

La valutazione del rischio d'area nelle zone portuali. Il RISP di Genova



Dott. Ing. Tomaso Vairo
ARPAL – UTCR ASP
Grandi Rischi

Contenuto

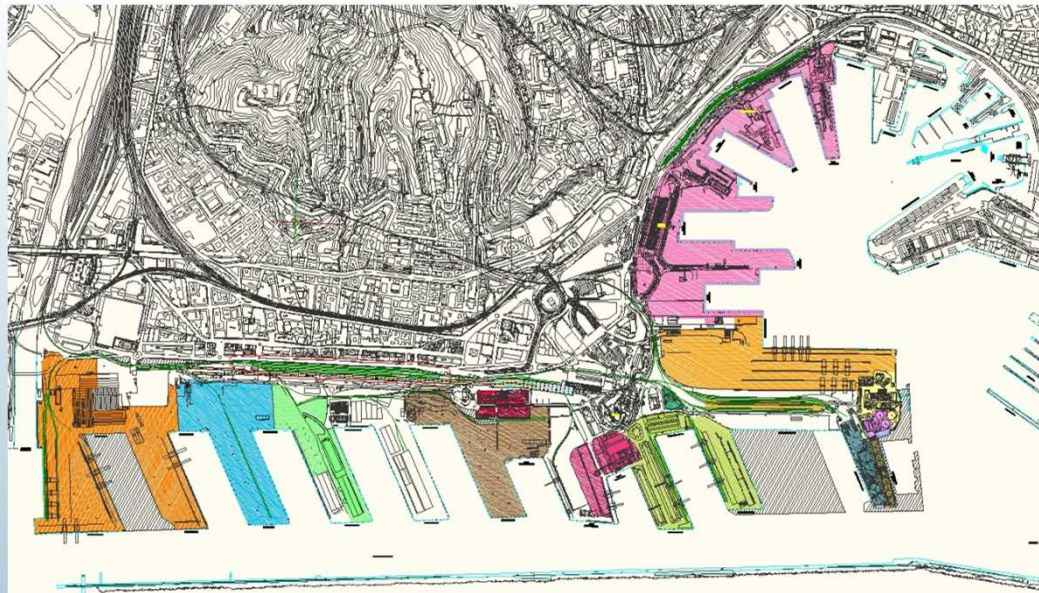
- ✓ introduzione e descrizione del caso di studio
 - ✓ descrizione delle fonti di rischio fisse e mobili
 - ✓ criteri di valutazione
- ✓ metodologia applicata all'analisi del rischio d'area
- ✓ analisi per il set-up dei modelli di dispersione atmosferica e analisi delle conseguenze
 - ✓ individuazione del termine sorgente
 - ✓ individuazione delle condizioni al contorno
- ✓ risultati
- ✓ conclusioni

Introduzione e descrizione del caso di studio

Identificazione delle aree di studio

Sono stati valutati ed analizzati gli scenari incidentali relativi alle fonti di rischio mobile, ed in particolare, alle aree connesse con le attività di shipping.

Tali dati sono stati poi valutati assieme a quelli degli stabilimenti industriali ricompresi nelle aree in esame. La zona scelta per il presente studio, è quella dell'area portuale di Genova.



L'analisi di rischio riguarda le aree portuali dove insistono soggetti sottoposti agli adempimenti di cui al D.L.vo 334/99 o che svolgono operazioni di carico, scarico, trasbordo, deposito e movimentazione di sostanze pericolose ai sensi del medesimo decreto, e riguarda inoltre tutte le aree portuali interessate dal transito delle merci pericolose su strada e ferrovia.

Ai fini dell'analisi di rischio sono state individuate tre fattispecie:

- Impianti fissi;
- Terminal contenitori;
- Zone atte al trasporto stradale o ferroviario.

Identificazione delle sostanze pericolose nel porto di Genova

Le sostanze pericolose oggetto dell'analisi di sicurezza, sono quelle riportate nell'allegato I al D.L.vo 334/99 e s.m.i., e si possono classificare secondo:

- Le **categorie di sostanze pericolose** riguardanti l'attività svolta nel porto di Genova;
- Le **classi IMO** (normalmente utilizzate per la classificazione delle merci pericolose nei terminal contenitori) corrispondenti o assimilabili;
- La **natura del rischio** di incidente rilevante associata alle singole categorie.

Categorie di sostanze ex D.L.vo 334/99 e s.m.i.	Classe IMO	Rischio
Allegato I, Parte 2, punto 1 – Molto tossiche	IMO 2.3 - IMO 6.1	Rilascio tossico
Allegato I, Parte 2, punto 2 – Tossiche	IMO 2.3 - IMO 6.1	Rilascio tossico
Allegato I, Parte 2, punto 5 – Esplosive	IMO 1	Incendio/Esplosione
Allegato I, Parte 2, punto 3 – Comburenti	IMO 2.2 - IMO 5.1 - IMO 5.2	Incendio/Esplosione
Allegato I, Parte 2, punto 6 – Infiammabili	IMO 3 - IMO 4.1	Incendio/Esplosione
Allegato I, Parte 2, punto 7 – Facilmente infiammabili	IMO 3 - IMO 4.2	Incendio/Esplosione
Allegato I, Parte 2, punto 8 – Estremamente infiammabili	IMO 2.1 - IMO 3	Incendio/Esplosione
Allegato I, Parte 2, punto 10 – Altre categorie	IMO 4.3	Incendio/Esplosione
Allegato I, Parte 2, punto 9i – Pericolose per l'ambiente	IMO 9	Inquinamento ambientale
Allegato I, Parte 2, punto 9ii – Pericolose per l'ambiente	IMO 9	Inquinamento ambientale

