

PUNTI CRITICI NELL'ANALISI DEI RISCHI AI FINI DELL'APPLICAZIONE AI PORTI DELLA DIRETTIVA 96/82/CE

P.A. Bragatto¹, F. Altavilla¹, S. Berardi¹, G. Platania²

1) ISPESL – DIPIA Centro Ricerche v. Fontana Candida n°1 00040 Monteporzio Catone (Roma)

2) ISPESL - DIP. Messina Via dei Mille n° 89 bis 98123 Messina

RIASSUNTO

L'applicazione della Direttiva 96/82/CE è stata estesa ai porti industriali e petroliferi dal D.M. 93/2001. Fra le altre cose, il Decreto prevede che venga predisposto dall'autorità portuale un rapporto integrato di sicurezza, nel quale vanno inserite anche le aziende che, all'interno del porto, caricano, scaricano ed immagazzinano sostanze chimiche pericolose, in quantitativi inferiori ai limiti del D.Lgs. 334/99. In questa categoria rientrano gli operatori che trattano i serbatoi containerizzati per il trasporto di prodotti chimici. I serbatoi "containerizzati", per le loro caratteristiche costruttive, e per i controlli e le certificazioni internazionali delle essi sono soggetti, costituiscono un modalità di trasporto efficiente e sicuro per molte sostanze pericolose, tuttavia la possibilità di un grave danneggiamento al serbatoio con improvvisa fuoriuscita del contenuto va comunque presa in considerazione nelle analisi di sicurezza, considerando la vulnerabilità dell'ambiente portuale e le possibili azioni dolose. Nel presente lavoro si sono considerati alcuni scenari incidentali, che prevedono la rottura di serbatoi containerizzati, con rilascio di liquidi tossici o molto tossici e di gas in pressione. Le conseguenze sono state valutate utilizzando il software TNO EFFECTS2.

INTRODUZIONE

La sicurezza è un elemento necessario ed essenziale per una attività portuale sostenibile e dovrebbe essere una parte integrante della gestione delle aree portuali piuttosto che una elemento aggiuntivo. Su questa base il Legislatore ha deciso di estendere l'applicazione della Direttiva 96/82/CE [1] anche ai porti industriali e petroliferi. Sulla questione dei porti, la direttiva presenta alcune difficoltà di interpretazione. Infatti, mentre l'articolo 4 esclude dal campo di applicazione i porti e gli scali di scambio intermodali, nelle considerazioni in premessa la Direttiva afferma (punto 12) che gli Stati Membri possono adottare appropriate misure atte a raggiungere, per i porti e per gli scali intermodali, livelli di sicurezza equiparabili a quelli richiesti negli stabilimenti industriali. Nel D.Lgs. del 17 agosto 1999 n° 334 di recepimento della Direttiva 96/82/CE, la questione dell'applicazione ai porti industriali e petroliferi è stata stralciata ad un decreto successivo del Ministero dell'Ambiente. Il Decreto del Ministero dell'Ambiente del 16 Maggio 2001 n° 293 [2] richiede alle Autorità Portuali, come definite dalla Legge n° 84 del 28 Gennaio 1994, di preparare ed integrare i rapporti di sicurezza, sulla base di elementi e informazioni forniti dai gestori di stabilimenti in aree portuali, dove sono presenti le sostanze pericolose indicate nell'Allegato I del D.Lgs 334/99. Fra tali stabilimenti sono compresi sia quelli che superano i quantitativi stabiliti dal citato allegato, e quindi sono già soggette agli obblighi previsti dagli articoli 6 o dall'articolo 8, sia le imprese che trattano le sostanze pericolose, anche se in quantitativi inferiori a quelli fissati dall'Allegato, e quindi esenti da obblighi specifici.

È chiaro che il Legislatore ha voluto assimilare i porti industriali e petroliferi ad aree a elevata concentrazione di stabilimenti a rischio di incidente rilevante, stressando la necessità di integrazione.

Si deve sottolineare che il D.M. 293/01 si riferisce solo alle sostanze pericolose così come definite dal D.Lgs. 334/99 e non considera altri elementi di sicurezza, regolati da normative precedenti, in particolare dalla citata Legge n° 84 del 28 Gennaio 1994, nonché dai vari accordi e convenzioni internazionali sulla sicurezza del trasporto marittimo.

