

DEFINIZIONE DI SCENARI TIPICI DI RIFERIMENTO PER LE SIMULAZIONI DI EVENTI INCIDENTALI

Stefano BALDACCI*, Marcello MOSSA VERRE*, Alberto RICCHIUTI^o, Gianfranco CAPPONI^o,
Francesca ANDREIS*, Armando LOMBARDI*, Francesco MAROTTA*

ARPAT - Area Prevenzione rischi industriali, ecogestione e tecnologie e per la protezione ambientale

^o APAT - Servizio Rischio Industriale

s.baldacci@arpat.toscana.it

SOMMARIO

L'articolo propone i risultati di una ricerca finalizzata alla definizione di eventi incidentali ragionevolmente ipotizzabili in impianti industriali, in termini di dimensione della rottura e tempo di rilascio, per liquidi e gas sia infiammabili che tossici, nelle diverse condizioni di temperatura e di pressione e per le tipologie di detenzione quali stoccaggio e trasporto in condotta. Le ipotesi incidentali sono state differenziate in due classi: l'una caratterizzata da probabilità relativamente alta e magnitudo contenuta, l'altra associata a probabilità di accadimento più remota e termini di sorgente di gravità maggiore.

Tra le prime applicazioni delle ipotesi di rilascio descritte si possono citare il lavoro di revisione del "Metodo Speditivo per la valutazione delle conseguenze incidentali" [1] e la realizzazione di modelli semplificati per la valutazione delle conseguenze di eventi incidentali [2] basati sui risultati di simulazioni condotte su circa 300 sostanze infiammabili e più di 100 sostanze tossiche, in 5700 casi distinti.

2. PREMESSA

Nell'ambito della valutazione dei rischi di incidente rilevante, ricopre un'importanza basilare la scelta degli scenari sorgente. Tale scelta, ragionevolmente motivata, deve coprire la casistica degli eventi incidentali che possono verificarsi in uno stabilimento industriale, risultando contemporaneamente congruente con quanto imposto dalla normativa e quanto suggerito dalla letteratura tecnica di riferimento.

Questo lavoro, suddividendo le sostanze in classi e considerando le diverse condizioni fisiche di detenzione, fornisce, per i casi di stoccaggio in serbatoio e di trasporto in condotta, i termini sorgente di due particolari ipotesi incidentali rappresentative di realtà industriali caratterizzate da elevati standard impiantistico-gestionali: la prima risulta caratterizzata da probabilità relativamente alta e magnitudo contenuta, ma comunque rilevante (denominata ipotesi I), l'altra (ipotesi II), associata a probabilità di accadimento più remote e termini di sorgente di media gravità, è invece tipica di eventi incidentali rilevanti ai sensi del D.Lgs.334/99 [3]. In relazione alle definizioni sopra indicate, appare chiaro che le distanze di danno calcolabili a partire da tali ipotesi non sono le più elevate e che quindi non è corretto considerarle sempre cautelative; esse, integrate con le valutazioni di dettaglio dei Gestori dei singoli stabilimenti industriali, rappresentano però ipotesi incidentali coerenti con quanto imposto dalla normativa vigente e quanto suggerito dalla letteratura tecnica di riferimento.

I termini sorgente ed il rilascio sono stati definiti fissando la dimensione della rottura, la durata del rilascio, la presenza di un battente idraulico, le condizioni di temperatura e pressione interne, tenendo conto, per i rilasci in fase liquida anche dell'eventuale presenza di un bacino di contenimento. La differenziazione tra l'ipotesi I e l'ipotesi II, per ogni tipologia di sostanza e per ogni modalità di detenzione, avviene quindi sulla base della dimensione della rottura e della durata del rilascio.

Di seguito sono riportate le indicazioni desumibili dalle fonti normative e tecniche di riferimento che sono state utilizzate per la definizione di tali ipotesi.

Sono quindi esposte le scelte adottate per la definizione dei termini sorgente per ognuna delle classi di sostanze pericolose (liquidi e gas infiammabili e tossici) e per entrambe le tipologie di detenzione (stoccaggio, trasporto mediante condotta)

Sulla scorta delle ipotesi di rilascio descritte ed al fine di costituire una base di dati per lo sviluppo di modelli semplificati per la valutazione delle conseguenze di eventi incidentali [2] sono state simulate quasi 300 sostanze infiammabili e più di 100 sostanze tossiche, in circa 5700 casi distinti, i cui risultati sono alla base della revisione del "Metodo speditivo per la valutazione delle conseguenze incidentali" [1] attualmente in corso per conto di APAT.

