

APAT
Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici

**“MODELLAZIONE DELLE CONSEGUENZE DI EVENTI
INCIDENTALI DI UNA O PIU' TIPOLOGIE DI
STABILIMENTI A RISCHIO DI INCIDENTE
RILEVANTE”**

Ing. Valentina Feriani
Tutor: Ing. Gianfranco Capponi

Dipartimento Nucleare Rischio Tecnologico e Industriale
Servizio Rischio Industriale

Ottobre 2003

PREFAZIONE

Il presente studio si inserisce nel quadro delle attività svolte dal Servizio Rischio Industriale, nel cui ambito si inserisce l'attività di definizione di modelli e di criteri utili anche nel processo di valutazione dei Rapporti di Sicurezza degli stabilimenti soggetti alla Direttiva Seveso II.

In considerazione di tali attività si osserva la necessità sempre più evidente di elaborare adeguate metodologie e procedure, condensate in linee guida e documentazioni tecniche ad esse dedicate, che possano essere di orientamento sia per le Amministrazioni pubbliche impegnate nella valutazione dell'analisi di rischio, sia per gli analisti di sicurezza.

Se da un lato infatti nell'ambito dei Rapporti di Sicurezza è prevista l'applicazione di metodi per l'individuazione preliminare delle aree critiche dell'attività industriale mediante un metodo semplificato ad indici, per quanto riguarda l'Analisi di rischio, le tecniche utilizzate sono numerose e comportano l'utilizzo di ipotesi che spesso non sono riportate esplicitamente e di conseguenza i risultati ottenuti sono difficilmente confrontabili.

La necessità di definire criteri di riferimento per l'esame delle analisi di rischio nasce anche in conseguenza dell'esigenza di validare i lavori da effettuare con un approccio di tipo sistematico, e quindi non basato su situazioni da valutare caso per caso.

In tale contesto si inserisce il presente studio, il quale, prendendo in considerazione il caso dei depositi di liquidi infiammabili e/o tossici, si propone di affrontare la problematica della definizione di un approccio sistematico e di indicare i criteri di valutazione. Pur prendendo a

riferimento, come punto di partenza la tipologia di impianto analizzata, le risultanze possono essere estendibili ad altre tipologie.

ABSTRACT

Lo studio condotto è orientato alla rilevazione delle problematiche che possono insorgere nell'affrontare l'analisi dei rischi in impianti soggetti alla direttiva Seveso. In particolare è stato preso in considerazione, come primo riferimento, il caso dei depositi di liquidi facilmente infiammabili e/o tossici.

Nel lavoro, dopo una ricognizione del quadro normativo tecnico che regola gli obblighi dei gestori di tali impianti nonché dei criteri e delle metodologie utilizzate per le analisi e le valutazioni di sicurezza, vengono esaminate le componenti tecnologiche critiche, ovvero quelle componenti che, anche sulla base di un approfondimento dell'analisi storica degli eventi incidentali occorsi, sono state individuate come quelle che hanno un ruolo determinante nel verificarsi degli incidenti. Dalla ricognizione dei criteri e metodologie di analisi, dalla ricognizione dei dati storici sopra menzionata e dall'esame che è stato effettuato circa le analisi di sicurezza riportate in alcuni Rapporti di Sicurezza significativi, viene quindi giustificato e presentato un set di scenari incidentali normalmente utilizzato nelle analisi di rischio di impianti della tipologia considerata. In altre parole viene presentato un quadro complessivo sia dei fattori tecnici e gestionali che possono essere determinanti nello sviluppo di incidenti rilevanti, sia delle ipotesi di calcolo usate nelle valutazioni.

Il presente lavoro può infine essere utilizzato come supporto informativo utile sia per le Amministrazioni pubbliche coinvolte in attività di istruttoria tecnica dei Rapporti di Sicurezza e/o di verifica ispettiva, come orientamento riguardo gli elementi tecnici critici caratteristici di

questa tipologia di attività, sia per i gestori, come confronto per un esame di completezza delle valutazioni presentate nei documenti di sicurezza relativi alle attività da loro gestite.

Un ulteriore importante obiettivo dello studio condotto è infine la predisposizione di una metodologia di lavoro utilizzabile per l'estensione dell'analisi ad altri tipi di impianto.

INTRODUZIONE

Scopo di questo lavoro è quello di offrire una panoramica sulle problematiche che insorgono nell'affrontare l'analisi dei rischi nei depositi di liquidi tossici e/o infiammabili che ricadono negli obblighi della Direttiva 96/82/CE, più comunemente nota come Direttiva Seveso II, recepita in Italia con il Decreto Legislativo 334/99. Tale analisi è peraltro resa obbligatoria per gli impianti che ricadono sotto l'articolo 8 del D.Lgs 334/99.

I depositi di liquidi tossici e/o infiammabili rappresentano in Italia il 73% delle attività di deposito. Lo stoccaggio interessa principalmente gli oli minerali quali benzina, nafta, petrolio greggio, asfalto, olio combustibile e gasolio.

I depositi in esame sono normalmente gestiti in sicurezza, tuttavia, a causa di problemi di varia natura, quali ad esempio i fattori umani (inosservanza di procedure, formazione insufficiente, scarsa esperienza), o i fattori di tipo meccanico o tecnologico, possono verificarsi delle perdite di capacità di contenimento. A seguito di tali condizioni, in concomitanza di altre disfunzioni, gli eventi possono evolvere anche portando di conseguenza al verificarsi di diversi scenari incidentali.

Nel presente studio il deposito verrà inizialmente caratterizzato e suddiviso nelle sue unità critiche principali. In seguito verranno analizzate in dettaglio le singole componenti tecniche di ciascuna unità e, sulla base delle informazioni ricavabili in letteratura, per ognuna di

queste verrà fatta una ricognizione degli scenari incidentali ipotizzati e delle ipotesi comunemente scelte nell'analisi di rischio.

Sarà così possibile ottenere un quadro complessivo sia dei fattori tecnici e gestionali che hanno comportato lo sviluppo di incidenti rilevanti, sia delle ipotesi di calcolo usate nelle valutazioni per ciascuna componente tecnologica.

Nella fase finale del presente lavoro viene effettuato un confronto tra gli scenari incidentali riportati in alcuni Rapporti di Sicurezza di depositi di liquidi tossici e/o infiammabili, sia tra di loro che in relazione alle risultanze della analisi storica degli eventi realmente occorsi.

Il presente lavoro oltre a fornire quindi un supporto sia alle Amministrazioni pubbliche coinvolte nell'attività di verifica ispettiva, che al gestore nella redazione dei documenti di sicurezza, può costituire un approccio di riferimento per l'analisi ed il confronto di altre tipologie di impianti.

METODOLOGIA DI INDAGINE

Il lavoro svolto durante il periodo di stage è stato caratterizzato dai seguenti due momenti.

In una prima fase, di carattere informativo, si è proceduto alla raccolta di informazioni riguardanti gli impianti oggetto dello studio: le condizioni di stoccaggio, la tipologia di sostanze stoccate, la normativa che regola le attività svolte, etc.

In particolare, dal DM 20 ottobre 1988 (Appendice II, par.3.1) è stato possibile estrapolare, in considerazione della suddivisione in unità logiche in esso proposta, le informazioni generali sulla struttura del deposito e sulle attività in esso normalmente svolte.

Tali informazioni sono state approfondite esaminando le descrizioni impiantistiche riportate in alcuni Rapporti di Sicurezza ed effettuando ricerche mirate su internet.

L'esame della Banca Dati Incidenti Rilevanti interna APAT (BIRD), integrato dall'esame di altre fonti bibliografiche (testi canonici, Report Api, etc) e dalla ricerca mirata in internet, ha consentito di ottenere informazioni su alcune tipologie di eventi incidentali.

In una seconda fase, di approccio, partendo dagli elementi precedentemente individuati, sono state raccolte informazioni di differente natura, incentrate principalmente sugli scenari incidentali e sulle tecniche utilizzate per la loro individuazione.

In un primo momento è stata effettuata un'analisi degli eventi incidentali realmente occorsi, sviluppata attraverso i seguenti punti:

- ricerca di letteratura nella banca dati BIRD, nelle fonti bibliografiche specifiche (“Safety digest of lesson learned”, API, etc), nelle analisi storiche riportate su alcuni RdS, su internet;
- lettura e comprensione della dinamica di ogni singolo incidente, al fine di individuarne le cause tecniche e/o gestionali determinanti nell’evoluzione dell’evento incidentale;
- elaborazione della tabella degli eventi incidentali accaduti.

In un secondo momento sono stati esaminati e confrontati, sia tra di loro che con i dati ricavati in precedenza, gli eventi incidentali significativi riportati in alcuni Rapporti di Sicurezza.

1. QUADRO NORMATIVO TECNICO

Gli impianti presi in considerazione nel presente studio sono soggetti alla Direttiva Seveso (Direttiva 82/501/CE), in Italia recepita inizialmente con il DPCM 175/88 e successive modifiche ed integrazioni, che si è concretizzata successivamente nella Direttiva Seveso II (Direttiva 96/82/CE) e nel suo recepimento italiano, il D.Lgs. 334/99.

Secondo tale decreto il gestore dello stabilimento a rischio di incidente rilevante ha l'obbligo di presentare all'autorità pubblica la documentazione in base alle categorie di appartenenza dell'impianto stabilite negli articoli 5, 6, 7 ed 8 del decreto stesso.

