

ANALISI DEL RISCHIO INDUSTRIALE NELL'AREA DI LIVORNO

APPLICAZIONE DEL PACCHETTO GEOREFERENZIATO ARIPAL PER L'ANALISI QUANTITATIVA DEI RISCHI D'AREA CON PARTICOLARE ATTENZIONE AGLI EFFETTI DOMINO E AL TRASPORTO SU STRADA DI SOSTANZE PERICOLOSE

M. Mossa Verre¹, F. Marotta¹, S. Baldacci¹, M. Ceccanti², L. Spagli²

V. Cozzani³, S. Zanelli³

G. Uguccione⁴,

¹ARPAT, Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana

Area Industrie a Rischio di Incidente Rilevante, l'ecogestione e l'etichetta ecologica

Via Porpora n°22

50145 Firenze

² ARPAT, Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana, Servizio sub-provinciale di Piombino

S.S. 398 loc. Montegemoli

57025 Piombino (LI)

³Università degli Studi di Pisa, Dipartimento di Ingegneria Chimica, Chimica Industriale e Scienza dei Materiali

Via Diotallevi n°2

56122 Pisa

⁴Snamprogetti,

Viale Alcide De Gasperi 16

20097 San Donato Milanese (MI)

1. SOMMARIO

Il Piano di risanamento delle aree industriali di Livorno e Piombino, coordinato da ARPAT, si è basato sui risultati di ARIPAR-GIS, un software che implementa una tecnica QARA.

Su incarico del Consiglio Nazionale delle Ricerche — Gruppo Nazionale per la difesa dai Rischi Chimico Industriali ed Ecologici (CNR-GNDRICIE), SNAMPROGETTI ha condotto uno studio base per l'area industriale e portuale di Livorno e successivamente si sono avuti importanti contributi da parte dell'Università di Pisa e dell'ARPAT.

La revisione critica dei risultati ha portato ad alcuni spunti di riflessione e discussione in particolare sulle tematiche *dell'effetto domino, delle frequenze incidentali e delle probabilità di occorrenza legate al trasporto stradale.*

La singolarità del lavoro consiste nell'aver dovuto conciliare dati, statistiche ed impostazioni metodologiche provenienti da esperienze condotte in altri siti con le informazioni derivanti dalla conoscenza approfondita del territorio, dei processi e degli impianti situati all'interno dell'area oggetto dello studio.

2. INTRODUZIONE

Tenuto conto dell'elevato livello di degrado ambientale, dei fenomeni di inquinamento e dei rischi derivanti dalle attività industriali ed al trasporto di sostanze pericolose dell'area industriale e portuale di Livorno e Collesalveti, la Regione Toscana ha recepito le istanze dei Comuni interessati al riconoscimento di "Area ad elevato rischio ambientale" con riferimento sia alla legge n°349 del 8 Luglio 1986 sia al DPR 175 del 18 Maggio 1988 ed ha richiesto ed ottenuto dal Ministero dell'Ambiente il finanziamento per uno studio d'area.

A seguito del Decreto Legge del 7 Gennaio 1995 n°2 il sito di Livorno è stato dichiarato "Area critica ad elevata concentrazione di attività industriali"; i successivi Decreti Legge hanno, inoltre, previsto la predisposizione di un Piano di intervento necessario alla definizione di azioni mirate alla riduzione o alla eliminazione dei fattori di rischio o individuati all'interno dello studio.

Per queste aree si è resa necessaria una valutazione quantitativa del rischio mediante tecniche QARA (Quantitative Area Risk Analysis).

Lo studio di rischio d'area di Livorno e Piombino [1] [2] [10] intende analizzare i rischi connessi ad attività industriali complesse sotto il profilo della manipolazione, lo stoccaggio ed il trasporto di sostanze pericolose nelle zone citate. Esso costituisce base irrinunciabile per la formulazione del Piano di risanamento.

Il pacchetto ARIPAR [3] [4] [5] è lo strumento prescelto che ha permesso la ricomposizione del rischio a partire da una molteplicità di informazioni e di risultati derivati dall'applicazione di specifici modelli per la valutazione delle conseguenze. Una volta effettuato il tuning del modello è stato possibile utilizzare ARIPAL come fonte di informazioni per l'opinione pubblica, le autorità competenti e come fonte per la pianificazione territoriale, dal

momento che questo strumento è in grado di calcolare le modificazioni del rischio locale, individuale e sociale a fronte di nuovi insediamenti produttivi o residenziali o di una loro rilocalizzazione.

