

## **ESEMPI DI APPLICAZIONE DEL CRITERIO DI CATEGORIZZAZIONE DELLE ATTIVITÀ A RISCHIO DI INCIDENTE RILEVANTE**

R. Morandi - Regione Veneto - Direzione Tutela dell'Ambiente, Calle Priuli 99 - 30131 Venezia

F. Zenier, F. Antonello - ARTES Via C. Battisti 2/A 30035 Mirano (VE)

E. Santamato - TECPAS V.le Papiniano 26, 20123 Milano

### **1. SOMMARIO**

Il nuovo criterio che sta emergendo nel campo della valutazione dei rischi rilevanti connessi con attività industriali si basa sul concetto europeo di "rischio accettabile" imponendo una procedura ben definita ed una serie di condizioni per la valutazione del rischio e la conseguente compatibilità dell'attività con il sito circostante.

L'esigenza di uniformare metodologie di analisi e strumenti per la valutazione dei parametri che caratterizzano il rischio ha portato all'adozione di un criterio di semplificazione che, probabilmente, risulta gradito anche per i minori costi richiesti rispetto ad analisi approfondite ed a metodi di analisi dettagliata.

Pur con le difficoltà insite in un tale esercizio, l'elaborazione di strumenti semplificati atti a descrivere e valutare aspetti e fenomeni complessi, che variano anche in funzione del luogo e delle condizioni al contorno, è un obiettivo ricorrente nella storia umana e spesso ha dato risultati positivi ed utili.

Un esercizio applicativo di questi strumenti è stato condotto per due installazioni tipiche rientranti nel campo di applicazione delle norme, comparandolo con i risultati forniti dall'applicazione di metodologie tradizionali.

I risultati sono stati anche comparati con analoghi studi pubblicati in altri paesi europei.

Le situazioni e gli assetti impiantistici ed organizzativi richiesti sulla base di questi metodi e criteri sono stati confrontati al fine di evidenziare le differenze e gli elementi comuni di sicurezza.

Si individuano conferme ad alcuni principi e indirizzi in tema di sicurezza e valutazione del rischio, ma anche aspetti da chiarire e perplessità su elementi determinanti per il giudizio finale di compatibilità.

### **2. RASSEGNA DEI METODI DI VALUTAZIONE**

Fin dagli anni 70, quando le moderne tecniche dell'analisi di rischio erano applicate per lo più nel campo nucleare o aeronautico, per una stima di massima del livello di rischio degli impianti di processo della chimica e petrolchimica furono elaborati metodi semplificati di valutazione quali l'Indice DOW o l'Indice Mond-ICI.

Parallelamente a tecniche quali l'HAZOP, l'albero di guasto o altre ancora, questi metodi furono applicati con lo scopo di individuare i punti più critici e le aree di miglioramento, oppure di stimare il massimo danno cui riferire l'assicurazione o anche di ottenere indicazioni per una successiva analisi più approfondita.

Negli ultimi dieci o dodici anni, a partire dalla metà degli anni 80 circa, sono state proposte ed in qualche caso introdotte ulteriori metodi semplificati per la valutazione del rischio di incidente rilevante in attività industriali. Quelle italiane più note alla maggior parte degli addetti ai lavori sono:

- a) il metodo ad indici dell'Appendice 2 al DPCM 31/3/89
- b) le Linee guida per la pianificazione di emergenza esterna per impianti industriali a rischio di incidente rilevante - Presidenza del Consiglio Ministri - Dipartimento della Protezione Civile - gennaio 1994;
- c) il Decreto del Ministero Ambiente 15 maggio 1996 - Criteri di analisi e valutazione dei rapporti di sicurezza relativi ai depositi di gas e petrolio liquefatto (G.P.L.) che riprende il metodo ad indici.
- d) il D.M.A. 5/11/1997 - Criteri di analisi e valutazione dei rapporti di sicurezza relativi agli scali merci terminali di ferrovia, ancora basato sul metodo del punto a).

Fine comune di tutte queste metodologie appare essere quello di fornire un indice di rischio sulla base del quale giudicare se l'attività in esame è compatibile con il sito ove si trova o comporta rischi non accettabili.

