

REVISIONE DEL METODO SPEDITIVO PER LA VALUTAZIONE DELLE CONSEGUENZE INCIDENTALI

Autori

Alberto RICCHIUTI, Gianfranco CAPPONI – ANPA Via Vitaliano Brancati, 48 – 00144 Roma, tel. 06 50071 – fax 06 5013429

Marcello MOSSA VERRE, Francesca ANDREIS, Simona CAMPANA, Stefano BALDACCI, Annarosa SCARPELLI, Francesco MAROTTA – ARPAT Via Nicola Porpora, 22 – 50144 Firenze, tel. 055 32061 – fax 055 3296324

0. SOMMARIO

Il "Metodo speditivo per la valutazione delle conseguenze incidentali" (nel seguito semplicemente metodo speditivo) di cui alle linee guida del Dipartimento della Protezione Civile della Presidenza del Consiglio dei Ministri del 18 gennaio 1994 ha costituito, nella sua versione originaria, un importante strumento per la pianificazione di emergenza esterna provvisoria ed un utile riferimento per gli organi tecnici preposti alla valutazione dei rapporti di sicurezza (cfr. decreti del Ministero dell'ambiente 5.11.1997 e 20.10.1998).

A dieci anni circa dalla sua prima versione è sorta l'esigenza di avviare una revisione del metodo finalizzata alla predisposizione di uno strumento informatico, da gestire nell'ambito del sistema informativo nazionale, in particolare per la ricomposizione dei rischi d'area.

Il lavoro (risultato di una convenzione ANPA-ARPAT) consiste nel riesame e aggiornamento del metodo alla luce dell'evoluzione dello stato dell'arte e consta di una revisione critica degli approcci generali e delle basi di valutazione e della successiva ricostruzione dell'intero complesso delle determinazioni analitiche di dettaglio.

Ad oggi è conclusa la prima parte ed è in corso la messa a punto dei codici di calcolo per le analisi di dettaglio.

1. FORMAZIONE E VALIDAZIONE NUOVO ELENCO SOSTANZE

In partenza sono state considerate, analizzate e rese disponibili su supporto informatico le sostanze pericolose contenute in:

- Banca dati ANPA [1] 260 sostanze
- Mappatura rischio ANPA [2] 50 sostanze
- DM 20.10.98 [3] 45 sostanze
- DM 5.11.97 [4] 215 sostanze
- Metodo speditivo [7] 224 sostanze

Il confronto fra le sostanze (effettuato per nome chimico e numero CAS – Chemical Abstract Service), anche mediante l'ausilio di banche dati internazionali (RTECS, Ariel, HSDB, Hazard Text), della stessa banca dati ARPAT (contenente le sostanze classificate ed etichettate ufficialmente a livello europeo di cui all'Allegato 1 della direttiva 67/548 [1]) e della banca dati on-line di Federchimica [13], ha consentito di individuare univocamente le 365 sostanze pericolose più diffuse nel territorio nazionale (con un incremento quindi di 141 sostanze rispetto al metodo speditivo).

2. MODALITÀ DI CLASSIFICAZIONE DELLE SOSTANZE

Come noto, l'evoluzione di un evento incidentale dipende sia dalle condizioni chimico/fisiche in cui è detenuta la sostanza coinvolta (stato fisico, temperatura, pressione), sia dalle caratteristiche intrinseche della sostanza stessa (tossicità, infiammabilità, esplosività) e sia dalle condizioni al contorno (tipo e caratteristiche del substrato, condizioni meteo, confinamento, ecc.). Logicamente le predette caratteristiche non agiscono tutte simultaneamente, bensì in momenti diversi della sequenza temporale che porta allo sviluppo finale dell'incidente. Questo è, per inciso, l'approccio degli attuali codici di calcolo (anche di quelli cosiddetti integrati) al problema della stima delle conseguenze incidentali. L'incertezza insita nella conoscenza dei predetti parametri si fa poi risentire, più o meno pesantemente, sul risultato finale.

Limitatamente all'applicazione del metodo speditivo, in relazione al primo gruppo di parametri (condizioni di detenzione), si individuano le seguenti classi di sostanze:

1. liquidi infiammabili,
2. gas infiammabili,
3. sostanze esplosive comprese le comburenti e le polveri,
4. liquidi tossici,
5. gas tossici,
6. solidi tossici comprese le polveri (assente nel metodo speditivo),
7. prodotti tossici di combustione (parzialmente presente nel metodo speditivo).

Di ulteriori parametri (tipicamente pressione e temperatura), caratteristici delle singole tipologie di detenzione o trasporto, si dirà nel seguito.

Relativamente alle caratteristiche di pericolosità della sostanza si individuano le seguenti sottoclassi:

1. tensione di vapore,
2. temperatura di ebollizione (assente nel metodo speditivo),
3. punto di infiammabilità,
4. LC50 ovvero LD50 ratto.

La tensione di vapore per i liquidi, la temperatura di ebollizione per i gas liquefatti ovvero la pressione di stoccaggio per i gas compressi, definiscono le *classi di volatilità* (VL). I valori di LC50 definiscono le *classi di tossicità* (TOX). La somma dei valori corrispondenti alla classe di tossicità ed alla classe di volatilità (TOX+VOL) determina la *categoria di tossicità*¹ associata alla sostanza. Per i solidi tossici la categoria di tossicità è definita dal valore di LD50.

La combinazione di classi e sottoclassi è mostrata nella tabella 1.

3. TIPOLOGIE SIGNIFICATIVE DI DETENZIONE O TRASPORTO DELLE SOSTANZE

Come già accennato, gli scenari incidentali connessi al rilascio di una sostanza pericolosa dipendono anche dalla modalità di detenzione/trasporto della stessa (in serbatoio, impianto di processo, tubazione, autocisterna, ferrocisterna, ecc.). Questa ha infatti un'influenza diretta sul tipo e sulla probabilità dello scenario (compresa la sua evoluzione), sul quantitativo rilasciato e sulle dimensioni dell'area interessata².

Le modalità di detenzione già presenti nel metodo speditivo italiano [7], nel *Manual for the classification and prioritization of risks due to major accidents in process and related industries* dell'IAEA [6] e nella *Guide to Hazardous Industrial Activities* del Ministero dell'Interno olandese [5] sono state sottoposte a verifica, allo scopo di non escludere eventuali tipologie particolari presenti in Italia. L'inchiesta presso i principali produttori o importatori di sostanze chimiche in Italia ed il confronto tra il metodo speditivo italiano e gli altri documenti sopraindicati ha portato ad introdurre le seguenti tipologie, assenti o non esplicitamente presenti nel metodo speditivo italiano:

- trasporto via nave di liquidi infiammabili;
- trasporto via nave di gas infiammabili liquefatti per compressione;
- trasporto (tutte le tipologie) di gas infiammabili liquefatti per refrigerazione;
- trasporto su strada di sostanze esplosive e comburenti;
- trasporto via nave di sostanze esplosive e comburenti;
- stoccaggio in serbatoi/impianti di gas tossici liquefatti per compressione;
- trasporto (tutte le tipologie) di gas tossici liquefatti per compressione;
- stoccaggio in serbatoi/impianti di gas tossici liquefatti per refrigerazione;
- stoccaggio di solidi (polveri) tossici.

Ha altresì condotto ad apportare alcune modifiche alle tipologie già presenti nel metodo speditivo italiano, tra cui:

- modifica dei quantitativi del deposito/trasporto in piccoli contenitori di gas infiammabile semplicemente compresso;
- modifica dei quantitativi di deposito delle sostanze esplosive e comburenti.

Nella tabella 2 sono riportate le tipologie di detenzione e trasporto adottate nella nuova versione del metodo speditivo.

4. DEFINIZIONE DELLE IPOTESI INCIDENTALI E DEI RELATIVI SCENARI RAPPRESENTATIVI

L'obiettivo consiste qui nella definizione delle ipotesi incidentali più probabili e di quelle medie per ogni classificazione di sostanze e per ogni condizione di stoccaggio e movimentazione e nella conseguente definizione degli scenari incidentali corrispondenti da simulare per calcolarne le conseguenze.

¹ Molto bassa, bassa, media, alta, molto alta, estrema.

² Occorre tener presente, contrariamente a quanto può apparire da un'applicazione meccanica del metodo (che ha come dato di input, nel caso dello stoccaggio, la quantità massima stoccata in un singolo serbatoio), che la quantità di sostanza pericolosa stoccata determina solo indirettamente ed in misura marginale l'entità dell'incidente e quindi le dimensioni dell'area interessata, essendo queste definite prevalentemente dalle caratteristiche impiantistiche (dimensione delle tubazioni, delle relative rotture e durata dell'emissione). Ciò sarà meglio precisato nel seguito.