VULNERABILITÀ NEI PORTI

L'applicazione del Decreto n° 293 rappresenta una sfida per rispondere alla quale è necessario uno sforzo di ricerca. Infatti mentre, da lungo tempo, sono stati messi a punto metodi e procedure per la valutazione del rischio chimico in aree industriali, vi sono carenze sulla valutazione e la gestione del rischio chimico in ambito portuale. Ai fini della sicurezza chimica ci sono profonde differenze tra i porti e gli impianti industriali che si devono ben comprendere al fine di trasferire le esperienze di sicurezza al campo portuale. Fra i motivi della maggiore vulnerabilità dei porti multifunzionali, rispetto agli stabilimenti industriali, vanno individuati:

- La maggiore difficoltà di controllare gli accessi, a differenza degli stabilimenti dove vige un sistema di vigilanza di solito stretto.
- La presenza di personale non specializzato (lavoratori occasionali) in tutte le aree d'attività, a differenza delle aziende industriali che possono assicurare adeguato livello di formazione e addestramento del personale.
- La differenza di organizzazione e di procedure di sicurezza adottate nella grande varietà di ditte operanti in ambito portuale e la conseguente difficoltà di armonizzazione.
- La particolare attenzione che va rivolta ai rischi connessi alle reazioni di sostanze pericolose con l'acqua e alla relativa produzione di gas tossici o infiammabili. Inoltre, alcune sostanze che, pur non essendo critiche per la salute umana, possono esserlo per l'ambiente marino.
- La simultanea presenza di sostanze pericolose diverse nei carichi, che in caso di incidente possono avere un effetto sinergico.
- La maggiore presenza di personale nell'ambito portuale. Inoltre, nei porti italiani spesso le aree industriali sono prossime ai terminali passeggeri, dove, in alcune occasioni, può verificarsi la presenza simultanea anche di migliaia di persone.
- La possibile vicinanza delle aree portuali rispetto a centri storici importanti e popolosi.
- La grande varietà di mezzi terrestri e marittimi, anche privati, condotti da persone sempre diverse e difficilmente controllabili.
- Il possibile coinvolgimento di sostanze chimiche pericolose in incidenti marittimi.
- La grande diversità di sostanze chimiche, che sono caricate, scaricate e immagazzinate temporaneamente, e la conseguente varietà d'operazioni condotte fanno sì che il personale si trovi a trattare, in modo sporadico e occasionale, sostanze pericolose.
- Il previsto incremento del traffico di prodotti chimici e sostanze pericolose, anche in vista dell'attuazione del programma operativo "Autostrade del Mare".

I porti multifunzionali, dove coesistono attività industriali, commerciali e civili, presentano caratteristiche di grande vulnerabilità. Il criterio probabilistico, già posto in discussione in alcune situazioni industriali, può condurre ad una sostanziale sottostima dei rischi, con conseguente sottodimensionamento delle misure preventive e dei piani d'emergenza.

La maggior parte degli incidenti in ambito portuale riguarda prodotti petroliferi e altri prodotti chimici trasportati da speciali navi cisterna. Sono ben noti procedure e metodi per fronteggiare tali rischi e i gestori dei grandi depositi costieri con sistemi di carico/scarico da nave sono ben preparati essendo da lungo tempo soggetti a leggi e direttive sul rischio industriale, in particolare il D.P.R. n° 175/88.

Altri rischi di natura chimica presenti nei porti, proprio perché meno evidenti e fino ad ora mai sottoposti a particolari normative, possono invece essere sottostimati. Non a caso il DM n° 293 ha individuato nelle imprese autorizzate al carico, scarico, trasferimento e stoccaggio di sostanze pericolose, in quantitativi inferiori a quelli fissati dal 334, un elemento debole dell'intero sistema preventivo, imponendo anche a queste aziende alcuni obblighi relativi alle informazioni da fornire all'Autorità portuale per la predisposizione del "rapporto integrato di sicurezza portuale".

Nel presente articolo si è esaminata un'attività tipica di questa categoria di imprese portuali, ovvero il carico/scarico di prodotti chimici pericolosi trasportati in container. L'obiettivo del lavoro è stato quello di valutare le conseguenze di incidenti che si potrebbero verificare a causa delle criticità sopra elencate.

