioni 244
7.3.3.2 Isolamento di macchine 248
7.3.3.3 Isolamento elettrico 252
7.4 I permessi di lavoro 253
7.4.1 Esempio di permesso di lavoro generico 257
7.4.2 Esempio di permesso per l'ingresso in spazi confinati 260
7.4.3 Esempio di permesso per l'esecuzione di lavori a caldo 262
7.5 Lavori in spazi confinati 265
7.5.1 Cos'è uno spazio confinato 265
7.5.2 I pericoli presenti in uno spazio confinato 268
7.5.2.1 Atmosfere sotto-ossigenate 269
7.5.2.2 Atmosfere sovra-ossigenate 271
7.5.2.3 Atmosfere esplosive 272
7.5.2.4 Atmosfere tossiche 274
7.5.2.5 Ingresso di liquidi, vapori, gas e polveri da tubazioni di collegamento non isolate 274
7.5.2.6 Aspetti psicologici del lavoratore operante in spazi confinati 275
7.5.3 Preparazione all'ingresso in spazi confinati 275
7.5.4 Emergenza e salvataggio negli spazi confinati 277

7.5.5 Le criticità degli spazi confinati: un promemoria 278
7.6 La qualifica del personale di manutenzione 283

Bibliografia 285

APPENDICE A

INAFFIDABILITÀ CUMULATA
NELLA DISTRIBUZIONE NORMALE 289

APPENDICE B

FUNZIONE DI WEIBULL.
PARAMETRI DI CONFIDENZA
E CONVERSIONI TRA VITA UTILE E MTTF..... 291

APPENDICE C

Schede di integrità meccanica dei sistemi – CCPS, 2006 295
Apparecchiature rotanti..... 295
Contenimenti 331
Strumentazione e controlli 343
Scarichi di emergenza 369

Contenuto del Cd-Rom 383

CAPITOLO 1

INTRODUZIONE E STUDIO DI CASI

I rischi connessi alle attività di manutenzione sono, da sempre, uno tra gli aspetti a maggior criticità nell'ambito della sicurezza sul luogo di lavoro, soprattutto in un Paese come il nostro nel quale, anche per le specificità del tessuto produttivo costituito prevalentemente da piccole e medie imprese, si realizza una parte considerevole delle attività manutentive solo in occasione dei guasti a macchine, attrezzature ed impianti. Tale prassi tende ad aggravare le condizioni di rischio di un'attività la quale, già di per sé, risulta particolarmente pericolosa. In particolare, le problematiche connesse agli aspetti manutentivi di macchine ed attrezzature di lavoro presentano, ad oggi, le seguenti criticità:

- Le normative tecniche armonizzate che attualmente consentono al costruttore di assolvere agli obblighi imposti dalle direttive di prodotto (direttiva macchine, ped, atex, ecc.), e quindi marcare CE il proprio manufatto, sono concepite come strumento per *garantire la sicurezza del prodotto nuovo*. Nella maggioranza dei casi, quindi, la norma armonizzata non si pronuncia in modo approfondito sulle problematiche connesse al mantenimento delle caratteristiche di sicurezza del prodotto nell'arco del tempo di missione progettato.
- A causa della problematica precedentemente esposta, le istruzioni d'uso delle macchine sono spesso, per la parte manutentiva, o lacunose oppure, al contrario, ridondanti e costringono l'utilizzatore a tediosi controlli spesso molto ravvicinati nel tempo.
- L'innovativo Titolo III, Capo I, D.Lgs. n. 81/08 ha introdotto il concetto di *controllo sulle attrezzature di lavoro*, da effettuarsi a cura del *datore di lavoro*, che si affianca alle *verifiche di legge* svolte da *ente terzo*. Tuttavia, mancano chiari riferimenti sulle modalità concrete attraverso cui tali controlli possano essere svolti. Tale obbligo di controllo e manutenzione richiede infatti, da parte dell'utilizzatore, uno sforzo di omogeneizzazione delle prescrizioni indicate dai manuali di uso, soprattutto nei casi di impianti complessi.
- Spesso le trattazioni in lingua italiana che discutono di manutenzione, sono

orientate alla produzione ed alla logistica, finalizzando gli strumenti manutentivi al miglioramento della stessa e alla minimizzazione dei costi aziendali, con la conseguenza che, a volte, si trascurano completamente gli aspetti connessi alla sicurezza sul lavoro.

- Le operazioni di manutenzione risultano tra le maggiori cause di infortuni e decessi nei luoghi di lavoro. La caratteristica che emerge con più evidenza, come vedremo dallo studio di alcuni casi presentato nel Paragrafo successivo, è relativa al fatto che le persone, nel corso delle attività manutentive, si infortunano gravemente spesso per pochi e selezionati motivi. Le attività di manutenzione uccidono, con deprimente regolarità, da Nord a Sud, nelle aziende familiari e in quelle a rischio di incidente rilevante, sempre con lo stesso, copione e, spesso, in situazioni già previste dalla normativa cogente fin dagli anni '50.

È a partire da questi motivi, dunque, che si è pensato ad un testo che trattasse organicamente di manutenzione orientata all'affidabilità e sicurezza connessa alle attività di manutenzione. Inoltre, si ritiene che una trattazione complessiva delle problematiche intercorrenti tra la sicurezza sul lavoro e la manutenzione di macchine ed attrezzature debba necessariamente svilupparsi, per essere maggiormente efficace, attraverso l'approfondimento di due grandi aree tematiche.

La prima area prende in esame gli studi di affidabilità dei sistemi complessi e consente di delineare i fabbisogni manutentivi minimi di un'attrezzatura di lavoro; tale tematica si rivolge dunque al fabbricante, così come definito dalle direttive di prodotto. In estrema sintesi, quindi, una manutenzione sicura dovrà essere pensata e progettata *in origine* dal costruttore dell'attrezzatura di lavoro.

Una seconda grande area applicativa è finalizzata a migliorare le condizioni di sicurezza degli addetti durante le operazioni di manutenzione, leggendo ogni intervento manutentivo attraverso la filigrana costituita dal D.Lgs. n. 81/08 e dalla normativa ad esso collegata.

La sicurezza degli addetti alla manutenzione non può quindi essere facilmente raggiunta se non viene preliminarmente pensata dal costruttore dell'attrezzatura di lavoro e, all'inverso, una corretta manutenzione preventiva dell'attrezzatura di lavoro risulta di difficile raggiungimento se le condizioni di sicurezza degli addetti risultano precarie.

La scelta delle politiche manutentive sarà dunque sempre condizionata da due fattori tra loro collegati:

- reale e concreta operatività degli addetti alla manutenzione;

- valutazione delle conseguenze che un guasto all'attrezzatura di lavoro porta con sé.

Pensiamo, per esempio, al funzionamento e all'eventuale avaria di un motore elettrico ed immaginiamo che tale guasto determini l'arresto di:

1) un azionatore in un centro di lavoro (es. fresatrice ad "n" assi);
2) un azionatore, senza dirette implicazioni di sicurezza, posto all'interno di una zona di difficile accessibilità, in una linea a ciclo continuo;
3) una pompa di raffreddamento in un reattore chimico.

Nel primo caso, non essendoci implicazioni dirette in termini di sicurezza, potremmo orientarci verso una manutenzione correttiva che intervenga a guasto avvenuto, e ripristini la funzionalità accentando una interruzione di servizio del centro di lavoro.

La politica manutentiva, nel secondo caso, risulta invece di più difficile scelta. Infatti il guasto in sé stesso non determina dirette ricadute in termini di sicurezza dell'attrezzatura, ma costringe ad un intervento di manutenzione a linea in moto, che potrebbe mettere a rischio la sicurezza del manutentore addetto a tale compito. In questa ipotesi è maggiormente consigliabile una manutenzione preventiva [1] volta a minimizzare la frequenza con la quale il guasto si manifesta.

Nel terzo caso e ultimo caso, oltre ad individuare una politica di manutenzione preventiva, dovremmo pensare a dispositivi di stand-by e/o di protezione che, intervenendo in caso di guasto, mantengano un alto livello di affidabilità dell'impianto. Da questo breve esempio bene si comprende, quindi, che la scelta di una corretta strategia manutentiva determina ricadute sia sulla sicurezza del prodotto sia sulla sicurezza del lavoro ed introduce nell'analisi tutta una serie di variabili che devono essere racchiuse e sistematizzate in *un'unica opera di narrazione*.

Il testo, alla luce di quanto detto, si propone quindi di introdurre l'applicazione degli aspetti manutentivi più innovativi, partendo dalla RCM (Reliability Centred Maintenance ovvero Manutenzione Orientata all'Affidabilità) e dall'Integrità Meccanica (Mechanical Integrity, MI), per arrivare alla concreta elaborazione di procedure ed istruzioni operative per la gestione della sicurezza sul lavoro, ispirandosi anche a quanto suggerito dall'OSHA con la campagna sulla manutenzione sicura (OSHA, 2010).

1. Così come definita nel Capitolo 6 *(vedi pag. 189)*.

Si fa riferimento, quindi, ad un approccio legislativo, ma anche ingegneristico e tecnico-normativo, ovvero una manutenzione tecnica declinata nell'ambito del mondo della sicurezza (di prodotto e sul luogo di lavoro). In questo senso si propone una visione ad ampio respiro che focalizzi primariamente il processo della manutenzione e non si limiti a lunghi e tediosi elenchi di adempimenti.

Il manuale si propone come un ausilio sia per i fabbricanti di macchine ed apparecchiature, sia per i datori di lavoro che vogliano implementare programmi manutentivi tecnicamente agganciati ai principi dell'RCM e della MI, secondo un approccio orientato all'affidabilità, finalizzato a comprendere come gestire il processo manutentivo in sicurezza, anche relativamente ai processi di modifica e cambiamento (=Management of Change).

Seguendo questo approccio, dunque, il testo partirà con l'illustrazione di alcuni eventi infortunistici correlati a carenze manutentive: molte volte, infatti, ciò che può accadere è già avvenuto nel passato e tali esperienze devono essere poste a fondamento delle attività di valutazione. Il passato, in questo senso, fornisce l'indicazione diretta ed evidente di quali siano i meccanismi coinvolti nella genesi di incidenti legati sia a una limitata affidabilità dei sistemi, sia a operazioni manutentive condotte scorrettamente. Il passato è *sempre* un buon maestro, soprattutto nel settore manutentivo.