Per fornire un'idea delle quantità in gioco vengono di seguito riportate le varie tipologie di merci, suddivise per classe IMO, che mediamente transitano in un anno lavorativo all'interno di Voltri Terminal Europa:

Classe	Definizione	Massa tot. [Kg]	N° containers classe	Sostanza rappresentativa	N° containers sostanza	Rischio
2.1	Gas infiammabili	4208860	366	Aerosol < 1 L (Propano)	137	Incendio / Esplosione
2.2	Gas non infiammabili, non tossici	5020882	410	Tetrafluoroetano	68	Esplosione
2.3	Gas tossici	233655	24	Gas tossici compressi	16	Esplosione
3	Liquidi infiammabili	64476226	5221	n-Pentano	229	Incendio / Esplosione
4.1	Solidi infiammabili	7101402	405	Paraformaldeide	42	Incendio / Esplosione
4.2	Sostanze capaci di combustione spontanea	1535908	78	Fosforo bianco	52	Rilascio tossico
4.3	Sostanze che a contatto con l'acqua evolvono in gas infiammabili	12473246	502	Carburo di calcio	167	Esplosione
5.1	Sostanze ossidanti	5613909	338	Acqua ossigenata	48	Incendio / Esplosione
5.2	Perossidi organici	1254009	100	Perossidi tipo D	33	Incendio / Esplosione
6.1	Sostanze tossiche	12425293	798	Isocianato di metile	36	Rilascio tossico
8	Sostanze corrosive	33929214	2428	Cloruro di alluminio anidro	85	Esplosione



La valutazione del rischio

La **valutazione del rischio**, e delle conseguenze degli scenari incidentali individuati, è stata effettuata mediante software specifici, quali **ALOHA 5.4.4 – EPA**, e **EFFECTS 7.6 – TNO**.

Per quanto riguarda i terminalisti, è stata effettuata sulla base dei dati di movimentazione delle sostanze classificate come pericolose e delle condizioni di stoccaggio e di utilizzo, mentre per gli stabilimenti industriali sono stati utilizzati i dati presenti nei rapporti di sicurezza previsti per legge.

Per ovviare alla disomogeneità di classificazione delle sostanze tra gli stabilimenti (che fa riferimento al più recente adeguamento al progresso tecnico) e i terminalisti (che fanno riferimento alle classi IMO), si è scelto di ricomprendere nelle categorie previste dagli adeguamenti al progresso tecnico, le sostanze più pericolose, qualora presenti, all'interno della stessa classe, ponendosi, in questo modo, sempre nell'ipotesi "worst-case".

Le categorie di sostanze pericolose presenti nell'area portuale di Genova sono risultate le seguenti:

Categorie di sostanze ex D.L.vo 334/99 e s.m.i.
Allegato I, Parte 2, punto 2 – Tossiche
Allegato I, Parte 2, punto 7 – Facilmente infiammabili
Allegato I, Parte 2, punto 8 – Estremamente infiammabili
Allegato I, Parte 2, punto 9i – Pericolose per l'ambiente
Allegato I, Parte 2, punto 9ii – Pericolose per l'ambiente