3. COMPLETAMENTO E AGGIORNAMENTO DEGLI STUDI ARIPAL E GRIPAL

Il contributo apportato dagli autori in [1] rappresenta una rivisitazione, un aggiornamento e un'integrazione delle analisi svolte nell'ambito del progetto finanziato dal Gruppo Nazionale per la difesa dai Rischi Chimico Industriali ed Ecologici (CNR-GNDRICIE), denominato ARIPAL (Analisi del Rischio dell'area Industriale e Portuale di Livorno – Ottobre 1998), redatto da Snamprogetti [7] [10], e dal rapporto predisposto dai dipartimenti di Ingegneria chimica, Chimica industriale e Scienza dei materiali, Ingegneria Meccanica, Nucleare e della Produzione dell'Università degli Studi di Pisa denominato GRIPAL [8] (Gestione del Rischio Industriale e Portuale dell'area Livornese- settembre 1999), nell'ambito della convenzione ARPAT – Università di Pisa.

La ricerca degli effetti domino, provocati da getti incendiati, pozze incendiate ed esplosioni, ha consentito di accrescere il numero degli scenari incidentali provocati da effetto domino rispetto a quelli considerati in ARIPAL. L'aggiornamento dello studio condotto dall'Università degli Studi di Pisa ha tenuto conto della Direttiva 96/82/CE (Seveso II), la quale chiede di considerare anche le conseguenze della formazione di prodotti pericolosi in sistemi reagenti in condizioni non controllate, come incendi o reazioni accidentali.

Un ulteriore contributo è stato offerto da ARPAT sui temi dell'analisi di potenziali effetti domino e degli incidenti da trasporto, aspetti che verranno sviluppati nei paragrafi seguenti e in questa sezione brevemente richiamati.

Effetto domino

Oltre a quanto già studiato nel rapporto GRIPAL [8], è stato introdotto l'effetto domino derivante dal parco GPL della Raffineria AgipPetroli. In particolare è stato valutato l'effetto combinato sovrappressione/irraggiamento dovuto al BLEVE/Fireball della sfera TK-91 e dei serbatoi cilindrici orizzontali (sigari) sugli impianti ubicati in prossimità delle predette installazioni (TK-1xx e TK-8x). È stato, inoltre, tenuto conto dell'effetto mutuo causato da pool fire dei bacini di contenimento dei serbatoi atmosferici contenuti liquidi combustibili di categoria A. Infine, fra gli scenari connessi con l'effetto domino sono stati presi in esame gli effetti fra impianti vicini derivanti da esplosioni non confinate (UVCE).

Incidenti da trasporto

Nelle elaborazioni, effettuate col programma ARIPAR-GIS, sono state introdotte alcune modifiche relative alla caratterizzazione degli incidenti da trasporto di sostanze pericolose su gomma e rotaia. In particolare, sulla base di quanto riportato nella letteratura specializzata [14] [15] [16] [17] [18] nonché nello studio ARIPAR sull'area di Ravenna [3] sono stati introdotti nuovi valori per le probabilità degli scenari caratteristici connessi col rilascio di sostanze a seguito di incidente con collisione fra automezzi o ferrocisterne. Gli scenari considerati sono stati suddivisi nei casi *nessun rilascio, fessurazione, rottura grave e rottura catastrofica*.

4. EFFETTO DOMINO

Un aspetto che deve essere tenuto in conto nella valutazione del rischio è la possibilità di knock-on, altrimenti detta effetto domino [11] [12] [13]. Un evento in una sezione di un impianto può essere causa di altri incidenti in altre sezioni anche in altri impianti o stabilimenti.

Gli effetti domino hanno giocato un ruolo importante in molti incidenti come quello di Feyzin nel 1968 e quello di Mexico City nel 1985, Pasadena nel 1988 e Piper Alpha nel 1988.

Un metodo per considerare potenziali effetti domino è stato proposto da Bagster e Pitblado (1991) [11]

Un evento domino può essere trattato sia come un aumento delle conseguenze dell'evento presso l'unità iniziatrice o come un aumento delle frequenze di accadimento degli eventi dell'unità bersaglio. In questo lavoro è stata adottata la seconda opzione.

Nella trattazione di Bagster e Pitblado vengono considerate pool fire, UVCE, BLEVE con formazione di proiettili, jet fire ed esplosione ritardata di una nuvola di vapori.

L'effetto domino si realizza attraverso la perdita di contenimento dell'unità vittima.