Il secondo Capitolo è invece dedicato allo studio dei meccanismi di guasto in un sistema, non trascurando l'importantissimo aspetto legato all'errore organizzativo ed umano. I capitoli terzo e quarto sono finalizzati ad introdurre i parametri affidabilistici in base ai quali si eseguiranno valutazioni di rischio e previsioni di guasto. In questi due capitoli si è cercato di introdurre i concetti di matematica statistica riducendo al minimo la formalizzazione analitica e ricercando, per quanto possibile, un'immediata applicabilità operativa. Il Capitolo quinto è dedicato allo sviluppo di tre importanti strumenti di valutazione: la *FMEA/FMECA*, *l'Albero delle Avarie o dei Guasti (FTA)* ed il *Failure Forecasting*, tre *attrezzi del mestiere* indispensabili per la modellazione di sistemi affidabilistici complessi. Il sesto Capitolo è dedicato all'illustrazione della Manutenzione Orientata all'Affidabilità (RCM) sia nel caso di sistemi produttivi a rischio convenzionale sia in quelli a rischio di incidente rilevante. Tale illustrazione è integrata con le conclusioni dettate dai principi di Integrità Meccanica proposti da CCPS [2] attraverso l'introduzione di schede tecniche riepilogative riportate in Allegato C *(vedi pag. 295)*.

2. CCPS, Central Control of Process Safety.

Infine, il Capitolo sette è dedicato alla sicurezza sul luogo di lavoro nel corso delle attività di manutenzione; pertanto si tratteranno diffusamente le tecniche di messa in sicurezza di macchine ed impianti nel caso dell'esecuzione dei principali interventi manutentivi.

Il volume si concentra prevalentemente, oltre che sull'affidabilità dei sistemi, anche sulle problematiche inerenti la sicurezza sul lavoro durante le operazioni di manutenzione di natura non elettrica. L'ambito elettrico risulta infatti già bene coperto dalle normative tecniche emesse dal Comitato Elettrotecnico Italiano (CEI) alle quali si rimanda per ulteriori approfondimenti. Si pensi, per esempio, alla norma CEI EN 60079-17, relativa alla verifica e manutenzione degli impianti elettrici collocati in ATEX, oppure all'esecuzione di lavori elettrici in luoghi conduttori ristretti (parte 706, CEI 64-8), piuttosto che ai requisiti di formazione degli addetti ai lavori elettrici (CEI 11-27).

1.1 Studio di casi

Per rendere maggiormente efficace l'analisi si vuole riportare un elenco di casi avvenuti nel passato, ovviamente non esaustivi dell'intera e varia problematica della sicurezza connessa alla manutenzione. In tale carrellata si sono inclusi sia casi di estrema rilevanza, che hanno monopolizzato l'attenzione dei mass-media per settimane, sia casi minori, pur sempre rappresentativi delle possibili criticità in gioco.

La conoscenza dei casi accaduti nel passato può essere di ausilio all'analista per discriminare gli scenari di rischio astrattamente possibili dagli scenari di rischio maggiormente credibili, e suoi quali concentrare le maggiori attenzioni di prevenzione e protezione.

I casi illustrati sono stati elaborati in base alle informazioni reperibili dalle seguenti fonti:

- ANPA (2000), Sicurezza dei reattori chimici, Roma.
- Banca dati Infor.MO, Strumento per l'analisi qualitativa dei casi di infortuni mortali e gravi, *(http://www.ispesl.it/getinf/informo/home_informo.asp).*
- BP (2005), BP Process Safety Series: Confined Space Entry, IChemE, Rugby (UK).
- CCPS (1994),Guidelines for Evaluating the Characteristics of Vapor Cloud Explosions, Flash Fires, and BLEVEs, AICHE, New York (USA).
- Crowl D. A., Louvar J. F. (2011), Chemical Process Safety, Pearson, Boston (USA).

- CSB (2006), Case Study: Confined space entry - worker and would-be rescuer asphyxiated (No. 2006-02-I-DE), CSB, Washington, DC, (USA).
- HSE (2005), Guidance on permit-to-work systems, Crown Ed., UK.
- Kletz T. (2009), What went wrong, V Ed., Butterworth Heinemann Ed., Oxford (UK).
- Mannan S. (2005), Lee's Loss Prevention in the Process Industries, Butterworth Heinemann, Oxford (UK).
- OSHA (1999), Preventing Worker Deaths from Uncontrolled Release of Electrical, Mechanical, and Other Types of Hazardous Energy, Publication No. 99–110, USA.
- *www.senato.it.*

Preliminarmente allo studio dei casi si vuole tuttavia osservare come la diffusa convinzione che l'affidabilità degli impianti possa essere ascrivibile a *fatti* di ordine tecnico risulta basata su deboli fondamenta. Studi dettagliati condotti sulle cause profonde di guasto in impianti ad elevato rischio (Barringer, 2006) forniscono, infatti, i risultati riportati in Tabella 1.1.

Si può vedere come le cause profonde di guasto, ascrivibili, in impianti nuovi, ad errori di progettazione e a guasti random a componenti, divengono principalmente connesse ad errori umani (singoli e dell'organizzazione) all'aumentare dell'anzianità di esercizio delle macchine.

Tab. 1.1- Cause profonde di guasto in impianti complessi (Barringer, 2006)

IMPIANTI COMPLESSI "GIOVANI"		IMPIANTO COMPLESSI "MATURI"	
CATEGORIA DELLA CAUSA PROFONDA DEL GUASTO	%	CATEGORIA DELLA CAUSA PROFONDA DEL GUASTO	%
Errori di progetto	35	Persone	38
Guasti casuali a componenti	18	Procedure e processi	34
Errore dell'operatore	12	Apparecchi	28
Errore di manutenzione	12		
Causa sconosciuta	12		
Errore procedurale & causa sconosciuta	10		
Errore di costruzione	1		
Totale	**100**	**Totale**	**100**

Un altro aspetto da sottolineare è la tendenza, in aziende non di processo, alla manipolazione dei dispositivi di protezione. In tal senso una ricerca condotta dall'HVGB tedesco nel 2006, nel settore metalmeccanico, illumina un

aspetto ben noto a chi si occupa di sicurezza, ma mai precisamente quantificato (HVGB, 2006). Si riportano in Tabella 1.2 i risultati della ricerca.

Tab. 1.2 – La manipolazione dei dispositivi di interblocco nell'industria metalmeccanica tedesca (HVGB, 2006)

1) A suo parere, in che percentuale i dispositivi di protezione delle macchine risultano temporaneamente oppure permanentemente manipolati?	**2) A suo parere, in caso di manipolazione dei dispositivi di protezione sulle macchine, in che percentuale tale azione può determinare un incidente?**
- Non manipolati (63%) - Temporaneamente manipolati (23%) - Permanentemente manipolati (14%)	- Accresce il rischio di incidente (51%) - Non accresce il rischio di incidente (49%)
3) A suo parere, in che percentuale gli incidenti industriali che avvengono sulle macchine sono attribuibili alla manipolazione dei loro dispositivi di protezione?	**4) A suo parere, in che percentuale le aziende tollerano la manipolazione dei dispositivi di protezione delle macchine?**
- Attribuibili alla manipolazione (25%) - Altre cause (75%)	- Non tollerano la manipolazione (66%) - Tollerano la manipolazione (34%)

A partire da quanto premesso si presentano di seguito 28 casi realmente accaduti nel recente passato. Essi saranno suddivisi in base a otto categorie (Tabella 1.3).

Tab. 1.3 – Classificazione degli incidenti dovuti a manutenzione

TIPOLOGIA DELL'INCIDENTE MANUTENTIVO	DESCRIZIONE
1	Incidente a manutentori, non meccanico ed elettrico, avvenuto durante l'intervento di manutenzione
2	Incidente a manutentori, meccanico, avvenuto durante l'intervento di manutenzione
3	Incidente a manutentori, elettrico, avvenuto durante l'intervento di manutenzione
4	Incidente a manutentori, avvenuto durante l'intervento di manutenzione, a causa della manipolazione dei sistemi di sicurezza
5	Incidente a manutentori avvenuto in spazi confinati
6	Incidente, con conseguenze estese, avvenuto in conseguenza dell'intervento di manutenzione
7	Incidente causato da malfunzionamenti e/o affidabilità limitate in macchine, impianti e sistemi tecnologici
8	Incidente causato da mancata manutenzione

1.1.1 *Incendio causato dalla rimozione di una pompa*

Presso uno stabilimento chimico, una pompa centrifuga risultava in fase si smantellamento a causa di una riparazione. La rimozione dell'involucro determinò la fuoriuscita dell'olio diatermico contenuto nella tubazioni collegata alla pompa stessa. L'olio era surriscaldato ad una temperatura superiore al proprio punto di infiammabilità. Il rapidissimo *flashfire* ed incendio conseguente causò il decesso dei tre manutentori addetti nonché la completa distruzione del sito. L'esame post-incidentale evidenziò che, al momento dell'intervento, la valvola di intercettazione posta sull'aspirazione era aperta mentre la valvola di intercettazione allo scarico risultava chiusa. La pompa era in attesa di riparazione da diversi giorni ed il permesso di lavoro venne emesso il giorno dell'incidente.

Il caporeparto avrebbe dovuto accertarsi dell'isolamento della pompa dalle tubazioni ad essa collegate. L'interrogatorio successivo, svolto dagli inquirenti, evidenziò che tale azione fu comunque svolta ma probabilmente, in una fase successiva (compresa tra il controllo del caporeparto e l'intervento di rimozione), un operatore azionò le valvole intercettate (ma non bloccate). Inoltre, sulle valvole intercettate non fu apposto alcun segnale scritto che evidenziasse la manutenzione in atto. Un ulteriore fattore si aggiunse a quanto già illustrato: preliminarmente l'intervento avrebbe dovuto riguardare i soli cuscinetti esterni della pompa. Solo successivamente si decise di rimuovere il corpo pompa, ma senza previa riverifica dell'isolamento.