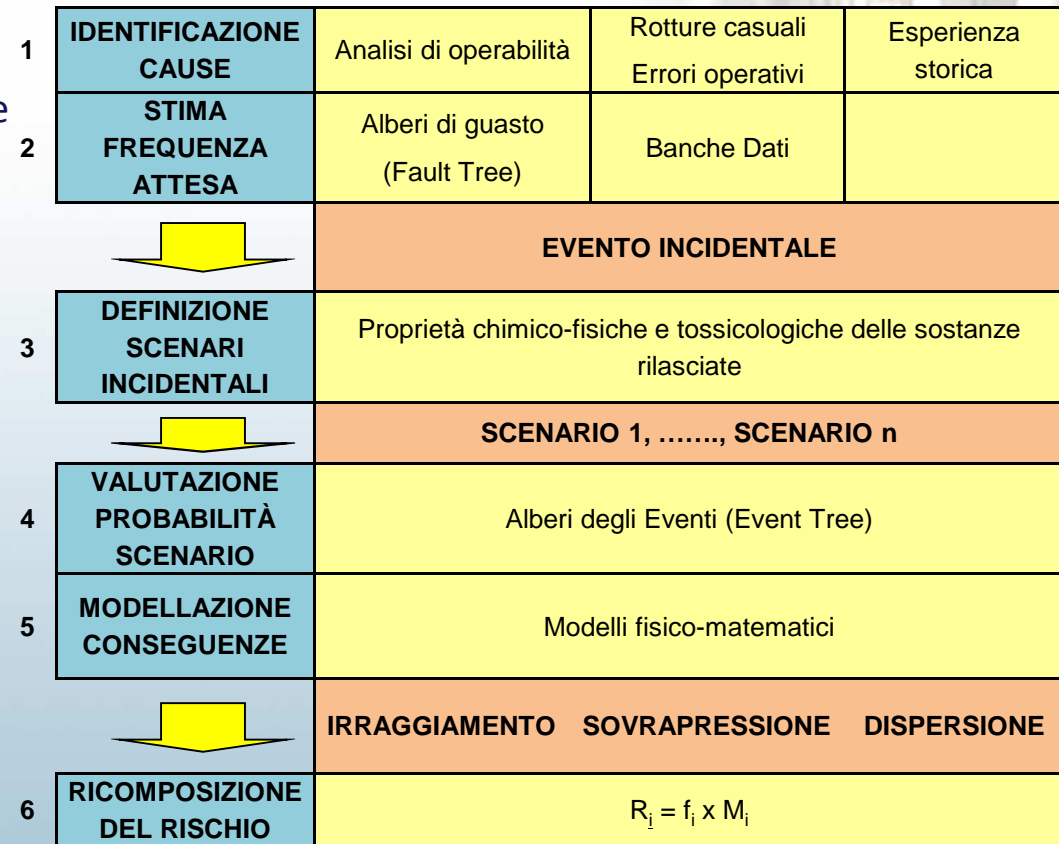
Impianti fissi – Descrizione

Negli impianti fissi del porto di Genova si effettuano unicamente operazioni di trasferimento o stoccaggio di sostanze pericolose.

Tali impianti sono costituiti in linea generale da:

- ✓ Banchine e pontili di attracco navi;
- ✓ Pensiline di carico/scarico autobotti o F/C;
- ✓ Serbatoi di stoccaggio;
- ✓ Sale pompe.

La metodologia impiegata è rappresentata in figura.



Impianti fissi – Evento incidentale e Scenario

Dalle analisi di rischio degli impianti fissi, emerge che, per la tipologia degli impianti fissi in questione, gli eventi incidentali ragionevolmente credibili sono riconducibili a:

- Rilasci di sostanze pericolose dovuti a perdite o rotture di componenti (tubazioni, manichette, bracci di carico, valvole, flange, serbatoi, pompe), a guasti ai sistemi di allarme o a errori umani;
- Incendi dovuti a fenomeni esterni.

Da cui i possibili scenari incidentali risultano essere:

Scenario incidentale
Radiazione termica stazionaria (Pool fire, Jet fire)
Radiazione termica istantanea (Flash-fire)
Onda di pressione (UVCE)
Rilascio tossico
Spandimento di sostanze pericolose per l'ambiente

Impianti fissi – Ricomposizione del Rischio

Ricomposizione del rischio per gli impianti fissi

Il rischio di incidente rilevante si esprime come:

$$R_i = f_i \times M_i$$

f_i : frequenza attesa di accadimento (probabilità) dell' i -esimo scenario incidentale individuato;
 M_i : magnitudo (conseguenze), dell' i -esimo scenario incidentale individuato.

Gli scenari incidentali individuati sono stati raggruppati:

- In funzione della natura del rischio associato alle sostanze pericolose in questione;
- In classi di probabilità omogenee.

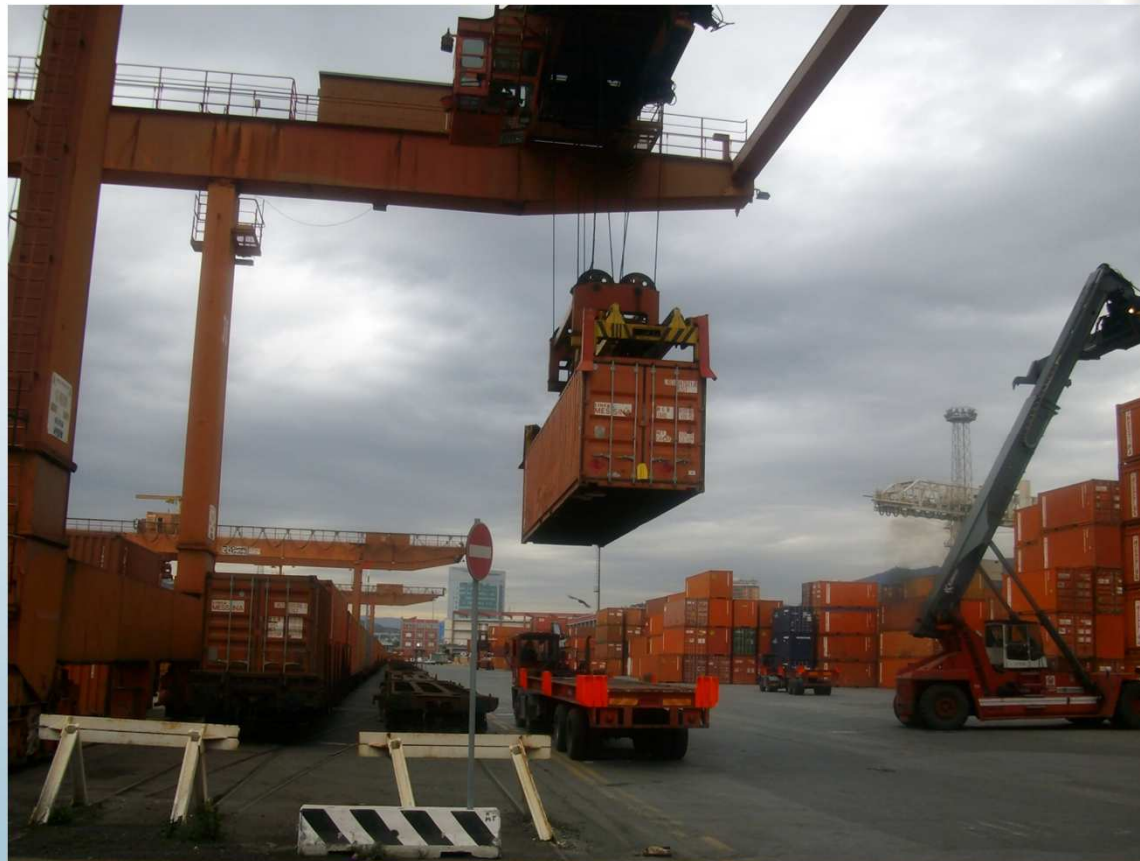
Rischio	Scenario incidentale	Classi di probabilità degli scenari incidentali [occ/anno]
Incendio/Esplosione	Radiazione termica stazionaria (Pool fire, Jet fire)	$<1 \cdot 10^{-6}$
	Radiazione termica istantanea (Flash-fire)	$1 \cdot 10^{-6} \div 1 \cdot 10^{-4}$
	Onda di pressione (UVCE)	$1 \cdot 10^{-4} \div 1 \cdot 10^{-3}$
Rilascio tossico	Rilascio tossico	$>1 \cdot 10^{-3}$
Inquinamento ambientale	Spandimento di sostanze pericolose per l'ambiente	