Da un esame degli adempimenti prescritti, cui sono soggetti i gestori, emerge che l'analisi di sicurezza risulta obbligatoria per tutte le categorie.

Mentre infatti per stabilimenti appartenenti agli articoli 6, 7 ed 8 l'analisi di rischio di incidente rilevante è prevista all'interno del documento di notifica, per quelli soggetti all'articolo 5 questa deve integrare il Documento del D.Lgs 626/94.

L'analisi dei rischi si rende necessaria in quanto rappresenta, attraverso l'individuazione delle criticità nelle componenti tecniche dell'impianto, la base sulla quale viene strutturata ed organizzata la gestione della sicurezza stessa dello stabilimento.

La gestione della sicurezza comprende un insieme di interventi, volti:

- alla prevenzione, per ridurre la probabilità che l'incidente si verifichi;

- alla protezione, per limitare e contenere i danni provocati in caso l'evento incidentale si verifichi. Le misure di protezione di un impianto possono essere di tipo attivo (addestramento del personale, attivazione di impianti di allarme, sistemi di rilevazione automatica, impianti di spegnimento), o di tipo passivo (distanze di sicurezza, vasche di contenimento, vie di fuga).

Tali interventi coinvolgono sia l'aspetto tecnologico, che quello gestionale ed organizzativo delle attività.

L'importanza di una corretta analisi di rischio emerge quindi sia nella progettazione intrinseca dell'impianto (sicurezza intrinseca), che negli aspetti legati alla gestione. Le risultanze dell'analisi sono determinanti nella predisposizione di appositi strumenti di controllo e protezione, nella definizione delle misure di sicurezza in grado di rendere efficace l'azione da parte degli operatori, nella definizione di un adeguato e completo programma di informazione e formazione nei confronti del personale interno allo stabilimento e nella individuazione dei contenuti della informazione per la popolazione esterna allo stabilimento.

In tal senso la normativa vigente ha emesso delle linee guida utili non solo al gestore dell'impianto, che si appresti alla redazione del Rapporto di Sicurezza (RdS) e degli altri documenti di sicurezza, ma anche all'ispettore, impegnato nella valutazione dell'analisi incidentale presentata nel RdS. Le indicazioni proposte da tali linee guida rappresentano per il gestore un supporto valido in alternativa a quelli che sono i criteri comunemente usati per l'analisi di rischio, mentre forniscono al valutatore elementi utili alla individuazione degli eventi incidentali e relativi scenari, e alla loro significatività come contribuenti al rischio complessivo.

Viene riportata qui di seguito una sintetica rassegna degli strumenti normativi cui i gestori e i valutatori debbono far riferimento, applicabili alla tipologia di impianto considerata:

- Allegato III del D.Lgs. 334/99 e D.M. 9 agosto 2000 per la redazione del Sistema di Gestione della Sicurezza;
- Allegato II del D.Lgs 334/99 e DPCM del 31 marzo 1989 per l'elaborazione del Rapporto di Sicurezza;
- Allegato IV del D. Lgs 334/99 per la redazione del Piano di Emergenza Interno e del Piano di Emergenza Esterno;
- DM 20 ottobre 1998, per l'analisi e la valutazione dei rapporti di sicurezza relativi ai depositi di liquidi tossici e/o infiammabili;
- Allegato V del D.Lgs 334/99 per la compilazione delle schede di informazione sui rischi di incidente rilevante per i cittadini ed i lavoratori;
- Decreto 16 marzo 1998, che indica le modalità con le quali i gestori devono procedere all'informazione, all'addestramento e all'equipaggiamento di coloro che lavorano in situ;
- Decreto 9 maggio 2001, il quale stabilisce i requisiti minimi di sicurezza in materia di pianificazione urbanistica e territoriale per le zone interessate da stabilimenti a rischio di incidente rilevante;
- Decreto 9 agosto 2000 per l'individuazione delle modificazioni di impianti e processi industriali, della natura

o dei quantitativi di sostanze pericolose che potrebbero costituire aggravio del preesistente livello di rischio.

2. CARATTERIZZAZIONE DEL DEPOSITO

2 Generalità

Da un confronto con le altre tipologie di impianto emerge che il deposito si distingue dalle altre tipologie di attività per la mancanza di operazioni di processo e per le operazioni effettuate. Le attività consistono in carico, scarico, stoccaggio del prodotto ed eventuali operazioni semplici di additivazione, denaturazione e colorazione. Le attività principalmente svolte presso un impianto di questo tipo possono essere di seguito descritte:

1. Ricezione dei prodotti. Il ricevimento delle sostanze all'interno del deposito può avvenire mediante diversi mezzi di trasporto:
 - attraverso pipelines;
 - attraverso autobotti, autocisterne o ferrocisterne;
 - via mare da navi cisterna.
2. Immagazzinamento dei prodotti. Le sostanze ricevute come indicato al punto precedente vengono normalmente inviate, tramite una rete di tubazioni interna, ai serbatoi di accumulo, dove vengono stoccate.
3. Carico e scarico. Le operazioni di carico e/o scarico vengono effettuate su autobotti o ferrocisterne, per la movimentazione del materiale da e verso l'esterno tramite mezzi terrestri.
4. Movimentazione dei prodotti all'interno del deposito stesso. I trasferimenti dei prodotti all'interno del deposito avvengono tramite la rete interna di tubazioni per mezzo di parchi pompe, distribuiti internamente al deposito. Le stazioni di pompaggio vengono

utilizzate per le operazioni di carico e scarico di autobotti, per operazioni di bunkeraggio, per travasi interni da un serbatoio all'altro e per spedizioni di oli lubrificanti.

5. Servizi ausiliari e fabbricati. Lo stabilimento è fornito di una serie di attrezzature, fabbricati e servizi ausiliari, che rendono possibile lo svolgimento delle attività principali. I servizi ausiliari si distinguono in due grandi categorie, a seconda che offrano servizi di tipo tecnico operativo connessi alle operazioni principali (produzione di energia elettrica, sistema di riscaldamento, smaltimento dei rifiuti) o servizi di supporto al personale presente nel deposito e alla sicurezza (mense, sistemi antincendio, infermerie, uffici, officine di manutenzione, magazzini).

I più comuni servizi ausiliari effettuati nei depositi per le funzioni necessarie possono essere di seguito descritti:

- a.** Sistema ad aria compressa. Tale sistema viene impiegato per il funzionamento della strumentazione e delle valvole pneumatiche poste sulle tubazioni, per la eventuale miscelazione dei prodotti stoccati in serbatoio e per ottenere l'aria compressa necessaria per il funzionamento delle valvole di manovra della rete acqua/schiuma. Inoltre, se si tratta di un deposito costiero, essa può servire anche per la pulizia delle linee, dopo la movimentazione del prodotto. L'aria compressa viene ottenuta solitamente tramite un compressore di tipo centrifugo;
- b.** Impianto termico per la produzione di vapore;

- c. Sistema di rifornimento acqua. Il rifornimento delle acque è destinato ad entrambi gli usi civili ed industriali.
- 6. Raccolta delle acque del deposito. La raccolta delle acque del deposito avviene, normalmente, attraverso una rete fognaria, costituita dagli impianti di seguito descritti:
 - a. Un sistema di fognature, che permette il convogliamento differenziato delle acque contaminate all'apposito sistema di trattamento.
 - b. Un sistema di raccolta e trasferimento delle acque, generalmente costituito da uno o più serbatoi di raccolta che operano come primo stadio di trattamento (separazione di oli in superficie e di solidi sul fondo) ed hanno anche funzione di polmone in modo da consentire il trasferimento, previa depurazione dalle sostanze oleose, ai collettori principali consortili che conducono all'impianto di trattamento cittadino.
- 7. Recupero dei vapori mediante impianto dedicato. Tale impianto recupera i vapori di idrocarburi che si sviluppano in fase di caricamento del prodotto sulle autocisterne, ne prevede l'abbattimento mediante condensazione e assorbimento ed invia il prodotto liquido recuperato nei serbatoi di stoccaggio. Il carico delle autobotti viene normalmente effettuato a ciclo chiuso.

2.2 La suddivisione secondo il D.M. 20 ottobre 1988

In base alle considerazioni precedenti e a quanto specificato nel Decreto Ministeriale 20 ottobre 1988 (Appendice II, par. 3.1), che fissa i criteri di analisi e valutazione dei rapporti di sicurezza relativi ai depositi di

liquidi facilmente infiammabili e/o tossici, è possibile suddividere un deposito in una serie di unità logiche. Tali unità logiche sono parti del deposito che possono essere caratterizzate come entità fisiche separate.

Le unità, indipendentemente dall'essere separate fisicamente da quelle adiacenti, si distinguono le une dalle altre per la natura delle attività condotte, per le sostanze contenute in esse o per le condizioni operative.

In linea di massima, sono da considerarsi unità a sé stanti le apparecchiature in cui si effettuano operazioni unitarie.

Per la tipologia di deposito in esame devono essere individuate almeno le seguenti unità logiche (ove applicabili):

1. UNITA' STOCCAGGIO: area di stoccaggio in serbatoi fissi;
2. UNITA' FUSTI: area di stoccaggio in recipienti mobili;
3. UNITA' TRAVASO: area di carico/scarico da vettori stradali, ferroviari o navali;
4. UNITA' ADDITIVAZIONE/DENATURAZIONE: area di additivazione e denaturazione;
5. UNITA' POMPE: area di pompaggio per movimentazione;
6. UNITA' INFUSTAMENTO: aree di infustamento da serbatoi o vettori;
7. UNITA' SISTEMI DI INTERCONNESSIONE: aree tubazioni per ricezione/spedizione prodotti.
8. UNITA' DEPURAZIONE E TRATTAMENTO DELLE ACQUE

Ciascuna unità è costituita da specifici particolari tecnologici, che le caratterizzano, in base al tipo di sostanza stoccata, al luogo di stoccaggio, etc.