Nell'ottica di una metodologia semplificata di valutazione del rischio si colloca anche il metodo del WHO-UNEP-IAEA "Manual for the classification and prioritization of risk .." [1] ed ancor più la guida edita dagli enti federali statunitensi FEMA (Federal Emergency Management Agency) DOT (Department Of Transportation) ed EPA (Environment Protection Agency) [2].

Il Manuale UNEP-IAEA, dal quale, peraltro, è stato mutuato il Metodo Speditivo citato al punto b), valuta correttamente il rischio come funzione sia della frequenza attesa di un incidente, sia della magnitudo delle conseguenze, similmente alle linee guida statunitensi che per la stima degli effetti di un incidente forniscono una serie di algoritmi che consentono una valutazione non semplicistica dei fenomeni in gioco.

Vi sono poi strumenti di analisi più approfondita, utilizzati per studi sulla pianificazione territoriale, oltre che per la pianificazione dell'emergenza, cui si farà riferimento nel prosieguo del presente studio.

### 3. CRITERI APPLICATIVI

Si è scelto di applicare le metodologie indicate nel D.M.A. 15/5/96 e nel Metodo Speditivo ad alcuni casi tipici di incidente, confrontando i risultati con quelli forniti da una valutazione del rischio mediante applicazione di modelli di simulazione.

Nel caso del D.M.A. la procedura consiste nella stima dell'entità di un rilascio definendone i parametri in funzione della categoria del deposito determinata attraverso l'applicazione del metodo ad indici.

Il Metodo Speditivo stabilisce invece che la quantità massima che può essere ragionevolmente coinvolta in un singolo incidente è quella relativa all'intero contenuto dell'apparecchio (serbatoio o altro) considerato. L'approccio seguito, pertanto, si riferisce al massimo rilascio credibile associato ad un apparecchio, che quasi sempre consiste nel rilascio dell'intero contenuto dell'apparecchio in un tempo dell'ordine di pochi minuti.

Da rilevare che le soglie di danno fornite in queste due fonti per i fenomeni di incidente sono in qualche caso diverse, come appare dalla seguente tabella, per cui i risultati delle applicazioni appaiono non direttamente correlabili.

RIF. LINEE GUIDA PROT. CIVILE	sicuro impatto		zona di danno	attenzione	
RIF. DMA 15/5/96	effetti estesi di letalità	inizio letalità	lesioni irreversibili	lesioni reversibili	danni a strutture
Fenomeno fisico	1 <sup>a</sup> soglia		2 <sup>a</sup> soglia		
INCENDIO STAZIONARIO - POOL FIRE, JET FIRE (kW/m <sup>2</sup> )	12,5	7	5	3	12,5
FIRE BALL (kJ/m <sup>2</sup> )	raggio	350	200 (*)	125	(**)
FLASH FIRE	LFL	½LFL (D.M.A.)	½LFL (M.Sp.)		
ESPLOSIONI (bar)	0,6 (0,3)	0,14	0,07	0,03	0,3
RILASCI TOSSICI	LC50(30 min)		IDLH		

(\*) Nel grafico fornito per la valutazione (Fig. III/3 DMA) la soglia risulta 250 kJ/m<sup>2</sup>.

(\*\*) Sono fornite distanze di 100-600-800 m correlate rispettivamente alla presenza di parco bombole, stoccaggio in sfere e stoccaggio in cilindri.

In merito a questi valori di soglia va anche rilevata qualche differenza rispetto a quelli forniti da fonti internazionali qualificate [3, 4, 5, 6, 7, 8]: il valore di 12,5 kW/m<sup>2</sup>, per esempio, si riferisce al limite per l'ignizione del legno o di cartoni, danni a componenti in resina, plastica o materiali simili a bassa resistenza, non utilizzati per strutture di costruzioni o di impianti. Per danni a materiali metallici viene indicato un valore di 37–38 kW/m<sup>2</sup>, mentre per danni a strutture in muratura o calcestruzzo si richiedono in genere valori maggiori.

Appare pertanto cautelativo riferire il danno alle strutture a questo valore di irraggiamento, anche considerando che all'interno di insediamenti industriali è rara la presenza di edifici in legno.