3. CONFRONTO TRA LE FONTI DI RIFERIMENTO

Le fonti tecnico-normative utilizzate per definire i termini sorgente delle due diverse ipotesi incidentali sono le seguenti:

- Metodo speditivo italiano 1994 [1];
- DM 15/5/96 [4];
- DM 20/10/98 [5];
- Chemical Process Quantitative Risk Analysis (CCPS) [6];
- Manuale utente software Whazan [7];
- Process Equipment Reliability Data, CCPS [8];
- Lees, F. P. "Loss Prevention in the Process Industries" [9];
- Metodo speditivo Olandese [10];
- Metodo speditivo IAEA [11].

Di seguito si riporta la sintesi delle informazioni utili allo scopo.

3.1 DM 15/5/96 [4]

Diametro minimo della rottura da considerarsi nell'ipotesi incidentale.

Il decreto indica che

" nel caso in cui:

- *i serbatoi, le tubazioni, i macchinari di movimentazione siano protetti dall'urto di mezzi mobili sull'intero loro sviluppo,*
- *le operazioni di sollevamento ed accesso di autogrù siano effettuate solo con tubazioni intercettate,*
- *sia adottato un Sistema di Gestione della Sicurezza che prevede, per condizioni anomale di bassa T, la messa in fuori servizio del sistema interessato e la verifica delle zone coinvolte mediante esame radiografico,*
- *siano adottate specifiche procedure operative per evitare l'eccessivo abbassamento della temperatura dei serbatoi,"*

è improbabile una rottura con diametro equivalente superiore al valore indicato nella tabella seguente:

Tabella 1

Indice di rischio generale (*)	Categoria unità	Diametro massimo rottura
1101 – 12500	C	4"
101 – 1100	B	3"
0 – 100	A	2"

(*)Limiti inferiori per i depositi in categorie A/B, limiti superiori per categorie C/D

Durata del rilascio

Le indicazioni fornite nel decreto sono riassunte nella tabella seguente.

Tabella 2

Condizioni	Durata rilascio (*)
In presenza di valvole motorizzate ad azionamento automatico	20 - 40 sec
In presenza di valvole motorizzate con allarme azionato a mezzo di pulsanti installati in diversi punti	1 - 3 min
In presenza di valvole motorizzate ad azionamento remoto manuale da un solo punto	3 - 5 min
In presenza di valvole manuali	10-30 min

(*)Limiti inferiori per i depositi in categorie A/B, limiti superiori per categorie C/D

3.2 DM 20/10/98 [5]

Diametro minimo della rottura da considerarsi nell'ipotesi incidentale.

Il decreto indica che

“nel caso in cui:

- i serbatoi, le tubazioni, i macchinari di movimentazione siano protetti dall'urto di mezzi mobili sull'intero loro sviluppo,
- le operazioni di sollevamento ed accesso di autogrù siano effettuate solo con tubazioni intercettate,
- sia adeguato il sistema di ispezioni, nel caso di sostanze e materiali che diano corrosione localizzata,”

è improbabile una rottura con diametro equivalente superiore al valore indicato nella tabella seguente:

Tabella 3

Diametro tubazione max dell'unità	Diametro rottura [mm]	Diametro rott./Diametro tubaz. %
fino a 4"	50	≈ 49
6"	70	≈ 46
8"	90	≈ 44
10"	110	≈ 43
12"	140	≈ 46
16"	180	≈ 44

Durata del rilascio

Le indicazioni fornite nel decreto sono riassunte nella tabella seguente.

Tabella 4

Condizioni	Durata rilascio in min. (*)
In presenza di sistema di rilevamento di fluidi pericolosi con allarme, oppure in caso di operazioni presidiate in continuo, con allarme e diversi pulsanti di emergenza per chiusura valvole	1 – 3
In presenza di sistema di rilevamento di fluidi pericolosi con allarme, oppure in caso di operazioni presidiate in continuo, e valvole manuali	10-15
Altri casi	20-30

(*)Limiti inferiori per i depositi in categorie A/B, limiti superiori per categorie C/D

3.3 GUIDELINES FOR CHEMICAL PROCESS QUANTITATIVE RISK ANALYSIS [6]

Dimensione della rottura delle tubazioni: secondo World Bank (1985), 20 - 100% del diametro della tubazione.