Infine, per ogni tipologia di rischio e per ogni classe di probabilità, sono stati rappresentati graficamente, sulle mappe degli ambiti portuali, gli involuipi delle aree di danno associate agli scenari incidentali individuati.

Terminal contenitori – Descrizione

Criteri di analisi per i terminal container

Nei terminal contenitori del porto di Genova si effettuano operazioni di carico, scarico, trasbordo, deposito e movimentazione di merci pericolose in container.



Terminal contenitori – Frequenza evento incidentale

Sulla base delle modalità di imballaggio e movimentazione delle merci pericolose, gli eventi incidentali ragionevolmente credibili sono riconducibili a:

- Rilasci di sostanze pericolose, dovuti a:
 - Urti tra mezzi di trasporto;
 - Caduta di container.
- Rilasci di sostanze pericolose, incendi/esplosioni dovuti a cause indipendenti dall'attività del terminal :
 - Difetti di imballaggio;
 - Trasporto illegittimo di merci pericolose.

Si parte dall'assunto che in letteratura si attribuiscono i seguenti valori tipici di frequenza:

- $1 \cdot 10^{-3}$ occ/anno rappresentativo di eventi con probabilità di accadimento alta;
- $1 \cdot 10^{-5}$ occ/anno rappresentativo di eventi con probabilità di accadimento media;
- $1 \cdot 10^{-7}$ occ/anno rappresentativo di eventi con probabilità di accadimento bassa.

Si assume:

il valore tipico di $1 \cdot 10^{-7}$ occ/anno per ogni terminal.

Terminal contenitori - Scenario

Da cui, gli scenari incidentali:

Non simulato: le conseguenze sono state stimate mediante un albero degli eventi semplificato, considerando soltanto le merci classificate IMO 3, in quanto le più significative dal punto di vista numerico.

Scenario	Classe IMO merci pericolose coinvolte
Incendio/Esplosione	IMO 2.1 – IMO 3 – IMO 4.1 – IMO 4.2 – IMO 4.3 – IMO 5.1 – 5.2
Rilascio tossico	IMO 2.3 – IMO 6.1
Inquinamento ambientale	IMO 9

Non simulato: il rischio sussiste solo nel caso in cui le sostanze raggiungano il mare, direttamente o tramite reti di raccolta acque.

Sostanza rappresentativa delle classi IMO: Fosgene.