Le soglie indicate per danni alle strutture appaiono anche non congruenti se si raffrontano i valori relativi ai diversi fenomeni. Nel caso del fire ball sembra evidente il riferimento ai danni connessi con la proiezione di frammenti, dato che la breve durata del fenomeno di fire ball comporta in genere danni limitati a strutture in materiale non combustibile, ma le distanze indicate non tengono conto delle dimensioni della sorgente: un serbatoio cilindrico da 50 m<sup>3</sup> può così apparire più pericoloso di una sfera da 5000 m<sup>3</sup>.

Per quanto riguarda i danni derivanti da sovrappressione, nelle fonti bibliografiche citate si distingue tra danneggiamenti di strutture in muratura civile, per la quale il valore di 0,3 bar può anche risultare eccessivo, oppure strutture in cemento armato o in metallo; il danneggiamento grave di tubazioni o recipienti di processo in acciaio viene comunque associato a sovrappressioni dell'ordine di 0,4÷0,6 bar o maggiori, mentre è sottolineata l'esigenza di tener conto anche della durata della sovrappressione, ovvero dell'impulso, che, soprattutto per le esplosioni di vapori infiammabili, è determinante nell'apporto dei danni.

Il collegamento tra i metodi semplificati e l'analisi condotta mediante modelli comporta alcune difficoltà nel delineare lo scenario sul quale applicare i modelli. I metodi semplificati, infatti, non permettono di tener conto compiutamente della durata di un rilascio, la quale è direttamente correlata con la frequenza attesa dell'evento. Assumendo che il rilascio maggiore in fase liquida consista nella rottura di una tubazione di fondo di un serbatoio, con frequenza attesa dell'ordine di 10<sup>-5</sup> occasioni/anno, se si considera l'intervento di valvole di eccesso di flusso e di sistemi di blocco rapido connessi a rilevatori di gas la frequenza attesa dello scenario riferito ad una durata del rilascio maggiore di qualche minuto risulta in genere inferiore di almeno due ordini di grandezza. Ne consegue che la quantità di sostanza che fuoriesce è limitata ad una piccola frazione del contenuto del serbatoio e lo scenario si colloca tra il rilascio istantaneo e quello continuo, non considerato dai citati metodi semplificati.

Per avere un quadro abbastanza omogeneo cui riferirsi si è supposto che la fuoriuscita perduri per alcuni minuti, considerando che anche un evento a frequenza dell'ordine di 10<sup>-6</sup> o 10<sup>-7</sup> occasioni/anno possa rientrare tra i casi credibili ai fini della pianificazione di emergenza.

È tuttavia da considerare che alla base dei metodi di categorizzazione o di pianificazione c'è l'esigenza di ottenere indicazioni cautelative, dato che nonostante la notevole evoluzione degli strumenti di simulazione più sofisticati le comparazioni con sperimentazioni ed il confronto tra modelli mostrano ancora un buon margine di indeterminazione. In definitiva, per l'applicazione eseguita, si sono adottate le soglie predefinite nel Metodo Speditivo o nel D.M.A.

#### 4. DESCRIZIONE DEI CASI IN ESAME

Per una comparazione tra i vari metodi si sono scelti due casi di attività a rischio di incidente rilevante.

- 1) Un deposito di GPL costituito da 8 serbatoi da 300 m<sup>3</sup> coibentati secondo le indicazioni del D.M.I. 13/10/94 per il quale si considera un rilascio per rottura sulla linea di fondo di un serbatoio contenente 120 t di GPL (rilascio maggiore in fase liquida).

La determinazione dei parametri che caratterizzano il rischio, o individuazione dello scenario incidentale credibile, è stata fatta seguendo il criterio esposto nel D.M.A. del 15/5/96, cioè con l'applicazione del metodo ad indici e, parallelamente, valutando le frequenze attese degli eventi di rilascio ipotizzabili nel deposito.

Sulla scorta delle misure di sicurezza previste il deposito si classifica in classe I<sup>a</sup> (Unità logiche di categoria A). La dimensione prevista per l'eventuale rottura maggiore su fase liquida può pertanto consistere in un foro con diametro equivalente di 50 mm. A tale ipotesi, che si assume localizzata su una linea di fondo di un serbatoio, corrisponde una frequenza attesa dell'ordine di 10<sup>-5</sup> occasioni/anno, quindi, per i fenomeni attesi di incendio o esplosione, che richiedono la presenza di un innesco, si può stimare una frequenza attesa inferiore di almeno un ordine di grandezza in funzione della durata della perdita, ovvero dell'intervento dei sistemi di blocco e sezionamento rapido.