Tipologia: 1, 6

1.1.2 *Flixborough (UK)*



Figura 1.1 Effetti dell'incidente avvenuto a Flixborough

Un incidente connesso a modifiche temporanee effettuate sull'impianto, senza un'analisi di sicurezza preliminare, è quello di Flixborough (UK), storico per la sua drammatica rilevanza in termini di conseguenze (28 morti, 36 feriti, distruzione dell'intero impianto), che si verificò in un impianto per la produzione di caprolattame, un intermedio necessario alla produzione sintetica del Nylon (Figura 1.1).

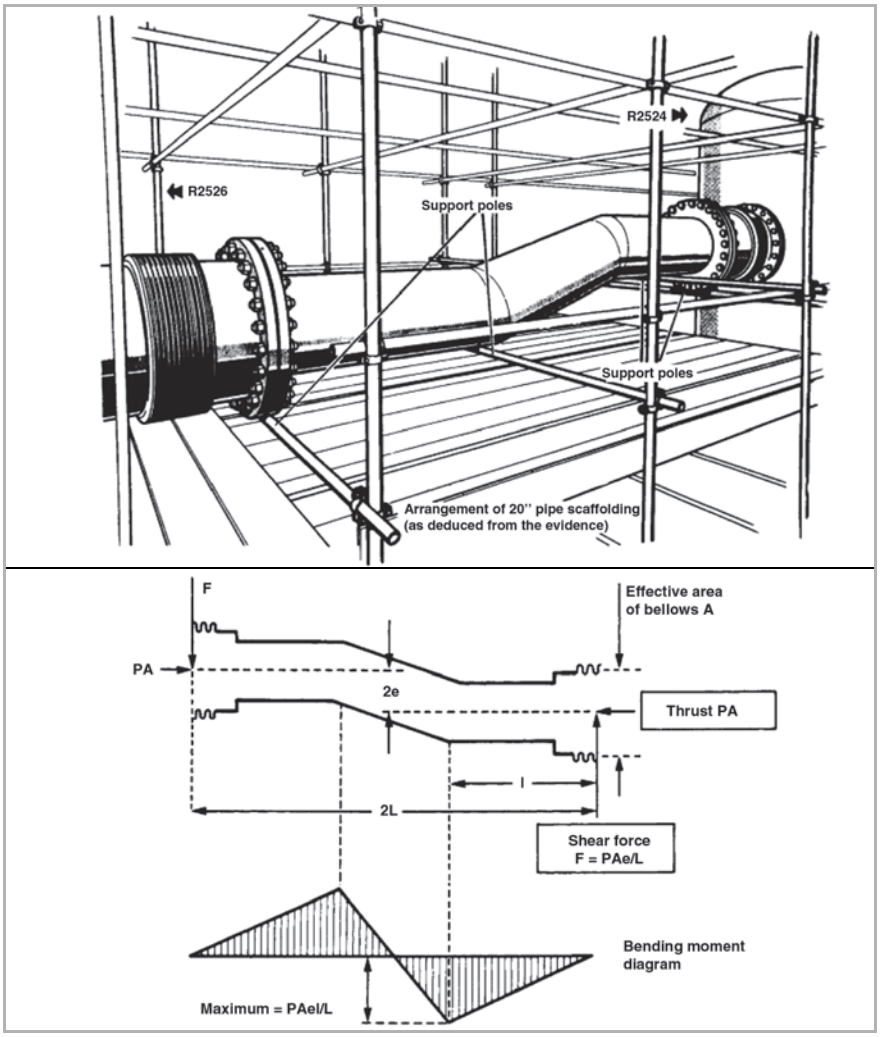


Figura 1.2
Schema della modifica e sollecitazioni agenti su di essa

Nell'impianto erano in servizio sei reattori in serie in cui il cicloesano era ossidato con aria, in presenza di un catalizzatore per formare cicloesanolo. Per esigenze di interventi di riparazione del reattore numero 5, fu deciso di by-passarlo senza interrompere il processo, connettendo direttamente il reattore numero 4 al numero 6 con un tratto di tubazione (Figura 1.2).

Questa modifica fu effettuata senza una specifica analisi di sicurezza e senza la supervisione di personale tecnico con esperienza specifica. Il giorno del disastro si verificò la rottura del tubazione by-pass e quindi il rilascio di alcune tonnellate di cicloesano che vaporizzò istantaneamente con formazione di nube di vapori infiammabili. Si innescò una VCE con conseguenze disastrose e l'incendio che ne seguì coinvolse ingenti quantità di prodotti infiammabili. **Tipologia: 6**

1.1.3 *Esplosione ed incendio conseguente ad un guasto ad un sensore di sicurezza*

L'incidente, avvenuto in un impianto chimico, fu indotto da un guasto ad un sensore di troppo pieno posto all'interno di una sfera contenente gas di petrolio liquefatto (GPL). A seguito di tale guasto, la sfera venne sovra-riempita e questo causò un rilevantissimo rilascio in atmosfera di GPL non combusto. Il rilascio, avvenuto da una valvola posta a 25 metri di altezza, causò l'emissione di circa 500 kg totali di GPL che formò una nube al terreno alta circa un metro e con un raggio di 40 metri. Gli operatori della sala controllo videro tale rilascio muoversi nella loro direzione, spinto da vento. L'innesco della nube avvenne in corrispondenza di una centrale termica posta in prossimità della sala controllo. L'esplosione conseguente, stimata pari a 1500 kg di TNT, determinò 75 feriti ed un morto, causati prevalentemente dalla proiezione di frammenti di vetro a distanze rilevantissime.

Tipologia: 7

1.1.4 *Accesso in un silos con organi interni in movimento*

Due lavoratori si introdussero all'interno di un silos per compiere lavorazioni di pulizia straordinaria a silos vuoto, ma con l'estrattore rotativo per il convogliamento delle granaglie in funzione. Durante tale operazione i due lavoratori furono agganciati dall'organo lavoratore in movimento veloce ed entrambi uccisi dalla macchina. È stato possibile accertare che:

- Il portello di accesso all'interno del silos era dotato di microinterruttore non a sicurezza positiva.
- Tale microinterruttore non interrompeva il funzionamento di alcuna macchina/motore, ma unicamente una spia sul quadro sinottico.
- Mentre il progetto originario del software prevedeva l'inserimento in serie dell'interruttore di sicurezza con la linea di comando dei motori dell'organo lavoratore pericoloso, una successiva modifica allo stesso ne ha escluso la funzionalità.
- Il contesto generale della progettazione della sicurezza dell'impianto è difforme dai principi generali citati dalle norme di riferimento.
- Non esisteva alcun manuale d'uso e manutenzione.
- Conseguentemente al punto precedente l'attività di formazione ed informazione attuata dal datore di lavoro risulta insufficiente ed inadeguata.

- Il fascicolo tecnico dell'impianto non esaminava gran parte dei R.E.S. dell'allegato I del D.P.R. 459/96 e delegava l'intera progettazione dell'equipaggiamento elettrico della macchina e quindi di parti rilevanti del sistema di sicurezza a soggetti esterni.
- La valutazione dei rischi era inadeguata e non aggiornata all'inserimento all'interno della produzione di tale impianto presente da almeno 3 anni.
- Non esistevano alcune procedure scritte relativamente alle attività di manutenzione.

A seguito delle indagini esperite, non risultò plausibile che l'impianto fosse stato avviato prima dell'ingresso dei due lavoratori all'interno del silos, ma nemmeno che lo stesso fosse stato avviato inavvertitamente da terzi. Appare verosimile che mentre uno dei due lavoratori era all'interno, l'altro lavoratore avesse avviato, dal pulpito di comando, la serie di motori tra cui anche quello dell'estrattore e che poi, avvedutosi del problema, abbia tentato di prestare soccorso al collega. La procedura, già espletata in precedenza, sia da uno dei due lavoratori che da altri colleghi, richiedeva circa due ore, mentre in questo caso l'ora di inizio dell'attività lascia presumere che i lavoratori sono stati indotti ad avviare una procedura accelerata.
Tipologia: 2, 4

1.1.5 Esplosione di un serbatoio d'acqua alimentato da un pozzo artesiano

Nel caso analizzato, per eseguire la manutenzione degli indicatori di livello, l'infortunato avrebbe dovuto aprire la flangia di un serbatoio in vetroresina della capacità di 30 mc, utilizzato per l'accumulo dell'acqua proveniente da due pozzi artesiani della ditta. Per raggiungere la parte alta del serbatoio, nella quale era collocato il boccaporto di accesso, l'uomo utilizzò una cesta autosollevante. Le viti in acciaio che mantenevano chiusa la flangia del "passo d'uomo" erano corrose e l'operatore non riuscì a svitarle. L'utilizzo della smerigliatrice portatile, per la rimozione di tali viti, determinò un'esplosione che proiettò in alto il serbatoio. Tale esplosione investì in pieno la cesta sulla quale stava operando il manutentore.

Sia l'infortunato, sia una grande parte del serbatoio, vennero proiettati sul tetto dell'edificio adiacente. L'uomo morì a causa delle numerose fratture riportate. Nel serbatoio si era accumulato, nel corso del tempo, metano disciolto nell'acqua prelevata dai due pozzi artesiani utilizzati dalla ditta. Lo scintillio

prodotto dalla mola abrasiva determinò l'innesco della miscela esplosiva interna al serbatoio (metano e aria). Negli anni precedenti all'incidente, l'impianto era stato dotato di un *degasatore* per metano, successivamente rimosso. Inoltre, la ditta possedeva una procedura per l'esecuzione di lavori "con produzione di scintille" ma questa non era mai stata implementata.
Tipologia: 1, 4

1.1.6 Therac 25

Uno tra i più emblematici guasti di software con ricadute sulla sicurezza delle persone è quello avvenuto in ambito medico ad una macchina per radioterapia, la Therac-25. La macchina fu causa di almeno sei incidenti avvenuti tra il 1985 e il 1987, durante i quali ai pazienti venne somministrata una dose di radiazioni 100 volte superiore a quella necessaria per la terapia, causando avvelenamento acuto da radiazioni e la morte di due dei sei pazienti sottoposti a trattamento. In particolare, il radiologo posizionava il paziente sul tavolo radiografico e collocava la sorgente di RX nella zona prevista per la terapia. Successivamente tornava nella zona protetta di comando e immetteva i dati richiesti nel terminale. Il software verificava che i dati immessi corrispondessero alla reale situazione della macchina e, se collimavano, evidenziava la segnalazione "VERIFIED" e dava consenso al trattamento medico, altrimenti bloccava il processo. Questa procedura consentiva un doppio controllo sulle impostazioni della terapia. Tuttavia, a seguito di alcuni feedback negativi, principalmente legati alla laboriosità e alla lentezza della procedura, il costruttore del Therac-25, cambiò l'impostazione software consentendo di ricopiare i dati che comparivano nella colonna "PRESCRIBED" sulla colonna "ACTUAL" semplicemente premendo il pulsante di "CARRIAGE RETURN" e rendendo, nei fatti, vano il doppio controllo (Figura 1.3).