Di seguito sono descritte brevemente le singole unità logiche.

UNITA' STOCCAGGIO

L'unità di stoccaggio è costituita da un parco serbatoi di accumulo, solitamente sistemati in bacini di contenimento, con argini in terra o, più frequentemente, in cemento armato. Ogni bacino di contenimento può racchiudere uno o più serbatoi, la cui distribuzione è regolata dal D.M. 31 luglio 1934 e dalle successive modifiche ed integrazioni. Le capacità dei bacini di contenimento variano in base alla tipologia delle sostanze stoccate nei serbatoi in essi contenuti, in particolare, secondo il D.M. 31 luglio 1934, art. 54, il bacino di contenimento deve avere capacità minima:

- pari alla capacità del serbatoio in esso contenuto, se il serbatoio è singolo ed è destinato a prodotti di categoria A,
- pari alla metà della capacità dei serbatoi contenuti, se questi sono più di uno e destinati a prodotti di categoria A,
- pari a 1/3 della capacità dei serbatoi contenuti, se questi contengono sostanza di categoria B,
- pari a 1/4 della capacità dei serbatoi contenuti, se questi contengono sostanza di categoria C.

I bacini sono protetti con versatori a schiuma e camere a schiuma.

Alla base dei serbatoi e lungo tutto il loro perimetro si trova generalmente un anello di calcestruzzo con una cunetta di raccolta delle acque (piovana e d'irrorazione) e degli eventuali spandimenti che scaricano in pozzetti collegati, attraverso tubazioni, alla rete fognaria dell'impianto.

I serbatoi sono generalmente in metallo, la loro conformazione dipende dalla tipologia di sostanza stoccata e dalle condizioni di stoccaggio.

Nel presente documento vengono considerati i serbatoi cilindrici con asse verticale per lo stoccaggio a pressione atmosferica. In base alle caratteristiche del tetto esistono differenti tipologie di serbatoio, in particolare:

- Serbatoi a tetto aperto. Privi di tetto, possono causare problemi per la misurazione del livello di materiale e perdite da sovrariempimento in caso di vento o in condizioni meteorologiche instabili;
- Serbatoi a tetto fisso. Usati per stoccaggio di sostanze con punto di infiammabilità superiore ai 66°C, sono solitamente costruiti secondo standard che prevedono una connessione debole tra tetto e mantello realizzando in tal modo una zona di fragilità preferenziale garantendo l'integrità del mantello e quindi del contenimento (Fig.1, ALLEGATO I);
- Serbatoi a tetto conico. I supporti del tetto sono costituiti da travi di legno, il tetto, sempre in legno, è ricoperto da una lastra di metallo;
- Serbatoi a tetto galleggiante, nei quali il tetto mobile galleggia sulla superficie del liquido e scorre lungo le pareti del serbatoio (Fig.2, ALLEGATO I). Si evita così il formarsi, tra il tetto del serbatoio e la superficie del liquido, di uno strato di vapori di idrocarburi che, se mescolati con aria, potrebbero formare una miscela esplosiva. Vengono utilizzati per lo stoccaggio di sostanze volatili a basso punto di infiammabilità e a bassa pressione di vapore (greggio, benzina, nafta). Il tetto galleggiante è costituito da una struttura di metallo (alluminio), con ponte costituito da una lastra di lega di alluminio, il ponte

può essere doppio o singolo o ad anello. Il tetto a doppio ponte garantisce la rigidità e la robustezza del tetto e lo spazio tra i due ponti funge da buon isolante, favorendo l'inibizione della formazione di vapore. Il tetto galleggiante può essere aperto o interno ad un serbatoio dotato di tetto fisso. In questo secondo caso solitamente lo spazio tra i due tetti viene inertizzato mantenendolo costantemente in atmosfera di azoto. I serbatoi a tetto galleggiante sono dotati di valvole di depressione, che entrano in funzione quando il tetto va in appoggio sul fondo, e di tubo snodato metallico, per il drenaggio dell'acqua che si accumula sul tetto in caso di pioggia.

Tutti i serbatoi sono dotati di un sistema di messa a terra, possono essere presenti inoltre rilevatori di temperatura e indicatori di livello a due o più stadi (si attivano in caso di sovrariempimento ed hanno funzione sia di allarme che di blocco delle valvole sulle linee di immissione prodotto in serbatoio). Sul tetto sono predisposti portelli per regolare la ventilazione e delle valvole di sfogo, che si aprono in caso di sovrappressione. I dispositivi di sicurezza dipendono dalla tipologia di sostanza stoccata, mentre le protezioni da incendio generalmente consistono in applicatori fissi di schiuma situati ad uguali intervalli intorno al serbatoio. Ogni serbatoio è dotato in linea di massima di due linee di immissione prodotto, e di una linea di estrazione. Le tubazioni sono dotate di valvole di intercettazione o di saracinesche di sezionamento, per l'interruzione del flusso. Il riscaldamento del prodotto, quando necessario, può avvenire tramite serpentine di riscaldamento, costituite da un sistema di tubi disposti a spirale intorno al mantello, all'interno dei quali circola un flusso di vapore.

I serbatoi atmosferici funzionalmente connessi agli impianti di lavorazione, ovvero localizzati all'interno delle unità produttive stesse non sono considerati nella descrizione del presente documento.

UNITA' FUSTI

In tale area i prodotti vengono stoccati in recipienti mobili, di capacità geometrica solitamente non superiore a 1000 litri, destinati al trasporto e allo stoccaggio dei liquidi tossici e/o facilmente infiammabili (Fig.4, ALLEGATO I). Lo stoccaggio deve essere effettuato in spazi a bassissimo carico d'incendio e sufficientemente ampi da permettere la movimentazione con muletti. La disposizione dei fusti deve essere tale da impedire cadute accidentali, interazioni con mezzi mobili e deve essere possibile l'ispezione visiva di tutti i fusti al fine di identificare agevolmente eventuali difetti.

UNITA' TRAVASO

L'unità di travaso è costituita da un'area all'interno della quale avvengono le operazioni di carico/scarico del prodotto da vettori stradali e ferroviari. Il carico delle sostanze sulle autobotti avviene generalmente a mezzo di pensiline, di bracci di carico e di manichette (Fig.5, ALLEGATO I). Le pensiline sono costituite da un numero variabile di baie munite di passerella per l'accesso dell'operatore all'autobotte e di rampa di carico; i bracci di carico snodabili (che variano da un numero di uno o due per rampa di carico, fino a 25) sono indicati per il caricamento dell'autobotte dall'alto mentre le manichette per quello dal basso. Nei punti di movimentazione di prodotti l'area è attrezzata con piazzole di contenimento o pavimentazioni cordunate a pendenza prestabilita per il

contenimento al fine di ridurre le possibilità di sversamento degli effluenti liquidi e il loro contatto con il terreno e di convogliare gli spanti accidentali.

Le sostanze vengono inviate dall'area di carico/scarico ai serbatoi di stoccaggio tramite elettropompe.

Le rampe sono dotate generalmente di impianti di spegnimento e barriere idriche di protezione e raffreddamento e di ugelli schiuma e di sistemi per il collegamento elettrico dei mezzi di trasporto che si presentano per il carico e lo scarico, alla rete di terra del deposito .

All'interno di quest'area avviene anche la pesatura delle autobotti, solitamente prima e dopo il carico, mediante pese a bilico (Fig.6, ALLEGATO I).

Nel caso di un deposito costiero, con carico proveniente da navi cisterna, il travaso avviene tramite bracci di carico e scarico posti sui pontili di ormeggio delle navi. I bracci sono dotati solitamente di valvole per il rapido sezionamento della linea e valvole di non ritorno, per evitare possibili reflussi dal serbatoio di stoccaggio. Una volta terminate le operazioni di scarico le tubazioni vengono svuotate con acqua industriale o con aria compressa. Al termine dell'operazione di scarico l'oleodotto resta pieno d'acqua, che viene successivamente drenata lentamente sotto controllo ed inviata alle vasche di decantazione. Il deposito può essere collegato alla banchina del porto anche tramite oleodotto costituito da tubazioni in acciaio al carbonio.

UNITA' ADDITIVAZIONE/DENATURAZIONE

Nell'operazione di additivazione vengono aggiunte ai prodotti (gasolio, benzina) determinate sostanze per conferire loro o per aumentare determinate qualità.

La denaturazione consiste invece nel trattamento (con coloranti, nafta, traccianti) dei prodotti soggetti a monopolio, avente lo scopo di impedirne l'impiego per fini diversi da quelli cui sono destinati.

L'esigenza di additivare e denaturare deriva da aspetti fiscali o tecnici, cioè per differenziare e rendere riconoscibili prodotti destinati a utilizzi diversi (colorazione, denaturazione), o per modificare le caratteristiche fisico-chimiche (additivazione con anticongelante).

Tali operazioni consistono nella misurazione, tramite contatori volumetrici, del prodotto da additivare o denaturare, e nella relativa registrazione dei dati rilevati, nel dosaggio automatico della sostanza additivante o della miscela denaturante, nonché in sistemi di allarme e di blocco in caso di mancata immissione della sostanza o della miscela o di altre anomalie che impediscano una corretta additivazione e denaturazione.