- 2) Un impianto di processo con sostanze infiammabili e tossiche, comprendente varie sezioni tra cui colonne di distillazione, accumulatori ed altri apparecchi contenenti liquidi surriscaldati ad alta temperatura e pressione. Analogamente al caso precedente si considera la rottura maggiore di un tronchetto di fondo su un apparecchio, evento al quale può corrispondere una frequenza attesa dello stesso ordine di grandezza (10<sup>-5</sup> occasioni/anno). Per questo caso si esaminano 5 ipotesi di incidente localizzate su apparecchi contenenti sostanze diverse; trattandosi di sostanze diverse dal GPL, per quanto riguarda i metodi di pianificazione o categorizzazione è stato possibile applicare solo il Metodo Speditivo.

#### 5. ANALISI DEI RISULTATI

##### Ipotesi 1 - serbatoio GPL

Per quanto riguarda la portata rilasciata dal foro ipotizzato, utilizzando la tabella in calce alla Fig. III/4c del D.M.A., la portata di efflusso risulta 15 kg/s (questo dato si riferisce alla massima portata in caso di rottura con formazione di flusso bifase).

Supponendo che tale portata rimanga stazionaria per un tempo non precisato, si può far riferimento ad uno scenario di rilascio continuo: la tabella di Fig. III/5b del D.M.A. fornisce le seguenti indicazioni:

parametro	condizioni D/5	condizioni F/2
LFL	a 70 m	a 175 m
½ LFL	a 110 m	a 265 m
quantità in campo di infiammabilità	200 kg	1300 kg
baricentro nube infiammabile	a 25 m	a 60 m

Sulla scorta delle considerazioni espresse nello stesso D.M.A. la quantità di gas in campo di infiammabilità è inferiore alle soglie che permettono di discriminare tra rischio di esplosione marginale o credibile per cui l'ipotesi di esplosione della nube può ritenersi a rischio marginale.

L'applicazione del Metodo Speditivo considera l'intera quantità in gioco, quindi, per avere dati omogenei nella comparazione tra i metodi in esame, si sono applicate le tabelle del D.M.A. riferite al rilascio istantaneo da un serbatoio contenente 120 t di propano.

Dato che il Metodo Speditivo è stato elaborato riferendosi a condizioni atmosferiche di stabilità neutrale (categoria Pasquill D) e vento 5 m/s, per ottenere le indicazioni relative alle condizioni F/2 si è seguita l'indicazione fornita nella tabella 4 dell'allegato 4 al D.M.A. del 5/11/97: per i gas infiammabili (numeri di rif. 7, 11, 13) il fattore di conversione risulta 1, cioè in condizioni F/2 le aree di danno attese sono equivalenti alle condizioni D/5.

Dalla tabella III/5a la quantità di gas coinvolta va determinata sulla base del volume geometrico del serbatoio, cioè 300 m<sup>3</sup>: ne consegue una massa partecipante al flash fire di 45 t con estensione delle zone di danno di 220 m (LFL) e 240 m (½LFL). I risultati forniti dai due metodi (D.M.A. e Metodo Speditivo) sono illustrati nella seguente tabella (le soglie sono quelle indicate in precedenza).

metodo	quantità considerata	distanza 1 <sup>a</sup> soglia	distanza 2 <sup>a</sup> soglia
D.M.A. tab III/5a	45,36 t	220 m	240 m
Metodo speditivo	120 t	147 m	294 m

Applicando le altre tabelle del D.M.A. per i fenomeni di fire ball ed UVCE si ottengono i seguenti risultati.

tabella D.M.A.	quantità considerata	distanza 1 <sup>a</sup> soglia	distanza 2 <sup>a</sup> soglia
III/3 fire ball	75,6 t	124 m	380 m
III/4b UVCE	45,36 t	180 m	670 m