Durata della dispersione: secondo Department of Transportation (1980), 10 min.; secondo Rijnmond Public Authority (1982), 3 min. se ci sono misuratori di perdite e allarmi.

3.4 WHAZAN 2.1 MANUALE UTENTE [7]

Dimensione della rottura delle tubazioni

Nelle tabelle seguenti sono riportate le rotture tipiche per varie tipologie di componenti.

Tabella 5: Tubazioni

Rottura tipica	Dimensioni rottura
Flangia	20% del Diametro del tubo
Tubo	20-100% del Diametro del tubo
Saldatura	20-100% del Diametro del tubo

Tabella 6: Apparecchi in pressione

Rottura tipica	Dimensioni rottura
Mantello	100% del Diametro del mantello
Passo d'uomo	20% del Diametro del passo d'uomo
Tronchetto di tubo	100% del Diametro del tronchetto
Esplosione interna	Rottura completa
Tubazione per strumentazione	20-100% del Diametro del tubo

Tabella 7: Pompe e compressori

Rottura tipica	Dimensioni rottura
Corpo pompa	20-100% del Diametro del corpo pompa
Tenuta	20% del Diametro della tenuta

Tabella 8: Serbatoi in atmosferici

Rottura tipica	Dimensioni rottura
Serbatoio	Rottura completa
Tubo di connessione	20-100% del Diametro del tubo

Tabella 9: Serbatoi in pressione

Rottura tipica	Dimensioni rottura
BLEVE	Rottura completa
Rottura	Rottura completa
Saldatura	20-100% del Diametro del tubo

3.5 METODO SPEDITIVO OLANDESE [10]

Liquidi infiammabili e tossici

Nella tabella seguente si riportano le dimensioni caratteristiche del bacino di contenimento e quindi della pozza che si può formare a seguito di uno sversamento in fase liquida, in funzione del tipo di attività associata ad un quantitativo tipico dell'attività stessa.

Tabella 10

Attività	Volume contenuto (m ³)	Area standard della pozza (m ²)
Trasporto su strada	45	1500
Trasporto su ferrovia	60	1500
Trasporto su vie d'acqua interne	210	porto interno 10000 fiume/lago 40000
Trasporto con tubazione	-	3000
Deposito con contenimento (*)	< 3000	1500
	3000 - 10000	V/2
	> 10.000	V/2.5 (al max 10000)
Impianto di processo	< 0.05	10
	0.05 - 1	50
	1 - 10	250
	> 10	1.500

(*) Se è nota l'effettiva area del bacino va inserita quella.

Gas infiammabili, liquefatti per raffreddamento

Viene considerato solo il deposito e per esso è ipotizzato solo un pool fire di 1500 m².

Gas infiammabili compressi

Il solo scenario considerato rilevante è quello di una perdita dalla rete di distribuzione di gas naturale in pressione e a tale riguardo è effettuata una distinzione fra la rete principale (diametro 1.2 m) e quella locale (diametro 0.3 m).

Si assume inoltre che le tubazioni siano interrato, per cui ogni incendio interessa un'area circolare intorno al sito dell'incidente.

Gas tossici liquefatti per compressione

Nel caso dei gas tossici liquefatti per compressione non sono fornite informazioni utili ai fini dell'individuazione delle relative ipotesi incidentali.

Gas tossici, liquefatti per raffreddamento.

Nel caso dei gas tossici liquefatti per raffreddamento non sono fornite informazioni utili ai fini dell'individuazione delle relative ipotesi incidentali.