TANK CONTAINER

Il trasporto in grandi cisterne di prodotti pericolosi richiede navi specializzate e strutture di carico dedicate; per questo motivo esso è praticabile solo per quelle materie prime e quei prodotti per i quali

esiste un mercato particolarmente consistente in termini quantitativi quali il petrolio greggio e suoi derivati, il gas naturale, l'etilene, ecc. Per tutti gli altri prodotti chimici pericolosi il trasporto in container è la modalità più appropriata, sia per flessibilità che per semplicità e convenienza economica. Per trasportare sostanze chimiche allo stato liquido e gassoso si usano generalmente i "tank container", serbatoi cilindrici contenuti in un telaio di dimensione pari a quelle standard di un container e tale, pertanto, da consentire tutte le operazioni solitamente condotte su quest'ultimo (vedi fig.1). Sono disponibili sul mercato "tank container" progettati appositamente per il trasporto di sostanze infiammabili, tossiche, corrosive come pure speciali serbatoi per il trasporto di gas in pressione come l'ammoniaca o gli idrocarburi. Essendo progettati per il trasporto multimodale, questi serbatoi dovranno rispettare una molteplicità di regolamenti marittimi, ferroviari e stradali. ISO, IMDG, ADR, RID, IMO e la Convenzione Internazionale per la Sicurezza dei Container stabiliscono standard e procedure per la progettazione, la produzione, la manutenzione, la pulizia, l'accettazione ai fini della sicurezza dei serbatoi [5]. Tali tipi di serbatoi solitamente hanno le dimensioni complessive esterne di un container standard di 20 piedi. I serbatoi sono generalmente protetti dalla elettricità statica, sopportano condizioni estreme di temperatura (-50°C a +50°C) e resistono fino ad almeno 60 minuti alle fiamme. In funzione del materiale e delle caratteristiche di progetto (valvole, dischi di rottura), tali cisterne possono essere anche autorizzate al trasporto di gas in pressione.

Figura 1 Un tipico *tank container*



I "tank container" costituiscono senza dubbio la modalità di trasporto più sicura per molte sostanze pericolose. Tuttavia durante le fasi di carico, scarico ed immagazzinamento non possono essere esclusi incidenti come conseguenza di trascuratezze colpose e peggio ancora di azioni deliberatamente dolose, proprio a motivo della particolare difficoltà nel controllo degli accessi e del personale, che costituisce, come già detto, uno dei maggiori elementi di vulnerabilità dei porti. Fra i peggiori casi possibili vanno valutate le conseguenze derivanti da un evento che comporti un grave danneggiamento del serbatoio, con rapida perdita repentina di gran parte del contenuto.

VALUTAZIONE DELLE CONSEGUENZE

Per valutare le conseguenze di un danneggiamento doloso si è considerato un "tank container" di 20 piedi, realizzato secondo le disposizioni della normativa italiana e internazionale per il trasporto di sostanze pericolose. Nel presente lavoro, vengono considerate tre categorie di sostanze pericolose:

- liquidi tossici,
- liquidi molto tossici
- gas liquefatti tossici.

Per ciascuna categoria considerata, è stata scelta una sostanza caratteristica allo scopo di svolgere le simulazioni. Come parametro di riferimento per la tossicità è stato utilizzato il IDLH (Immediate Dangerous for Life or Health). Nella tabella 1 si riportano le sostanze selezionate per ciascuna categoria, con le relative concentrazioni IDLH.

Tabella 1: Sostanze rappresentative

Categorie		sostanza	IDLH [mg/m ³]
Liquidi	<i>molto tossici</i>	Acroleina	4.7
	<i>tossici</i>	Acrilonitrile	188
Gas liquefatti in pressione	<i>tossici</i>	Ammoniaca	350

Per le simulazioni è stato utilizzato il software EFFECTS2. In tale ambito, sono stati presi in esame due tipologie di rilascio: 1) rilascio di liquidi; 2) rilascio di gas liquefatti in pressione. Tali simulazioni verranno descritte con più dettaglio nel seguito.

Caso 1 - Rilascio di liquidi e dispersione di gas tossici in atmosfera

Si è considerato un rilascio di un liquido attraverso un foro nel serbatoio del "tank container". Si è supposto che il liquido possa riversarsi tutto sul terreno oppure sull'acqua. Si è valutato il rilascio di vapori tossici in atmosfera nei due casi, allo scopo di evidenziare le diverse conseguenze.