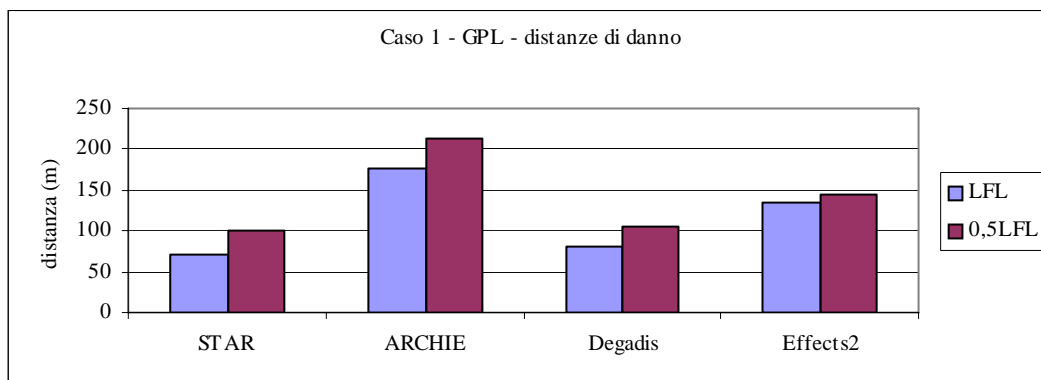
Alla luce della legislazione vigente è comunque possibile per il fabbricante ricorrere a metodologie di valutazione più sofisticate fornendo giustificazioni tecnico scientifiche alle proprie conclusioni. Si è cercato, pertanto, di individuare possibili risultati alternativi mediante l'applicazione di alcuni metodi di calcolo riconosciuti.

L'applicazione dei modelli di simulazione è stata effettuata nell'ipotesi di rilascio continuo o perdurante almeno 5 minuti nelle seguenti condizioni:

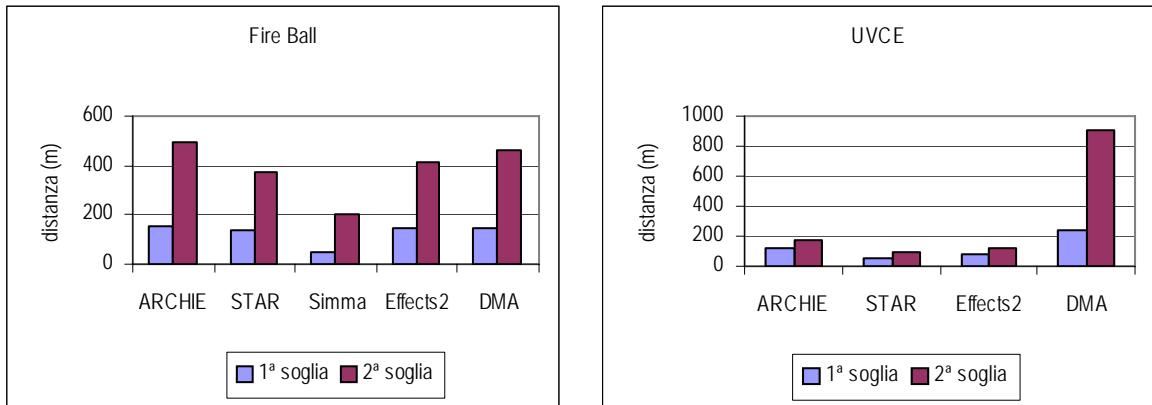
pressione (bar a)	8
temperatura gas rilascio (K)	293
diametro foro (m)	0,05
tratto di linea da serb. a foro (m)	0,5
temperatura ambiente (K)	293
velocità del vento a 10 m (m/s)	2
categoria stabilità atmosferica	F
rugosità (m)	0,5

I risultati delle simulazioni con i modelli [9, 10, 11] sono sintetizzati nella seguente tabella e, per quanto riguarda le distanze di danno riferite al flash fire, nel successivo grafico.

modello	portata efflusso kg/s	portata vapori kg/s	massa infiam. kg	distanza LFL	distanza 0,5LFL
Archie	35,5	35	1064	177	213
Degadis2.1	-	12	783	81	105
Effects2	32,34	13,4	469	136	150
STAR	32,36	12	523	70	100