La macchina offriva due possibilità radioterapeutiche:

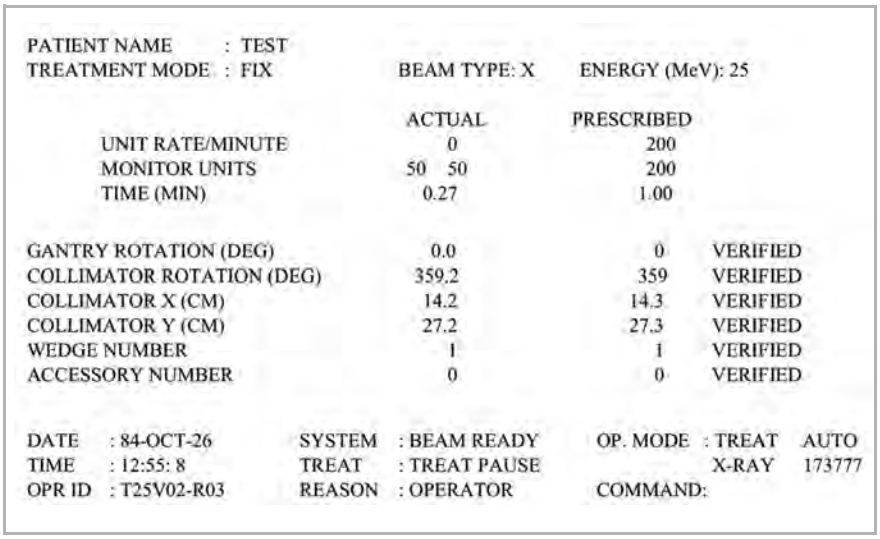
- terapia a base di fasci di elettroni, che erogava una bassa dose di elettroni ad alta energia (da 5 MeV a 25 MeV) per poco tempo;
- terapia a base di raggi X ad alta energia, che erogava raggi X tramite il bombardamento di un "bersaglio" con un fascio di elettroni da 25MeV.

Gli incidenti accadevano quando erroneamente veniva attivata una particolare modalità di emissione dl elettroni ad alta potenza in luogo di quella a potenza ridotta in contemporanea alla mancanza del diffusore. Il software che controllava la macchina non riusciva a rilevare l'anomalia e, di conseguenza,

non poteva evitare che venisse somministrata una dose letale di radiazioni.

Alcuni giorni dopo, i pazienti soggetti a questo genere di incidente, evidenziavano sintomi di avvelenamento da radiazioni che hanno causato il decesso di due persone.

Tipologia: 7



PATIENT NAME : TEST
TREATMENT MODE : FIX BEAM TYPE: X ENERGY (MeV): 25

	ACTUAL	PRESCRIBED	
UNIT RATE/MINUTE	0	200	
MONITOR UNITS	50 50	200	
TIME (MIN)	0.27	1.00	
GANTRY ROTATION (DEG)	0.0	0	VERIFIED
COLLIMATOR ROTATION (DEG)	359.2	359	VERIFIED
COLLIMATOR X (CM)	14.2	14.3	VERIFIED
COLLIMATOR Y (CM)	27.2	27.3	VERIFIED
WEDGE NUMBER	1	1	VERIFIED
ACCESSORY NUMBER	0	0	VERIFIED

DATE : 84-OCT-26 SYSTEM : BEAM READY OP. MODE : TREAT AUTO
TIME : 12:55: 8 TREAT : TREAT PAUSE X-RAY 173777
OPR ID : T25V02-R03 REASON : OPERATOR COMMAND:

Figura 1.3
Layout dell'interfaccia operatore della Therac 25

1.1.7 Manutenzione di lastre in fibrocemento

Durante le fasi preliminari di una manutenzione di una tettoia in fibrocemento, l'infortunato camminava sulle lastre. Una di queste sotto il peso dell'operatore si ruppe determinando la caduta a terra dell'addetto da un'altezza di circa 6 metri. Tale incidente procurò politraumi che causarono il decesso dell'uomo.

Tipologia: 1

1.1.8 Cisterna contaminata con acido solfidrico

Il lavoratore ROSSI era impegnato nel lavaggio e bonifica di un container a cisterna che precedentemente aveva trasportato zolfo liquido da una raffineria ad un'azienda per la produzione di acido solforico. Il container era rimasto stoccato per lungo tempo con il boccaporto chiuso sotto ad un tetto di lamiera.

ROSSI si portò, per il tramite di una scala carrellata, sulla parte superiore del container in prossimità del boccaporto di accesso alla cisterna. Prima di ese-

guire il lavaggio con una lancia con acqua calda ad alta pressione, il lavoratore, tramite una scala portatile sistemata all'interno della cisterna, entrò nella stessa dal boccaporto per rimuovere manualmente le parti solidificate di zolfo presenti. Parti che essendo solide di grosse dimensioni non sarebbero state asportate con il lavaggio con la lancia. Si è dedotto da vari fattori, che il lavoratore ROSSI, durante la discesa della scala portatile, sia svenuto in conseguenza delle esalazioni che fuoriuscivano dalla cisterna, precipitando all'interno della stessa e rimanendovi per un tempo non definibile, decedendo per asfissia da vapori di acido solfidrico. Dalla testimonianza dell'unico lavoratore superstite che chiameremo BIANCHI, si è venuti a conoscenza che il lavoratore ROSSI era l'unico che si occupava del lavaggio degli autoarticolati.

BIANCHI insieme ai lavoratori VERDI ed AZZURRI erano impegnati nel lavaggio di autovetture. Dopo aver terminato il lavaggio di una di queste, il BIANCHI ha notato che i suoi tre colleghi ROSSI, VERDI ed AZZURRI non c'erano. A questo punto il lavoratore BIANCHI, notando che qualcosa non andava, salì sulla cisterna sentendo subito nelle vicinanze un forte odore di zolfo e, affacciatosi nella botola, vedeva i corpi esamini dei suoi tre compagni. Egli mosse la scala presente all'interno della cisterna e chiamò per nome i suoi colleghi sollecitandoli per vedere se davano segni di ripresa. Non avendo ricevuto alcun segno, BIANCHI chiese aiuto alla figlia del titolare dell'azienda, la quale richiese l'intervento dei Vigili del Fuoco e del servizio 118. TERZI, dipendente di una ditta di autotrasporti che depositava il proprio autoarticolato presso l'autoparco ove si trovava anche il lavaggio, notò la situazione e si porto anch'egli sulla cisterna e, nonostante il lavoratore BIANCHI cercasse di fermarlo, scese nello spazio confinato cercando di rialzare le persone che vi si trovavano, ma dopo i primi tentativi anch'egli perse i sensi. Dopo pochi minuti giunse sul posto il TITOLARE dell'azienda il quale si portò anch'esso sulla cisterna nel tentativo di scendere, a quel punto il lavoratore BIANCHI lo invitava a non scendere o in alternativa a legarsi ad una corda in da poterlo recuperare qualora si fosse sentito male anche lui. In tutta risposta il lavoratore BIANCHI veniva allontanato ed il TITOLARE scendeva giù perdendo anch'egli i sensi. Nel frattempo giunsero i soccorritori del servizio 118 e i VVF che, muniti di maschera con autorespiratore e tuta impermeabile, estrassero tutti i corpi.

Nessuno delle persone scese nell'autocisterna sopravvisse all'incidente. Lo SPESAL rilevò l'assenza dei DPI necessari all'accesso allo spazio confinato.

Dalle indagini tossico-chimiche effettuate sui corpi e all'interno della cisterna fu confermata la morte per esposizione ad acido solfidrico con livelli di concentrazione 200 volte superiori ai valori di TLV consentiti, e alti valori di anidride carbonica conseguenza di un fenomeno di fermentazione. Questo ha

portato il tossicologo alla conclusione che la sostanza si è sviluppata in conseguenza della reazione dello zolfo con i residui dell'altra sostanza trasportata precedentemente con quella cisterna, e di cui erano rimasti residui dopo la precedente bonifica. Inoltre una concausa dell'evento fu il considerevole periodo di tempo in cui la cisterna rimase chiusa ermeticamente sotto l'esposizione degli agenti atmosferici.

Tipologia: 5

1.1.9 Isolamento di spazi confinati non completo

Una colonna di distillazione, presente in uno stabilimento chimico, doveva essere ispezionata e fu posta in condizioni di sicurezza attraverso le seguenti operazioni (realizzate durante il turno notturno):

- ciecatura di tutte le tubazioni in ingresso ed uscita dalla colonna;
- svuotamento del contenuto delle sostanze di processo;
- rimozione dei vapori residui con flussaggio d'azoto;
- flussaggio d'aria fino al raggiungimento delle condizioni atmosferiche;
- verifica strumentale del raggiungimento delle condizioni di sicurezza per l'accesso.

Il preposto ai lavori (del primo turno diurno) emise il permesso di lavoro, preliminarmente assicurandosi che la procedura di bonifica fosse stata attuata e che tutte le precauzioni di sicurezza necessarie fossero poste in essere.