UNITA' POMPE

La movimentazione del materiale da e verso l'esterno e all'interno del deposito stesso avviene tramite parchi pompe, distribuiti in apposite aree. Le pompe utilizzate possono essere di tipo centrifugo orizzontale, centrifugo verticale, volumetriche ed elettropompe. La tipologia e le potenzialità variano a seconda della funzione espletata e della sostanza movimentata, generalmente la portata è compresa tra i 30 e i 350 m³/h.

Ciascuna pompa è dotata di valvole d'intercettazione sull'aspirazione e sulla mandata, e di valvole di non ritorno sulla mandata.

Esse sono sistemate in sale pompe, di solito protette da tettoie o da fabbricati in muratura, e circondate da cordoli continui di contenimento di eventuali spanti, che vengono convogliati alla fognatura. In sala pompe sono di solito installati dei rilevatori che si differenziano a seconda della sostanza di cui devono segnalare la presenza, un impianto di spegnimento e degli ugelli a schiuma per la protezione da incendio.

UNITA' INFUSTAMENTO

L'impianto è costituito da linee di infustamento, dotate di infustatrici automatiche, semiautomatiche o manuali, che provvedono al riempimento di recipienti mobili, dotate di sistemi di controllo del riempimento, quali bilance, singole o multiple o altri sistemi equivalenti. Le infustatrici di prodotti tossici e/o nocivi sono generalmente collocate entro cabine depressurizzate con captazione dei vapori (Fig.7 e Fig.8, ALLEGATO I).

UNITA' SISTEMI DI INTERCONNESSIONE

Tale area comprende tutto quell'insieme di linee e sistemi di pompaggio per muovere i prodotti e le materie prime che giungono ai serbatoi di stoccaggio.

Per la ricezione, la movimentazione e la spedizione dei prodotti il deposito è munito di un sistema di tubazioni, che collegano i serbatoi tra di loro e, tramite le pompe, ai bracci di carico e scarico, ai pontili e ad eventuali oleodotti.

I percorsi delle tubazioni possono svolgersi fuori terra, a circa 0.3÷1 m dal suolo, supportati da strutture a ponte e opportunamente sorvegliati da operatori oppure in trincee, o interrati. Le tubazioni sono generalmente

in acciaio inossidabile o in acciaio al carbonio, coibentate, di diametro nominale variabile tra i 4" e i 34" (per gli oleodotti), e possono essere protette da tubi di contenimento in acciaio al carbonio. Le tubazioni adibite ad oleodotto sono dotate generalmente di sistema di svuotamento mediante pig, spinto in pressione d'acqua o in pressione d'aria.

UNITA' IMPIANTO DI DEPURAZIONE

Installato allo scopo di ridurre le concentrazioni di oli minerali, BOD (Biochemical Oxygen Demand), COD (Chemical Oxygen Demand) e solidi sospesi nelle acque reflue di drenaggio e spinta, l'impianto di trattamento delle acque è costituito generalmente da un disoleatore di pretrattamento per riduzione degli oli e dei solidi sospesi (Fig.9, ALLEGATO I). Le acque vengono successivamente inviate all' impianto di depurazione del Consorzio Comunale per il trattamento dei reflui delle aree urbane limitrofe.

3. VALUTAZIONE DELL'ANALISI DI RISCHIO

Nel presente capitolo si esamina “l'Analisi del rischio”, fase all'interno della quale, nell'ambito della elaborazione di un Rapporto di sicurezza, vengono individuati ed analizzati i potenziali eventi incidentali e le loro conseguenze. Attraverso l'esame dell'analisi di rischio di un Rapporto di sicurezza è possibile capire quali siano le considerazioni tecniche che hanno portato alla individuazione, da parte del gestore dell'impianto, degli scenari incidentali di riferimento, involuppo di eventi incidentali rappresentativi delle condizioni peggiori “prevedibili”.

La definizione degli scenari incidentali richiede la conoscenza ed il calcolo di un insieme di dati, quali ad esempio:

- le caratteristiche chimico-fisiche della sostanza coinvolta e le sue condizioni di stoccaggio
- il termine sorgente (portata, durata del rilascio e condizioni della sostanza dopo il rilascio)
- la diffusione della sostanza nello spazio circostante
- l'analisi e la valutazione degli effetti fisici possibili a seguito del rilascio
- la stima dell'impatto sull'uomo, sull'ambiente e sulle strutture

che il gestore deve considerare nell'effettuare l'analisi dei rischi.

Un problema di importanza fondamentale è quello che riguarda l'attendibilità dei risultati dei modelli di valutazione delle conseguenze (validazione), in quanto proprio sui risultati si basano le decisioni sulle

precauzioni impiantistiche da adottare, sulle eventuali modifiche da apportare all'impianto, sulle misure di emergenza da adottare in caso di incidente e le misure di pianificazione e protezione del territorio.

3 Elementi da considerare nella valutazione di un RdS

1) Verifica della coerenza tra gli scenari scelti e l'analisi storica.

La veridicità e la caratterizzazione di un evento incidentale dovrebbero sempre essere supportate da una adeguata considerazione degli eventi incidentali avvenuti in impianti simili (analisi storica).

L'analisi storica consente di ottenere ed organizzare statisticamente informazioni, quali le cause che possono portare ad una situazione incidentale, le cause che possono aggravarle, le conseguenze, e l'effettiva utilità delle precauzioni e delle misure impiantistiche che, adottate, hanno eventualmente determinato l'evoluzione di alcuni incidenti.

Se le informazioni di cui si dispone sono omogenee, affidabili e non generiche, è possibile individuare le componenti tecniche critiche, cioè quelle componenti che hanno avuto un ruolo determinante nel verificarsi degli eventi incidentali.

A tal proposito viene proposto e riportato, per motivi di spazio, in ALLEGATO II, un quadro complessivo dei fattori tecnici e gestionali che possono comportare lo sviluppo di incidenti rilevanti nei depositi di liquidi tossici e/o infiammabili. Esso è stato ottenuto sulla base di una ricognizione dei dati presenti in letteratura, integrati dall'esame delle analisi di sicurezza riportate in alcuni Rapporti di Sicurezza e dalla ricognizione dei criteri e metodologie di analisi.

2) Analisi del termine di sorgente.

Il termine di sorgente è costituito dai parametri tecnici che determinano la dinamica dell'incidente e di conseguenza l'entità del danno. I principali parametri che individuano il termine sorgente sono:

a) l'area di rottura (diametro di efflusso). La rottura può interessare un recipiente, una tubazione, un accoppiamento flangiato, una pompa, il braccio di carico o la manichetta di una pensilina.

Nel caso si tratti di tubazione sono ipotizzabili due tipologie di rottura: la *rottura catastrofica*, con la quale si intende la tranciatura completa di un tubo; e la *rottura semplice (fessurazione)*, che consiste nello svilupparsi di una rottura nella tubazione a causa di corrosione, erosione, difetto meccanico, sforzo, etc.

Nell'analisi vengono solitamente fatte le seguenti ipotesi relativamente alla determinazione dell'area di rottura (diametro di rottura)¹:

- nel caso di rottura catastrofica la portata di rilascio è calcolata considerando la sezione del tubo come intera superficie della rottura,
- nel caso di rottura semplice le portate di rilascio possono essere relazionate al diametro della tubazione: in qualche caso il diametro della rottura è equivalente al diametro della tubazione (piccoli diametri). All'aumentare del diametro della tubazione il rapporto $\varnothing_{\text{rottura ipotesi}} / \varnothing_{\text{tubazione}}$ diminuisce fino a valori che possono ancora essere circa del 40%;

¹ "The Cremer and Warner Report", Appendice IX, e "Risk Analysis of six potentially objects in the Rijnmond area, a pilot study", Rijnmond Public Authority (1982).

- per quanto riguarda gli accoppiamenti flangiati viene di solito assunto un diametro di efflusso pari al 20% del diametro della tubazione.

b) Il tempo di rilascio. Per una corretta stima delle conseguenze degli eventi incidentali risulta determinante la valutazione della durata dei rilasci, da cui dipende la quantità di sostanza che viene rilasciata nell'ambiente circostante. La durata del rilascio si può definire come la somma del tempo necessario per individuare l'evento e del tempo impiegato per far cessare completamente il rilascio. I tempi standard, presi a riferimento nella normativa (DM 15.05.96 e DM 20.10.98), sono ad esempio:

- 30-60 secondi, in presenza di sistemi di rilevazione che attivano automaticamente i sistemi di intercettazione;
- 3-4 minuti, qualora siano disponibili sistemi per la pulsante da area presidiata e sicura (valvole rilevazione con allarme riportato in zona presidiata e sicura, e sistemi di intercettazione azionabili mediante di intercettazione a comando remoto, blocchi azionabili mediante pulsante da sala controllo, etc);
- 10 minuti, qualora l'evento sia individuabile sulla base dell'andamento anomalo di una pluralità di variabili, riscontrabile dalla strumentazione di controllo e di allarme;
- 20-30 minuti, qualora l'evento sia individuabile solo in base agli effetti che determina (ad esempio l'odore, etc).