Calcolo del flusso in uscita

Per il calcolo del flusso di uscita nel caso di rottura del serbatoio è stato considerato un rilascio illimitato, quindi si è ipotizzato che non avvenga nessun intervento per interrompere il rilascio prima che gran parte del contenuto sia fuoriuscito. Per tale simulazione si è assunto che la pressione sopra il livello liquido nel serbatoio rimane costante. Nella tabella 2 si riportano i parametri utilizzati per il calcolo del flusso in uscita ed i risultati ottenuti

Tabella 2: Calcolo dello sversamento

Parametri			
Capacità serbatoio [mc]	24.7	Grado di riempimento	90
Pressione [atm]	1	Diametro del foro [m]	0.1
Temperatura [K]	293	Altezza del foro [m]	1.3
Risultati			
		Acroleina	Acrilonitrile
Durata del rilascio [min]		11	13
Massa totale rilasciata [kg]		5983	6064.5

a Sversamento in acqua ed evaporazione della chiazza risultante

Si è assunto che il rilascio del liquido produca una chiazza sulla superficie del mare. Nella tabella 3 sono riportati i parametri in input e i risultati per il calcolo della portata di evaporazione.

Tabella 3 Calcolo dell'evaporazione da una chiazza

Parametri ambientali			
Temperatura dell'acqua	288.15 K	Profondità dell'acqua	9 m
Temperatura dell'aria	293 K	Velocità dell'acqua	0.01 m/s
Parametri delle sostanze			
-	Solubilità a 20°C (% peso)	Punto di ebollizione	
acroleina	20%	52,8°C	
acrilonitrile	7%	77,5 °C	
Risultati			
		Acroleina	Acrilonitrile
Diametro della chiazza [m]		56.20	41.00
Portata media di evaporazione [kg/s]		0.09	0.02

Per le simulazioni successive, si è assunto che nella prima ora nessuno sia in grado di rimuovere la chiazza dall'acqua. Le risultanti velocità di evaporazione rappresentano gli input per il successivo modello di dispersione in atmosfera.

b Sversamento a terra ed evaporazione dalla pozza risultante

Si è assunto che il liquido fuoriuscito produca una pozza sulla superficie della banchina. Si assume che entro venti minuti circa dal primo danneggiamento del serbatoio si possa adottare una qualche misura di sicurezza. Per questo motivo il rilascio atmosferico è stato studiato solo per i primi dieci minuti dopo il termine della fuoriuscita di liquido dal serbatoio (Il flusso termina dopo una decina di minuti dalla rottura). I fattori determinanti ai fini della formazione della pozza sono le caratteristiche di rugosità della superficie sulla quale si spande il liquido e le condizioni meteorologiche che possono favorire o meno l'evaporazione. La 'rugosità' del terreno è il parametro che determina lo spessore minimo dello strato di liquido. Essa è stata assunta pari a 0.5 cm. L'evaporazione dalla pozza e la dispersione in aria dipendono dalle classi di stabilità atmosferica e dalla velocità del vento. Un tempo ventoso con velocità del vento 5 m/s e stabilità atmosferica neutra (classe D) rappresenta una condizione meteorologica tipica per le aree costiere italiane. Un'atmosfera molto instabile (classe A) con vento molto debole (1 m/s) è invece tipica delle giornate estive. Un'atmosfera molto stabile (classe F) con vento molto debole è comunque possibile e viene di solito considerata la condizione meno favorevole per la dispersione degli inquinanti. Queste tre condizioni (F1, D5, A1) sono state scelte come ragionevolmente rappresentative dei possibili scenari meteorologici. La temperatura dell'aria è stata in tutti i casi assunta pari a 20°C, mentre la temperatura del suolo è stata assunta pari a 30°C. La Tabella 4 presenta i risultati del calcolo, sotto le diverse condizioni meteorologiche. Le velocità di evaporazione sono state utilizzate come input per il successivo calcolo della dispersione atmosferica.