La probabilità di perdita di contenimento dell'unità vittima j dovuta all'unità genitrice i è descritta dalla:

$$P_{PDC,j,i} = 1 - \left(\frac{r}{r_{LIM,i}} \right)^2 \quad (1)$$

laddove $r_{lim,i}$ è la distanza massima a cui l'evento dell'unità i può recare danno.

La probabilità di perdita di contenimento può essere utilizzata per determinare la frequenza di perdita di contenimento dell'unità j a causa dell'unità i :

$$F_{LOC,j,i} = PI_i \left(F_{ROTTCAT,i} \sum_{m=1}^3 P_{LOC,j,i,m} P_{EVTIPom} FM_{DIREZ} + F_{LEAK,i} \sum_{m=4}^5 P_{LOC,j,i,m} P_{EVTIPom} FM_{DIREZ} \right) \quad (2)$$

laddove PI è la probabilità di innesco, F_s e F_l sono le frequenze di rottura catastrofica e di perdita, p_{loc} e p_{ev} sono le probabilità di perdita di contenimento dell'unità i dovuta ad un evento di tipo m nell'unità i e la probabilità che l'evento nell'unità i sia proprio di tipo m ; gli indici da 1 a 5 si riferiscono ai vari scenari nell'ordine riportato sopra. E' stata utilizzata la stessa probabilità di innesco per entrambi i tipi di rottura e per tutti i tipi di evento.

La zona di danno dell'evento all'unità j può essere contenuta parzialmente o totalmente entro la zona di danno dell'evento dell'unità i o vice versa.

Per evitare di contare due volte lo stesso danno viene introdotto un fattore di correzione S_m che agisce sulla frequenza di perdita di contenimento dell'unità j per un evento di tipo m nell'unità i .

$$S_m = \frac{\sum_{m=1}^5 P_{EVTIPom} FM_m q_m}{\sum_{m=1}^5 P_{EVTIPom} FM_m} \quad (3)$$

dove q_m è il fattore di overlap che può valere 1,1/2 o 0 a seconda che il cerchio di danno dell'evento primario sia contenuto interamente, intersechi o contenga interamente il cerchio di danno dell'evento secondario.

4.1 Il caso di Livorno

L'Università di Pisa ha analizzato potenziali effetti domino appartenenti alle tipologie di seguito descritte: generazione di scenari incidentali non annoverati inizialmente fra i top events, ma indotti da eventi incidentali di limitata entità (es. getti incendiati, pozze incendiate ed esplosioni) e con probabilità più elevata: aumento della probabilità di alcuni scenari incidentali in relazione alla possibilità di essere innescati anche da effetti domino.

La propagazione di incidenti è stata valutata in base ai valori dell'intensità di irraggiamento e della sovrappressione che portano al collasso di strutture metalliche (soglie di propagazione). Sono stati assunti i seguenti valori, ampiamente utilizzati in letteratura [12]:

37.5 kW/m² per irraggiamento

0.7 bar per la sovrappressione

Effetti domino di tipo I: ai fini dell'individuazione di questo tipo di effetti domino è stato necessario analizzare tutti i top events di lieve entità, per individuare quelli cui associare la potenziale propagazione degli incidenti. Nello studio sono stati considerati principalmente i getti incendiati come potenziale sorgente primaria. La definizione degli scenari generati da effetti di propagazione richiede dati precisi sui lay-out delle apparecchiature, non sempre disponibili.

Le frequenze di propagazione sono state valutate sulla base delle frequenze degli eventi primari (in generale derivate dai rapporti di sicurezza) e di considerazioni geometriche legate alla disposizione delle unità di impianto.

Le conseguenze sono state calcolate utilizzando modelli di letteratura (TNO-Effects).

Effetti domino di tipo II: la possibilità che il verificarsi di un primo top-event aumenti la probabilità di un secondo top-event già considerato nei rapporti di sicurezza è stata valutata sulla base delle soglie di danno di cui sopra.

La frequenza dell'evento combinato è stata stimata a partire dalla frequenza dell'evento primario e con considerazioni geometriche. Va sottolineato che questa è risultata in generale di almeno un ordine di grandezza inferiore a quella dell'evento primario.

Gli effetti fisici dell'evento combinato sono stati calcolati sommando i valori relativi alle mappe di danno dei singoli eventi.

Nel rapporto GRIPAL la frequenza dell'evento è stata valutata moltiplicando quella dell'evento primario (getto incendiato) per la probabilità geometrica che l'asse del getto impatti, ad esempio su alcuni serbatoi, valutata cautelativamente 1/6 (cioè si è considerato che gli assi delle tubazioni possano avere solo 3 direttrici e che il getto impatti sul serbatoio se la rottura avviene secondo la direttrice più vicina a quella della retta che congiunge il punto di rottura col serbatoio).