Terminal contenitori – Simulazione Fosgene

Simulazioni rilascio gas tossico liquefatto in colli su container

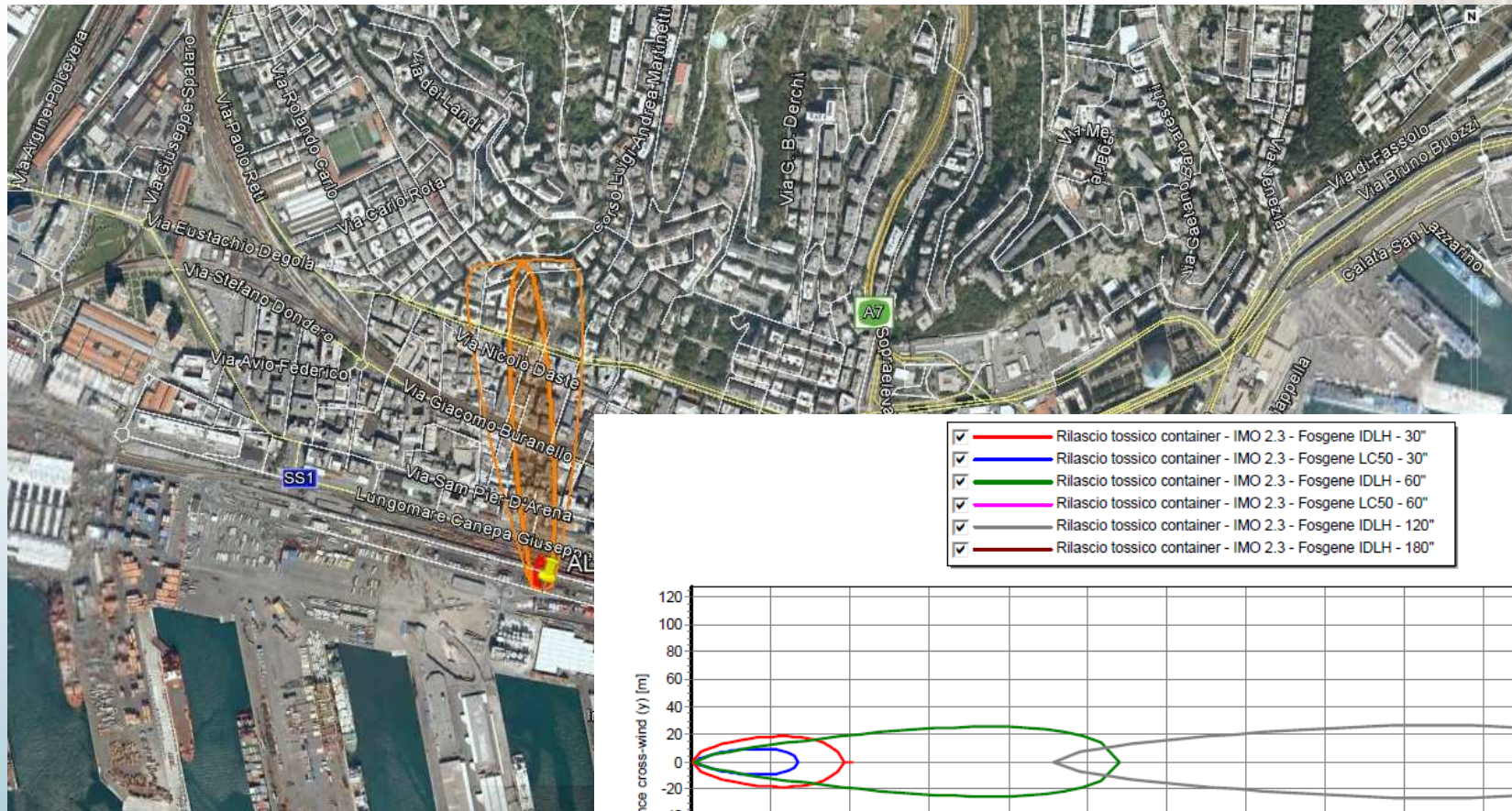
L'ipotesi riguarda il danneggiamento di un container contenente gas tossico in colli durante la movimentazione all'interno del terminal. L'incidente comporta la rottura di un collo e il rilascio in fase liquida; l'evaporazione della pozza all'interno del contenitore e la successiva dispersione del gas in atmosfera, attraverso le fessure presenti tra le pareti del contenitore stesso.

Ipotesi simulazioni:

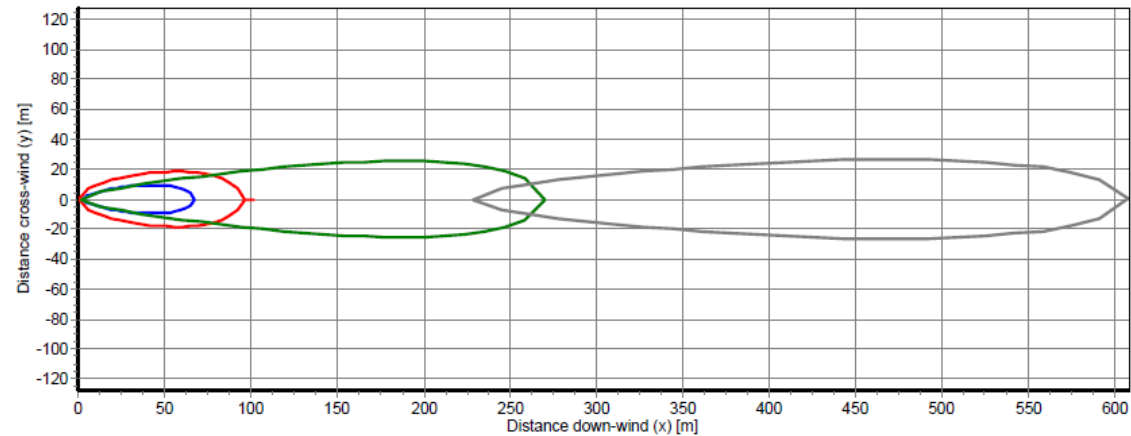
Sostanza pericolosa:	Fosgene (COCl ₂)	Tipo di contenitore:	Fusto (in container)
Stato fisico:	Gas liquefatto	Volume:	1 m ³ (in 40 m ³)
Classificazione:	Molto tossico	Tipo di rottura:	Rottura grave
LC50:	356.4 mg/m ³	Dimensione foro fusto:	51 mm
IDLH:	8.1 mg/m ³	Dimensione foro container:	51 mm