La colonna di distillazione era posizionata nella viabilità di stabilimento in un luogo immediatamente retrostante all'ufficio del preposto ai lavori il quale, in modo del tutto accidentale, camminando in prossimità dell'impianto, rilevò la presenza di un debole rumore proveniente dalla torre stessa (Figura 1.4).

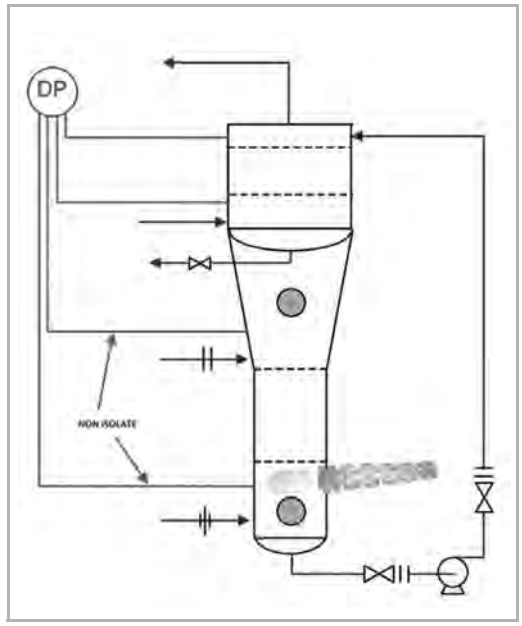


Figura 1.4
Schematizzazione della colonna di distillazione

Il rumore proveniva da due piccole tubazioni di collegamento strumentale destinate alla rilevazione della differenza di pressione tra la torre posta in manutenzione e quella (in regolare esercizio) presente a valle del processo. Tale strumentazione di processo, non isolata, nel corso della notte saturò di idrocarburi la torre in manutenzione. Il permesso di lavoro venne ritirato prima che la squadra di manutenzione avesse accesso alla torre.
Tipologia: 5

1.1.10 Rimozione anticipata dell'isolamento

Un compressore operante con etilene venne intercettato con valvole e isolato con flange cieche per l'esecuzione di un intervento di manutenzione. Quando le riparazioni furono completate, l'isolamento con flange venne rimosso prima che la macchina fosse provata. Durante il test iniziale, un certa quantità di etilene trafilò attraverso le valvole di intercettazione ancora chiuse. L'etilene a contatto con l'aria presente nella tubazione precedente isolata formò una atmosfera esplosiva che venne innescata o da un punto caldo presente nel compressore oppure dall'acetiluro di rame rinvenuto nelle guarnizioni della valvola di intercettazione. Il compressore, a seguito dell'esplosione, venne severamente danneggiato.

Gli isolamenti non devono mai essere rimossi fino a quando la manutenzione non sia stata completata. È buona pratica rilasciare tre permessi di lavoro – uno per l'inserimento delle flange, uno per l'esecuzione del lavoro di manutenzione e, infine, uno per rimuovere le flange di isolamento.
Tipologia: 1

1.1.11 Dispositivo di sicurezza non affidabile

In un impianto destinato all'ossidazione di idrocarburi ebbe luogo un'esplosione che causò 10 feriti e danneggiò gravemente l'impianto stesso. Tale esplosione avvenne a causa di un rilascio d'ossigeno, nonostante fossero installati sistemi di protezione destinati al monitoraggio della concentrazione di tale gas all'interno dei reattori di processo.

È norma, in questi casi, installare una serie di sensori ridondante. In questo caso, però, ogni parte di impianto risultava monitorata da un singolo sensore; la diminuita affidabilità del sistema veniva compensata con una verifica quotidiana di funzionalità anziché settimanale o mensile. Tale test richiedeva un'ora di fuori servizio del sistema di protezione.C'era quindi una probabilità stimata

pari a circa 1/24 che l'impianto non avrebbe impedito l'esplosione perché in fase di test. L'esplosione avvenne proprio in questa occasione.
Tipologia: 7

1.1.12 Coclea non completamente carterizzata

Nel reparto Forni e materie prime lungo la linea di trasporto delle sabbie umide era presente una coclea all'interno di un involucro a sezione semicircolare che nel seguito chiameremo alloggiamento coclea. Tale alloggiamento della coclea si presentava in origine chiusa superiormente da quattro coperchi in lamiera piena imbullonati sul bordo. Successivamente tale copertura venne sostituita da quattro elementi in lamiera forata asportabili, appoggiati e incastrati sul bordo dell'alloggiamento coclea stesso, inizialmente anch'essi imbullonati ma poi, da anni, non più fissati al bordo. I quattro nuovi elementi grigliati di protezione non arrivavano a coprire interamente il vano dell'alloggiamento della coclea, nel senso della lunghezza; tra gli elementi, variamente distribuito, residuava uno spazio di circa 20 cm di larghezza. Al momento del fatto erano in corso le manovre per calare a terra un'elica in riparazione, precedentemente sostituita e lasciata provvisoriamente a lato dell'alloggiamento, cosicché il ballatoio dove era collocato l'impianto risultava completamente ostruito e per passare l'addetto alla manutenzione decise di salire sopra l'alloggiamento della coclea, con quest'ultima regolarmente in funzione. Nel corso dell'operazione (non vi sono testimoni oculari) l'addetto salì sul grigliato di copertura della coclea scivolandovi dentro. Venne intrappolato con la gamba sinistra, trascinata dall'organo in rotazione. Riportò lo spappolamento dell'arto inferiore sinistro e della corrispondente regione inguinale. Il decesso avvenne per shock emorragico. La vittima, salendo sull'alloggiamento della coclea, mise probabilmente il piede sinistro sull'elemento grigliato appoggiato (gli altri 3 erano invece incastrati) e, con il suo peso lo fece prima flettere e poi finire dentro al condotto. Non si può tuttavia escludere che i due grigliati adiacenti fossero già scostati tra di loro di uno spazio sufficiente a consentire al piede di scivolare e infilarsi nel vano. L'infortunato lavorava per conto di una ditta esterna incaricata per quel reparto, della manutenzione preventiva e correttiva e a guasto. Era garantito un servizio di pronta reperibilità 24 ore su 24. Si trattava di un impianto collocato su di un ballatoio raggiungibile mediante due rampe di scale verticali alla marinara, in posizione isolata e disagevole. Non era prevista la presenza di operatori, non era controllato periodicamente (se non in caso di anomalie), né l'azienda (vetreria) aveva previsto un sistema efficace di controllo delle modalità operative della ditta esterna, che abitualmente

interveniva su quell'impianto, ma che progressivamente finì per gestire in modo sempre più autonomo.
Tipologia: 2, 4

1.1.13 Incendio e sviluppo di fumi e gas di combustione in uno spazio confinato

Un serbatoio era suddiviso in due settori da un setto verticale metallico di separazione che avrebbe dovuto essere rimosso. La tenuta di questa parete divisoria non era totale; nella parte superiore della parete era infatti presente un'apertura che consentiva di verificare la parte opposta del serbatoio (non accessibile direttamente). Allo spazio confinato si poteva accedere solo attraverso un passo d'uomo presente nel volume di sinistra. Il serbatoio, prima delle operazioni di rimozione del setto, venne pulito e ispezionato e un permesso di lavoro fu emesso per poter consentire ad un lavoratore di accedere al serbatoio e rimuovere il setto. Dato che la parte sinistra del serbatoio era pulita e libera da gas e liquidi infiammabili o comunque pericolosi, venne ipotizzato che pure l'altra parte fosse nelle medesime condizioni. Purtroppo così non era, dato che risultavano accatastati nella parete divisoria, nella parte non accessibile e non direttamente ispezionabile, materiali solidi combustibili residuali dall'esercizio dell'impianto. A seguito dei lavori a caldo posti in essere per rimuovere la parete, il materiale adiacente, presente nel volume di destra, prese fuoco e il lavoratore perse rapidamente coscienza a causa dello sviluppo di gas e fumi di combustione.
Tipologia: 5

1.1.14 Mancata manutenzione di un'autoclave

Il giorno dell'evento, un operaio iniziò il proprio turno di lavoro con il controllo di un'autoclave utilizzata per la cottura di materiale destinato alla produzione di laterizi. Poco dopo l'inizio dell'intervento, l'autoclave esplose investendo l'operaio che morì, rimanendo schiacciato sotto le macerie dello stesso stabilimento. Dalle indagini svolte emerse che lo scoppio dell'autoclave avvenne per la mancata manutenzione del sistema di chiusura dell'apparecchiatura, visto che, durante i minuti precedenti lo scoppio, non si raggiunsero i valori limite di temperatura e di pressione dettati dal costruttore.
Tipologia: 8

1.1.15 Lavori su parti attive in tensione

Presso una fiera campionaria si sarebbe dovuto allestire uno stand per la dimostrazione di produzione di pane. Dovevano pertanto essere collegate all'impianto elettrico alcune delle macchine necessarie allo scopo. All'interno dello stand, l'ente fiera mise a disposizione un quadro elettrico al quale avrebbero dovuto essere collegati i quadri prese (ciabatte). L'addetto alla manutenzione della macchina di panificazione, insieme al titolare e ad un collega, erano presenti nello stand per eseguire i collegamenti elettrici, anche se questa ditta non possedeva la specifica abilitazione per eseguire lavori di tale natura. La prima fase di lavoro fu quella di collegare i cavi delle ciabatte al quadro elettrico, fase avvenuta in assenza di tensione sull'impianto generale. Successivamente l'addetto iniziò a preparare i cavi elettrici che dovevano essere poi collegati alla morsettiera situata all'interno di una delle ciabatte. Durante tale operazione venne erogata tensione elettrica all'impianto. L'addetto ebbe un contatto diretto (mano-mano) con parti in tensione che gli provocò un arresto cardiaco ed il conseguente decesso. L'avviso della rimessa in tensione dell'impianto generale venne fornito attraverso diffusione con altoparlante. Tale sistema non garantisce tuttavia che la comunicazione giunga effettivamente a tutti i destinatari. D'altra parte i lavoratori disattesero le regole di sicurezza necessarie omettendo di sezionare l'impianto sul quale stavano operando. Tra l'altro, tale operazione sarebbe stata possibile poiché il quadro elettrico risultava dotato di sezionatore onnipolare. Inoltre i lavoratori dimostrarono la loro inesperienza nel settore in quanto effettuarono, come prima operazione, il collegamento al quadro elettrico, mentre questa sarebbe stata l'ultima operazione da eseguirsi.