In aggiunta a ciò, ARPAT ha analizzato in dettaglio la Raffineria AgipPetroli di Livorno ed ha tenuto in conto le seguenti situazioni:

Top event con alta frequenza ma effetti blandi ma con raggio di danno tale da innescare con facilità eventi catastrofici con frequenza di accadimento propria molto bassa (“top event catapulta”)

Top event con frequenza relativamente bassa ma con raggio di danno molto esteso e tale da interessare molti impianti della Raffineria di Livorno con frequenza propria ancora più bassa (top event “catastrofico” come il fireball della sfera TK-91) oppure tali da dar luogo a top event non credibili o non considerati, in assenza di effetti domino

La procedura logica adottata parte dalla conoscenza approfondita dei processi di raffinazione, prevede approfondite interviste agli operatori prima di arrivare ad ipotizzare alcuni possibili effetti domino cui segue l’analisi e la descrizione di casi specifici ed il calcolo delle nuove frequenze di accadimento.

Sulla base di quanto sopra affermato ARPAT ha introdotto il contributo dell’effetto domino nei seguenti impianti della Raffineria AgipPetroli:

parco serbatoi GPL

impianto HF3

parco serbatoi atmosferici

Le tipologie di effetto domino considerate sono le seguenti:

effetti domino derivanti dalla combinazione di sovrappressione e irraggiamento per BLEVE e conseguente Fireball della sfera TK 91 e dei serbatoi cilindrici orizzontali (“sigari”);

effetti domino derivanti da sovrappressione conseguente ad UVCE su impianti limitrofi;

effetti domino dovuti a mutuo irraggiamento fra serbatoi atmosferici di combustibili liquidi di categoria A.

Nello specifico si è utilizzato il criterio di incremento delle frequenze di accadimento degli incidenti delle “unità vittima” [12] senza modificarne le conseguenze.

Per quanto riguarda il parco serbatoi GPL della Raffineria AgipPetroli sono stati valutati gli effetti di natura termica e meccanica (sovrappressione) sugli impianti e sui serbatoi atmosferici presenti nel raggio dei 375 kJ/m² [19] attribuendo una probabilità unitaria di innesco dell’incidente secondario all’interno del raggio suddetto. L’incidente secondario è stato identificato come poolfire del bacino di contenimento del serbatoio interessato dall’effetto domino di tale incidente, già modellato nel rapporto di sicurezza e ne è stata incrementata la frequenza - qualora inferiore - assumendola pari a quella dell’incidente primario.

Anche per quanto riguarda gli impianti HF2, Merox e Dearomatizzazione benzine, seguendo il criterio precedentemente esposto, si è proceduto all’incremento della frequenza degli incidenti già modellati nel rapporto di sicurezza.

Per i serbatoi atmosferici, al fine di valutare l’irraggiamento in caso di poolfire in uno dei bacini di contenimento nei confronti dei serbatoi contigui, si è assunta la soglia di 37.5 kW/m² per l’innesco di poolfire secondari.

Nella Tabella 1 che segue sono indicati gli impianti sede di eventi secondari (“impianti vittima”) con relativo impianto sede dell’evento primario.

La metodologia utilizzata per calcolare la frequenza degli eventi knock-on ricalca con alcune piccole modifiche il procedimento descritto suggerito da Bagster e Pitblado [11] [12] . Nel caso esaminato al posto della

$$P_{PDC,j,i} = 1 - \left(\frac{r}{r_{LIM,i}} \right)^2 \quad (4)$$

si è utilizzata la:

$$P_{PDC,j,i} = \begin{cases} 1 & r_{i,j} \leq r_{LIM,i} \\ 0 & r_{i,j} > r_{LIM,i} \end{cases} \quad (5)$$

Inoltre, tranne che nel caso di irraggiamento mutuo dei serbatoi, non è stato necessario utilizzare i fattori di overlap perché si sono ammessi come knock-ons solo eventi di tipo one-way.

La valutazione dell’importanza delle sorgenti calcolata da ARIPAR-GIS è stata corretta caricando sulle sorgenti “killer” la quota parte di rischio supplementare originato dai knock-ons attraverso le sorgenti vittime. Ciò ha permesso di individuare la sfera TK-91 come la sorgente in assoluto più importante in termini di rischio su cui risulta utile concentrare gli interventi di limitazione del rischio.