Partendo da quanto la letteratura esistente propone (Chemical Process Quantitative Risk Analysis CPS [9], Manuale Whazan [10], Process Equipment Reliability Data CCPS [11], Manuale IAEA [6], Guida olandese [5], ecc.) ed in particolare quella italiana (DM 15/5/96 [8], DM 20/10/98 [3], Metodo speditivo italiano [7]), considerando quanto esposto nel capitolo precedente relativamente alle modalità di detenzione e di stoccaggio delle diverse tipologie di sostanze ed infine, tenendo conto di quanto l'esperienza acquisita suggerisce, vengono definite due ipotesi incidentali: l'ipotesi cosiddetta "più probabile" e quella "media" con i relativi scenari³. Tale distinzione, ritenuta necessaria per evidenziare e tener conto della molteplicità delle sequenze incidentali, rappresenta una novità in quanto non presente nel metodo speditivo italiano. Gli scenari incidentali così ipotizzati sono poi rivisti alla luce dei risultati delle simulazioni stesse.

4.1. Definizione della dimensione della rottura e della durata del rilascio

Sulla base dei dati di letteratura, con particolare riferimento alla situazione italiana e delle risultanze dell'analisi di rischio su importanti impianti industriali sono stati individuati i criteri per la definizione della dimensione della rottura e della durata del rilascio per le diverse tipologie di detenzione.

Circa la dimensione della rottura (ad esempio per i depositi) questa è assunta pari ad una percentuale della dimensione della tubazione più grande connessa al serbatoio; più piccola nel caso di tubazioni di collegamento utilizzate per i gas (sia semplicemente compressi che liquefatti per compressione), in ragione degli spessori maggiorati delle stesse.

Nelle tabelle 3÷6 è riportato il diametro del foro equivalente in funzione della quantità stoccata per le diverse tipologie di stoccaggio.

La definizione della durata di rilascio è più complessa in quanto, più della rottura, connessa al livello tecnologico presente nell'impianto. Facendo riferimento a dati di letteratura ed alle normative nazionali più recenti sono stati assunti i tempi di rilascio per le varie tipologie di detenzione, assumendo standard tecnologici medio-alti. In particolare, nel caso dei liquidi e dei gas compressi sono assunti mediamente tempi di rilascio più alti rispetto a quelli dei gas liquefatti evidenziandosi, per questi ultimi, quasi nel contempo, la formazione di una pozza e la veloce diffusione in atmosfera dei vapori della sostanza rapidamente individuabili da rilevatori automatici (posti normalmente circa al livello del suolo).

Nelle tabelle 7÷10 è riportata la durata del rilascio, relativamente alle due tipologie incidentali previste, in funzione della quantità stoccata e per le diverse tipologie di stoccaggio.

Per quanto riguarda il trasporto via ATB/FC si prevede, in accordo con i dati di letteratura, che tutto il contenuto del mezzo sia coinvolto nell'incidente. In tal caso la differenziazione tra ipotesi media e più probabile è condotta considerando i possibili scenari verso cui la situazione può evolvere.

Nel caso di trasporto di sostanze pericolose via acqua l'ipotesi più probabile e l'ipotesi media differiscono in quanto la prima è da ritenersi relativa ad incidenti con frequenza relativamente elevata connessa alla movimentazione del prodotto (tipicamente rottura del braccio di carico), mentre la seconda è connessa alla movimentazione del vettore (tipicamente fessurazione dello scafo della nave a seguito di urto con altro mezzo mobile o con strutture fisse).

In tabella 11 è riportata la durata del rilascio, relativamente alle due tipologie incidentali previste, nel caso di trasporto di gas liquefatto e di liquido o gas compresso.

Anche per quanto riguarda il trasporto tramite condotta, l'analisi dei dati di letteratura correlati con quelli relativi alla situazione esistente nel territorio nazionale hanno consentito l'individuazione del diametro equivalente della rottura e della durata del rilascio.

I risultati sono riportati nelle tabelle 12÷13.

³ Per incidente più probabile si intende qui quello più probabile tra gli incidenti credibili che possono determinare effetti significativi mentre, per incidente medio è da intendersi quello con conseguenze intermedie tra tutti gli incidenti possibili.

La definizione del rilascio è fatta in termini di dimensione della rottura e di durata del rilascio stesso, oppure, qualora il rilascio coinvolga una sostanza in fase liquida e qualora ci siano delle indicazioni desumibili da fonti di riferimento accreditate, direttamente in termini di diametro della pozza.

Nel caso in cui ci si riferisca ad una dimensione della rottura ed ad un tempo di rilascio, l'ipotesi media e quella più probabile variano sia in base a questi parametri di sorgente che al tipo di scenario verso cui la situazione può evolvere (indicando ad esempio l'UVCE piuttosto che il Flash-fire).

Nel caso in cui invece lo scenario è identificato direttamente tramite le dimensioni della pozza la differenziazione tra ipotesi media e più probabile discende solo dal considerare i possibili scenari verso cui la situazione può evolvere.

Per ognuna delle classi di sostanze pericolose (come identificate nel capitolo 2) e per ognuna delle tipologie di detenzione (stoccaggio, trasporto via ATB/FC, trasporto su vie d'acqua, pipeline – capitolo 3) sono individuati i criteri per la definizione di tutti i parametri necessari per la simulazione delle ipotesi incidentali medie e più probabili. Ovviamente una differenziazione tra gli eventi incidentali più probabili e quelli medi viene fatta solo nel caso i cui portino alla determinazione di raggi di danno diversi.

4.2. Definizione delle dimensioni della pozza in caso di rilascio in fase liquida

Anche le assunzioni fatte in merito alle dimensioni della pozza che si forma a seguito di uno sversamento di sostanza presente allo stato liquido sono in accordo con i dati di letteratura [Metodo speditivo Olandese] e con la realtà nazionale. In tal caso infatti occorre distinguere tra la presenza o meno del bacino di contenimento. Nel primo caso la pozza ha ovviamente le dimensioni del bacino (depurate dalla presenza del serbatoio), il cui volume ed altezza massima sono, per gli infiammabili, sono forniti dalla normativa di riferimento. In assenza di bacino di contenimento è assunta una dimensione standard della pozza in funzione della quantità di sostanza stoccata.

In tabella 14 sono riportate le dimensioni della pozza in funzione della massa stoccata

4.3. Definizione dello scenario finale da modellare

L'analisi delle credibili sequenze incidentali ha portato all'individuazione dei due scenari incidentali finali (ipotesi più probabile ed ipotesi media) da sviluppare mediante appropriata modellistica per ciascuna classe di sostanza.

Nelle tabelle 15 e 16 è riportato il quadro generale nel caso di stoccaggi fissi, rispettivamente, di sostanze infiammabili ed esplosive e di sostanze tossiche (la numerazione è quella del metodo speditivo).

Il procedimento di simulazione incidentale prevede di identificare la classe a cui appartiene la sostanza interessata entrando nelle relative tabelle a seconda che si tratti di una sostanza infiammabile o esplosiva (tabella 15) oppure di una sostanza tossica (tabella 16).

Successivamente, entrando nella colonna relativa all'ipotesi più probabile, o viceversa in quella relativa all'ipotesi media, si trova l'indicazione dello scenario incidentale e, nel caso sia necessario definire il diametro della rottura e la durata del rilascio oppure l'area della pozza, il richiamo alle tabelle 3÷10 oppure 14. Una volta scelta una delle due ipotesi (media o più probabile) nelle tabelle 15 oppure 16, bisogna reperire i dati nelle altre tabelle sempre in relazione all'ipotesi inizialmente scelta.

Nel caso di trasporto via ATB/FC si ammette (conformemente a quanto riportato in letteratura) che tutto il contenuto del mezzo di trasporto sia coinvolto nell'incidente. Le indicazioni relative all'area della pozza, quando necessarie, sono riportate direttamente nelle tabelle 17 e 18.

Riguardo al trasporto per vie d'acqua si riportano le tabelle 19÷20 tramite le quali è possibile identificare lo scenario da simulare nella caso di ipotesi media e più probabile.

Circa il trasporto in condotta si riportano le tabelle 21÷22 tramite le quali è possibile identificare lo scenario da simulare nelle due ipotesi incidentali predette.

5. ANALISI CRITICA DEGLI SCENARI INDIVIDUATI, A SEGUITO DEI RISULTATI DELLE SIMULAZIONI E CONFRONTO CON LE FONTI DI RIFERIMENTO.

La correttezza di tutte le ipotesi incidentali introdotte sarà verificata (seconda fase del lavoro) mediante l'utilizzo di simulazioni effettuate con i codici di calcolo prescelti per tale scopo (vds. successivo punto 6).

A questo tipo di verifica si aggiunge anche il confronto tra i risultati ottenuti con le simulazioni e i risultati presentati nel metodo speditivo [7] e nella guida olandese [5]. Alla luce dei risultati che saranno ottenuti non si esclude la possibilità di rivedere le ipotesi incidentali precedentemente assunte.