- c) La pressione e la temperatura di rilascio sono parametri che influiscono sulla portata di efflusso, descritta nel punto seguente.
- d) La portata di efflusso. Attraverso questo parametro è possibile calcolare, insieme al tempo di rilascio, la quantità di sostanza che si disperde. La portata di rilascio dipende dal diametro di efflusso (superficie di rottura), dal tempo di rilevazione ed intercettazione della perdita e dalla differenza delle condizioni fisiche del fluido tra interno del sistema di contenimento (tubazioni, serbatoio, impianto, etc) ed esterno. Per il suo calcolo si fa uso della equazione di Bernoulli, con eventuali modifiche che tengono normalmente conto delle caratteristiche dell'impianto: accoppiamenti, gomiti, pompe, etc.
- e) La sostanza/miscela coinvolta. Le caratteristiche chimico-fisiche (la viscosità, il punto di infiammabilità, la tensione di vapore, etc) e la fase della sostanza coinvolta nell'incidente sono molto importanti, in quanto da tali proprietà dipendono le dinamiche di evoluzione dell'evento incidentale.

3) Valutazione delle frequenze di accadimento degli scenari incidentali.

L'evoluzione degli scenari incidentali dipende da una serie di parametri che ne determinano la dinamica. Essi sono:

- la durata dei fenomeni (valutata anche sulla base delle soluzioni impiantistiche adottate e della disponibilità di sistemi di rilevazione ed intervento);
- la presenza di fonti di innesco;
- la disponibilità di mezzi di mitigazione/protezione (antincendio, barriere fisiche, etc);

- condizioni geometriche e possibili effetti domino.

Una delle tecniche utilizzate per l'individuazione degli scenari incidentali è denominata "Albero degli Eventi" (Fig.10, ALLEGATO III). Essa si estrinseca mediante una rappresentazione grafica delle ramificazioni logiche che partendo dall'evento iniziatore permettono l'identificazione di tutti gli scenari possibili. Ad ogni nodo di diramazione, che corrisponde alla eventuale partecipazione di altri eventi che caratterizzano gli scenari incidentali, si effettua una stima probabilistica fra le possibili alternative. Componendo le probabilità assegnate ad ogni percorso che porta ad uno degli scenari ottenuti, se ne individua la probabilità complessiva di accadimento. La frequenza di ogni scenario è quindi deducibile dalla combinazione fra la frequenza di base dell'evento iniziatore con le probabilità assegnate ad ogni diramazione del percorso (eventi intermedi).

La frequenza di accadimento degli eventi iniziatori o degli eventi intermedi può essere determinata mediante la tecnica dell' "Albero dei Guasti" (Fig.11, ALLEGATO III).

L'albero dei guasti è una rappresentazione grafica delle relazioni logiche tra quegli eventi semplici (guasti elementari) che, verificandosi in modo concatenato, comportano il realizzarsi di un evento indesiderato, del quale si vogliono determinare meccanismo e probabilità di accadimento. Mediante questa tecnica vengono descritti tutti i cammini che, dai singoli eventi elementari, conducono all' evento da valutare. Per il calcolo delle frequenze di accadimento, vengono assegnati agli eventi elementari i parametri di affidabilità caratterizzanti il loro comportamento, deducibili

da banche dati specifiche. Per l'esecuzione dell'analisi quantitativa degli alberi dei guasti possono essere utilizzati specifici programmi di calcolo. Lo studio delle frequenze di accadimento degli eventi iniziatori e dei relativi scenari incidentali, consente di valutare se un particolare evento sia più o meno probabile oppure con conseguenze più o meno rilevanti.

4) Valutazione delle conseguenze degli scenari incidentali.

La stima delle conseguenze deve comprendere:

- = una quantificazione delle *fasi intermedie*, ad esempio delle modalità di rilascio nel corso dell'evento incidentale, dell'entità di prodotto rilasciato, e degli eventuali condizionamenti geometrici esterni. Il gestore dovrà svolgere quindi una valutazione dei rilasci attesi nel corso degli eventi incidentali ipotizzati. La quantità rilasciata viene individuata considerando il tempo di rilascio, il diametro equivalente di efflusso e la portata di efflusso. Andrà infine considerato l'effetto di eventuali limitazioni allo smaltimento del prodotto (ad esempio presenza di un bacino di contenimento);
- = una quantificazione delle *conseguenze finali*, in termini di effetti fisici potenzialmente pericolosi (incendio, diffusione prodotti tossici, esplosione) e delle aree di danno. Nell'ambito dello sviluppo dell'analisi di rischio le conseguenze finali valutate si limitano alla determinazione delle condizioni entro le quali possono risultare dannosi gli effetti dell'incidente.

La quantificazione delle conseguenze degli scenari incidentali è basata principalmente sulla definizione dei modelli che rappresentano i

fenomeni fisici conseguenti la perdita di contenimento dall'impianto ed è generalmente sviluppata mediante l'uso di codici di calcolo informatizzati, utilizzati in packages, ad esempio PHAST e WHAZAN-II della DNV-TECHNICA LTD, EFFECT2 del TNO, ISC dell'EPA (USA), etc. Sulla base degli scenari individuati come credibili, i codici di calcolo permettono di valutare mediante gli algoritmi codificati gli effetti, indicando tra l'altro:

- la quantità di vapore o di liquido che fuoriesce da un'apertura di un recipiente;
- le dimensioni della pozza di liquido conseguente ad un rilascio continuo o discontinuo;
- la portata della sostanza evaporante da tale pozza;
- la dispersione di gas neutri o pesanti;
- l'irraggiamento da incendio di una pozza di liquido;
- la sovrappressione derivante dalla deflagrazione di esplosioni di una nube non confinata di gas o vapori infiammabili;
- la diffusione degli inquinanti nell'ambiente.

Gli scenari tipici susseguenti un evento iniziatore, cui ordinariamente si fa riferimento nel caso di depositi di liquidi tossici e/o facilmente infiammabili, sono:

- a) *rilascio* di liquido nell'ambiente, con formazione di pozze. Le possibili tipologie di efflusso a seguito di perdita di contenimento sono:

- a. Rilascio da grandi aperture, con efflusso di grandi quantità in pochi istanti,
- b. Rilascio da piccole aperture, in particolare da
 - recipienti (liquido)
 - tubazioni (liquido)

Nel caso di rilascio di liquidi da recipienti per il calcolo della portata di rilascio si fa uso della equazione di Bernoulli.

Nel caso di rilascio di bifase da recipienti i modelli di calcolo sono in grado di tener conto della presenza e degli effetti delle due fasi (vapore e liquido) nell'efflusso.

Il risultato dell'efflusso di un liquido o di un bifase è la formazione di una pozza di liquido, in tempi più o meno rapidi a seconda delle caratteristiche chimico fisiche della sostanza rilasciata. La determinazione delle conseguenze del rilascio deve tenere conto di fattori quali:

- caratteristiche del fluido (pressione di saturazione, temperatura di rilascio, fonti esterne e trasmissione di energia);
- tipo di rilascio: continuo o istantaneo;
- esistenza di confinamento;
- tipo di superficie su cui avviene il rilascio (terreno, acqua, superficie piana asfaltata, etc).

Dalla superficie della pozza formata, in assenza di fonti di innesco, può essere generato vapore tossico e/o infiammabile per evaporazione.

b) *Dispersione* di gas, vapori o nebbie in atmosfera. Attraverso lo studio della dispersione viene calcolata l'estensione e le caratteristiche della nube. La conoscenza dei parametri della nube consente di determinare l'entità di un rilascio tossico o, in caso di vapori infiammabili l'estensione entro la quale, in presenza di innesco, possono manifestarsi fenomeni tipo Flash-fire o esplosione. La dispersione in atmosfera di una sostanza è funzione della classe di stabilità atmosferica, della velocità del vento e della rugosità superficiale. La dispersione delle sostanze viene studiata tramite appositi modelli di calcolo, applicabili per i casi di nubi leggere, nubi neutre o nubi pesanti.

c) *Incendio*. Gli incendi possono essere così suddivisi:

- *Pool-fire e tank-fire*. Il pool-fire è l'incendio di una pozza di liquido, come ad esempio l'incendio sul tetto di un serbatoio a tetto galleggiante. I parametri che influiscono maggiormente sui valori di irraggiamento sono l'emissività di fiamma (espressa normalmente in kW/m^2) e la velocità del vento. Nel caso di rilascio continuo, la dimensione del pool-fire viene determinata ipotizzando che il liquido si sparge sulla pavimentazione dell'impianto. La superficie della pozza aumenta fino a quando la velocità di evaporazione o di combustione diventa pari alla portata di rilascio. Il diametro della pozza viene valutato, in caso di combustione, sulla base della espressione²:

² Mudan et al. 1988

$$D = 2 \sqrt{Q/\pi v \rho}$$

dove D = diametro di pozza (m)

Q = portata di efflusso (kg/s)

v = velocità di combustione (m/s)

ρ = densità del liquido (kg/m³)

Nel caso di spandimenti non confinati di liquido infiammabile la superficie della pozza deve essere stimata in base a considerazioni relative alla conformazione del terreno. In generale, i modelli disponibili per la valutazione del campo di radiazione nell'intorno della fiamma si possono suddividere in modelli a sorgente puntiforme (nei quali si presuppone che l'energia radiante sia concentrata in un punto e venga irradiata uniformemente in ogni direzione), e modelli a fiamma solida (nei quali vengono valutate le caratteristiche geometriche della fiamma e la visibilità della stessa da parte del soggetto colpito).