Tabella 4: Calcolo dell'evaporazione da una pozzanghera

<i>Parametri</i>						
Rugosità suolo	0,5 cm					
Temperatura aria	20°C		Temperatura suolo			30°C
<i>Risultati</i>						
	Acroleina			Acrylonitrile		
	F2	A1	D5	F2	A1	D5
Max. pool area [m2]	1400	1426	1426	1502	1502	1502
Velocità media di evaporazione [kg/s]	3.04	2.87	4.38	1.77	1.54	2.67

Dispersione in atmosfera di gas tossici dalla pozza formata a seguito del rilascio

I gas tossici che per evaporazione vengono liberati dalla pozza formata dal liquido tossico sul terreno o dalla chiazza in acqua si diffonderanno in atmosfera formando una nube tossica avente origine dalla pozza stessa. Per valutare la massima distanza di conseguenza, le velocità di evaporazione sono state utilizzate come input per un modello di dispersione in atmosfera di gas neutri. Analogamente al caso precedente, si sono considerate le tre condizioni atmosferiche F2, D5 and A1, ipotizzando sempre una temperatura esterna di 20°C. Nella simulazione si è ipotizzato che l'area circostante il luogo dell'incidente sia caratterizzata da basse costruzioni di tipo industriale. La tabella 5 riporta le dimensioni (lunghezza e larghezza) della nube nei diversi scenari considerati. La figura 1 mostra la nube tossica prevista originarsi a seguito di uno sversamento di acroleina sul terreno

Tavola 5 Distanze di conseguenza

	Classe atmosferica	A1	F2	D5
		<i>L x W m x m)</i>		
Acroleina (molto tossico)	Evaporazione da acqua	93 x 46	680 x 37	n.a.*
	Evaporazione da terra	733 x 387	1624 x 171	3543 x 457
Acrylonitrile (tossico)	Evaporazione da acqua	n.a.*	n.a.*	n.a.*
	Evaporazione da terra	280 x 81	1275 x 88	837 x 66

**Non si raggiungono i limiti IDLH di concentrazione*

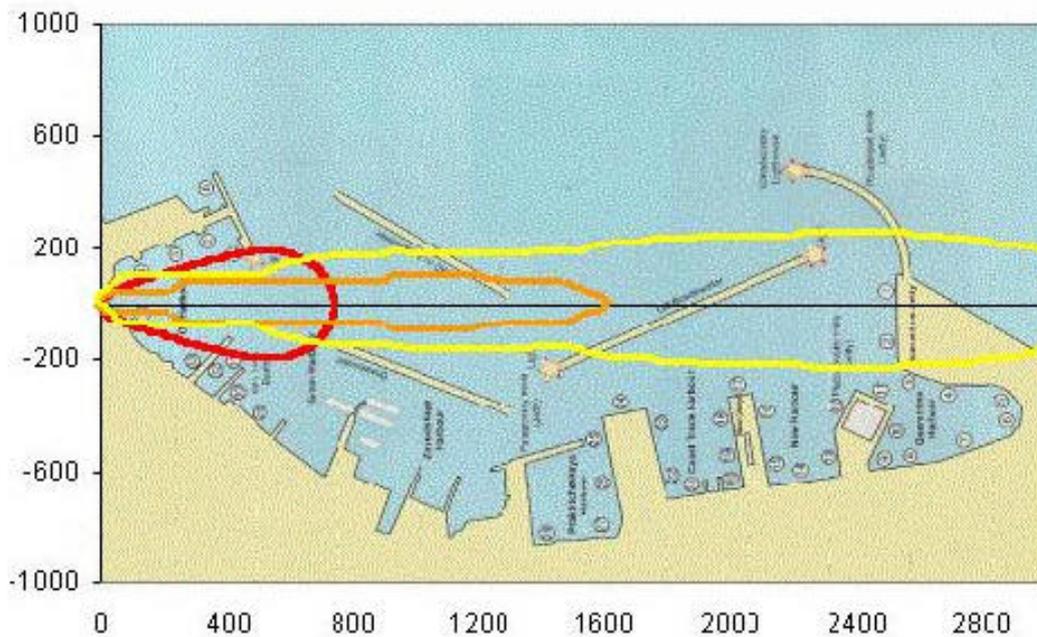


Figura 2 Nube tossica da una pozzanghera di acroleina formatasi sulla superficie della banchina a seguito di un danneggiamento ad un tank-container con perdita completa del liquido (*situazioni meteorologiche A1 rosso F2 arancio and D5 giallo*)

Caso 2 Rilascio di gas tossico liquefatto in pressione

Nel caso di un gas liquefatto in pressione, in caso di rottura del serbatoio il flusso in uscita è molto più veloce che in quello di un liquido. Immediatamente si forma una nube tossica in atmosfera che si allontana rapidamente dal punto di rilascio.