6. INDIVIDUAZIONE DEGLI STRUMENTI DI CALCOLO PER LA VALUTAZIONE DELLE CONSEGUENZE INCIDENTALI

Per il calcolo delle conseguenze sono stati individuati i codici di calcolo più affidabili per la simulazione dei diversi scenari incidentali ipotizzati e che possiedono una serie positiva di caratteristiche tecnico-operative.

A tal proposito, sono stati individuati i criteri di valutazione dei vari codici di calcolo presenti sul mercato.

Sulla scorta di tali criteri, finalizzati agli obiettivi del metodo speditivo, è stata quindi compilata una scheda riassuntiva per ciascun codice o pacchetto analizzato.

A questa fase preliminare è seguita la rassegna dei codici di calcolo che sono stati suddivisi in [12]:

- i) codici per il calcolo della dispersione di gas neutri e pesanti;
- ii) codici di calcolo per effetti di jets, evaporazione da pozza, incendi ed esplosioni;
- iii) pacchetti per la valutazione del rischio (che contengono intere suite di modelli di valutazione delle conseguenze).

Un'analisi più dettagliata è stata poi condotta per i codici immediatamente disponibili in ARPAT (Phast 6.1, Trace 8.3, Effects 4.0).

Infine le schede suddette sono state sintetizzate e ulteriormente ricomposte in una tabella dove sono stati utilizzati alcuni indici che hanno permesso un ranking dei pacchetti in base ai dati di input, alle tipologie di output disponibili, ai modelli utilizzati, alla sensitività agli errori nei dati di input e alla praticità di utilizzo.

Lo studio ha portato alla definizione dei codici di calcolo da utilizzare nelle simulazioni nei vari casi (incendio, esplosione, diffusione di tossici etc.) evidenziando le motivazioni in base alle quali sono state escluse le eventuali alternative.

I criteri di apprezzamento cui sono stati sottoposti tutti i codici analizzati sono:

- caratteristiche generali del codice utilizzato (tipologia di modello, affidabilità, data di pubblicazione);
- esistenza di documentazione tecnica di dettaglio del modello;
- numero e tipologia dei dati di input necessari per il run del codice;
- rapporto tra numero di parametri fissati per default e numero di parametri totali (si è supposto che tutti i parametri di default fossero comunque modificabili dall'utente e che questi valori fossero corretti).

Per i modelli sorgente: numero di scenari per cui il programma calcola la portata di rilascio (presenza di modelli per perdite e rotture da tubazioni o recipienti, venting da valvole di sicurezza, runaway di reattori ed esplosioni di vessel).

Per la formazione della nube e la dispersione: capacità di modellare la dispersione della nube da un rilascio a "ground zero" o bifase in quota. Disponibilità di modelli specifici per dispersione jet "near field" ed evaporazione di gocce di non equilibrio con conseguente ricaduta e atterraggio, espansione della pozza ed evaporazione, dispersione di gas pesante, e di gas neutri "far field". Presenza di forme singole di profili di concentrazione per coprire tutti gli stadi di rilascio e smoothing automatico per le transizioni tra modelli.

Sono stati inoltre valutati:

- Presenza di recensioni del modello e del codice, risultati di ricerche specifiche, verifiche e validazioni con dati sperimentali, benchmark e analisi di sensitività sui dati di input.
- Esistenza e qualità di una lista di referenze e delle relative applicazioni.
- Integrazione tra i vari modelli (linking, interlacing etc.).
- Facilità di utilizzo della Graphic User Interface (GUI).
- Programmabilità dei run.
- Presenza di reportistica numerica prestrutturata a più livelli di dettaglio.
- Facilità di cattura e postprocessing dei risultati.
- Esistenza e qualità della reportistica grafica.
- Costo di approvvigionamento, manutenzione e upgrading.
- System requirements in rapporto alle performance del codice.
- Presenza di help in linea.
- Dimensione stimata della "user learning curve" (tempo di apprendimento dell'utente).
- Linking to popular office tool (Microsoft a Lotus word-processing, spreadsheet e database).

Le informazioni ottenute sono state inserite in un database in modo da poterle rendere facilmente disponibili per ulteriori elaborazioni future.

La ricerca del modello ottimo tra quelli disponibili sul mercato è stata condotta tenendo conto di alcuni vincoli ed assegnando un punteggio (peso) variabile da 1 a 10 ad ogni caratteristica presa in esame. Sono state poi assegnate delle penalty function comprese tra 0.01 a 1 per pesare ulteriormente una caratteristica rispetto all'altra. Alla fine è stato calcolato uno score per ogni pacchetto ed uno per ogni specifico codice di calcolo.

I risultati della ricerca hanno mostrato che il PHAST 6.0 della DNV Technica e il TRACE 8.2 della SAFER Systems sono i sistemi che globalmente hanno acquisito lo score più alto e sono da considerarsi pacchetti idonei per lo svolgimento di quasi tutte le valutazioni delle conseguenze.

Il pacchetto del TNO Effects 4.0 ha ottime basi algoritmiche ma presenta problemi notevoli di linking tra i vari modelli che, pur essendo automatizzati per il caricamento dei dati, non lo sono per il lancio delle programmazioni dei segmenti successivi in ordine temporale.

In particolare è emerso quanto segue.

Per la dispersione di gas pesante può essere utilizzato anche HGSYSTEM sviluppato da SHELL che si lega al sistema CIRRUS della BP che ha molti modelli certificati EPA per la diffusione, un modello specifico per l'onda di pressione, oltre che una VCE basata sul multi-energy e GASP per la vaporizzazione da pozza ma soffre di un problematico linking tra i vari modelli.

Per le pipeline il codice migliore è risultato essere il TRANSPIRE della British Gas.

Per la vaporizzazione da pozza il miglior accordo tra misure sperimentali e simulazione viene fornito da Effects 4.0 del TNO, Phast 6.0 ed i codici SPILL e GASP.

Per le esplosioni, Effects 4.0 mette a disposizione il solo multi-energy mentre più ricca è l'offerta di Phast 6.0 e TRACE 8.2 che presenta anche Baker-Strehlow e il metodo TNT equivalente, quale strumento di riferimento. Entrambi sono comunque risultati i più idonei a simulare il fenomeno.

Sempre per le esplosioni i codici FRAGHAZ/EXMOD/EXFRAG sono risultati rispettivamente idonei per proiettili da pile di esplosivi, per esplosioni di fasi condensate e per gli effetti dei frammenti.

Per gli incendi avvolgenti il miglior codice è risultato ENGULF ed ENGULF II.

7. METODO SPEDITIVO PER LA VALUTAZIONE DEI RISCHI AMBIENTALI

Il rilascio accidentale di sostanze pericolose comporta spesso effetti sull'ambiente non solo di tipo acuto e frequentemente non limitati ad impatti diretti sull'uomo o sul territorio riconducibili ai soli effetti di tossicità diretta, irraggiamento o sovrappressione.

Pur consapevoli delle difficoltà insite nell'analisi di eventi che determinano alti livelli di impatto e comunque sempre nei limiti di una valutazione di massima, si è ritenuto opportuno introdurre, nella nuova versione del "Metodo speditivo per la valutazione delle conseguenze incidentali", una metodologia per la stima del rischio ambientale conseguente essenzialmente alla previsione di rilascio di sostanza pericolosa nel terreno e nell'acquifero sotterraneo.

7.1. Modalità di classificazione delle sostanze relativamente al rischio per l'ambiente

Sulla base delle indicazioni contenute nel documento "Soil & Groundwater protection" (Classification System of the substances Endangering Subsoil and Groundwater Quality-Criteria for the Notification of Major Accidents and Hazardous Installations, 1997; Commission of the European Communities Joint Research Centre of Ispra), è stata effettuata una classificazione delle sostanze relativamente al rischio per l'ambiente.

Tale studio, effettuato su mandato della Commissione Europea, ha, fra gli altri obiettivi, quello di sviluppare un sistema di classificazione delle sostanze attraverso l'identificazione di parametri che permettano di classificare le sostanze stesse in classi di rischio decrescente per il suolo e le acque sotterranee. Le sostanze possono essere pericolose a causa di loro specifiche proprietà e, relativamente al rischio per il suolo e le acque sotterranee, deve in primo luogo essere considerata la tossicità, includendo sia la tossicità per l'uomo che quella per gli ecosistemi nel sottosuolo e le acque sotterranee.

L'Unione Europea si è data, a partire dal 1967 (Direttiva 67/548/CEE), una normativa riguardante la classificazione, l'imballaggio e l'etichettatura di sostanze e preparati pericolosi, all'interno della quale è stato sviluppato un sistema di frasi di rischio – frasi R – che copre i vari aspetti del rischio dovuto all'utilizzo di sostanze chimiche pericolose, nonché dei preparati che le contengono. Le categorie di pericolo prese in considerazione sono quelle legate a:

- proprietà chimico-fisiche (es. pericolo di incendio o di esplosione);
- pericolo di tossicità (obiettivo in questo caso è la protezione della salute umana);
- altri rischi specifici per l'uomo;
- pericolo per l'ambiente (principalmente tossicità per gli organismi acquatici).