- *Jet-fires*. Il jet-fire consiste in un vero e proprio getto di fuoco causato dall'innesco di un getto di sostanza infiammabile. La fiamma che si produce può essere diretta verso l'alto (torce) o in altre direzioni in caso di fessure in recipienti o tubazioni in pressione. I parametri che influiscono maggiormente sui valori dell'irraggiamento sono l'efficienza e la velocità del vento.

- *BLEVE-Fireballs*. Il fenomeno del BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion) consiste nel cedimento catastrofico di un recipiente in pressione contenente un liquido surriscaldato, con conseguente rilascio istantaneo di una grande quantità di liquido in atmosfera e con innesco immediato. L'effetto del BLEVE è simile a quello delle esplosioni. Al momento del cedimento il liquido presente vaporizza istantaneamente per flash, formando un volume sferico di gas, la cui superficie esterna brucia (Fireball), mentre l'intera massa si solleva per effetto della riduzione della densità indotta dal surriscaldamento. Il fireball innalzandosi espone a radiazione termica tutto ciò che si trova nelle vicinanze del luogo dell'evento. Il modello più comune per la valutazione delle conseguenze di un BLEVE è il modello TNT equivalente, la cui formulazione è quella delle esplosioni fisiche; mentre per la valutazione dell'irraggiamento prodotto dal Fireball sono stati sviluppati differenti modelli. Tale irraggiamento è funzione del diametro e della durata del fenomeno. In ultima analisi l'irraggiamento prodotto è funzione della quantità di sostanza che vi partecipa.

Sia per le deflagrazioni che per le detonazioni viene più generalmente utilizzata l'espressione esplosioni di miscele infiammabili. Le esplosioni associate ad un deposito di liquidi tossici e/o infiammabili possono essere di tipo confinato: *CVE* (Confined Vapor Explosion), nel qual caso viene effettuata una valutazione dell'energia trasferita alle strutture di

confinamento, oppure libere: *UVCE* (Unconfined Vapor Cloud Explosion), nel qual caso si procede alla valutazione dell'onda di pressione generata.

e) In generale le *fenomenologie di combustione di nubi infiammabili* possono essere:

- *Flash-fire*, il quale comporta solamente fenomeni di irraggiamento e non di sovrappressione;
- *Deflagrazione*;
- *Detonazione* di una nube di vapori non confinata.

—

In genere, lo sviluppo come UVCE dall'innesco ritardato di una nube di vapori infiammabili richiede la presenza all'interno della nube, di un quantitativo notevole di prodotto combustibile.

Il DM 15.05.1996 suggerisce indicazioni per le quali il rischio di una esplosione non confinata è da ritenersi non trascurabile.

I due parametri fondamentali per il calcolo degli effetti di un UVCE sono la quantità di sostanza infiammabile presente all'interno della nube e la reattività, che è funzione della natura della sostanza (caratteristiche intrinseche).

Gli scenari incidentali e le relative conseguenze finali, individuate con i modelli sopra descritti, vengono considerati non solo per la valutazione dello stato di sicurezza dell'impianto, ma soprattutto, dopo opportuna distinzione tra scenari più probabili (frequenza attesa di solito dell'ordine di 10^{-5} eventi l'anno) e quelli meno probabili, per la pianificazione dell'emergenza esterna. La pianificazione di emergenza

comporta l'individuazione dell'area su cui va posta l'attenzione, in relazione alla gravità e alla tipologia delle conseguenze.

Le conseguenze tipiche interessanti impianti della tipologia considerata sono relative a:

- incendi (descritte in termini di irraggiamento termico espresso in kW/m^2),
- esplosioni (espresse in termini di sovrappressione misurata in Pascal),
- rilasci tossici (descritti in termini di concentrazione mg/m^3).

La valutazione della estensione delle aree coinvolte negli effetti degli eventi incidentali viene effettuata tramite dei criteri, suddivisi a seconda che i danni siano provocati da:

- radiazioni termiche a flusso costante;
- radiazioni termiche a flusso variabile nel tempo (fire-ball, flash-fire);
- onde di pressione;
- esposizione a gas/vapori tossici.

Tali criteri prendono in considerazione valori di soglia dettati dalla normativa (DM 15.05.96 e DM 20.10.98).

3.2 Considerazioni sul confronto di alcuni RdS

In applicazione delle considerazioni sinora svolte in questo capitolo, sono stati analizzati sei Rapporti di Sicurezza relativi a depositi di liquidi tossici e/o infiammabili, adibiti allo stoccaggio di prodotti quali:

- greggio
- benzina
- nafta
- acrilonitrile
- gasolio
- metanolo
- oli combustibili
- petrolio
- toluene
- acetone

Gli scenari incidentali riportati nei RdS sono stati confrontati tra di loro e con l'analisi storica precedentemente esposta, allo scopo di valutarne la coerenza.

Nella tabella dell'ALLEGATO IV vengono riportati gli scenari incidentali proposti da ciascun Rapporto di Sicurezza, insieme a quelle che sono le frequenze di accadimento calcolate.

Effettuando un primo immediato confronto è possibile mettere in evidenza una certa disomogeneità tra alcuni degli scenari incidentali individuati come rappresentativi dell'impianto da ciascuno dei sei RdS. Come esempio si riporta quello relativo all'evento "incendio sul tetto del serbatoio".

Sebbene dalle descrizioni impiantistiche riportate nei RdS stessi emerga che tutti e sei i depositi presentano un numero significativo di serbatoi a tetto galleggiante, lo scenario sopra citato viene considerato come significativo solamente da tre dei sei RdS.

Esaminando l'analisi preliminare (nella quale, sulla base dei dati storici, si individuano le unità critiche dell'impianto) di ciascun RdS si osserva che in tutti e sei viene considerato il serbatoio a tetto galleggiante come una delle unità nelle quali, in letteratura, si riscontrano i valori più elevati dell'indice di rischio. Tale risultato è confermato dal numero relativamente considerevole di incidenti di questa tipologia presente nei dati storici della tabella dell'ALLEGATO II (ovvero nella prima colonna della tabella dell'ALLEGATO IV).

Procedendo alla verifica delle frequenze di accadimento si osserva che, nel caso di due dei tre RdS che considerano come non significativo lo scenario, viene assegnata una probabilità di accadimento molto bassa all'evento “innesco di una pozza sul tetto del serbatoio” (probabilità dell'ordine di 10^{-8} eventi l'anno). Non viene quindi esclusa l'ipotesi della formazione di una pozza sul tetto, ma quella del suo sviluppo in un incendio. L'approfondimento di tali assunzioni dovrà svilupparsi nell'individuazione delle cause tecniche che giustificano l'“assenza di sorgenti di innesco nell'area serbatoi”³ o “il rischio contenuto derivante da una pozza formatasi sul tetto del serbatoio”⁴, quale può essere per esempio “un programma di migliorie, in corso di realizzazione, alla protezione antincendio dei serbatoi a tetto galleggiante, che prevede l'installazione di rilevatori di principio d'incendio costituiti da sonde

³ Documentazione privata, Rapporto di Sicurezza analizzato.

⁴ Documentazione privata, Rapporto di Sicurezza analizzato.

termosensibili poste lungo la tenuta circonferenziale tra tetto e mantello”⁵.

La scarsa omogeneità riscontrata nella scelta degli scenari incidentali emerge anche da altri esempi, quale quello relativo agli impianti di recupero vapori, unità considerata critica solamente da uno dei sei RdS, o quello relativo allo scenario incidentale “dispersione per sovrariempimento di cisterna su autobotte in fase di carico del prodotto”. Tale evento viene considerato solamente da due dei sei RdS, con frequenze di accadimento molto elevate (ordine di $10^{-1} \div 10^{-2}$ eventi l’anno). Sulla base di una prima indicativa analisi delle cause tecniche emerge che in un caso la natura di una probabilità così elevata è dovuta alle procedure di controllo del carico di tipo manuale/visivo (controllo del livello nella cisterna di tipo visivo, pulsantiera di comando sulla passerella della pensilina per l’arresto del pompaggio), a causa delle quali il tempo di intervento dell’operatore dipende da quanto esso sia impedito dal rilascio in corso a raggiungere i comandi locali di arresto pompa. Nel secondo caso invece le operazioni di carico vengono controllate da dispositivi antitrabocco di tipo ottico. Ciononostante viene considerato come significativo lo scenario incidentale “dispersione per traboccamenti e sversamenti”. In questo caso si riterrebbe necessario un ulteriore approfondimento e, se necessario, un chiarimento all’operatore dell’impianto.

Nel presente lavoro l’indagine sulla coerenza tra cause che hanno condotto il gestore alla scelta di un determinato set di scenari incidentali e gli scenari stessi, per motivi di tempo e di disponibilità dei dati, si ferma a questo punto.

⁵ Documentazione privata, Rapporto di Sicurezza analizzato.

Una valutazione completa dovrà tuttavia procedere ulteriormente, attraverso cioè l'esame, dopo un primo step di confronto e di verifica della coerenza con l'analisi storica o con eventuali altri RdS, delle cause operative o tecniche che giustificano l'assegnazione delle frequenze di accadimento (esame dell'albero dei guasti e dell'albero degli eventi) e/o la significatività degli effetti dell'evento incidentale (esame del termine di sorgente, delle conseguenze finali). In ultima analisi si procederà alla consultazione dell'operatore dell'impianto, il quale potrà fornire eventuali ulteriori chiarimenti non evidenti all'interno del RdS.