Gas tossici compressi

Nel caso dei gas tossici compressi sono considerati rilevanti soltanto lo stoccaggio e le attività di trasporto per tubazione. Ovviamente gli effetti fisici correlati con un incidente, che coinvolge questa classe di sostanze, dipendono in particolare dal valore di pressione di stoccaggio in base al quale si distinguono tre classi: pressione inferiore ai 3 bar(g), fra 3 e 25 bar(g) e superiore a 25 bar(g). Un altro parametro determinante dell'evoluzione dell'ipotesi incidentale è il diametro della perdita: per una tubazione si assume una dimensione pari al diametro, per un deposito la dimensione è pari al diametro della tubazione più grande connessa con il serbatoio.

4. DEFINIZIONE DEI PARAMETRI SORGENTE

Di seguito sono riportati i criteri su cui si basano le definizioni della dimensione della rottura e della durata del rilascio per le diverse tipologie di detenzione, le condizioni di stoccaggio (T,P), l'area del bacino di contenimento e il battente idraulico scelto.

4.1 Stoccaggi

Dimensioni tipiche delle tubazioni

E' stato condotto un censimento sulle dimensioni caratteristiche delle tubazioni installate in funzione della capacità volumetrica dei diversi serbatoi analizzando le informazioni contenute nei Rapporti di Sicurezza di stabilimenti soggetti agli adempimenti previsti dall'art.8 del D.Lgs.334/99 [3] ed effettuando interviste con i responsabili di alcuni siti. In ogni caso, la scelta è ricaduta sugli stabilimenti considerati rappresentativi della realtà industriale italiana. I dati raccolti, relativi alle dimensioni delle tubazioni connesse, sono presentati nei grafici e nelle tabelle seguenti.

Liquidi

Figura 1: Dimensione della tubazione più grande connessa a serbatoi di stoccaggio di sostanze pericolose in fase liquida

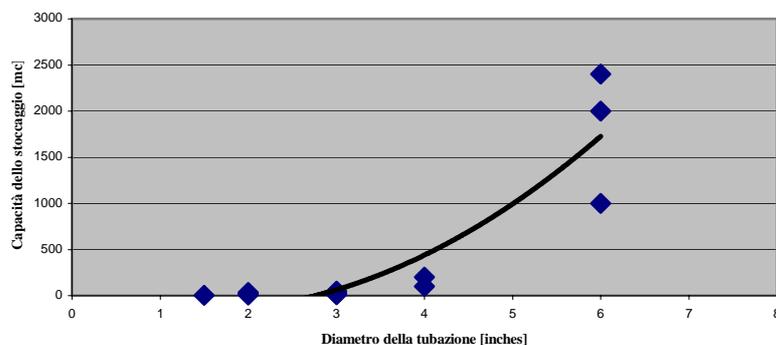
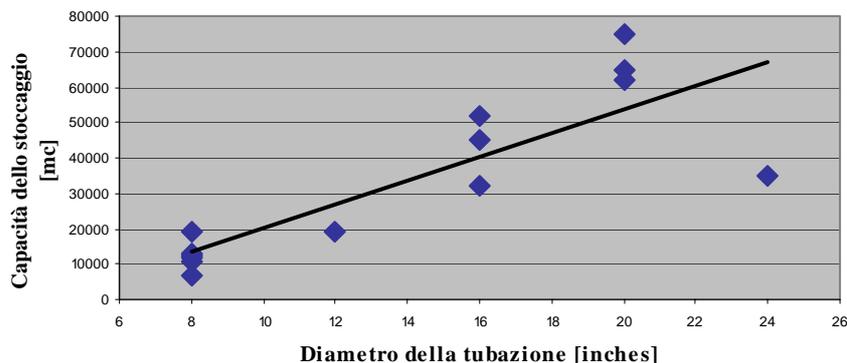


Figura 2: Dimensione della tubazione più grande connessa a serbatoi di stoccaggio di sostanze pericolose in fase liquida



Dai dati raccolti si ritiene di assumere come valida la seguente corrispondenza:

Tabella 11

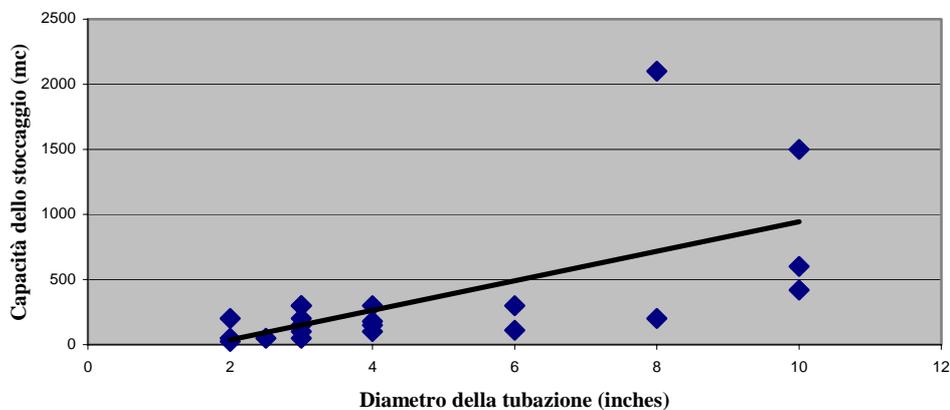
LIQUIDI A TEMPERATURA E PRESSIONE AMBIENTE		
Capacità del serbatoio [mc]	Quantità stoccata [t] (*)	Diametro della tubazione più grande ad esso connessa
0 – 25	0 – 15	2"
25 – 100	15 – 70	3"
100 – 500	70 – 350	4"
500 – 2500	350 – 1600	6"
2500 – 15000	1600 – 10000	8"
15000 – 25000	10000 – 16000	12"
25000 – 50000	16000 – 32000	16"
>50000	>32000	20"

(*) considerando che il serbatoio sia pieno per l'80% di un prodotto di densità media 800 kg/m³
Nota: in tutti gli intervalli sopra indicati si intendono compresi gli estremi superiori.

Gas liquefatti per compressione

I dati, raccolti con metodologia analoga alla precedente e relativi ai gas liquefatti per compressione, sono rappresentati di seguito.

Figura 3: Dimensione della tubazione più grande connessa a serbatoi di stoccaggio di gas liquefatti per pressione



Per quanto sopra si ritiene di assumere come valida la seguente corrispondenza:

Tabella 12

GAS LIQUEFATTI PER PRESSIONE		
Capacità del serbatoio [mc]	Capacità del serbatoio [t] (*)	Diametro della tubazione più grande ad esso connessa
0 – 50	0-40	2"
50 – 200	40-160	3"
200 – 300	160-240	4"
300 – 500	240-400	6"
> 500	>400	10"

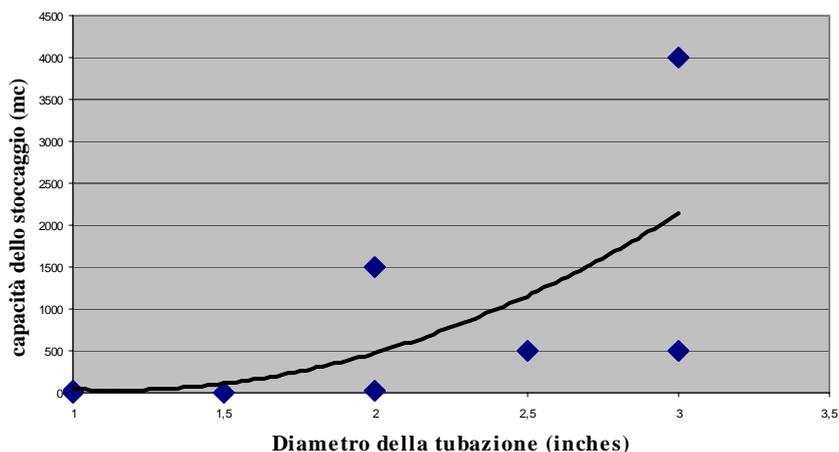
Nota: in tutti gli intervalli sopra indicati si intendono compresi gli estremi superiori.

(*) considerando che il serbatoio sia pieno per l'80% di un prodotto di densità media di circa 800 kg/m³

Gas liquefatti per temperatura

Dati analoghi ai precedenti, per i gas liquefatti per refrigerazione, sono rappresentati di seguito.

Figura 4: Dimensione della tubazione più grande connessa a serbatoi di stoccaggio di gas liquefatti per temperatura



Per quanto sopra si ritiene di assumere come valida la seguente corrispondenza:

Tabella 13

GAS LIQUEFATTI PER TEMPERATURA		
Capacità del serbatoio [mc]	Capacità del serbatoio [t] (*)	Diametro della tubazione più grande ad esso connessa
0 – 50	0-40	1"
50 – 500	40-400	2"
500 – 5000	400-4000	3"
>5000	>4000	4"

Nota: in tutti gli intervalli sopra indicati si intendono compresi gli estremi superiori.