Nel valutare l'ecotossicità di una sostanza l'obiettivo principale è classificarla rispetto alla pericolosità per l'acqua e per il suolo; questa dipende non soltanto dalla pericolosità intrinseca, ma anche dalla tipologia del suolo, dall'uso che dobbiamo fare dell'acqua eventualmente inquinata, dalla reazione che una sostanza può dare con l'acqua stessa.

Rispetto alla pericolosità intrinseca delle sostanze le frasi di rischio considerate sono riportate in tabella 23.

Viene stabilito un sistema di indice di tossicità che tiene conto delle seguenti condizioni:

- vengono usate le frasi di rischio R sopra descritte;
- viene attribuito un punteggio ad ogni sostanza sommando i singoli punteggi di ogni frase di rischio associata alla sostanza stessa;
- ogni sostanza avrà il proprio indice di rischio sulla base del punteggio totale.

7.2. Descrizione del sistema Indici di rischio parziali

In funzione delle frasi di rischio R, associate alle sostanze, sono assegnati i seguenti punteggi:

Ecotossicità

Frasi:	Punteggio:
• R 50	6
• R 51	4
• R 52	2
• Ecotossicità non ancora determinata	6

Degradazione/accumulo

Frasi:	Punteggio:
• R 53	2
• Degr./Acc.non ancora determinati	2

Tossicità acuta (Orale/pelle)

Frasi:	Punteggio:
Orale	
• R 22	1
• R 25	3
• R 28	5

Pelle (soltanto se non c'è alcuna frase riguardante il rischio per via orale)

• R 21	1
• R 24	3
• R 27	5
• R 43	3
• Tossicità acuta non ancora determinata	5

Effetti irreversibili

Frasi:	Punteggio:
R 33	1
R 39	3
R 48	5

Cancerogenicità, Mutagenicità, Effetti sulla riproduzione

Frasi:	Punteggio:
• R 40	2
• R 62	2
• R 63	2
• R 46	3
• R 60	3
• R 61	3
• R 45	8

Altri rischi

Frasi:	Punteggio:
• R 64	2
• R 29	3

A seconda del valore che assume l'indice calcolato con il metodo sopra descritto si identifica una classe di tossicità ambientale della sostanza presa in esame secondo quanto indicato nella tabella sottostante.

<i>Indice di tossicità</i>	<i>Classe di tossicità ambientale</i>
0	0
1 - 4	1
5 - 7	2
>= 8	3

Tabella 7 - 1

7.3. Vulnerabilità dell'ambiente circostante coinvolto nell'evento

In questa parte del documento viene proposto un metodo speditivo per effettuare una stima del grado di vulnerabilità del terreno a seguito di un incidente rilevante. Tale metodo, elaborato dal gruppo di lavoro per la sicurezza della "Unione Petrolifera" italiana e da Agip Petroli, è stato presentato al Ministero dell'Ambiente e proposto per un utilizzo su larga scala.

Esso prevede di qualificare la tipologia di suolo in termini di un indice detto di "vulnerabilità complessiva", ovvero della suscettività di un acquifero a ricevere ed a trasmettere un inquinante. Questo indice dipende da due fattori: "la vulnerabilità verticale", cioè la facilità di penetrazione verticale di un inquinante attraverso la zona non satura del terreno e "la vulnerabilità orizzontale", cioè la facilità con cui l'inquinante può diffondere in senso orizzontale lungo la direzione di deflusso di un'eventuale falda raggiunta.

7.3.1 Calcolo della vulnerabilità verticale

La facilità di penetrazione verticale di un inquinante in un terreno può essere formulata quantificando il tempo necessario all'inquinante per raggiungere un acquifero sotterraneo ed esprimibile pertanto attraverso la seguente relazione:

$$V_v = T_a / (3600 * 24 * 365) = S / V_i$$

dove:

- V_v è la vulnerabilità verticale [anni];
- T_a è il tempo di arrivo [s];
- S è la soggiacenza ovvero la profondità della falda dal piano di campagna [m];
- V_i è la velocità di infiltrazione che, considerando un gradiente unitario, coincide con la permeabilità caratteristica K del terreno [m/s].

I valori della permeabilità, per varie tipologie di terreno a diversa granulometria sono forniti nella tabella seguente (Castany, 1968 modificato):

LITOLOGIA	PERMEABILITA' K [m/s]
Ghiaia Pulita	10^{-1}
Sabbia grossolana	10^{-3}
Ghiaia e sabbia	10^{-3}
Sabbia media	10^{-4}
Sabbia fine	10^{-5}
Sabbia limosa	10^{-7}
Limo	10^{-8}
Argilla	10^{-11} - 10^{-7}
Scisti*	10^{-11} - 10^{-7}
Basalto fessurato*	10^{-11} - 10^{-7}
Granito*	10^{-11} - 10^{-7}
Calcere carsificato*	10^{-11} - 10^{-7}
Calcere*	10^{-11} - 10^{-7}

* Lyman, 1990

Tabella 7 - 2

In funzione del valore che assume la vulnerabilità verticale si identificano tre classi di vulnerabilità:

Tempo di arrivo	Vulnerabilità verticale
$T > 10$ anni	Da bassa a molto bassa
$1 > T > 10$ anni	Media
$T < 1$ anno	Da alta ad elevata

Tabella 7 - 3

7.3.2 Calcolo della vulnerabilità orizzontale di un acquifero

Il parametro di confronto utilizzato per quantificare la vulnerabilità orizzontale di un acquifero, ovvero la facilità con cui quest'ultimo può diffondere l'inquinante che lo ha raggiunto nella direzione del deflusso, è la velocità delle acque sotterranee stesse. Questa grandezza può essere determinata sperimentalmente mediante dei traccianti, oppure per via analitica applicando la relazione seguente:

$$V_o = V = K * i / m_e$$

Dove:

- V_o è la vulnerabilità orizzontale [km/anno];
- V è la velocità dell'acquifero [km/anno];
- K è la permeabilità [m/s];
- i è il gradiente idraulico ottenibile da misure piezometriche;
- m_e è la porosità efficace.

I valori della porosità efficace, per varie tipologie di terreno a diversa granulometria sono forniti nella tabella seguente (Castany, 1982):

LITOLOGIA	Porosità efficace media (%)
Ghiaia Pulita	25
Sabbia grossolana	20
Ghiaia e sabbia	15 – 25
Sabbia media	15
Sabbia fine	10
Sabbia limosa	5
Limo	2
Argilla	0.1 – 2
Scisti*	8 – 10
Basalto fessurato*	0.1 – 2
Granito*	2 – 10

*Lyman, 1990

Tabella 7 - 4

Anche in questo caso si possono definire tre classi di vulnerabilità:

Tempo di arrivo	Vulnerabilità orizzontale
$V < 1$	Da bassa a molto bassa
$1 > V > 10$	Media
$V > 10$	Da alta ad elevata

Tabella 7 - 5

7.3.3 Vulnerabilità complessiva

Dal confronto della vulnerabilità orizzontale e della vulnerabilità verticale si ottiene un indice detto di “vulnerabilità complessiva” che rappresenta quindi la suscettività di un acquifero a ricevere e a diffondere un inquinante. Tale indice tiene conto infatti sia della protezione offerta all’acquifero dalla zona non satura del terreno sovrastante, che della facilità con cui l’inquinante può diffondersi mediante l’acquifero stesso.

Il valore della vulnerabilità complessiva si ottiene applicando la seguente relazione:

$$V_c = V_o / V_v$$

Dove:

- V_c è la vulnerabilità complessiva [km];
- V_o è la vulnerabilità orizzontale [km/anno];
- V_v è la vulnerabilità verticale [anni].

Secondo il valore di vulnerabilità complessiva ottenuto si avranno tre diverse classi di vulnerabilità complessiva elencate di seguito:

V_c	Vulnerabilità complessiva	Note
$V_c < 10^{-3}$	Da bassa a molto bassa	I tempi di intervento dell’uomo per la bonifica sono sicuramente inferiori ai tempi di raggiungimento dell’inquinante di elementi ricettivi sensibili.
$10^{-3} > V_c > 10$	Media	E’ necessario individuare gli elementi recettori sensibili al fine di predisporre dispositivi mirati a prevenire e contenere l’eventuale inquinamento.
$V_c > 10$	Da alta ad elevata	E’ necessario predisporre dispositivi e piani di intervento in emergenza tali da prevenire e contenere il potenziale inquinamento di tutta l’area oggetto dello studio.