Alla luce di tali confronti e della ricognizione precedentemente svolta sui criteri e sulle metodologie di analisi, è possibile proporre un set di scenari incidentali di riferimento, da prendere in considerazione nell'analisi di rischio di impianti della tipologia in esame. Questi vengono esposti nella tabella seguente:

AREA	COMPONENTE	EVENTO INIZIATORE	SCENARIO INCIDENTALE
stoccaggio	Serbatoio	Rilascio per sovrariempiment o serbatoio	Dispersione Pool-fire Flash-fire
		Affondamento tetto galleggiante	Rilascio con Formazione di pozza confinata
		Accumulo acque sul tetto galleggiante	Incendio sul tetto del serbatoio
		Blocco tetto galleggiante durante movimentazione	
		Rottura meccanica tetto	Incendio sul tetto del serbatoio
		galleggiante	UVCE sopra tetto serbatoio
		Danneggiamento tenuta tetto	Incendio corona tetto
		Ignizione diretta	Incendio serbatoio
	Bacino di contenimento	Esplosione interna a serbatoio	Rilascio con formazione pozza confinata nel bacino contenimento
		Fessurazione mantello serbatoio	
		Rilascio nel bacino di contenimento	Pool-fire Flash-fire UVCE

travaso	Braccio di carico pensiline di carico-scarico	Rottura con perdita significativa	Dispersione
			Pool-fire
			Flash-fire
		Rottura catastrofica	Dispersione
			Pool-fire
			Flash-fire
	Autobotte	Sovrariempiment o autobotte	Dispersione
	Manichetta pensiline di carico-scarico	Rottura con perdita significativa	Pool-fire
			Flash-fire
			Dispersione
	Braccio di carico pontile	Rottura con perdita significativa	Pool-fire
			Flash-fire
			Dispersione
		Rottura catastrofica	Pool-fire
			Flash-fire
			Dispersione
pompe	pompa	Rottura tenuta	Dispersione
			Pool-fire
			Flash-fire
	Conessioni strumentali in area spinta	Perdita	Incendio

sistemi di interconnession e	Tubazioni	Perdita	Dispersione
	area carico-scarico	significativa	
	Tubazioni area pontile	Perdita	Dispersione
		significativa	Pool-fire
			Flash-fire
		Rottura catastrofica	Dispersione
			Pool-fire
			Flash-fire
	Tubazioni parco serbatoi	Perdita	Dispersione
		significativa	Pool-fire
			Flash-fire
		Rottura catastrofica	Dispersione
			Pool-fire
			Flash-fire
	Tubazioni linea di trasferimento	Perdita	Dispersione
		significativa	
		Rottura	
		catastrofica	
	Accoppiamenti flangiati linee trasferimento	Perdita	
		di contenimento	
	Accoppiamenti flangiati area serbatoi	Perdita	
		di contenimento	
	Valvole area serbatoi	Perdita	
		di contenimento	
	Valvole linee di interconnessione	Perdita	
		di contenimento	

CONCLUSIONI

In considerazione delle problematiche che emergono nell'affrontare l'analisi di rischio in impianti soggetti alla direttiva Seveso, si osserva la necessità sempre più evidente di elaborare adeguate metodologie e procedure, che orientino le Amministrazioni pubbliche e gli enti coinvolti nella valutazione dell'analisi di rischio dei RdS.

Lo studio condotto nel presente lavoro si propone, a tal proposito, di fornire un orientamento per il valutatore verso alcuni elementi tecnici ritenuti critici da poter inserire nel novero di quelli da sottoporre a riscontro in fase di istruttoria del Rapporto di Sicurezza.

Tali elementi sono stati determinati sulla base dell'esame di alcuni testi "canonici", della Banca Dati Incidenti Rilevanti interna APAT, e di dati storici reperibili in alcuni RdS.

E' stato quindi possibile elaborare una tabella nella quale sono stati riportati gli elementi tecnici critici per la tipologia di impianto in esame, insieme agli eventi incidentali dai quali tali elementi sono stati estrapolati.

La tabella suddetta può rappresentare un riferimento per il valutatore, in termini di confronto per un esame di completezza delle unità critiche scelte dal gestore dell'impianto nella relativa analisi di rischio.

In applicazione dei risultati ottenuti è stato infine effettuato, nei limiti di tempo concessi dal periodo di stage, un confronto tra alcuni RdS della stessa tipologia, sia tra di loro, che con i dati storici precedentemente ottenuti, al fine di estrapolare eventuali differenze o analogie significative.

Ne sono emerse le seguenti osservazioni, di carattere tuttavia preliminare, in considerazione del limitato numero di RdS analizzati:

- dal confronto tra scenari incidentali scelti come rappresentativi da ciascun RdS è possibile individuare, probabilmente anche a fronte del fatto che la realtà impiantistica in esame è tra le più semplici (si ricorda che la sostanza all'interno di un deposito di liquidi tossici e/o infiammabili non viene processata, ma solamente stoccata), le unità e le componenti tecnologiche di particolare criticità. Esse sono:
 - UNITA' STOCCAGGIO: serbatoio, bacino di contenimento;
 - UNITA' TRAVASO: braccio di carico, manichetta, autobotte;
 - UNITA' POMPE: pompa;
 - UNITA' SISTEMI DI INTERCONNESSIONE: tubazioni.

Tale risultato è confermato dai casi storici reperiti e riportati nella tabella sopra citata.

- Il confronto evidenzia tuttavia una certa disomogeneità tra scenari incidentali, dovuta al fatto che nelle analisi di rischio di alcuni RdS vengono scelti come rappresentativi scenari non riscontrabili in letteratura né negli altri RdS. Si renderebbe necessario in questo caso un esame più approfondito dell'analisi di rischio, basato su una metodologia, peraltro generalizzabile ad altre tipologie di impianto, che, procedendo per step successivi, indaghi circa le giustificazioni tecniche ed operative che hanno portato alla scelta degli scenari incidentali.

- L'insieme delle risultanze ottenute ha condotto all'elaborazione di una tabella rappresentativa degli scenari incidentali possibile di riferimento nell'analisi di rischio di impianti della tipologia in esame.

Il lavoro svolto in questo studio rappresenta un primo risultato usufruibile, in quanto identifica un quadro di elementi tecnici e scenari incidentali di riferimento ed una metodologia di esame delle analisi di rischio, che, sulla base di un numero più consistente di dati, potrà essere definita e generalizzata.

BIBLIOGRAFIA

Documentazione Privata (Rapporti di Sicurezza).

Banca dati interna APAT: BIRD (Banca Dati Incidenti Rilevanti).

A.N.P.A.- G.Capponi, D.Esposito, R.Iorio, G.Macchi, A.Ricchiuti, 1998, *Criteri di analisi e valutazione dei rapporti di sicurezza relativi ai depositi di liquidi facilmente infiammabili e/o tossici*, RTI 3/98-AMB-RISC/ARIS, Roma.

American Petroleum Institute, *Safety digest of lessons learned*, Section 6, Washington.

Centre for chemical process safety, 1989, *Guidelines for chemical process safety*, American Institute of chemical engineers, New York.

Frank P.Lees, 1980, *Loss prevention in the process industries*, Volume 2, Butterworth &Co Ltd, London.

Committee for the Prevention of Disasters, 1997, *Methods for the calculation of physical effects*, Part 1, C.J.H. van de Bosch, R.A.P.M. Weterings.

American Petroleum Institute, 1980, *Guide for fire fighting fires in and around petroleum storage tanks*, Second Edition, Api Publication, Washington.

The Cremer and Warner Report, Appendice IX.

Rijnmond Public Authority, 1982, *Risk analysis of six potentially objects in the Rijnmond area, a pilot study*.

Riferimenti normativi

Decreto legislativo 17 agosto 1999, n. 334: “Attuazione della direttiva 96/82/CE relativa al controllo dei pericoli di incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose”.

Decreto del Presidente della Repubblica 17 maggio 1988, n.175: “Attuazione della Direttiva CEE n. 82/501 del 24 giugno 1982 relativa ai rischi di incidenti rilevanti connessi con determinate attività industriali”.

Direttiva 96/82/CE del 9 dicembre 1996 (Seveso II): “Controllo dei pericoli di incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose”.

Decreto 9 maggio 2001, n.138: “Requisiti minimi di sicurezza in materia di pianificazione urbanistica e territoriale per zone interessate da stabilimenti a rischio di incidente rilevante”.

Decreto 9 agosto 2000, n.195: “linee guida per l’attuazione del sistema di gestione della sicurezza”.

Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 31 marzo 1989: “Applicazione dell’art.12 del Decreto del Presidente della Repubblica 17 maggio 1988, n.175, concernente rischi rilevanti connessi a determinate attività industriali”.

Decreto Ministeriale 20 ottobre 1988, n.262: “Criteri di analisi e valutazione dei rapporti di sicurezza relativi ai depositi di liquidi facilmente infiammabili e/o tossici”.

Decreto Ministeriale 31 Luglio 1934: “Approvazione delle norme di sicurezza per la lavorazione, l’immagazzinamento, l’impiego o la vendita di oli minerali, e per il trasporto degli oli stessi”, e successive modifiche ed integrazioni.

Decreto Ministeriale 15 maggio 1996: “Criteri di analisi e valutazione dei rapporti di sicurezza relativi ai depositi di gas e petrolio liquefatto (GPL)”.

Decreto 16 marzo 1988: “Modalità con le quali i fabbricanti per le attività industriali a rischio di incidente rilevante devono procedere all’informazione, all’addestramento e all’equipaggiamento di coloro che lavorano in situ”.