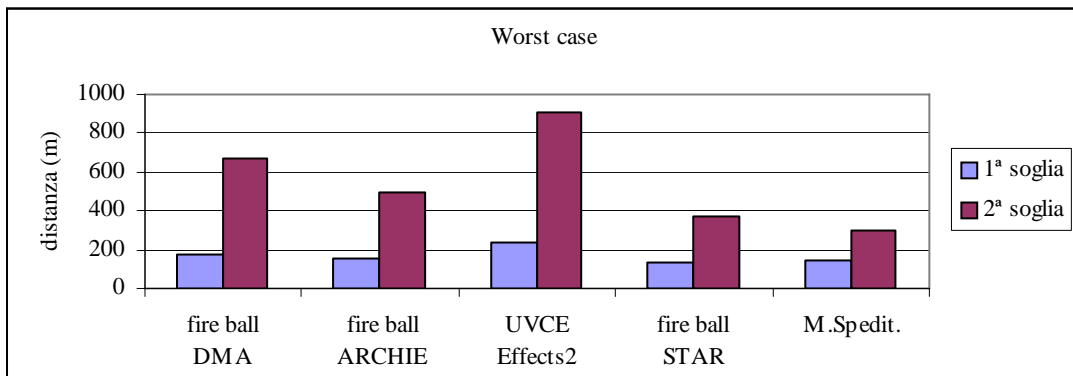
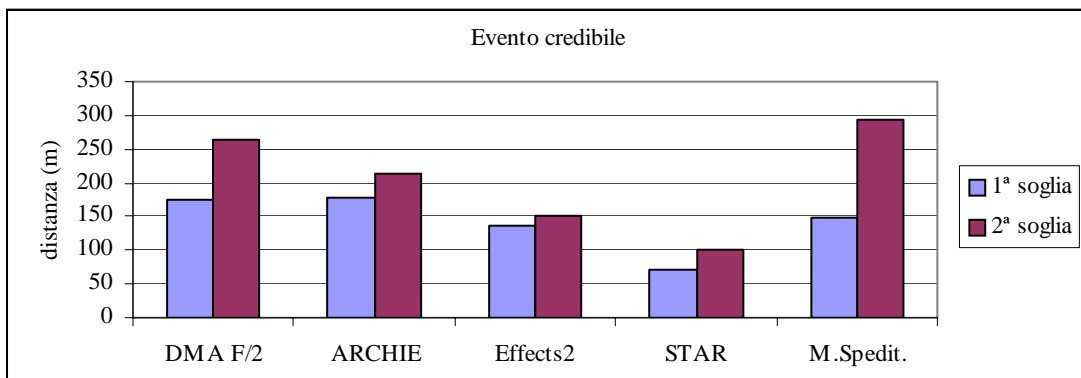
Dai dati soprariportati appare che il quantitativo di gas compreso nel campo di infiammabilità è sempre inferiore alle soglie che permettono di definire marginale il rischio. Al fine di ottenere maggiori indicazioni per comparare i risultati dei metodi di categorizzazione con quelli dei modelli si è comunque eseguita la valutazione degli effetti connessi con un'eventuale UVCE e con il fire ball, pur se nella situazione ipotizzata (serbatoi coibentati fire proofing) quest'ultimo fenomeno può essere escluso.



Queste considerazioni, in definitiva, sintetizzano le due scelte possibili ai fini della classificazione delle attività nell'ambito della pianificazione del territorio o per l'eventuale piano di emergenza esterno:

- referirsi allo scenario credibile, che per il caso in esame è il rilascio di tipo continuo,
- considerare il caso peggiore (worst case) a prescindere dalla credibilità, ovvero dalla frequenza attesa dell'evento.

Il risultato di ciascuna di queste scelte può essere visualizzato tramite la rappresentazione dall'estensione delle zone di danno, che viene fornita nei due grafici seguenti.



Tra le varie osservazioni che si possono fare può essere di interesse rilevare che il Metodo Speditivo rappresenta una situazione media, cioè appare cautelativo se si fa riferimento all'evento credibile mentre risulta minimizzare la situazione se si prende in considerazione il caso peggiore.