Tabella 7 - 6

7.4. Matrice di rischio ambientale

Partendo dai risultati dell’applicazione delle metodologie esposte nei paragrafi precedenti si arriva ad identificare una matrice di rischio ambientale che, correlando la pericolosità ambientale della sostanza con la vulnerabilità dell’ambiente circostante, fornisce una valutazione qualitativa del livello di rischio ambientale connesso con la detenzione e manipolazione delle sostanze pericolose nel contesto della dislocazione dello stabilimento.

Tale matrice è la seguente:

		Vulnerabilità complessiva		
Classe di Tossicità ambientale della sostanza coinvolta		< 10 ⁻³	10 ⁻³ < Vc < 10	> 10
0				
1				
2				
3				

Legenda

	Rischio trascurabile per suolo e falda
	Basso rischio per suolo e falda
	Medio rischio per suolo e falda
	Alto rischio per suolo e falda

7.5. Conclusioni

Di seguito sono fornite alcune indicazioni sulle azioni da compiere a seconda del livello di rischio valutato per lo stabilimento in questione.

Rischio	Azioni
Rischio trascurabile per suolo e falda	Non è richiesto alcun ulteriore approfondimento
Basso rischio per suolo e falda	Può essere opportuno approfondire lo studio nei confronti di possibili recettori sensibili (falda, agglomerati urbani, ecc.)
Medio rischio per suolo e falda	È necessario approfondire lo studio nei confronti di possibili recettori sensibili (falda, agglomerati urbani, ecc.) eventualmente disponendo interventi mirati di prevenzione e mitigazione. Si suggerisce di effettuare l'approfondimento utilizzando software di analisi specifici
Alto rischio per suolo e falda	È necessario stimare l'area di impatto e disporre specifici interventi di prevenzione e mitigazione. Si rende necessario l'approfondimento utilizzando software di analisi specifici

Tabella 6 - 7

8. BIBLIOGRAFIA

- [1] Banca Dati Sostanze Pericolose ANPA - Roma 2001 Rev. 6;
- [2] “Mappatura del rischio industriale in Italia” , a cura dell’ANPA, Dipartimento Rischio tecnologico e Naturale, Settore “Rischio nelle Attività Industriali”, Roma Aprile 2000;
- [3] DM 20/10/98 “Criteri di analisi e valutazione dei rapporti di sicurezza relativi ai depositi di liquidi facilmente infiammabili e/o tossici”;
- [4] DM 05/11/1997 “Modalità di presentazione e di valutazione dei rapporti di sicurezza degli scali merci terminali di ferrovia”;
- [5] Guide to Hazardous Industrial Activities, Ministry of the Interior, Crisis Management and Fire Directorate, The Netherlands, September 1988;
- [6] Manual for the classification and prioritization of risks due to major accidents in process and related industries, IAEA–TECDOC-727, Vienna 1993;
- [7] Linee guida per la pianificazione di emergenza esterna per impianti industriali a rischio di incidente rilevante, Dipartimento della Protezione Civile - Presidenza del Consiglio dei Ministri, 18 gennaio 1994;
- [8] DM 15/5/96, “Criteri di Analisi e valutazione dei rapporti di sicurezza relativi ai depositi di gas e petrolio liquefatto (G.P.L.)”;
- [9] Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis, Centre for Chemical Process Safety;
- [10] Whazan Version 2.1, May 1993: Process Hazards Screening tool, User Manual.
- [11] Guidelines for Process Equipment Reliability Data, Centre for Chemical Process Safety;
- [12] Lees, F. P. “Loss Prevention in the Process Industries”, Butterworth-Heinemann, second edition 1996
- [13] Sito web banca dati Federchimica: http://www.federchimica.it/pagine/rep/repf_ric_01.htm

9. APPENDICE - *Tabelle*

N. rif.		Classi e sottoclassi		Ulteriori specificaz.			
1	1.1	1.1.1	Liquido infiamm.	Pv<0,3 bar a 20°C	T _{inf} <20°C		
		1.1.2			T _{inf} >20°C		
	1.2	Pv>0,3 bar a 20°C					
2	2.1	2.1.1	Gas infiamm.	liquef. per compr.	T _{eb} > T _{inf} °C		
		2.1.2			T _{eb} < T _{inf} °C		
	2.2	liquef. per refr.					
	2.3	Compr.					
3	3.1	3.1.1	Sostanze esplosive - Comburenti	Perox org.			
				Esplosivi			
				Fuochi d'artificio			
4	4.1	4.1.1	Liquidi tossici	m. b. tox	TOX + VL ≤ 5		
				b. tox	TOX+VL = 6		
				m. tox	TOX+VL = 7		
				a tox	TOX+VL = 8		
				m. a. tox	TOX+VL = 9		
				e. tox	TOX+VL ≥ 10		
5	5.1	5.1.1	Gas tossici	liquef. per compr.	b. tox	TOX+VL = 6	
					m. tox	TOX+VL = 7	
					a tox	TOX+VL = 8	
					m. a. tox	TOX+VL = 9	
					e. tox	TOX+VL ≥ 10	
	5.2	5.2.1		5.2.1.1	liquef. per refr.	b. tox	TOX+VL = 6
						m. tox	TOX+VL = 7
						a tox	TOX+VL = 8
						m. a. tox	TOX+VL = 9
						e. tox	TOX+VL ≥ 10
	5.3	5.3.1		5.3.1.1	compresso	m. b. tox	TOX + VL ≤ 5
						b. tox	TOX+VL = 6
						m. tox	TOX+VL = 7
						a tox	TOX+VL = 8
						m. a. tox	TOX+VL = 9
e. tox	TOX+VL ≥ 10						
6	6.1	6.1.1	Solidi tossico	b. tox	LD50 orale < 5		
				m. tox	LD50 orale fra 5 - 50		
				a. tox	LD50 orale fra 50-500		
				m. a. tox	LD50 oral fra 500- 5.000		
				e. tox	LD50 orale > 5.000		
7	7.1	7.1.1	Prodotti tox di comb.	da pesticidi	Precursori di diossina		
		7.1.2		Non prec. di diossina			
	7.2	da fertilizz. azotati					
	7.3	da fertilizz. solforati					
7.4	da materie plastiche						

Parametro fisico		Classe di volatilità VL
Liquidi tox		
Pv (bar)	≤ 0,05	1
	0,05 < Pv ≤ 0,3	2
	> 0,3	3
Gas tox liquefatti per compressione		
Tb (°C)	> -8	3
	≤ -8	4
Gas tox liquefatti per raffreddam.		
Tb (°C)	> -28	3
	≤ -28	4
Gas tox compresso		
P (bar)	<3	2
	3 ≤ P < 25	3
	> 25	4

Classi di volatilità

LC ₅₀ (ppm) ratto 4 hr	Classe di tossicità (TOX)
0.01-0.1	8
0.1-1	7
1-10	6
10-100	5
100-1.000	4
1.000-10.000	3
10.000-100.000	2

Classi di tossicità

Tabella 1 - Prospetto classi e sottoclassi di sostanze

N. rif.	Sostanza	Modalità detenzione	Quantità (ton)
1	Liquido infiammabile	Serbatoi con bacino / impianto di processo	Tutte
		Tubazioni	Tutti diam
		Autocisterna	45 mc
		Ferrocisterna	60 mc
		Via d'acqua int.	210 mc
2.1	Gas infiammabile liquefatto per compressione	Nave	5.000 (*)
		Autocisterna	20
		Ferrocisterna	50
		Serbatoio f.terra	1-1.000
		Via d'acqua int.	170
		Nave	5.000 (*)
		Tubazione	diam. ≥ 0.1 m (*)
		Serbat. interr.	1-1.000
		Imp. processo	1-1.000
		2.2	Gas infiammabile liquefatto per refrigerazione
Trasporto	come liq. inf. diam. 0.2-1 m		
2.3	Gas infiammabile in P	Tubazione	diam. > 1 m
		Bombole /Trasporto	<7 (*)
3	Sostanze esplosive e comburenti	Depositi	<3.000
		Trasporto nave	5.000
		Trasporto su strada	1250
4	Liquido tossico	Serbatoi con bacino	Tutte
		Impianto di processo	Tutte
		Ferrocisterna	60 mc
		Autocisterna	25 mc
		Via d'acqua interna	210 mc
		Nave	5.000 (*)
5.1	Gas tossico liquefatto per compressione	Serbatoi	1-1.000
		Impianti	1-1.000
		Ferrocisterna	50
		Autocisterna	20
		Via d'acqua interna	500
		Nave	5.000 (*)
		Tubazione	50
5.2	Gas tossico liquefatto per refrigerazione	Deposito, impianti di raffreddamento	0.2-10.000 mc
5.3	Gas tossico compresso	Tubazioni o deposito	diam 0.01 - 0.4 m
6	Solido tossico	Deposito	0.1 - 100
7	Prodotti tossici di combustione	Deposito	10 - 8.000 mq di superf. 1-5.000 ton