IMPIANTI	Item	Sostanze	Scenario primario (causa)	Scenario indotto	Frequenza originaria scenario indotto	Frequenza modificata scenario indotto
Serbatoi atmosferici	TK126	BZ	fireball sigari lxx/8x	poolfire	7.56E-09	9.60E-06
Serbatoi atmosferici	TK3	BZ	Fireballsfera TK91	poolfire	7.56E-09	5.00E-07
Serbatoi atmosferici	TK4	BZ	fireball sfera TK91	poolfire	7.56E-09	5.00E-07
Serbatoi atmosferici	TK43	BZ	fireball sfera TK91	poolfire	7.56E-09	5.00E-07
Serbatoi atmosferici	TK63	BZ	fireball sfera TK91	poolfire	7.56E-09	5.00E-07
Serbatoi atmosferici	TK65	BZ	fireball sfera TK91	poolfire	7.56E-09	5.00E-07
Serbatoi atmosferici	TK66	BZ	fireball sfera TK91	poolfire	7.56E-09	5.00E-07
Serbatoi atmosferici	TK107	BZ	fireball sfera TK91	poolfire	7.56E-09	5.00E-07
Serbatoi atmosferici	TK108	BZ	fireball sfera TK91	poolfire	7.56E-09	5.00E-07
Serbatoi atmosferici	TK127	BZ	fireball sigari lxx/8x	poolfire	7.56E-09	9.60E-06
Serbatoi atmosferici	TK128	KE	fireball sigari lxx/8x	poolfire	7.56E-09	9.60E-06
Serbatoi atmosferici	TK129	LVN	fireball sigari lxx/8x	poolfire	7.56E-09	9.60E-06
Serbatoi atmosferici	TK130	BAP	fireball sigari lxx/8x	poolfire	7.56E-09	9.60E-06
Serbatoi atmosferici	TK131	BZ	fireball sigari lxx/8x	poolfire	7.56E-09	9.60E-06
Serbatoi atmosferici	TK132	BZ	fireball sigari lxx	poolfire	7.56E-09	9.60E-06
Serbatoi atmosferici	TK510	BZ	fireball sfera TK91	poolfire	7.56E-09	5.00E-07
Serbatoi atmosferici	TK105	CRU	fireball sfera TK91	poolfire	7.56E-09	5.00E-07
Serbatoi atmosferici	TK121	CRU	fireball sfera TK91	poolfire	7.56E-09	5.00E-07
Serbatoi atmosferici	TK135	CRU	fireball sfera TK91	poolfire	7.56E-09	5.00E-07
Serbatoi atmosferici	TK501	BZ	irraggiamento mutuo	poolfire	7.56E-09	3.02E-08
Serbatoi atmosferici	TK502	BZ	irraggiamento mutuo	poolfire	7.56E-09	3.02E-08
Serbatoi atmosferici	TK503	BZ	irraggiamento mutuo	poolfire	7.56E-09	3.02E-08
Serbatoi atmosferici	TK504	BZ	irraggiamento mutuo	poolfire	7.56E-09	3.02E-08
Serbatoi atmosferici	TK509	BZ	irraggiamento mutuo	poolfire	7.56E-09	3.02E-08
Serbatoi atmosferici	TK104	CRU	irraggiamento mutuo	poolfire	7.56E-09	3.78E-08
Serbatoi atmosferici	TK136	GA	irraggiamento mutuo	poolfire	7.56E-09	1.5 1E-08
Serbatoi atmosferici	TK137	GA	irraggiamento mutuo	poolfire	7.56E-09	3.02E-08
HF-2	V903	H2-C1	UVCE in HF3	jetfire	2.00E-08	1.60E-05
Mcrox		GPL	fireball sigari lxx/8x	jetfire	9.10E-06	7.60E-04
Pensiline	Rottura braccio carico	Liquidi infiamm.	fireball sigari lxx/8x	poolfire	4.15E-09	9.60E-06
Dearomatizzazione	Perdita liquido	BZ	fireball sigari lxx/8x	poolfire	2.97E-05	2.86E-05

Tabella 1: lista degli impianti sede di eventi secondari (impianti vittima) con relativo impianto sede dell'evento primario.

5. IL TRASPORTO SU STRADA DI MERCI PERICOLOSE

Allo scopo di inquadrare la problematica dei rischi da trasporto stradale di sostanze pericolose, si riporta una piccola rassegna delle frequenze relative ad eventi incidentali quali risultano in letteratura.