(*) considerando che il serbatoio sia pieno per l'80% di un prodotto di densità media 1000 kg/m³

Gas compressi

Dati analoghi ai precedenti, per i gas compressi, sono rappresentati di seguito.

Tabella 16

GAS COMPRESSO	
Capacità del serbatoio [mc]	Diametro della tubazione più grande ad esso connessa
0 – 50	1”
50 – 500	2”
> 500	4”

Dimensioni delle rotture

Le dimensioni delle rotture sono assunte pari ad una percentuale della dimensione della tubazione più grande connessa al serbatoio. Relativamente ai liquidi (sia tossici che infiammabili) e ai gas infiammabili liquefatti, è stato preso come riferimento quanto indicato nei decreti relativi. Non esistono invece indicazioni per i gas tossici liquefatti e per i gas compressi, sia tossici che infiammabili: poiché gli spessori delle tubazioni risultano però maggiorati per far fronte alle pressioni interne, in questo caso i diametri delle rotture sono stati ipotizzati mediamente inferiori a quelli presi a riferimento nei precedenti casi e pari agli standard comunemente utilizzati (20% del diametro della tubazione). Si è ritenuto pertanto di assumere quanto riportato nelle tabelle seguenti:

Tabella 14

Quantità stoccata [t] (*)	LIQUIDI INFIAMMABILI / TOSSICI		
	Diam. Tubaz. (*)	Diam. Perdita (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

(*) vedere tabella 11 (**) vedere tabella 3

Tabella 15

Quantità stoccata [t] (*)	GAS INFIAMMABILI LIQUEFATTI PER COMPRESSIONE		
	Diam. Tubaz. (*)	Diam. Perdita (mm)	%
0-40	2”	50	≈ 100
40-160	3”	50	≈ 67
160-240	4”	50	≈ 50
240-400	6”	75	≈ 50
>400	10”	100	≈ 40

(*) vedere tabella 12

Tabella 16

Quantità stoccata [t] (*)	GAS TOSSICI LIQUEFATTI PER COMPRESSIONE		
	Diam. Tubaz. (*)	Diam. Perdita (mm)	%
0-40	2”	10	≈ 20
40-160	3”	16	≈ 20
160-240	4”	20	≈ 20
240-400	6”	30	≈ 20
>400	10”	50	≈ 20

(*) vedere tabella 12

Tabella 17

GAS INFIAMMABILI LIQUEFATTI PER REFRIGERAZIONE			
Quantità stoccata [t] (*)	Diam. Tubaz. (*)	Diam. Perdita (mm)	%
0-40	1"	25	≈ 100
40-400	2"	50	≈ 100
400-4000	3"	75	≈ 100
>4000	4"	75	≈ 75

(*) vedere tabella 13

Tabella 18

GAS TOSSICI LIQUEFATTI PER REFRIGERAZIONE			
Quantità stoccata [t] (*)	Diam. Tubaz. (*)	Diam. Perdita (mm)	%
0-40	1"	5	≈ 20
40-400	2"	10	≈ 20
400-4000	3"	16	≈ 20
>4000	4"	20	≈ 20

(*) vedere tabella 13

Tabella 19

GAS COMPRESI INFIAMMABILI/TOSSICI			
Quantità stoccata [mc] (*)	Diam. Tubaz. (")	Diam. Perdita (mm)	% (**)
0 – 50	1"	5	≈ 20
50 – 500	2"	10	≈ 20
500 – 5000	4"	20	≈ 20

(*) vedere tabella 14

Durata del rilascio

Per quanto riguarda la definizione della durata di rilascio, considerando i tempi suggeriti dai decreti di riferimento e che:

- il decreto del GPL è stato preso a riferimento per le assunzioni relative ai gas,
- il decreto sui liquidi infiammabili e/o tossici è stato preso a riferimento per le assunzioni relative ai liquidi,
- per i gas liquefatti si sono utilizzati tempi di intervento più bassi per la relativa facilità con cui i rilevatori automatici sono in grado di riscontrare la perdita per la presenza di una pozza e la contemporanea vaporizzazione in atmosfera dei vapori,
- in relazione alle finalità del presente lavoro non sono stati considerati i tempi di rilascio più bassi (decreto sul GPL : 20-40 s; decreto sui liquidi infiammabili e/o tossici : 1-3 min.) caratteristici di un elevato grado tecnologico,
- la durata del rilascio aumenta all'aumentare del valore dell'indice di rischio G e quindi della grandezza dello stoccaggio,

si fanno le assunzioni riportate nelle tabelle seguenti.