Fuoriuscita del gas

La fuoriuscita di gas liquefatto in pressione è stata simulata prendendo in considerazione il caso di un serbatoio contenente ammoniaca anidra liquida in pressione, nel quale venga prodotto un foro. In un serbatoio in pressione la fase liquida e la fase vapore sono in equilibrio fra di loro. Si è immaginato che il foro venga prodotto al di sotto del livello del liquido. La Tabella 6 riporta i parametri utilizzati per la simulazione del rilascio di ammoniaca anidra in pressione a seguito di un danneggiamento del serbatoio.

Tabella 6: Simulazione di un rilascio di ammoniaca liquida in pressione

<i>Parametri di Input</i>			
Capacità [mc]	24.7	Pressione [atm]	7
Grado di riempimento [%]	90	Grandezza del foro di uscita [m]	0.1
Temperatura [K]	293	Altezza del foro di uscita [m]	1.3
<i>Risultati</i>			
Velocità di rilascio [kg/s]	147		
Tempo di rilascio [sec]	90		
Massa totale rilasciata [kg]	12730		
Grado di riempimento dopo 90 sec.	5%		
Altezza del liquido dopo 90 sec. [m.]	0,27		

Dispersione del gas in atmosfera

Anche per l'ammoniaca è stato adottato un modello di dispersione per gas neutro. Ovviamente si sono assunte condizioni ambientali esterne (caratteristiche del terreno e condizioni meteorologiche) analoghe a quelle usate nella precedente simulazione. In particolare, la simulazione ha previsto i soliti tre scenari meteorologici F2, D5 e A1. Sono stati simulati i primi dieci minuti dal rilascio. Si è supposto, infatti, che entro questo lasso di tempo intervengano fattori naturali che concorrano alla dispersione della nube, quali l'abbattimento umido dovuto all'evaporazione dal mare e l'abbattimento a secco dovuto a piante impianti ed edifici. I risultati della simulazione vengono presentati nella Tabella 7, dove si riportano le dimensioni della nube e la distanza dal punto di rilascio, sotto le diverse condizioni al contorno. Nella Figura 3 la nube tossica viene riportata su un riferimento cartografico.

Tabella 7: Rilascio di gas liquefatto in pressione: risultati della simulazione

Classe atmosferica	A1	F2	D5
Concentrazione massima [mg/m ³]	2601.7	31250.0	456.4
Distanza di massima concentrazione [m]	600.0	1086.4	2715.4
L Massima lunghezza della nube di vapore [m]	313	921	558
W Massima larghezza della nube di vapore [m]	267	136	151
Massima distanza della concentrazione relativa al IDLH [m]	757	1573	2999
Minima distanza della concentrazione relativa al IDLH [m]	443	652	2445