(*) suscettibile di modifica in fase di revisione

Tabella 2 - Prospetto tipologie di detenzione e trasporto

STOCCAGGI DI LIQUIDI			
Quantità stoccata [t]	Diam. Tubaz.	Diam. equiv. rottura (mm)	%
0 – 15	2"	25	≈ 45
15 – 70	3"	35	≈ 45
70 – 350	4"	45	≈ 45
350 – 1600	6"	70	≈ 45
1600 – 10000	8"	90	≈ 45
10000 – 16000	12"	140	≈ 45
16000 – 32000	16"	180	≈ 45
>32000	20"	230	≈ 45

Tabella 3

STOCCAGGI DI GAS LIQUEFATTI PER PRESSIONE			
Volume stoccato [mc]	Diam. Tubaz.	Diam. equiv. rottura (mm)	%
0 – 50	2"	25	≈ 20
50 – 200	3"	35	≈ 20
200 – 300	4"	45	≈ 20
300 – 500	6"	70	≈ 20
> 500	10"	90	≈ 20

Tabella 4

STOCCAGGI DI GAS LIQUEFATTI PER TEMPERATURA			
Volume stoccato [mc]	Diam. Tubaz.	Diam. equiv. rottura (mm)	%
0 – 50	1"	5	≈ 20
50 – 500	2"	10	≈ 20
50 – 5000	3"	16	≈ 20

Tabella 5

STOCCAGGI DI GAS COMPRESSI	
Volume stoccato [mc]	Diam. equiv. rottura (% diam. tubaz.)
0 – 50	≈ 20
50 – 500	≈ 20
500 – 5000	≈ 20

Tabella 6

Nota: in tutti gli intervalli sopra indicati si intende compreso l'estremo superiore.

RILASCIO DI LIQUIDO		
Quantità [t]	incidente più probabile	Incidente medio
0 – 15	10 min.	20 min.
15 – 30	10 min.	20 min.
30 – 300	10 min.	20 min.
300 – 2000	10 min.	20 min.
2000 – 7500	15 min.	30 min.
7500 – 15000	15 min.	30 min.
15000 – 30000	15 min.	30 min.
> 30000	15 min.	30 min.

Tabella 7

RILASCIO DI GAS LIQUEFATTO PER PRESSIONE		
Volume stoccato [mc]	incidente più probabile	Incidente medio
0 – 50	10 min.	10 min.
50 – 2000	10 min.	10 min.
200 – 300	10 min.	30 min.
300 – 500	10 min.	30 min.
> 500	15 min.	30 min.

Tabella 8

RILASCIO DI GAS LIQUEFATTO PER TEMPERATURA		
Volume stoccato [mc]	incidente più probabile	Incidente medio
0 – 50	1 min.	10 min.
50 – 500	1 min.	10 min.
500 – 5000	3 min.	30 min.

Tabella 9

RILASCIO DI GAS COMPRESSO		
Volume stoccato [mc]	incidente più probabile	Incidente medio
0 – 50	10 min.	20 min.
50 – 500	10 min.	20 min.
500 – 5000	10 min.	20 min.

Tabella 10

Nota: in tutti gli intervalli sopra indicati si intende compreso l'estremo superiore.

Dimensione della rottura	RILASCIO GAS LIQUEFATTO PER PRESSIONE		RILASCIO DI LIQUIDO O GAS COMPRESSO	
	Incidente "più probabile"	Incidente "medio"	Incidente "più probabile"	Incidente "medio"
4"	1 min.	10 min.	10 min.	20 min.

Tabella 11

Diametro della condotta (D)	LIQUIDI		GAS COMPRESSO		GAS LIQUEFATTO PER PRESSIONE	
	Diam. equiv. rottura (mm)	%	Diam. equiv. rottura (mm)	%	Diam. equiv. rottura (mm)	%
D < 6"	70	≈ 45	30	≈ 20	30	≈ 20
6" < D < 8"	90	≈ 45	40	≈ 20	40	≈ 20
8" < D < 12"	140	≈ 45	60	≈ 20	60	≈ 20
12" < D < 16"	180	≈ 45	80	≈ 20	80	≈ 20
16" < D < 20"	180	/	100	≈ 20	100	≈ 20
20" < D < 24"	180	/	120	≈ 20	120	≈ 20
24" < D < 30"	180	/	150	≈ 20	150	≈ 20
D > 30"	180	/	150	≈ 20	150	≈ 20

Tabella 12

Diametro della condotta (D)	RILASCIO GAS LIQUEFATTO PER PRESSIONE		RILASCIO DI LIQUIDO O GAS COMPRESSO	
	Incidente "più probabile"	Incidente "medio"	Incidente "più probabile"	Incidente "medio"
D < 6"	1 min.	10 min.	10 min.	20 min.
6" < D < 8"	1 min.	10 min.	10 min.	20 min.
8" < D < 12"	1 min.	10 min.	10 min.	20 min.
12" < D < 16"	1 min.	10 min.	10 min.	20 min.
16" < D < 20"	3 min.	30 min.	15 min.	30 min.
20" < D < 24"	3 min.	30 min.	15 min.	30 min.
24" < D < 30"	3 min.	30 min.	15 min.	30 min.
D > 30"	3 min.	30 min.	15 min.	30 min.

Tabella 13

Massa stoccata (t)	Area standard della pozza (m ²)
< 3.000	1.500
3.000 - 10.000	V/2
> 10.000	V/2.5 (al max 10.000)

Tabella 14 - Area della pozza per stoccaggi fissi

N. rif. MS	Classi e sottoclassi		Ipotesi più probabile	Ipotesi media
1	Liquido infiammabile	Pv<0.3 bar a 20°C	Pool fire <u>Con bacino:</u> area della pozza secondo tab. 14 <u>Senza bacino:</u> diametro della perdita e durata rilascio secondo tab. 3-10	Pool fire <u>Con bacino:</u> area della pozza secondo tab. 14 <u>Senza bacino:</u> diametro della perdita e durata rilascio secondo tab. 3-10
		Tf < 20°C	Pozza + FLASH FIRE <u>Con bacino:</u> area della pozza secondo tab. 14 <u>Senza bacino:</u> diametro della perdita e durata rilascio secondo tab. 3-10	Pozza + FLASH FIRE <u>Con bacino:</u> area della pozza secondo tab. 14 <u>Senza bacino:</u> diametro della perdita e durata rilascio secondo tab. 3-10
4		Pv>0.3 bar a 20°C	Pozza + FLASH FIRE <u>Con bacino:</u> area della pozza secondo tab. 14 <u>Senza bacino:</u> diametro della perdita e durata rilascio secondo tab. 3-10	Pozza + FLASH FIRE <u>Con bacino:</u> area della pozza secondo tab. 14 <u>Senza bacino:</u> diametro della perdita e durata rilascio secondo tab. 3-10
7	Gas infiammabile liquefatto per pressione	Teb>Trif	UVCE da Rilascio continuo Diametro della perdita e durata del rilascio secondo tabella 3-10	Bleve
7		Teb<Trif	UVCE da Rilascio continuo Diametro della perdita e durata del rilascio secondo tabella 3-10	Bleve
10	Gas infiammabile liquefatto per temperatura	\	Pozza + Flash fire <u>Con bacino:</u> area della pozza secondo tab. 14 <u>Senza bacino:</u> diametro della perdita e durata rilascio secondo tab. 3-10	Pozza + UVCE <u>Con bacino:</u> area della pozza secondo tab. 14 <u>Senza bacino:</u> diametro della perdita e durata rilascio secondo tab. 3-10
13	Gas infiammabile in pressione	\	Jet fire Diametro della perdita e durata del rilascio secondo tabella 3-10	UVCE da Rilascio continuo Diametro della perdita e durata del rilascio secondo tabella 3-10
14 15	Sostanze esplosive	Tipo perossidi organici	Deflagrazione / Detonazione	
		Tipo esplosivi		
		Tipo fuochi d'artificio		

Tabella 15 - Ipotesi più probabile e media per sostanze infiammabili ed esplosive in stoccaggi fissi