Scenario Incidentale	Raggi di danno [m]		Durata effetti [s]
	LC50	IDLH	
Rilascio tossico	67	610	<180

Simulazioni rilascio gas tossico liquefatto in colli su container



- Rilascio tossico container - IMO 2.3 - Fosgene IDLH - 30"
- Rilascio tossico container - IMO 2.3 - Fosgene LC50 - 30"
- Rilascio tossico container - IMO 2.3 - Fosgene IDLH - 60"
- Rilascio tossico container - IMO 2.3 - Fosgene LC50 - 60"
- Rilascio tossico container - IMO 2.3 - Fosgene IDLH - 120"
- Rilascio tossico container - IMO 2.3 - Fosgene IDLH - 180"



Trasporto stradale e ferroviario - Descrizione

Criteri di analisi per il trasporto stradale e ferroviario

Le aree portuali interessate dal transito delle merci pericolose sono costituite da varchi portuali, strade, binari ferroviari e aree di attesa.

Si sono individuati:

- Veicoli stradali e ferroviari adibiti al trasporto di merci pericolose:

- o In container (in colli o alla rinfusa);
- o In container-cisterna (per liquidi o gas liquefatti);
- o In CGEM (per gas compressi);
- o Su rimorchi o semirimorchi (in colli alla rinfusa);

- Autocisterne per liquidi;
- Ferrocisterne per liquidi.



Trasporto stradale e ferroviario – Frequenza evento incidentale

Criteri di analisi per il trasporto stradale e ferroviario

Per le sostanze pericolose che transitano sui mezzi impiegati per il trasporto stradale e ferroviario all'interno del porto di Genova, gli eventi incidentali ragionevolmente credibili sono riconducibili a:

- Rilascio di sostanze pericolose dovuto a incidente stradale o ferroviario.

La metodologia comunemente utilizzata per stimare la frequenza dei rilasci accidentali nel trasporto di sostanze pericolose è rappresentata dalla seguente equazione:

$$f_{rc} = L \cdot i_{tr} \cdot f_{ru} \cdot P_c$$

L: lunghezza del tratto in esame [km];

i_{tr} : intensità del traffico di merci pericolose sul tratto in esame [veicoli/anno];

f_{ru} : frequenza di rilascio unitaria per chilometro percorso dal veicolo [occ/km percorso dal veicolo];

P_c : probabilità relativa alla categoria di rottura.

Si assume:

- Per la rete stradale:
 - $f_{rc} = 1 \cdot 10^{-7}$ rilasci/km per autocisterne a pressione atmosferica;
 - $f_{rc} = 3.3 \cdot 10^{-8}$ rilasci/km per autocisterne in pressione;
- Per la rete ferroviaria: $f_{rc} = 1 \cdot 10^{-8}$ rilasci/km per trasporti a pressione atmosferica.

Trasporto stradale e ferroviario – Scenario

Gli scenari rappresentativi più probabili che si possono sviluppare a seguito di questo evento incidentale risultano essere:

Rischio	Scenario incidentale rappresentativo	Categorie sostanze pericolose
Incendio/Esplosione	Radiazione termica stazionaria (Pool fire)	IMO 3 IMO 4.1 - IMO 4.2 - IMO 4.3 IMO 5.1
	Radiazione termica stazionaria (Jet fire)	IMO 2.1
Rilascio tossico	Dispersione tossica	IMO 2.3 – IMO 6.1
Inquinamento ambientale	Spandimento di sostanze pericolose per l'ambiente	IMO 9

Sostanza rappresentativa delle classi IMO: **Isoprene**.

Sostanza rappresentativa delle classi IMO: **Propano**.

Non simulato: il rischio sussiste solo nel caso in cui le sostanze raggiungano il mare, direttamente o tramite reti di raccolta acque.

Non simulato: la sua frequenza di accadimento coincide con quella del rilascio stesso.

Terminal contenitori – Simulazione Propano

Simulazioni rilascio gas infiammabile liquefatto da container cisterna

L'ipotesi riguarda il danneggiamento di un tank-container contenente gas liquefatto infiammabile durante la movimentazione all'interno del terminal oppure durante il trasporto su strada. L'incidente comporta la rottura della parete del tank con rilascio di gas bifase (aerosol) e successivo incendio del getto.

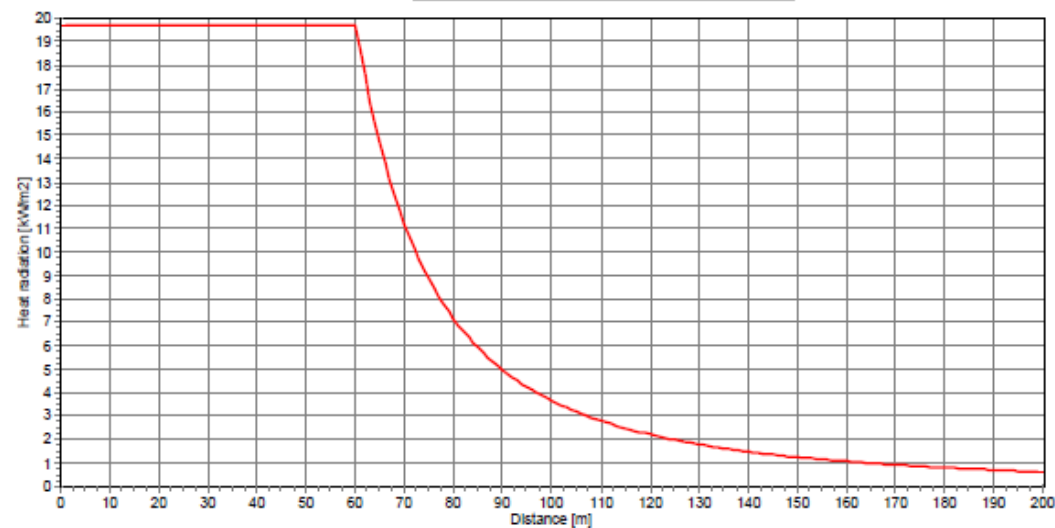
Ipotesi simulazioni:

Sostanza pericolosa:	Propano (C ₃ H ₈)	Tipo di contenitore:	Tank-container
Stato fisico:	Gas liquefatto	Volume:	24 m ³
Classificazione:	Estremamente infiammabile	Tipo di rottura:	Rottura grave
		Dimensione foro fusto:	51 mm

Scenario Incidentale	Raggi di danno [m]				Lunghezza fiamma [m]	Durata effetti [min]
	12.5 kW/m ²	7 kW/m ²	5 kW/m ²	3 kW/m ²		
Jet Fire	68	81	90	107	60	5

Terminal contenitori – Simulazione Propano

Simulazioni rilascio gas infiammabile liquefatto da container cisterna



Critério di analisi per possibili effetti domino

I possibili effetti domino all'interno del porto di Genova riguardano le interazioni tra impianti fissi e trasporti, terminal contenitori e impianti fissi, terminal contenitori e trasporti.

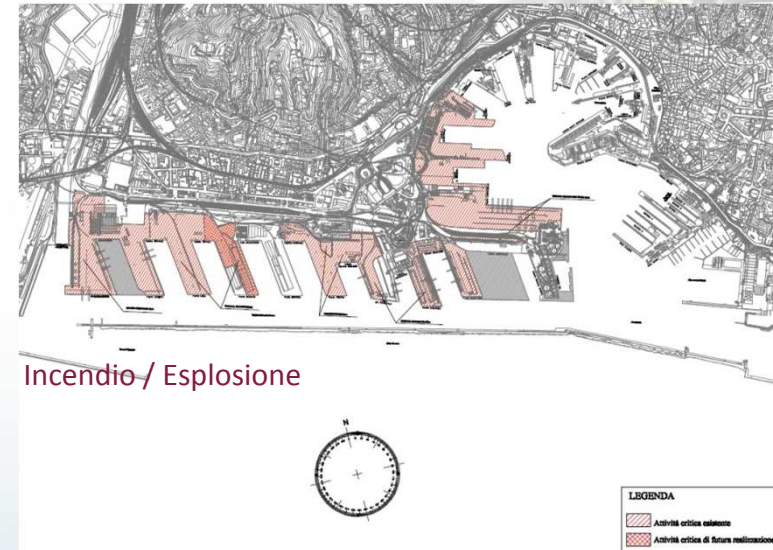
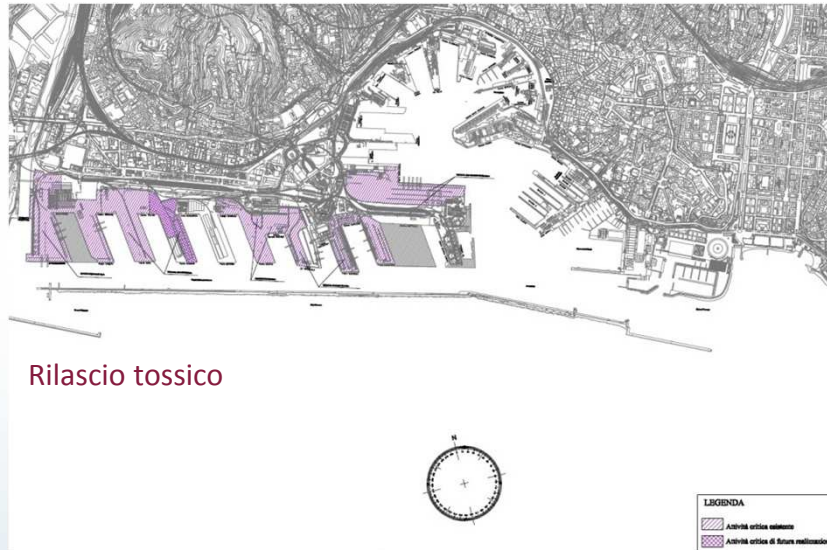
Per l'analisi degli effetti domino è stato adottato l'approccio metodologico proposto nella bozza del D.M. Ambiente *"Criteri per l'individuazione e la perimetrazione di aree ad elevata concentrazione di stabilimenti soggetti al Decreto Legislativo 17 Agosto 1999, n. 334, e per la predisposizione e la valutazione dello studio di sicurezza integrato"*.