La Figura 1 mostra lo schema per il calcolo della frequenza di rilascio di sostanze pericolose per singolo viaggio:

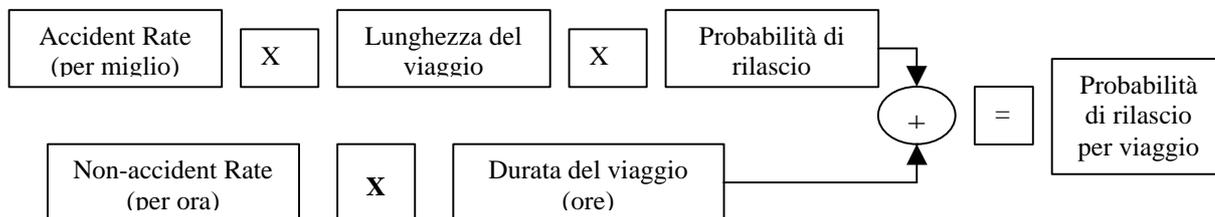


Figura 1: calcolo della probabilità del rilascio

A) Nelle Guidelines for Chemical Transportation risk Analysis (CCPS) [18] la sezione TRA frequency analysis analizza la perdita di contenimento di un materiale pericoloso (HAZMAT = HAZardous MATerial) dovuta sia ad un incidente che ad un guasto ai dispositivi di sicurezza durante il trasporto (non-accident-initiated releases). Nelle Guidelines sono riportate le frequenze incidentali per tipologia di strada (Truck Accident Rate per milione di veicoli per miglio, TAR).

I TAR variano tra 2 e 14 eventi per milione di veicoli per miglio pari a tra 1.25 e $8.75 \cdot 10^{-6}$ eventi per veicolo per km.

Highway		Truck Accident Rate	Release Probability
Area	Roadway	[ev/ 10^6 veicoli miglio]	[adim]
Rural	Two-lane	2.19	0.086
Rural	Multilane, undivided	4.49	0.081
Rural	Multilane, divided	2.15	0.082
Rural	Freeway (limited access)	0.64	0.090
Urban	Two-lane	8.66	0.069
Urban	Multilane, undivided	13.92	0.055
Urban	Multilane, divided	12.47	0.062
Urban	One-way street	9.70	0.056
Urban	Freeway (limited access)	2.18	0.062

Tabella 2: Truck Accident Rate for California, Illinois, and Michigan (Combined)

Le frequenze di rilascio, che in nessun caso superano il 10%, semplificando, possono essere così riassunte:

Evento	Freq.
Nessun rilascio	90%
Fessurazione o Rottura bocchello o Rottura catastrofica	10%

Tabella 3: frequenze tipiche per i vari eventi incidentali nel trasporto di sostanze pericolose (CCPS)

Le probabilità di rilascio devono ancora essere ulteriormente moltiplicate per la probabilità di innesco per i casi di pool fire, jet fire, UVCE.

B) L'analisi dei rischi del trasporto su strada adottato in ARIPAR dal DICMA della Università degli Studi di Bologna ha fatto riferimento alla seguente espressione:

$$Frequenza = K_a K_{st} 7 \cdot 10^{-7} l \cdot n_v \quad (6)$$

laddove:

K_a è un coefficiente di correzione della frequenza per l'area in esame;

K_{st} è un coefficiente di correzione della frequenza per le sostanze tossiche e vale 1 per la benzina e l'olio combustibile e 3 per le altre sostanze pericolose;

$7 \cdot 10^{-7}$ è la frequenza base;

l è la lunghezza della tratta;

n_v è il n° di veicoli all'anno che transitano per quella tratta;

La frequenza assunta per i vari scenari è riassunta come segue:

Evento	Freq.
Nessun rilascio	90%
Fessurazione	5%
Rottura bocchello	3.5%
Rottura catastrofica	1.5%

Tabella 4: frequenze tipiche per i vari eventi incidentali nel trasporto di sostanze pericolose (DICMA Univ. BO)

Per quanto riguarda l'incidente con fessurazione è stato considerato un diametro equivalente pari a 1/4" mentre per quello per rottura grave pari a 4".

C) I tassi di incidentalità utilizzati da SNAMPROGETTI in ARIPAL e nel rapporto GRIPAL sono stati tratti da un recente lavoro di Bubbico [17] nel quale sono proposte frequenze elaborate da statistiche ACI.