Tipologia: 3

1.1.16 Dispositivo di sicurezza manipolato

L'esperienza insegna che quando le autoclavi o altri recipienti di processo sono dotati di valvole di drenaggio, tali valvole possono essere aperte nel momento sbagliato e sversare all'esterno il contenuto del serbatoio. Per prevenire tale evenienza, le valvole sono equipaggiate da un sistema di interblocco che impedisce l'apertura se la pressione idrostatica letta alla base interna del serbatoio supera un certo valore di sicurezza.

In uno stabilimento dotato di tale sistema di protezione si verificò comunque uno sversamento massivo di sostanza infiammabile. L'indagine successiva rive-

lò che, dato che gli strumenti di misurazione della pressione non erano affidabili nella lettura perché di bassa qualità, gli operatori avevano sviluppato la pratica di manipolare la strumentazione o bloccando il pressostato a 0 bar (=assenza di battente liquido), oppure modificando l'elettropneumatica di retroazione sulla valvola di drenaggio.
Tipologia: 4, 7

1.1.17 Sensore radioattivo non isolato



Figura 1.5
Sensore di livello al Cesio 137 (BP, 2005)

Un vecchio sensore di livello, operante a radioisotopi, era collocato alla sommità in una torre di vuoto e non venne isolato prima dell'accesso dei manutentori. Questo fatto, scoperto solo dopo una settimana di manutenzione, espose i 36 lavoratori che a vario titolo entrarono nel contenimento, a livelli variabili di radiazioni ionizzanti provenienti dalla fonte di Cesio 137. Tuttavia, la dose accumulata del lavoratore più esposto risultò comunque ben al di sotto dei limiti di sicurezza previsti dall'ICRP.

Le indagini dimostrarono che nel permesso di lavoro venne indicato l'avvenuto isolamento della fonte di radiazioni ionizzanti senza tuttavia verificare che tale azione fosse stata posta in essere. Mancava inoltre, nel servizio di prevenzione e protezione, la consapevolezza della pericolosità di tale sorgente di rischio.
Tipologia: 1

1.1.18 Accesso a stiva carica di soia

Due lavoratori erano impegnati in operazioni di scarico soia dalla stiva di una nave alla banchina della ditta terminalista presso cui era ormeggiata. Lo svuotamento della stiva doveva avvenire con l'uso di benna collegata ad una gru di banchina e di una pala meccanica per facilitare il prelievo con la benna. Le operazioni ebbero inizio con l'apertura di uno solo dei due portelloni di coperta di accesso alla stiva, in quanto l'altro era bloccato; la pala venne calata all'interno attraverso questa apertura con la gru di banchina e depositata sulla superficie della soia a circa 5 m sotto l'apertura. Quindi, uno dei due addetti, scese all'interno per liberare dall'imbrago la macchina, ma giunto sul cumulo di soia perse i sensi e si accasciò. Il collega che dalla coperta, attraverso l'apertura della stiva, seguiva visivamente il lavoro del compagno, imme-

diatamente scese in stiva per prestargli soccorso ma anch'egli perse i sensi. Come accertato successivamente con misurazioni strumentali, i due lavoratori respirarono aria con concentrazioni di ossigeno e di monossido di carbonio incompatibili con la vita umana. Queste concentrazioni si determinarono a causa dell'ossidazione della soia che si trovava in stiva, dopo un lungo viaggio dal porto di partenza, e per la mancata ventilazione prima di permettere l'accesso del personale, facendo preventivamente misurazioni per accertare la concentrazione di ossigeno o di sostanze pericolose. I due operatori non erano dotati di DPI delle vie respiratorie in caso di emergenza, né avevano ricevuto una adeguata formazione sui rischi lavorativi legati alla propria mansione. Tali fattori furono determinati anche dal fatto che la ditta da poco eseguiva scarichi di cereali e non aveva ancora aggiornato la valutazione del rischio. I due lavoratori morirono per asfissia non meccanica.

Tipologia: 5

1.1.19 Ingresso in reattore inertizzato

Pochi giorni prima dell'incidente, il committente di uno stabilimento chimico installò un sistema temporaneo di approvvigionamento di azoto sul reattore di idrocraking oggetto di manutenzione, denominato *reattore R1*. Gli operatori del committente aprirono la valvola di fornitura dell'azoto *una o due volte* al fine di inertizzare l'R1 durante la procedura di caricamento del catalizzatore. L'azoto fuoriuscì lentamente dal reattore attraverso il passo d'uomo superiore, unico punto di caricamento del reattore. Il gas deve proteggere dalla reazione con l'ossigeno il catalizzatore fino alla sera dell'incidente, quando venne chiuso per l'emergenza. Tuttavia, contrariamente a quanto previsto dal regolamento interno del committente, non venne apposta alcuna segnalazione di pericolo che avverta del flussaggio di azoto in atto. Due giorni prima dell'incidente, i lavoratori dipendenti dell'appaltatore, fornitori del catalizzatore, terminato il caricamento del reattore R1, posizionarono una tavola in legno e un telo di plastica a protezione del passo d'uomo aperto. Apposero, inoltre, un segnale di pericolo in prossimità del passo d'uomo e delimitano con un nastro rosso la zona. Al fine di reinstallare la tubazione alla sommità di R1, il committente rilasciò un permesso di lavoro notturno ai dipendenti dell'appaltatore. Nel modulo di permesso di lavoro si segnalò la riga indicante il "Pericolo di presenza di azoto" con "Non applicabile", nonostante il flussaggio di azoto fosse stato posto in essere.



Figura 1.6
Zona dell'ingresso fatale ai due lavoratori

Due lavoratori dell'appaltatore, rimossa la copertura in legno e plastica, pulirono la flangia del passo d'uomo (operazione necessaria all'installazione della tubazione richiesta). Durante la pulizia del passo d'uomo, un operatore dell'appaltatore si avvide della presenza di un rotolo di nastro adesivo all'interno del reattore, circa 1,5 metri al di sotto del passo d'uomo. Gli operatori erano consapevoli che, i criteri di pulizia del reattore, proibiscono la presenza di un rotolo di nastro all'interno del contenimento e per questo discussero con il loro caposquadra le diverse opzioni di recupero. Un operatore entrò all'interno del reattore per il recupero dell'oggetto. Non è tuttavia noto se volontariamente o meno. Alcuni testimoni dell'incidente, poco prima, videro, infatti, i lavoratori accovacciati intenti al recuperare l'oggetto dall'esterno con un filo dotato di un gancio all'estremità. Tale fatto orienta per la non volontarietà dell'ingresso. In ogni caso, l'ingresso del primo lavoratore fu seguito dal secondo operatore, probabilmente allarmato della perdita di conoscenza del primo. Il rapido allarme e l'avvio delle operazioni di recupero avvenute in meno di 10 minuti non furono purtroppo sufficienti a salvare la vita agli operai.

Tipologia: 5

1.1.20 Manutenzione di gruppi frigoriferi

L'incidente descritto interessò il titolare di una ditta di manutenzione di impianti frigoriferi e suo figlio, dipendente della medesima ditta. L'impianto frigorifero risultava composto da n. 3 compressori in serie, posti in un locale interrato di difficile accesso e privo di qualsiasi ventilazione, di un supermercato. Il giorno dell'infortunio il titolare iniziò il lavoro di manutenzione (due compressori non funzionavano) aprendo i collegamenti dei due compressori da cui era fuoriuscito gas residuo (gas Freon R22 più pesante dell'aria). Poiché tale evenienza è frequente, egli continuò il lavoro senza avvedersi che l'aria diveniva irrespirabile. Nel frattempo il figlio risali dal luogo di manutenzione,

in quanto accusava lievi disturbi. Non vedendo risalire il padre tornò nel locale e lo trovò privo di sensi, perdendo conoscenza a sua volta. I due vennero estratti dai Vigili del Fuoco muniti di autorespiratore, ma mentre il giovane si riprese prontamente senza conseguenze, il titolare morì senza riprendere coscienza, dopo un'ora di rianimazione. Le operazioni di estrazione dei corpi inanimati, a causa delle ridotte dimensioni del locale e della botola di accesso, risultarono difficoltose e vennero effettuate in successione: prima il ragazzo e poi il padre. Non erano disponibili DPI (maschere, autorespiratori).
Tipologia: 5

1.1.21 Magazzino verticale automatico

Due operai si trovarono presso un'azienda esterna per eseguire una manutenzione straordinaria su un magazzino verticale automatico; entrambi erano tecnici specializzati della ditta produttrice dell'impianto. Nell'azienda che richiese la manutenzione erano presenti sette magazzini verticali simili. Ciascun gruppo di movimentazione era composto da un elevatore che, scorrendo verticalmente tra due colonne, si portava all'altezza del cassetto richiesto, lo prelevava e lo trasportava alla bocca di carico/scarico. Gli ordini di materiale potevano essere inviati sia da una consolle presente sul magazzino sia da tre computer gestionali collocati all'interno del reparto. I due tecnici avrebbero dovuto sostituire un sensore guasto che provvedeva al controllo della posizione del cassetto. Per fare questo attivarono la modalità di funzionamento manuale, la quale consentiva solo movimenti azionati con un comando ad azione mantenuta. Smontarono i pannelli laterali del magazzino (che costituivano la barriera di protezione dagli organi in movimento interni) e sostituirono il sensore rotto riparando anche alcuni cassetti danneggiati. Alla fine dell'intervento attivarono la modalità automatica di funzionamento del magazzino. Con tale modo di azionamento, il movimento dell'elevatore a cassetti viene eseguito sulla base delle richieste di materiale impostate presso i computer di gestione del magazzino. Mentre un collega, ritenendo l'intervento concluso, stava riponendo le attrezzature, il secondo lavoratore, che si trovava ancora sul fianco aperto del magazzino, probabilmente per effettuare una verifica visiva del corretto funzionamento degli vari elementi, introdusse la testa dentro al magazzino attraverso l'apertura creata con la rimozione dei pannelli. Improvvisamente l'elevatore venne azionato e schiacciò la testa dell'uomo contro una traversa fissa della intelaiatura della macchina. Il collega riferì che, la commutazione del funzionamento da manuale ad automatico, venne eseguita proprio dall'infortunato il quale impostò la chiamata di 4-5 cassetti per verificare il cor-

retto funzionamento dell'impianto in ciclo automatico. La vittima probabilmente attese il termine delle operazioni impostate e poi si introdusse, certo della condizione di arresto dell'impianto. L'elevatore, tuttavia, si mise in funzione a causa delle impostazioni precedenti presenti nel computer gestionale di cui la vittima non era a conoscenza.