Effetto sorgente	Probabilità effetto domino
Ingolfamento in fiamma da jet fire con durata < 5 minuti	0
Ingolfamento in fiamma da jet fire con durata tra 5 e 10 minuti	0.5
Ingolfamento in fiamma da jet fire con durata > 10 minuti	1
Irraggiamento superiore a 37.5 kW/m ² o ingolfamento in fiamma da pool fire con durata inferiore a 10 minuti	0
Irraggiamento superiore a 37.5 kW/m ² o ingolfamento in fiamma da pool fire con durata superiore a 10 minuti (per obiettivi come serbatoi atmosferici)	1
Irraggiamento superiore a 37.5 kW/m ² o ingolfamento in fiamma da pool fire con durata superiore a 10 minuti (per obiettivi come serbatoi pressurizzati e tubazioni)	0.5
Irraggiamento superiore a 37.5 kW/m ² con durata superiore a 20 minuti	1
Irraggiamento inferiore a 12.5 kW/m ²	0
Irraggiamento tra 12.5 kW/m ² e 37.5 kW/m ² con durata inferiore a 10 minuti	0

In tabella sono riportate le probabilità di effetto domino per irraggiamento termico in funzione dell'effetto della sorgente su un possibile obiettivo.

Applicando la probabilità di effetto domino alle frequenze di accadimento degli scenari incidentali ipotizzati, si stima la possibilità che si possano verificare effetti domino.

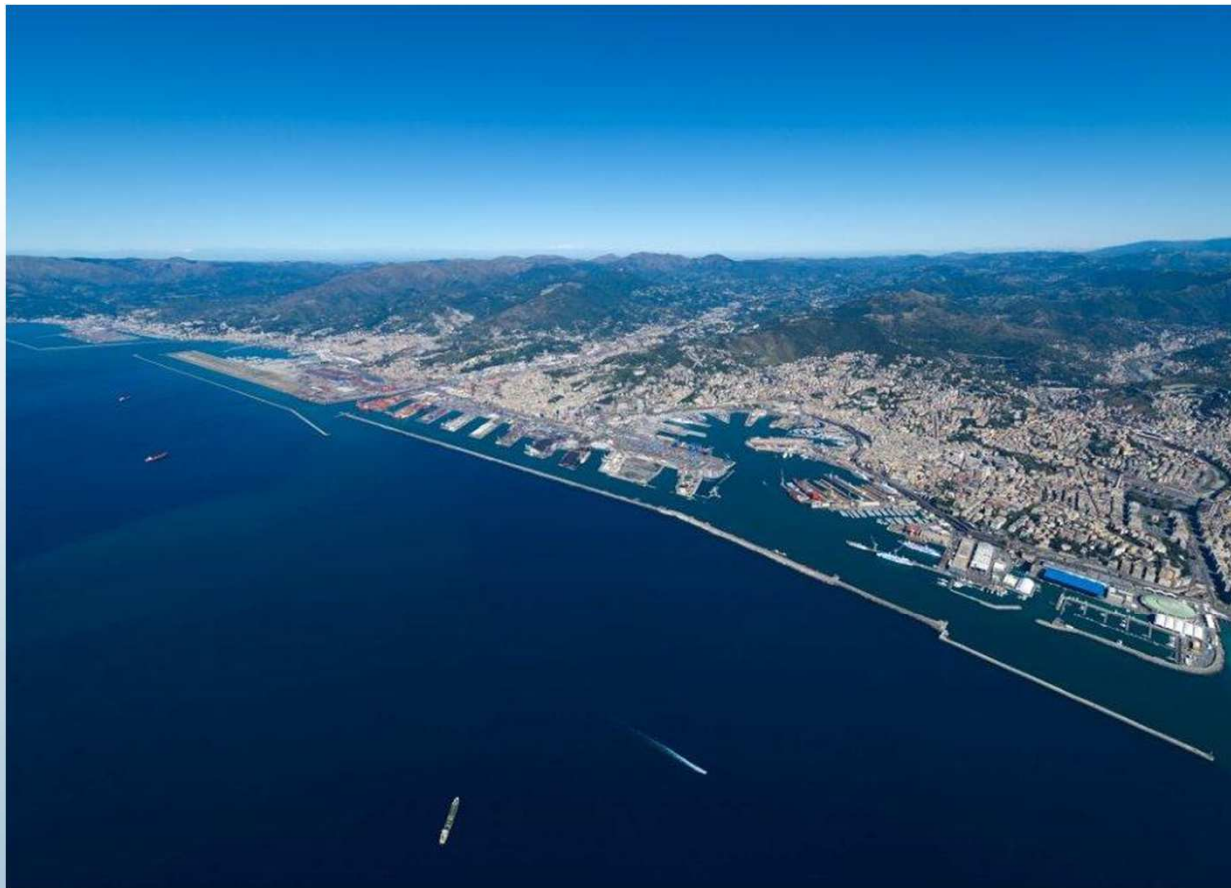
Conclusione



Le probabilità di accadimento medie, per le diverse tipologie di rischio, sono risultate essere:

- Rilascio tossico: $1 \cdot 10^{-7}$ occ/anno
- Incendio / Esplosione: $1 \cdot 10^{-7}$ occ/anno
- Inquinamento ambientale: $1 \cdot 10^{-5}$ occ/anno

Grazie per l'attenzione



Dott. Ing. Tomaso Vairo
ARPAL – UTCR ASP
Grandi Rischi