Dall'esame della Tabella 5 si nota che le frequenze adottate sono mediamente di un ordine di grandezza più basse delle corrispondenti riportate dalla Guidelines for Chemical Transportation Risk Analysis (CCPS) [18]

Tipo di strada	Freq. (ev./km/veicolo)
Comunale	5.0E-7
Provinciale	9.0E-9
Statale	4.0E-8
Autostrada	1.5E-7

Tabella 5: frequenze tipiche di incidente per i vari tipi di strada nel trasporto di sostanze pericolose

La ripartizione dei rilasci nelle 3 classi di rottura è la seguente:

Evento	Freq.
Nessun rilascio	0.4
Fessurazione	0.215
Rottura bocchello	0.215
Rottura catastrofica	0.17

Tabella 6: ripartizione dei rilasci nelle 3 classi di rottura

Le probabilità di rilascio appaiono piuttosto elevate, in base alla considerazione che ciò implicherebbe che, su 10 incidenti, 6 dovrebbero essere forieri di un rilascio di prodotto. Questi valori elaborati dalle schede dei Vigili del Fuoco, redatte in caso di intervento a seguito di incidente stradale, probabilmente risentono fortemente di underreporting in quanto generalmente solo nei casi più gravi si arriva alla registrazione tecnicamente dettagliata dell'evento.

ARPAT ha ritenuto opportuno adottare i valori di frequenza di rilascio consigliati sia dal CCPS che dal DICMA, assumendo per le frequenze incidentali i valori dell'ACI.

6. PRINCIPALI RISULTATI DELLO STUDIO

Si riporta di seguito una sintesi dei risultati ottenuti rimandando a [1] per i dettagli.

Facendo riferimento alla Figura 3 per la mappa del rischio locale globale, si osservano valori di rischio locale di livello medio pari a :

- 10^{-3} /anno in un'area molto ristretta localizzata all'interno della Raffineria AgipPetroli, in corrispondenza degli impianti di produzione zolfo e idrodesolfurazione gasolio e all'interno dello stabilimento AgipDeintGas;
- 10^{-4} /anno in aree ristrette ubicate in AgipDeintGas oltre che negli impianti di produzione zolfo e idrodesolfurazione gasolio della Raffineria AgipPetroli e in prossimità del pontile 13 a causa della condotta GPL;
- 10^{-5} /anno aree più ampie interne agli impianti già citati, scalo Livorno-Calambrone, tratto terminale del canale industriale e all'imbocco dello stesso e dello stabilimento Dow Chemical, oltre che ad una zona intorno alla condotta Livorno-Calenzano;
- 10^{-6} /anno che interessa l'inviluppo delle aree industriali e del porto industriale in genere, con estensione delle direttrici SGC e viabilità esterna, nonché la frazione di Stagno prospiciente la Raffineria, seguendo verso Sud il percorso della S.S.1 Aurelia fino alla Darsena Ugione.

Da osservare, inoltre, che il contributo dell'effetto domino, tenuto in considerazione secondo i criteri indicati al § 4, non risulta sostanzialmente avere influenza sui livelli medi di rischio locale imputabili alle sorgenti primarie.

In Figura 2 è riportata la curva F-N che per semplicità si può suddividere in quattro zone:

zona 1, (per N compreso tra 1 e 4) in cui i maggiori contributi al rischio sociale globale derivano nell'ordine da impianti fissi, trasporto per condotta, trasporto stradale e ferroviario. Il trasporto navale genera livelli di rischio apprezzabili solo per N=1 mentre non fornisce alcun contributo per N maggiore di 1;

zona 2, (per N compreso tra 4 e 70) in cui il maggior contributo è dato dal trasporto per condotta e dal trasporto stradale, mentre si osserva una graduale diminuzione del rischio associato agli impianti fissi che raggiunge i valori tipici del trasporto ferroviario;

zona 3, (per N compreso tra 70 e 400) in cui sostanzialmente il rischio sociale globale corrisponde al rischio per il trasporto stradale; il rischio per impianti fissi rimane sostanzialmente costante mentre quello per trasporto ferroviario diminuisce vistosamente;

zona 4, (per N compreso tra 400 e 1100) in cui scompaiono i contributi legati al trasporto stradale e al trasporto ferroviario; di conseguenza il rischio sociale globale coincide con il rischio derivante dagli impianti fissi.