Tipologia: 7, 8

1.1.22 Valvola dalla tenuta difettosa

Un reattore venne isolato, per la revisione periodica, attraverso l'isolamento delle flange delle tubazioni ad esso collegato. Al termine della manutenzione, le flange cieche di isolamento furono rimosse ed il reattore venne dichiarato idoneo all'esercizio. Si verificò nel frattempo, per motivi non approfonditi, la necessità di una operazione aggiuntiva all'interno del contenimento che prevedeva l'accesso di lavoratori. L'ingresso di questi ultimi avvenne, prima della rimessa in servizio, con le valvole di intercettazione delle tubazioni ancora chiuse, senza tuttavia il posizionamento delle flange di isolamento nelle tubazioni e senza alcuna verifica sulla presenza di gas con dispositivi portatili. Ebbe luogo un'esplosione che causò il decesso di due persone ed il ferimento di altrettante. Si scoprì che nel reattore era trafilato dell'idrogeno proveniente da un tubo di collegamento intercettato solo con una valvola dalla tenuta difettosa.

Tipologia: 1, 5

1.1.23 Motonave "Elisabetta Montanari", Ravenna

Probabilmente l'evento accaduto il 13 marzo 1987 all'interno della motonave "Elisabetta Montanari", presso il bacino di carenaggio della società MECNAVI di Ravenna, rappresenta il più doloroso incidente sul lavoro della storia italiana degli ultimi 70 anni. Di seguito si riporta il sunto del verbale della Commissione istituita dall'Istituto superiore per la prevenzione e la sicurezza del lavoro su incarico del Ministro della sanità all'indomani dell'incidente. L'infortunio plurimo mortale in cui hanno perso la vita 13 lavoratori si è verificato a bordo della nave «Elisabetta Montanari», ferma nel bacino di carenaggio della società MECNAVI, nel porto di Ravenna, per lavori di manutenzione - regolarmente autorizzati dalla Capitaneria di porto - che si stavano svolgendo e che erano stati dati in appalto dalla società armatrice della nave alla MECNAVI, la quale, a sua volta, li aveva subappaltati ad altre quattro imprese.

E i lavoratori impiegati nell'attività dipendevano da tutte le predette imprese. La nave "Elisabetta Montanari", adibita al trasporto di gas di petrolio liquefatto (GPL), era stata portata presso il cantiere MECNAVI di Ravenna per la periodica revisione così come previsto dal RINA (Registro Italiano Navale).



Figura 1.7
Superstiti dell'incidente avvenuto alla motonave "Elisabetta Montanari"

I tecnici del RINA avevano constatato che alcune lamiere del doppiofondo della nave (sia del cielo sia del fondo) presentavano un avanzato stato di corrosione con riduzione dello spessore al di sotto dei valori consentiti. In conseguenza di ciò ne prescrivevano la rimozione e la sostituzione con lamiere nuove. Tali operazioni vengono eseguite mediante taglio ossiacetilenico delle lamiere usurate e successiva sostituzione con le nuove mediante saldatura ad arco con elettrodi rivestiti. Si precisa che il doppiofondo della nave, che presenta una altezza massima di 90 centimetri, è suddiviso da paratie sia in senso longitudinale che trasversale, così che ne risulta una serie di comparti stagni dove vengono alloggiati in successione alternata: il combustibile, necessario alla propulsione della nave, e l'acqua di zavorra. Ne consegue che, prima del taglio delle lamiere usurate e della saldatura delle nuove, i comparti destinati al contenimento della nafta devono essere bonificati al fine di eliminare il materiale infiammabile: nafta liquida residua, residui semisolidi accumulati per sedimentazione sul fondo del serbatoio e infine i vapori di ristagno. Nel cantiere in esame, come peraltro avviene abitualmente, le varie fasi di bonifica dei serbatoi del combustibile del sottofondo possono schematizzarsi come segue:

- aspirazione mediante pompe della nafta liquida fino al limite del pescaggio che, di norma, arriva a 20 centimetri dal fondo;
- recupero manuale del liquido residuo mediante secchi che vengono passati a mano lungo tutto il comparto fino al passo d'uomo che mette in comunicazione il doppiofondo con la stiva sovrastante e da qui portato quindi all'esterno della nave;
- rimozione mediante stracci e raschietti del residuo semisolido aderente al fondo e allontanamento dello stesso secondo le modalità operative già viste;
- bonifica dei serbatoi mediante ventilazione al fine di eliminare i vapori residui.

Per quanto riguarda la fase di recupero manuale questa viene effettuata da una squadra di operai che si cala all'interno del doppiofondo raggiungendo carponi le varie zone del comparto serbatoio.

Va precisato che i comparti del doppiofondo della nave sono attraversati dalle strutture che costituiscono le costole della nave ("ordinate") dalle centine e, nel caso specifico, dalle selle dei serbatoi GPL. Tali strutture sono superabili soltanto in alcuni punti attraverso passi d'uomo di dimensioni ridotte (40x50 centimetri), sicché l'ambiente può essere paragonato ad un dedalo di cunicoli schiacciati, distribuiti a nido d'ape, che consentono soltanto movimenti lenti, contratti, con procedura carponi, di estrema difficoltà anche per personale esperto.

Va precisato, altresì, che ogni comparto del doppiofondo della nave è in comunicazione con la sovrastante stiva solo a mezzo di un unico passo d'uomo di 40 centimetri di diametro. Attraverso lo stesso passo d'uomo viene fatto passare, durante le operazioni, il tubo per la ventilazione dell'ambiente con aria fresca.

Nel caso specifico della nave "Elisabetta Montanari", la stiva è occupata da quattro serbatoi per il trasporto del GPL.

Tali serbatoi risultano rivestiti da uno strato di materiale coibentante costituito da cinque centimetri di schiuma poliuretanica rigida protetta all'esterno da una guaina di tela in tessuto di lana di vetro catramato.

La dislocazione dei serbatoi fa sì che la stiva presenta una serie di ostacoli "costole e selle dei serbatoi", che rende il movimento all'interno estremamente disagevole, in particolare per quanto si riferisce al percorso che va dall'uscita del passo d'uomo del sottofondo alla scaletta che porta alla passerella della stessa stiva, percorso che dovevano compiere gli operai che entravano e uscivano dal doppiofondo.

La ricostruzione dei fatti connessi con l'incidente, formulata sulla base di quanto dichiarato dai Vigili del fuoco e dai responsabili del Cantiere, nonché di quanto evidenziato all'atto del sopralluogo, fa ritenere la seguente dinamica: all'atto dell'incidente lavoravano nel cantiere circa 40 operai, la maggior parte dei quali facenti parte di quattro ditte appaltatrici. Alcuni operai lavorano all'esterno della nave, altri all'interno, nella stiva e nel doppiofondo. In particolare tra quelli che lavoravano all'interno, alcuni procedevano alla pulizia di un comparto del doppio fondo, altri invece lavoravano nella sovrastante stiva procedendo al taglio delle lamiere del "cielo" del doppiofondo di un comparto. L'uso della fiamma ossiacetilenica per l'effettuazione di tali operazioni era stato autorizzato dalla Capitaneria di Porto, per quanto di competenza, previo controllo mediante esplosimetro di assenza di miscele esplosive e/o infiammabili.

Durante il taglio delle lamiere si è sviluppato l'incendio che ha coinvolto la guaina in tela catramata di protezione, dello strato coibentante, in poliuretano espanso, avvolto intorno ai serbatoi del trasporto di GPL (vuoti durante la manutenzione della nave). È da evidenziare che la parete del serbatoio coibentato dista appena 20 cm. dalla zona dove venivano eseguite le operazioni di taglio.

L'incendio della guaina catramosa ha portato allo sviluppo di prodotti di combustione del catrame (gas e fumi) che hanno invaso l'area della stiva e, contemporaneamente, ha alimentato la lenta combustione della schiuma poliuretanica che, a sua volta, ha portato, per fenomeni di termodegradazione, alla emissione di prodotti venefici quali: ossido di carbonio, isocianati, acido cianidrico, amine alifatiche nonché prodotti volatili di parziale combustione del materiale. L'insieme di tali fenomeni ha reso l'atmosfera irrespirabile e satura di prodotti tossici.

In queste condizioni gli operai che erano nel doppiofondo e nella stiva sono morti per asfissia e/o intossicazione dovute ad inalazioni di prodotti tossici così come rilevato dalla perizia medico-legale mentre gli operai addetti al taglio delle lamiere, ad eccezione di uno, hanno trovato scampo attraverso l'apertura praticata sul fondo della nave per facilitare l'accesso alla zona di lavoro.

Sulla base della dinamica dei fatti appare pertanto evidente una serie di assurde carenze di organizzazione e di misure di sicurezza che trovano riscontro nell'assoluta mancanza di previsione di incidenti in un luogo di lavoro dove invece ne esistevano i presupposti ed esisteva la certezza che, in caso di incidente, le conseguenze sarebbero state letali. Ciò sia in considerazione della struttura dell'ambiente di lavoro sia delle modalità operative seguite.

A tale riguardo si possono trarre una serie di considerazioni. Esistono tecnologie in grado di disincrostare e pulire i luoghi confinati mediante liquidi speciali che permettono di evitare l'opera dell'uomo in luoghi di lavoro non concepiti per attività umana. Nel caso che ciò fosse inapplicabile al caso in esame, sarebbero stati necessari una serie di interventi prevenzionistici atti a garantire la salvaguardia di chi operava all'interno della nave sia nel doppiofondo che nella stiva. Sarebbero stati da prevedere piani di lavoro che evitassero la contemporaneità di operazioni rischiose compromettenti la sicurezza delle varie squadre operanti nei diversi punti, assistenza diretta e continua dall'esterno a chi operava nel doppiofondo, vista la estrema difficoltà di movimento esistente all'interno della nave, disponibilità infine di sistemi antincendi e di mezzi personali di protezione.