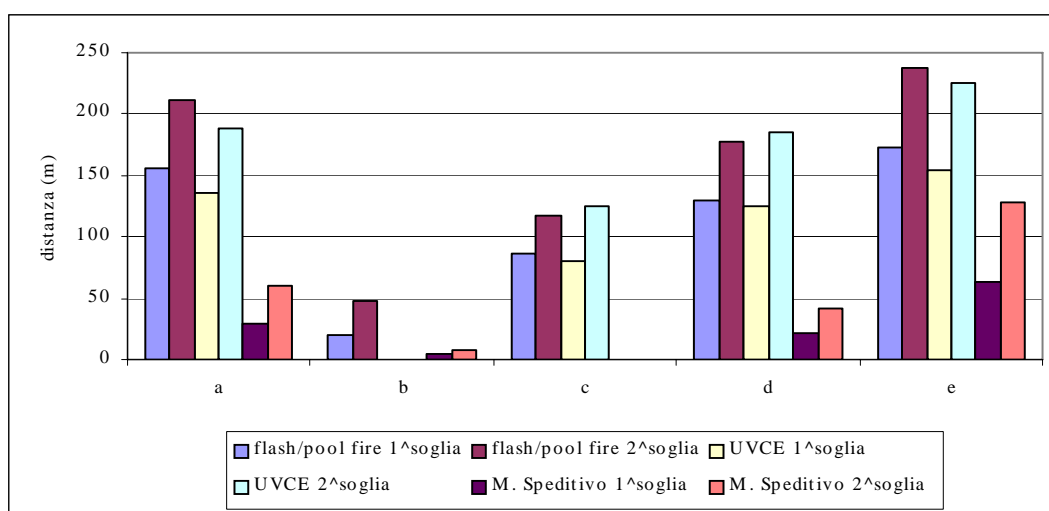
### Ipotesi 2 - impianto di processo

L'applicazione è stata eseguita per ciascuno dei casi delineati in precedenza riferendosi alla quantità totale in gioco, sia con il Metodo Speditivo che con i modelli di calcolo, supponendo che il rilascio avvenga in tempi molto brevi a seguito di una rottura grave che determina lo svuotamento dell'apparecchio in tempi dell'ordine di una decina di minuti al massimo.

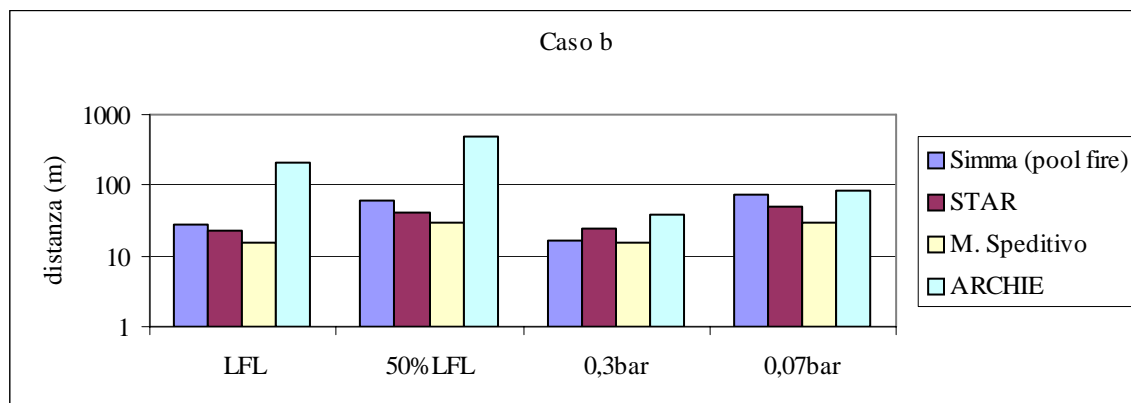
Le condizioni dei vari apparecchi sono le seguenti:

Ipotesi	a	b	c	d	e
Sostanza	benzina	benzene	benzina	etilbenzene	propilene
Temperatura	165°C	200 °C	188°C	226°C	32°C
Pressione	7 bar	25 bar	7,5 bar	7 bar	13,3 bar
Quantità in gioco	15,4 t	34 t	8,6 t	42,5 t	21 t

I risultati, in termini di effetti finali derivanti dalla simulazione o dall'applicazione del Metodo Speditivo sono illustrati nel grafico seguente.