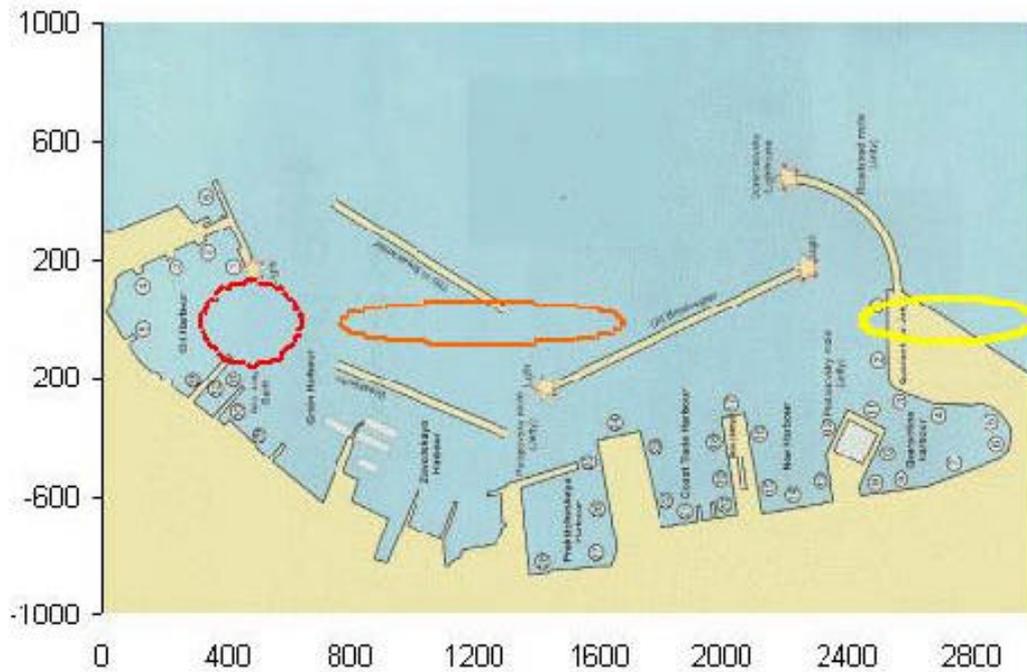


Figure 3 Nube tossica dopo un rilascio di ammoniaca anidra liquefatta in pressione in condizioni atmosferiche (situazioni meteorologiche A1 rosso F2 arancio and D5 giallo)

DISCUSSIONE DEI RISULTATI

Alcuni dei parametri utilizzati per il calcolo delle conseguenze potrebbe essere pessimistico.

Per i gas liquidi in pressione vengono usati acciai speciali ed occorrerebbero armi particolarmente potenti per produrvi un foro [8]; se è possibile immaginare che un soggetto con intenzioni dolose possa colpire un serbatoio, più difficile è che tale soggetto riesca a disporre di mezzi atti a danneggiarlo.

Anche per il caso di liquidi è stata considerato il caso peggiore con dimensioni e posizione del foro particolarmente favorevoli alla fuoriuscita. In un caso reale è probabile che si riesca ad intervenire con una tempestività maggiore di quella ipotizzata turando la falla prima che tutto il liquido fuoriesca. Al contrario, l'ipotesi che nel giro di poco più di venti minuti si riesca a coprire tutta la pozza con materiale assorbente potrebbe essere ottimistica.

Per il rilascio di liquidi tossici in acqua non si è tenuto conto del danno all'ambiente che potrebbe implicare complesse operazioni di bonifica.

Per quanto riguarda il gas liquido, sono stati considerati solo i primi dieci minuti. Se si ipotizza che non ci siano fattori di abbattimento naturali la nube tossica continuerà ad avanzare. Con atmosfera stabile il vento debole sospingerà avanti la nube tossica senza però riuscire ad allargarla quel tanto che è necessario per ridurre la concentrazione tossica. In questo caso l'area coinvolta potrebbe essere ancora più estesa di quella risultante dalla simulazione.

CONCLUSIONI

Un danneggiamento prodotto per un qualsiasi motivo ad un "tank container", con conseguente perdita del contenuto in sostanze pericolose, è un evento possibile all'interno della sezione industriale di un porto. Sulla base dei risultati delle simulazioni fatte, appare chiaro che le conseguenze di un simile evento sarebbero serie, anche se non catastrofiche. Le simulazioni dimostrano che l'area investita dalle conseguenze si può estendere, sotto particolari condizioni meteorologiche ed ambientali, fino a coinvolgere le altre sezioni portuali e perfino gli insediamenti esterni. In base ai risultati ottenuti, le squadre di emergenza dovrebbero essere preparate ad affrontare anche una situazione di questo genere. In particolare, nel caso di sversamento di liquidi dovrebbe essere disponibile materiali adeguati per la neutralizzazione tempestiva di una eventuale pozza. La preparazione, anche in questo caso ha una importanza vitale per ridurre le conseguenze di incidenti che coinvolgono prodotti chimici pericolosi [9].

BIBLIOGRAFIA

- [1] Council Directive 96/82/EC *Official Journal of the European Communities* No 10 pp. 13-34
- [2] Decreto 16 maggio 2001 n.293 *Gazzetta Ufficiale Repubblica Italiana* N.165
- [3] Guidance concerning chemical safety in port areas *OECD Environment Monograph* n. 118 1996 63 pp.
- [4] www.rempc.org/accident-analysis.html 2000
- [5] Gill,M. Rawlison,J. May,T. Carbonnier,J. Smith,M. Acceptable Container Conditions *International Tank Container Organization* n.1 May 1998
- [6] NIOSH Pocket guidew to chemical hazards *National Institute for Occupational Safety and Health*. 1994
- [7] Yellow Book *Methods for the calculation of physical effects* CPR-14E 3rd ed. 1997
- [8] Lees F.P. *Transport Containers Loss Prevention in the Processes Industries* Butterworths London 1980 pp. 788-790
- [9] IMO/UNEP Consultation Version *APELL for port areas 1996: Preparedness and response to chemical accidents in ports* 83 pp.