Tabella 20

RILASCIO DI LIQUIDO INFIAMMABILE/TOSSICO		
Quantità [t]	Ipotesi I	Ipotesi II
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 21

RILASCIO GAS COMPRESSO INFIAMMABILE/TOSSICO		
Quantità [mc]	Ipotesi I	Ipotesi II
0 – 50	10 min.	20 min.
50 – 500	10 min.	20 min.
500 – 5000	10 min.	20 min.

Tabella 22

RILASCIO DI GAS INFIAMMABILE/TOSSICO LIQUEFATTO PER COMPRESSIONE		
Quantità stoccata [t]	Ipotesi I	Ipotesi II
0-40	1 min.	10 min.
40-160	1 min.	10 min.
160-240	3 min.	30 min.
240-400	3 min.	30 min.
>400	3 min.	30 min.

Tabella 23

RILASCIO DI GAS INFIAMMABILE / TOSSICO LIQUEFATTO PER REFRIGERAZIONE		
Quantità stoccata [t]	incidente più probabile	Incidente medio
0-40	1 min.	10 min.
40-400	1 min.	10 min.
400-4000	3 min.	30 min.
> 4000	3 min.	30 min.

Condizioni di stoccaggio

Le condizioni di temperatura e pressione dello stoccaggio considerate applicabili nella maggioranza dei casi, sono riportate nella tabella seguente.

Tabella 24

Classe	Condizioni di stoccaggio
Liquidi infiammabili	Pressione atmosferica e temperatura ambiente (20°C)
Gas liquefatti per compressione	Salvo indicazioni diverse del Gestore, la pressione di stoccaggio è assunta pari alla pressione minima sufficiente per liquefare la sostanza a temperatura ambiente (20°C)
Gas liquefatti per refrigerazione	Salvo indicazioni diverse del Gestore, la temperatura di stoccaggio è assunta pari alla temperatura massima sufficiente per liquefare la sostanza a pressione atmosferica
Gas compressi	Salvo indicazioni diverse del Gestore, per ogni gas liquefacibile per compressione, la pressione di stoccaggio è assunta pari alla pressione immediatamente inferiore alla pressione sufficiente per liquefare la sostanza a temperatura ambiente (20°C). Per i gas non liquefacibili per compressione, la pressione di stoccaggio è stata assunta pari 50 bar(g).

Per quanto riguarda il battente idraulico e la dimensione della pozza che si può formare in caso di rilascio in fase liquida, si può prendere come riferimento quanto segue:

Tabella 25

Capacità dello stoccaggio (t)	Battente idraulico (m)
0 -2000	9
> 2000	15

Tabella 26 Area della pozza per stoccaggi fissi.

Attività	Volume contenuto (t)	Area standard della pozza (m ²)
Deposito	< 3.000	1.500
	3.000 - 10.000	V/2
	> 10.000	V/2.5 (al max 10.000)

4.2 Condotte

I dati relativi ai diametri caratteristici delle condotte esistenti sul territorio nazionale sono stati raccolti utilizzando informazioni sulle reti di distribuzione di prodotti pericolosi connesse con gli stabilimenti soggetti agli adempimenti di cui all'art.8 del D.Lgs.334/99, considerati rappresentativi della realtà industriale italiana.

Per quanto riguarda la dimensione della rottura, si è proceduto analogamente al caso degli stoccaggi fissi, assumendo però costante, e pari a 180 mm, il diametro della rottura per tutte le tubazioni di liquido di diametro maggiore o uguale a 16". Le assunzioni fatte sono riassunte nelle tabelle seguenti.