Nella maggior parte delle valutazioni il risultato mostra come con il Metodo Speditivo, in casi come quelli in esame, le distanze di danno appaiano sottostimate; solo nel caso b si hanno indicazioni pressoché uniformi, anche se applicando un modello cautelativo concepito per la gestione di emergenze, quindi estremamente cautelativo, la differenza di risultati appare ancora notevole. Per avere un quadro più completo del raffronto, si rappresentano di seguito i risultati forniti da alcuni modelli [9, 12, 13] per il caso b.



Va anche rilevato come nel caso di strumenti concepiti per la gestione dell'emergenza, che richiedono una risposta tempestiva sulla base di poche variabili, spesso stimate con larga approssimazione, è abbastanza ovvio attendersi che i risultati siano stime cautelative.

Meno giustificato appare, quindi, il risultato fornito da uno strumento che dovrebbe servire per la pianificazione provvisoria dell'emergenza, anche se si può spiegare con il fatto che il metodo non tiene conto delle condizioni in cui si trovano le sostanze, in particolare per liquidi in condizioni di surriscaldamento o in fase vapore, per i quali non appaiono considerati i fenomeni di flash fire, jet fire, UVCE, fire ball.

Inoltre, per una serie di sostanze classificate sia infiammabili che tossiche (benzene, alcool metilico, ecc.) viene considerato solo il rischio connesso all'infiammabilità. Quindi, mentre con l'analisi di rischio ed i modelli di simulazione risultano poter essere presenti concentrazioni pericolose anche a distanze di alcune centinaia di metri, il Metodo Speditivo non consente la valutazione di tale rischio.

## 6. CONCLUSIONI

Le applicazioni illustrate nel presente studio mostrano come sia possibile giungere a risultati notevolmente differenti pur applicando metodologie che dovrebbero essere state concepite per minimizzare la discrezionalità in processi di pianificazione territoriale o di categorizzazione di attività per quanto riguarda il rischio di incidente rilevante.

Il confronto con i risultati forniti da metodologie più approfondite di valutazione del rischio mostra anche che i metodi semplificati, oltre a mostrare alcune carenze che lasciano ampia discrezionalità dell'applicazione, possono portare a conclusioni non sempre in linea con gli obiettivi di cautela o di prudenza che stanno alla base del Metodo Speditivo per la pianificazione dell'emergenza.

Pur con i limiti tuttora esistenti per i modelli di simulazione comunemente disponibili, appare ancora più affidabile ricorrere a tali strumenti ed a valutazioni approfondite del rischio quando si tratta di definire la compatibilità di attività economiche nell'ambito del territorio o l'estensione delle aree che possono essere interessate da effetti di danno in caso di incidente.

## 7. BIBLIOGRAFIA

- [1] "Manual for the classification and prioritization of risk .."
- [2] "Technical Guidance for Hazard Analysis - Emergency Planning for Extremely Hazardous Substances" - US EPA, FEMA, US Department Of Transportation - USA 1987.
- [3] "Guidelines for evaluating the characteristics of vapour cloud explosion, flash-fire and bleves" e "Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis" Center for Chemical Process Safety - AIChE
- [4] Norme API RP 520-521.
- [5] "Loss Prevention and Safety Promotion in the Process Industry" - Frank P. Lees - Butterworth Ed. 1996.
- [6] "Release and Dispersion of Flammable and Toxic Gases" BATTELLE Institute - Frankfurt am Main.
- [7] "Methods for the Calculation of the Physical Effects of the Escape of Dangerous Material" (YELLOW BOOK) Report of the Committee for the Prevention of Disasters Published by the Directorate General of Labour Ministry of Social Affairs OLANDA.
- [8] "Risk Analysis of Six Potentially Hazardous Industrial Objects in the Rijnmond Area, A Pilot Study". Report to Public Authority" - D. Reidel Editor (1982) (Rapporto Rijnmond).
- [9] ARCHIE (Automated Resource for Chemical Hazard Incident Evaluation) - Federal Emergency Management Agency, U.S. DOT, U.S.EPA
- [10] DEGADIS (Dense GAs DISpersion) - U.S. Coast Guard, Gas Research Institute, American Petroleum Institute
- [11] Effects2 - TNO Olanda
- [12] STAR (Safety Techniques for Assessment of Risk) ARTES Italia
- [13] Sigem Simma - Tema (ENI) Italia