Tipologia: 5

1.1.24 Evaporazione di solventi in spazi confinati

Due operai entrarono in un reattore per effettuare controlli non distruttivi con liquidi penetranti sulle saldature realizzate in officina. Tali controlli prevedono le seguenti operazioni in corrispondenza del giunto saldato:

- pulizia meccanica e chimica (con solventi) della superficie da esaminare;
- applicazione di uno strato di liquido penetrante sull'area da esaminare di colore rosso vivo oppure fluorescente;
- i penetrante viene lasciato sul pezzo per un certo numero di minuti per consentirgli di penetrare nella capillarità dei difetti;
- si procede a un accurato lavaggio della superficie in modo da asportare l'eccesso di penetrante;
- dopo un'accurata asciugatura viene depositato lo sviluppatore composto una sospensione bianca in un liquido molto volatile. Il liquido asciuga lasciando il deposito bianco;
- il deposito bianco assorbe il liquido penetrante dalla cavità evidenziando i difetti.

In questo caso il liquido utilizzato come sviluppatore era tricoloroetilene. Poiché la saldatura risultava particolarmente lunga (circa 8 m), tale liquido fu presto esaurito. Un terzo operaio fu incaricato di provvedere al reperimento di ulteriori quantità dello stesso mentre gli addetti continuavano ad operare all'interno del reattore. Dopo circa dieci minuti il terzo addetto ritornò con nuovo sviluppatore e si avvide dei due colleghi privi di conoscenza all'interno del contenimento. L'evaporazione del tricloroetilene causò la rapida saturazione dell'ambiente confinato, privo di ventilazione, e la perdita di conoscenza dei lavoratori. I due lavoratori furono comunque recuperati in tempo e non persero la vita.

Inoltre, lo studio degli incidenti del passato, evidenzia anche una certa incidenza delle operazioni di pulizia e sgrassaggio interne agli spazi confinati. Sono riportati casi d'incidente (asfissie, esposizione chimica inalatoria, esplosione) con utilizzo di cicloesanone, tricloroetano e metiletilchetone.
Tipologia: 5

1.1.25 Corrosione all'interno di uno spazio confinato



Due persone collassarono dopo essere entrate in una delle camera di galleggiabilità di una chiatta. La camera non era stata preventivamente ventilata e non fu eseguito alcun gas-test prima dell'ingresso. Il decesso degli operatori avvenne per i bassi livelli di ossigeno presenti all'interno. Nella camera di galleggiamento, chiusa per un considerevole periodo di tempo, si attivarono processi di corrosione galvanica a carico dell'acciaio delle pareti. Tale processo fu sufficiente a far diminuire l'ossigeno al di sotto dei limiti di sopravvivenza.

Tipologia: 5

Figura 1.8
Zona interna della camera di galleggiabilità (BP, 2005)

1.1.26 Umbria Olii

Si riportano nel seguito le risultanze emerse in sede di Commissione parlamentare di inchiesta relativamente all'incidente presso lo stabilimento di Umbria Olii sito in provincia di Perugia, avvenuto il 25 novembre 2006.

"In data 4 dicembre 2006 è stata effettuata una missione in Umbria, finalizzata ad effettuare accertamenti circa l'infortunio mortale verificatosi in data 25 novembre 2006, a seguito dell'esplosione avvenuta all'interno della raffineria Umbria olii, localizzata nel comune di Campello sul Clitunno.

L'incidente in questione si è verificato mentre erano in corso dei lavori per la realizzazione di passerelle metalliche da porre alla sommità dei silos, lavori che stava effettuando una squadra di cinque operai della ditta Manili impianti, con sede legale a Narni. Verosimilmente tale incidente è stato causato dalla perforazione con fiamma ossidrica di un silos contenente circa 6.000 quintali di olio vegetale, che ha generato un incendio di vaste dimensioni, in cui sono rimasti coinvolti tutti i componenti della squadra; in particolare quattro sono deceduti ed uno è rimasto ferito.

Dalle audizioni effettuate da una delegazione della Commissione presso la Prefettura di Perugia è emersa una discrasia tra la dichiarazione rilasciata dall'impresa (ai sensi del D.P.R. n. 203 del 1988) in merito al ciclo produttivo

– cosiddetto Modello unico di dichiarazione ambientale (MUD) – in cui è stato dichiarato il solo trattamento di olio lampante – che in sé non presenta un alto rischio di infiammabilità – e la presenza nel processo lavorativo di olio di sansa grezzo, non segnalata dall'azienda e non riscontrata dagli organismi di controllo prima dell'incidente, suscettibile di ingenerare una sostanza gassosa chiamata esano – rilevata anche nelle analisi effettuate nell'aria e nell'acqua subito dopo l'incidente – che presenta invece un elevato grado di infiammabilità.



Figura 1.9 Una delle esplosioni avvenute in Umbria Olii

Va poi rilevato che i lavori di manutenzione effettuati ad opera della ditta appaltatrice avrebbero resa necessaria l'effettuazione di una preventiva informativa da parte dell'azienda titolare dell'impianto circa la presenza di una situazione a rischio, ed in particolare circa la presenza di sostanze gassose altamente infiammabili (nella specie di esano) nei silos sui quali veniva effettuato l'intervento, che peraltro richiedeva l'uso di una fiamma ossiacetilenica, suscettibile quindi di determinare l'innesco dell'esplosione, purtroppo drammaticamente verificatasi. È verosimile che nel caso di specie tale obbligo informativo non sia stato adempiuto integralmente."

Tipologia: 1, 6

1.1.27 Manutenzione in acciaieria

Durante i lavori di manutenzione sul fondo di un pozzo di colata per billette in alluminio da parte di tre lavoratori, un quarto lavoratore azionava accidentalmente il ribaltamento del forno fusorio dando inizio alla colata. Il metallo fuso, a temperatura superiore ai 700 °C, si riversava all'interno del pozzo investendo i lavoratori presenti che riportavano gravissime ustioni che provocavano la morte di uno di essi ed il ferimento grave degli altri due.

Tipologia: 1



1.1.28 Cedimento strutturale in gru non manutenzionata

L'infortunato, dipendente di una ditta edile, aveva appena parcheggiato l'autocarro per andare a pranzo presso la propria abitazione. Stava camminando insieme ad alcuni colleghi sulla via posta a lato del magazzino della ditta. Il braccio della gru deputato al sollevamento dei carichi, in quel momento non sollecitato da alcun carico eccetto il solo dispositivo per il sollevamento di materiali denominato "forca", improvvisamente s'impennava verso l'alto collassando successivamente a terra con l'invasione di tutta la sede stradale dell'adiacente via. Un braccio della gru, durante la fase terminale di caduta, veniva a colpire al capo l'infortunato, amputandoglielo quasi completamente per lo schiacciamento tra un traverso della struttura a traliccio e l'asfalto della strada, uccidendolo all'istante. È stato riscontrato che la ralla della gru era in cattivo stato di manutenzione e una parte dei bulloni di tenuta erano parzialmente svitati.

Tipologia: 8

CONTENUTO DEL CD ROM



Il CD Rom allegato al presente volume si avvia automaticamente per i sistemi predisposti con autorun. Nel caso non si avviasse, occorre accedere all'unità CD/DVD (esempio: D:\) ed eseguire il file index.html. Per la corretta visualizzazione su Explorer o su gli altri browser occorre "consentire i contenuti bloccati".
Il materiale contenuto nel cd rom è così organizzato:

- form in Excel per l'esecuzione di PFMEA e DFMEA
- database in Excel con una serie di banche dati relative ai tassi di guasto
- schede tecniche di riepilogo in Excel relative all'integrità meccanica dei sistemi - CCPS, 2006
  - apparecchiature rotanti
  - contenimenti
  - strumentazione e controlli
  - scarichi di emergenza
- file in formato pdf prodotti dall'OHSA nell'ambito della campagna sulla manutenzione sicura del 2010
  - Safe maintenance in practice
  - Maintenance and Occupational Safety and Health: a statistical picture
  - Campagna europea sulla manutenzione sicura - guida per la campagna
  - HEALTHY WORKPLACES - A European Campaign on Safe Maintenance (magazine)
  - Maintenance in Agriculture - A Safety and Health Guide
  - EUROPEAN GOOD PRACTICE AWARDS
  - E-FACTS 48: SAFE MAINTENANCE - ASBESTOS IN BUILDING MAINTENANCE
  - E-FACTS 49: SAFE MAINTENANCE - QUARRYING SECTOR
  - E-FACTS 52: MANUTENZIONE SICURA - INDUSTRIA ALIMENTARE E DELLE BEVANDE
  - E-FACTS 54: SAFE MAINTENANCE OF PORTABLE TOOLS IN CONSTRUCTION
  - E-FACTS 55: SAFE MAINTENANCE OF FISHING VESSELS
  - E-FACTS 56: MAINTENANCE AND WORK-RELATED ROAD SAFETY
  - FACTS 88IT: Manutenzione sicura - Lavoratori sicuri
  - FACTS 89IT: Manutenzione sicura - Per i datori di lavoro - Lavoratori sicuri - Risparmio di denaro
  - FACTS 90IT: Manutenzione e SSL - Un quadro statistico
  - FACTS 96IT: La manutenzione sicura nella pratica - Fattori di successo - Sintesi di una rapporto dell'Agenzia
  - FACTS 99IT: Manutenzione sicura nell'agricoltura

Requisiti di sistema:

Windows XP, Vista e 7

Internet Explorer 8 o superiore

Microsoft Excel 2003 o superiore

Finito di stampare
nel mese di settembre 2012
presso la Tipografia Marchesi Grafiche Editoriali Spa - Roma
per conto della EPC srl
Via dell'Acqua Traversa 187-189 - 00135 Roma