Tabella 27

Diametro della condotta (D)	LIQUIDI	
	Diam. Perdita [mm]	%
D <6"	70	≈ 45
6" < D < 8"	90	≈ 45
8" < D < 12"	140	≈ 45
12" < D < 16"	180	≈ 45
D >16"	180	/

Tabella 28

Diametro della condotta (D)	GAS COMPRESSI	
	Diam. Perdita [mm]	%
D <6"	30	≈ 20
6" < D < 8"	40	≈ 20
8" < D < 12"	60	≈ 20
12" < D < 16"	80	≈ 20
16" < D < 20"	100	≈ 20
20" < D < 24"	120	≈ 20
D >24"	150	≈ 20

Tabella 29

Diametro della condotta (D)	GAS LIQUEFATTI							
	Gas infiammabili liquefatti per compressione		Gas infiammabili liquefatti per refrigerazione		Gas tossici liquefatti per compressione		Gas Tossici Liquefatti per refrigerazione	
	Diam. Perdita [mm]	%	Diam. Perdita [mm]	%	Diam. Perdita [mm]	%	Diam. Perdita [mm]	%
D < 6"	50	≈ 33	100	≈ 67	30	≈ 20	75	≈ 10
6" < D < 8"	50	≈ 28	150	≈ 86	40	≈ 20	100	≈ 57
8" < D < 12"	60	≈ 20	230	≈ 92	60	≈ 20	150	≈ 60
12" < D < 16"	80	≈ 20	300	≈ 86	80	≈ 20	200	≈ 57
16" < D < 20"	100	≈ 20	300	≈ 67	100	≈ 20	250	≈ 56
20" < D < 24"	120	≈ 20	375	≈ 67	120	≈ 20	300	≈ 54
D > 24"	150	≈ 20	375	≈ 56	150	≈ 20	300	≈ 40

Infine, per quanto riguarda la definizione della durata di rilascio, in analogia con il caso degli stoccaggi fissi, si è assunto quanto segue:

Tabella 30

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

5. CONCLUSIONI

Quanto sopra riportato permette di definire in maniera rapida le ipotesi di rilascio accidentale di sostanze pericolose a seconda della tipologia di detenzione, della quantità di sostanza pericolosa presente, del suo stato fisico nonché della gravità e probabilità dell'evento che si vuole studiare. Le dimensioni delle rotture e i tempi di rilascio sopra indicati sono il risultato di una ricerca bibliografica condotta sulla normativa nazionale e sulla letteratura scientifica del settore e di valutazioni tecniche basate sull'esperienza acquisita nell'ambito dell'attività istruttoria dei Rapporti di Sicurezza. Essi possono essere quindi presi a riferimento per una verifica preliminare dell'adeguatezza delle ipotesi assunte nei Rapporti di Sicurezza.

6. BIBLIOGRAFIA

- [1] 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;
- [2] Memorie del "Convegno nazionale valutazione e gestione del rischio negli insediamenti civili ed industriali" VGR 2004. "Modelli semplificati sorgente-diffusione-esplosione di nubi di vapore in ambienti industriali semiconfinati" S. Baldacci, M. Mossa Verre, F. Fineschi;
- [3] D.Lgs.334/99, "Attuazione della direttiva 96/82/CE relativa al controllo dei pericoli di incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose";
- [4] DM 15/5/96, "Criteri di Analisi e valutazione dei rapporti di sicurezza relativi ai depositi di gas e petrolio liquefatto (G.P.L.)";
- [5] DM 20/10/98 "Criteri di analisi e valutazione dei rapporti di sicurezza relativi ai depositi di liquidi"

facilmente infiammabili e/o tossici”;

- [6] Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis, Centre for Chemical Process Safety;
- [7] Whazan Version 2.1, May 1993: Process Hazards Screening tool, User Manual.
- [8] Guidelines for Process Equipment Reliability Data, Centre for Chemical Process Safety;
- [9] Lees, F. P. “Loss Prevention in the Process Industries”, Butterworth-Heinemann, second edition 1996;
- [10] Guide to Hazardous Industrial Activities, Ministry of the Interior, Crisis Management and Fire Directorate, The Netherlands, September 1988;
- [11] Manual for the classification and prioritization of risks due to major accidents in process and related industries, IAEA-TECDOC-727, Vienna 1993.