N.rif. MS	Classi e sottoclassi		Ipotesi più probabile	Ipotesi media
	Liquidi tossici	Tossicità molto bassa	Nube tossica per evaporazione da pozza <u>Con bacino:</u> area della pozza secondo tab. 14 <u>Senza bacino:</u> diametro della perdita e durata rilascio secondo tab. 3-10	Nube tossica per evaporazione da pozza <u>Con bacino:</u> area della pozza secondo tab. 14 <u>Senza bacino:</u> diametro della perdita e durata rilascio secondo tab. 3-10
16		Tossicità bassa		
18		Tossicità media		
22		Tossicità alta		
26		Tossicità molto alta		
	Gas tossico liquefatto per pressione	Tossicità estrema	Nube tossica per evaporazione da una pozza Diametro della perdita e durata del rilascio secondo tabella 3-10	Nube tossica per evaporazione da una pozza Diametro della perdita e durata del rilascio secondo tabella 3-10
30		Tossicità molto bassa		
31		Tossicità bassa		
32		Tossicità media		
33		Tossicità alta		
34	Tossicità molto alta			
	Gas tossico liquefatto per temperatura	Tossicità estrema	Nube tossica per evaporazione da una pozza <u>Con bacino:</u> area della pozza secondo tab. 14 <u>Senza bacino:</u> diametro della perdita e durata rilascio secondo tab. 3-10	Nube tossica per evaporazione da una pozza <u>Con bacino:</u> area della pozza secondo tab. 14 <u>Senza bacino:</u> diametro della perdita e durata rilascio secondo tab. 3-10
35		Tossicità molto bassa		
36		Tossicità bassa		
37		Tossicità media		
38		Tossicità alta		
39	Tossicità molto alta			
	Gas tossico compresso	Tossicità estrema	Nube tossica per Rilascio continuo Diametro della perdita e durata del rilascio secondo tabella 3-10	Nube tossica per Rilascio continuo Diametro della perdita e durata del rilascio secondo tabella 3-10
42		Tossicità molto bassa		
		Tossicità bassa		
		Tossicità media		
		Tossicità alta		
	Solidi tossici (pesticidi in polvere)	Tossicità molto alta	Nube tossica	
		Tossicità estrema		
		Tossicità bassa		
		Tossicità media		
		Tossicità alta		
44	Sostanze che sviluppano prodotti tossici di combustione	Fertilizz. con nitrati	Nube tossica per NO2	
45		Fertilizz. con solfati	Nube tossica per SO2	
43		Pestic. prec. di diossina	Nube tossica per diossina	
		Pestic. non prec. di dioss.	Nube tossica per HCL	
46		Plastica	Nube tossica per HCL	

Tabella 16 - Ipotesi più probabile e media per sostanze tossiche in stoccaggi fissi

N.rif. MS	Classi e sottoclassi		Ipotesi più probabile	Ipotesi media
3	Liquido infiammabile	Pv<0.3 bar a 20°C	Tf >= 20°C	Pool fire Area della pozza = 1500 m ²
			Tf < 20°C	Pozza + Flash fire Area della pozza = 1500 m ²
6		Pv>0.3 bar a 20°C	Pozza + FLASH FIRE Area della pozza = 1500 m ²	Pozza + UVCE Area della pozza = 1500 m ²
7	Gas infiammabile liquefatto per pressione	Teb>Trif	UVCE di Rilascio Istantaneo Perdita di tutto il contenuto	UVCE o Bleve
7		Teb<Trif	UVCE di Rilascio Istantaneo Perdita di tutto il contenuto	UVCE o Bleve
11	Gas infiammabile liquefatto per temperatura	\	Pozza + UVCE Area della pozza = 1500 m ²	
13	Gas infiammabile in pressione	\	JET FIRE da bombole Perdita di tutto il contenuto	UVCE di Rilascio continuo da bombole Perdita di tutto il contenuto
15	Sostanze esplosive	Tipo perossidi organici	Deflagrazione / Detonazione	
		Tipo esplosivi		
		Tipo fuochi d'artificio		

Tabella 17 - Ipotesi più probabile e media per sostanze infiammabili ed esplosive in caso di trasporto via ATB/FC

N. rif. MS	Classi e sottoclassi		Ipotesi più probabile	Ipotesi media
17 19 23 27	Liquidi tossici	Tossicità molto bassa	Nube tossica per evaporazione da una pozza di area = 1500 m ²	
		Tossicità bassa		
		Tossicità media		
		Tossicità alta		
		Tossicità molto alta		
		Tossicità estrema		
30 31 32 33 34	Gas tossico liquefatto per pressione	Tossicità molto bassa	Nube tossica per Rilascio istantaneo Perdita di tutto il contenuto	
		Tossicità bassa		
		Tossicità media		
		Tossicità alta		
		Tossicità molto alta		
		Tossicità estrema		
42	Gas tossico compresso	Tossicità molto bassa	Nube tossica per Rilascio istantaneo Perdita di tutto il contenuto	
		Tossicità bassa		
		Tossicità media		
		Tossicità alta		
		Tossicità molto alta		
		Tossicità estrema		
NO	Solidi tossici (pesticidi in polvere)	Tossicità bassa	Nube tossica	
		Tossicità media		
		Tossicità alta		
		Tossicità molto alta		
		Tossicità estrema		
44	Sostanze che sviluppano prodotti tossici di combustione	Fertilizz. con nitrati	Nube tossica per NO ₂	
45		Fertilizz. con solfati	Nube tossica per SO ₂	
43		Pestic. prec. di diossina	Nube tossica per diossina	
		Pestic. non prec. di dioss.	Nube tossica per HCL	
46		Plastica	Nube tossica per HCL	

Tabella 18 - Ipotesi più probabile e media per sostanze tossiche nel caso di trasporto (ATB/FC)

Nota: non è stato considerato il caso di trasporto via ATB/FC di gas tossici liquefatti per temperatura in quanto, oltre ad essere stato escluso dalla guida del TNO [5], non sono stati trovati riscontri di questo tipo di trasporto sul territorio nazionale.

N.rif. MS	Classi e sottoclassi	Ipotesi più probabile	Ipotesi media
-----------	----------------------	-----------------------	---------------

3	Liquido infiammabile	Pv<0.3 bar a 20°C	Tf >= 20°C	Pool fire Diametro della perdita e durata del rilascio secondo tabella 11	Pool fire Area della pozza in porto = 10000 m ² Area della pozza su fiume o lago = 40000 m ²
			Tf < 20°C	Pool fire Diametro della perdita e durata del rilascio secondo tabella 11	Pool fire Area della pozza in porto = 10000 m ² Area della pozza su fiume o lago = 40000 m ²
6		Pv>0.3 bar a 20°C		Pool fire Diametro della perdita e durata del rilascio secondo tabella 11	Pool fire Area della pozza in porto = 10000 m ² Area della pozza su fiume o lago = 40000 m ²
9	Gas infiammabile liquefatto per pressione	Teb>-8°C		UVCE per Rilascio continuo Diametro della perdita e Durata del rilascio secondo tabella 11	UVCE per Rilascio istantaneo di tutto il contenuto
9		Teb<-8°C		UVCE per Rilascio continuo Diametro della perdita e Durata del rilascio secondo tabella 11	UVCE per Rilascio istantaneo di tutto il contenuto
11	Gas infiammabile liquefatto per temperatura	\		RPT (UVCE) Diametro della perdita e Durata del rilascio secondo tabella 11	RPT (UVCE) Area della pozza in porto = 10000 m ² Area della pozza su fiume o lago = 40000 m ²
13	Gas infiammabile in pressione	\		JET FIRE da bombole	VCE di Rilascio continuo da bombole
15	Sostanze esplosive	Tipo perossidi organici	Deflagrazione / Detonazione		
		Tipo esplosivi			
		Tipo fuochi d'artificio			

Tabella 19 - *Ipotesi più probabile e media per sostanze infiammabili ed esplosive in caso di trasporto via acqua*

N.rif MS	Classi e sottoclassi	Ipotesi più probabile	Ipotesi media
17	Liquidi tossici	Nube tossica Per evaporazione da pozza Diametro della perdita e Durata del rilascio secondo tabella 11	Nube tossica per evaporazione da pozza Area della pozza in porto = 10000 m ² Area della pozza su fiume o lago = 40000 m ²
20			
24			
28			
30	Gas tossico Liquefatto per pressione	Nube tossica per Rilascio continuo e formazione di pozza Diametro della perdita e Durata del rilascio secondo tabella 11	Nube tossica per Rilascio di tutto il contenuto con formazione di pozza Area della pozza in porto = 10000 m ² Area della pozza su fiume o lago = 40000 m ²
31			
32			
33			
34			
42	Gas tossico compresso	Nube tossica per Rilascio continuo Diametro della perdita e durata del rilascio secondo tabella 11	Nube tossica per Rilascio istantaneo Perdita di tutto il contenuto
NO	Solidi tossici (pesticidi in polvere)	Nube tossica	
44	Sostanze che sviluppano prodotti tossici di combustione	Fertilizz. con nitrati	Nube tossica per NO ₂
45		Fertilizz. con solfati	Nube tossica per SO ₂
43		Pestic. prec. di diossina	Nube tossica per diossina
		Pestic. non prec. di dioss.	Nube tossica per HCL
46		Plastica	Nube tossica per HCL

Tabella 20 - Ipotesi più probabile e media per sostanze tossiche in caso di trasporto via acqua

Nota: non è stato considerato il caso di trasporto via acqua di gas tossici liquefatti per temperatura in quanto, oltre ad essere stato escluso dalla guida del TNO [5], non sono stati trovati riscontri di questo tipo di trasporto sul territorio nazionale.