Decreto 9 maggio 2001: “Requisiti minimi di sicurezza in materia di pianificazione urbanistica e territoriale per le zone interessate da stabilimenti a rischio di incidente rilevante”.

Decreto 9 agosto 2000: “Individuazione delle modificazioni di impianti e di depositi, di processi industriali, della natura o dei quantitativi di sostanze pericolose che potrebbero costituire aggravio del preesistente livello di rischio”.

Siti internet

http://www.shiasia.co.th/eng/product/index_info.html, 20/10/2003

<http://www.matrixservice.com/tanks>, 20/10/2003

<http://www.gov.on.ca/OFM/guidetec/part4/4commen5.htm>, 20/10/2003

http://www.icarocortona.it/ita/lg/sicurezza/lg_metodologia_analisi_rischio.pdf, 19/01/2003

<http://extranet.regione.piemonte.it/ambiente/siar/dwd/cap4.pdf>,

12/02/2003

<http://www.informare.it/public/silomar/work/work.htm>, 12/02/2003

ALLEGATO I
(ILLUSTRAZIONI)



Figura 1: serbatoio a tetto fisso (a cupola)



Figura 2: serbatoio a tetto galleggiante



Figura 3: deposito costiero PetraSpa-Ravenna



Figura 4: unità fusti



Figura 5: unità travaso, pensiline di carico-scarico



Figura 6: unità travaso, area pesa per bilici



Figura 7: unità infustamento



Figura 8: unità infustamento



Figura 9: unità impianto di depurazione

ALLEGATO II
(TABELLA ELEMENTI TECNICI CRITICI)

ALLEGATO III
(ESEMPI DI METODOLOGIE DI ANALISI DI RISCHIO)

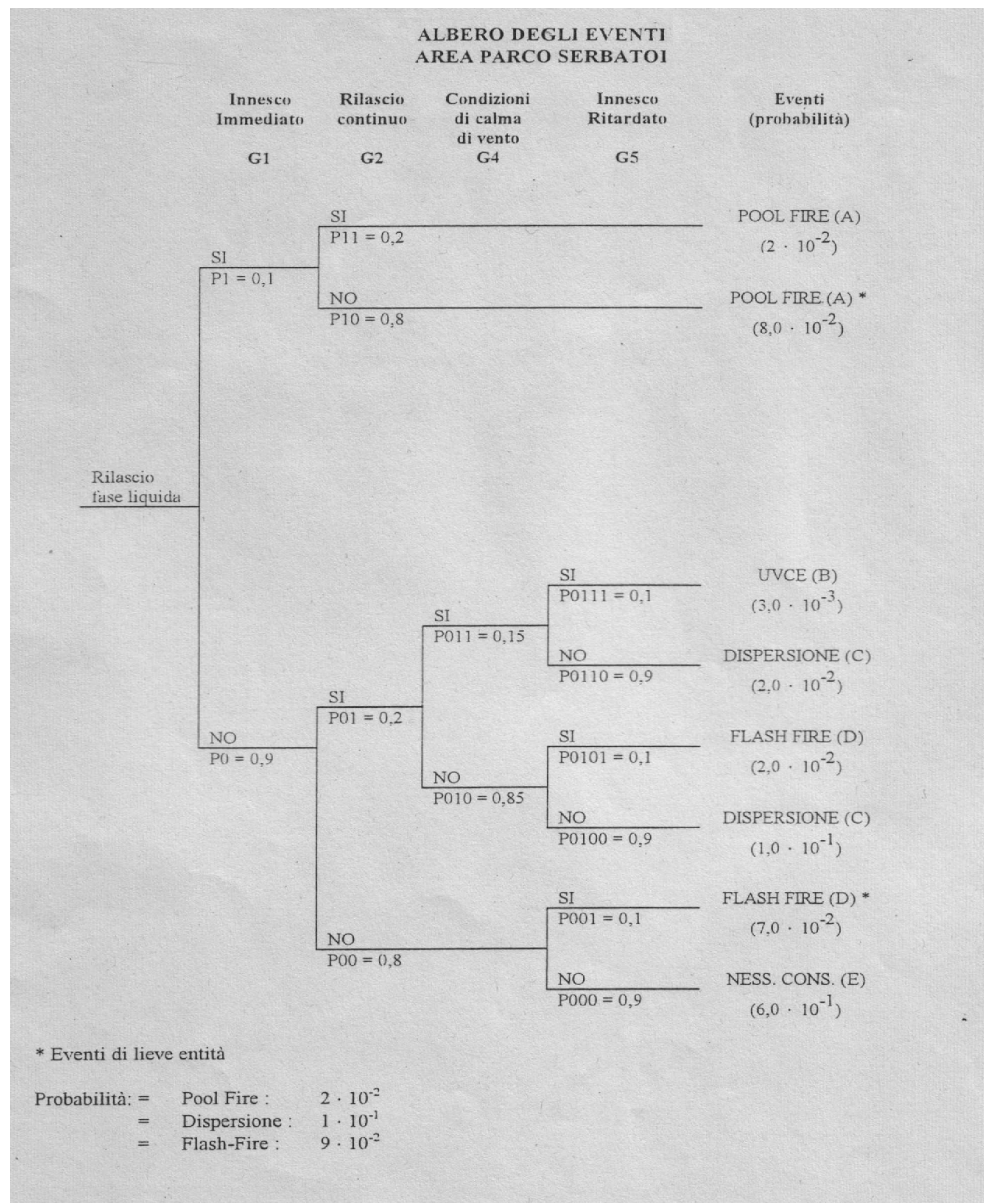


Figura 10: Esempio di albero degli eventi

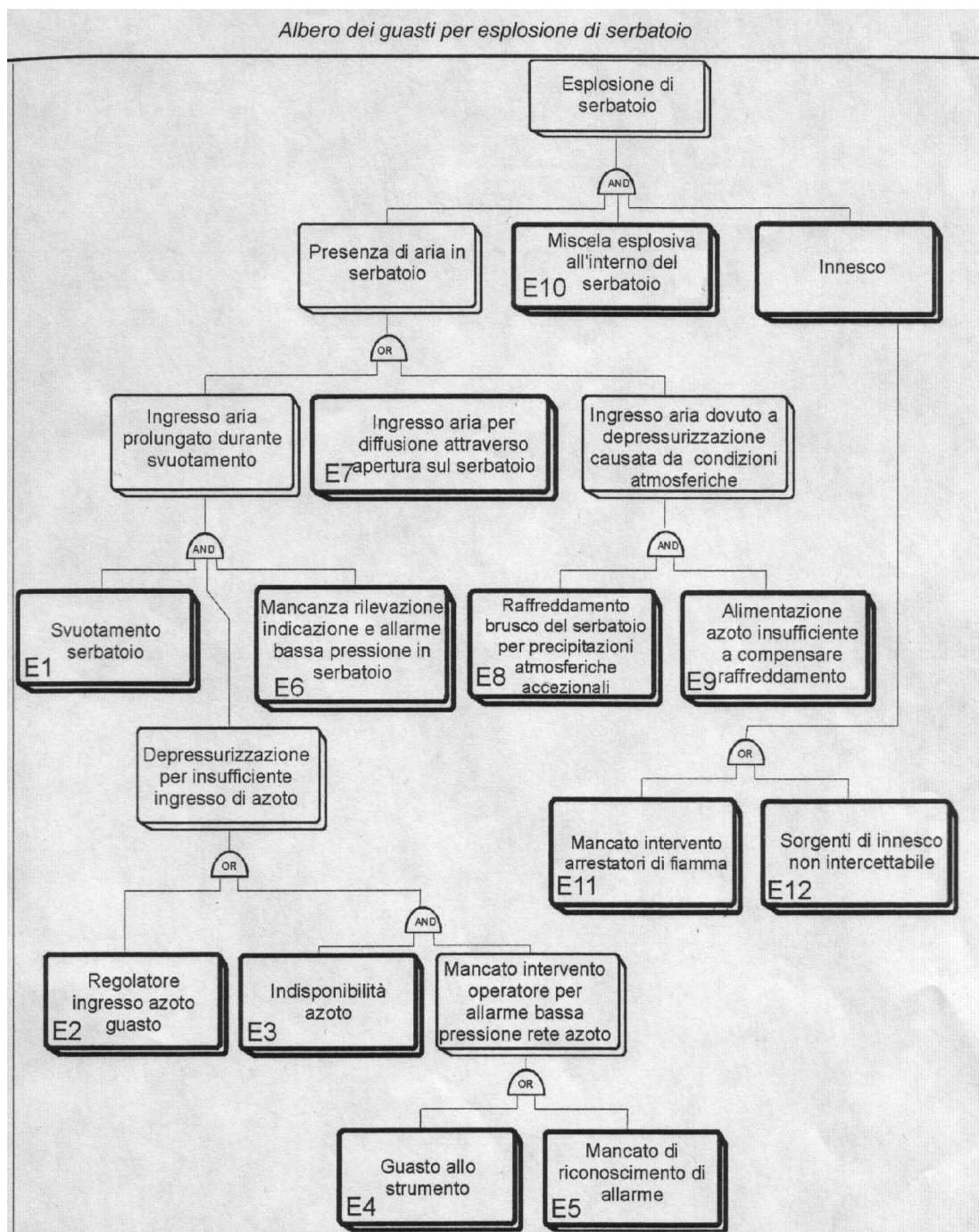


Figura 11: Esempio di albero dei guasti

ALLEGATO IV
(TABELLA CONFRONTO SCENARI INCIDENTALI)