N.rif MS	Classi e sottoclassi		Ipotesi più probabile	Ipotesi media
3	Liquido infiammabile	Pv<0.3 bar a 20°C	Tf >= 20°C	Pool fire Area della pozza = 3000 m ²
			Tf < 20°C	Pozza + Flashfire Area della pozza = 3000 m ²
6		Pv>0.3 bar a 20°C	Pozza + Flashfire Area della pozza = 3000 m ²	Pool fire + VCE Area della pozza = 3000 m ²
9	Gas infiammabile liquefatto per pressione	Teb>-8°C	UVCE per Rilascio continuo Diametro della perdita e durata del rilascio secondo tabella 12-13	UVCE per Rilascio continuo Diametro della perdita e durata del rilascio secondo tabella 12-13
9		Teb<-8°C	UVCE per Rilascio continuo Diametro della perdita e durata del rilascio secondo tabella 12-13	UVCE per Rilascio continuo Diametro della perdita e durata del rilascio secondo tabella 12-13
11	Gas infiammabile liquefatto per temperatura	\	Pozza = 3000 m ² UVCE	
nd	Gas infiammabile in pressione	\	JET FIRE Diametro e durata del rilascio secondo tabella 12-13	VCE di Rilascio continuo Diametro e durata del rilascio secondo tabella 12-13

Tabella 21 - Ipotesi più probabile e media per sostanze infiammabili ed esplosive nel caso di trasporto via pipeline

N.rif MS	Classi e sottoclassi		Ipotesi più probabile	Ipotesi media
	Liquidi tossici	Tossicità molto bassa	NUBE TOSSICA per evaporazione da pozza Area della pozza 3000 m ²	
17		Tossicità bassa		
21		Tossicità media		
25		Tossicità alta		
29		Tossicità molto alta		
		Tossicità estrema		
	Gas tossico Liquefatto per pressione	toss. molto bassa	Nube tossica per Rilascio continuo e formazione di pozza Diametro e durata del rilascio secondo tabella 12-13	Nube tossica per Rilascio continuo e formazione di pozza Diametro e durata del rilascio secondo tabella 12-13
30		toss. bassa		
31		toss. media		
32		toss. alta		
33		toss. molto alta		
34		toss. estrema		
	Gas tossico compresso	toss. molto bassa	Nube tossica per Rilascio continuo Diametro e durata del rilascio secondo tabella 12-13	Nube tossica per Rilascio continuo Diametro e durata del rilascio secondo tabella 12-13
		toss. bassa		
		toss. media		
		toss. alta		
		toss. molto alta		
		toss. estrema		

Tabella 22 - Ipotesi più probabile e media per sostanze tossiche nel caso di trasporto via pipeline

Nota: non è stato considerato il caso di trasporto via tubazione di gas tossici liquefatti per temperatura in quanto, oltre ad essere stato escluso dalla guida del TNO [5], non sono stati trovati riscontri di questo tipo di trasporto sul territorio nazionale.

Frasi di rischio relative alla pericolosità intrinseca delle sostanze per acqua e suolo

Frasi di rischio concernenti l'ambiente acquatico:

- R 50 Altamente tossico per gli organismi acquatici (può essere usata in combinazione con R 53)
- R 51 Tossico per gli organismi acquatici (spesso usata in combinazione con R 53)
- R 52 Nocivo per gli organismi acquatici
- R 53 Può provocare a lungo termine effetti negativi per l'ambiente acquatico (può essere usata in combinazione con le frasi R 50, R51, R 52)

Frasi di rischio concernenti la salute umana (tossicità, cancerogenicità etc.)

- R 22 Nocivo per ingestione
- R 25 Tossico per ingestione
- R 28 Molto tossico per ingestione
- R 29 A contatto con acqua libera gas tossici
- R 33 Pericolo di effetti cumulativi
- R 39 Pericolo di effetti irreversibili (usata in connessione con le frasi R 23-24-25 oppure R 26-27-28 per indicare la via di esposizione)
- R 40 Possibilità di effetti irreversibili (può essere usata in connessione con le frasi R 20-21-22 per indicare la via di esposizione)
- R 43 Può provocare sensibilizzazione per contatto con la pelle
- R 45 Può provocare il cancro
- R 46 Può provocare alterazioni genetiche ereditarie
- R 48 Pericolo di gravi danni per la salute in caso di esposizione prolungata (può essere usata in connessione con le frasi R 20-21-22 oppure R 23-24-25 per indicare la via di esposizione)
- R60 Può ridurre la fertilità
- R 61 Può danneggiare i bambini non ancora nati
- R 62 Possibile rischio di ridotta fertilità
- R 63 Possibile rischio di danni ai bambini non ancora nati
- R 64 Possibile rischio per i bambini allattati al seno

Frasi di rischio concernenti la salute umana (tossicità) per contatto con la pelle

(l'acqua può essere utilizzata anche per l'igiene personale etc.)

- R 21 Nocivo a contatto con la pelle
- R 24 Tossico a contatto con la pelle
- R 27 Molto tossico a contatto con la pelle

Tabella 23

INDICE CAPITOLI

0.	SOMMARIO	1
1.	FORMAZIONE E VALIDAZIONE NUOVO ELENCO SOSTANZE	1
2.	MODALITÀ DI CLASSIFICAZIONE DELLE SOSTANZE	1
3.	TIPOLOGIE SIGNIFICATIVE DI DETENZIONE O TRASPORTO DELLE SOSTANZE	2
4.	DEFINIZIONE DELLE IPOTESI INCIDENTALI E DEI RELATIVI SCENARI RAPPRESENTATIVI	2
4.1.	<i>Definizione della dimensione della rottura e della durata del rilascio</i>	3
4.2.	<i>Definizione delle dimensioni della pozza in caso di rilascio in fase liquida</i>	4
4.3.	<i>Definizione dello scenario finale da modellare</i>	4
5.	ANALISI CRITICA DEGLI SCENARI INDIVIDUATI, A SEGUITO DEI RISULTATI DELLE SIMULAZIONI E CONFRONTO CON LE FONTI DI RIFERIMENTO.	4
6.	INDIVIDUAZIONE DEGLI STRUMENTI DI CALCOLO PER LA VALUTAZIONE DELLE CONSEGUENZE INCIDENTALI	4
7.	METODO SPEDITIVO PER LA VALUTAZIONE DEI RISCHI AMBIENTALI	6
7.1.	<i>Modalità di classificazione delle sostanze relativamente al rischio per l'ambiente</i>	6
7.2.	<i>Descrizione del sistema Indici di rischio parziali</i>	6
7.3.	<i>Vulnerabilità dell'ambiente circostante coinvolto nell'evento</i>	7
7.3.1	<i>Calcolo della vulnerabilità verticale</i>	8
7.3.2	<i>Calcolo della vulnerabilità orizzontale di un acquifero</i>	8
7.3.3	<i>Vulnerabilità complessiva</i>	9
7.4.	<i>Matrice di rischio ambientale</i>	9
7.5.	<i>Conclusioni</i>	10
8.	BIBLIOGRAFIA	11
9.	APPENDICE - <i>Tabelle</i>	12

INDICE TABELLE FUORI TESTO

Tabella 1	- <i>Prospetto classi e sottoclassi di sostanze</i>	13
Tabella 2	- <i>Prospetto tipologie di detenzione e trasporto</i>	14
Tabella 3		15
Tabella 4		15
Tabella 5		15
Tabella 6		15
Tabella 7		16
Tabella 8		16
Tabella 9		16
Tabella 10		16
Tabella 11		17
Tabella 12		17
Tabella 13		17
Tabella 14	- <i>Area della pozza per stoccaggi fissi</i>	18
Tabella 15	- <i>Ipotesi più probabile e media per sostanze infiammabili ed esplosive in stoccaggi fissi</i>	18
Tabella 16	- <i>Ipotesi più probabile e media per sostanze tossiche in stoccaggi fissi</i>	19
Tabella 17	- <i>Ipotesi più probabile e media per sostanze infiammabili ed esplosive in caso di trasporto via ATB/FC</i>	20
Tabella 18	- <i>Ipotesi più probabile e media per sostanze tossiche nel caso di trasporto (ATB/FC)</i>	20
Tabella 19	- <i>Ipotesi più probabile e media per sostanze infiammabili ed esplosive in caso di trasporto via acqua</i>	21
Tabella 20	- <i>Ipotesi più probabile e media per sostanze tossiche in caso di trasporto via acqua</i>	22
Tabella 21	- <i>Ipotesi più probabile e media per sostanze infiammabili ed esplosive nel caso di trasporto via pipeline</i>	23
Tabella 22	- <i>Ipotesi più probabile e media per sostanze tossiche nel caso di trasporto via pipeline</i>	23
Tabella 23		24