7. STRATEGIE DI INTERVENTO

L'analisi dell'importanza delle sorgenti, ha permesso di individuare una serie di interventi indirizzati alla riduzione del rischio d'area, fra i quali vanno indicati,

- GPL - riqualificazione parco stoccaggio AgipPetroli, eliminazione sfere e tumulazione serbatoi;
- GPL - redistribuzione delle quote assegnate al trasporto stradale/ferroviario;
- riqualificazione dello scalo ferroviario, con implementazione nuove dotazioni di sicurezza;
- interventi infrastrutturali e separazione traffico stradale civile ed industriale;
- delocalizzazione insediamenti abitativi;
- interventi in area portuale (pipelines in cunicolo, dragaggio canale industriale et cetera)

8. CONCLUSIONI

Le integrazioni allo studio CNR/Snamprogetti, apportate da Università di Pisa ed ARPAT, che hanno riguardato lo studio comparativo di scenari incidentali, finalizzato anche alla valutazione dell'efficacia degli interventi di risanamento proposti, hanno evidenziato la necessità di approfondire alcuni temi, in particolare:

1. L'analisi dell'effetto domino ha permesso di escludere che questo eserciti un'influenza apprezzabile sul valore del rischio nell'area considerata; risulta, però, opportuno mettere a punto una metodologia convenzionale che permetta ai diversi analisti di ottenere risultati confrontabili.
2. E' emersa la necessità di un approfondimento sulla tematica del trasporto stradale di sostanze pericolose essendosi evidenziate talune discordanze tra varie fonti in letteratura; in particolare occorrerebbero dati aggiornati e particolareggiati sul territorio nazionale sia di frequenze incidentali che di probabilità di rilascio.

RIFERIMENTI

- [1] ARPAT Analisi del rischio per l'area di Livorno e strategie di intervento a cura di Marcello Mossa Verre
Firenze, marzo 2000
- [2] Lippi, M. Mossa Verre et Al.
Rischi industriali d'area e piani di risanamento: il Modello toscano
Presentato al Convegno nazionale VGR2k Pisa, 2000
- [3] G.Spadoni
La metodologia ARIPAR(note sintetiche) e Dispensa Sicilia
Contratto UE-DICMA (Univ. Bologna) n.10969-95-05 F12PC ISP I
Ottobre 1995
- [4] Manuale utente di ARIPAR-GIS 1.2 JRC Ispra, versione preliminare 1998
- [5] ARIPAR-GIS Databases – Manuale d'Uso – JRC Ispra, febbraio 1998
- [6] S.Zanelli, G.Francalanza
Sicurezza del Canale Industriale del Porto di Livorno in relazione alla movimentazione di GPL prodotti petroliferi o chimici
Dicembre 1994
- [7] Snamprogetti
Raccolta dati e predisposizione database ambientali e territoriali Analisi di rischio industriale e portuale nell'area di Livorno
1998
- [8] Università degli Studi di Pisa
Dipartimento di Ingegneria Chimica, Chimica Industriale e Scienza dei Materiali
Gripal
Settembre 1999
- [9] G. Uguccioni, C.Bellocchi, G.Spadoni
Il programma ARIPAR per la valutazione del Rischio di Area: applicazione all'area industriale di Livorno
Presentato al Convegno nazionale VGR2k Pisa, 2000
- [10] M. Mossa Verre, S. Baldacci et. Al.
Rischio Industriale nell'area di Piombino
Presentato al Convegno nazionale VGR2k Pisa, 2000
- [11] D.F. Bagster e R.M. Pitblado
The estimation of domino incident frequencies - an approach-
Process Safety Environ.
1991
- [12] F.P.Lees – Loss Prevention in the process industries (Iied.)
Butterwoths - 1996
- [13] S.Boy, S.Contini, N.Labath
Domino Effect Evaluation of Major Accidents in Industrial Installations
Chemical Industry and Environment
Edited by N.Piccinini, R. De Lorenzo, 3rd Volume, 1997
- [14] V.Cozzani, S.Bonvicini, L.Vanni,G.Spadoni,S.Zanelli
Analisi comparativa delle frequenze di incidente e di rilascio nel trasporto stradale e ferroviario di sostanze pericolose
Presentato al Convegno nazionale VGR2k Pisa, 2000
- [15] HSC, Major hazard aspects of the transport of dangerous substances
Report and appendices, London, 1991
- [16] Purdy – The measurement of risk from transporting dangerous goods by roads and rail –
The major Hazard aspects of the transport of dangerous substances - 1993
- [17] Bubbico, Di Cave, Dore, Mazzarotta
Valutazione del rischio nel trasporto di sostanze pericolose: il software Thraz
Pisa, VGR98
- [18] AIChE CCPS
Chemical Transportation Risk Analysis
1995
- [19] Eisenberg N.A.
Vulnerability model
U.S. Coast Guard , 1975

RISCHIO SOCIALE

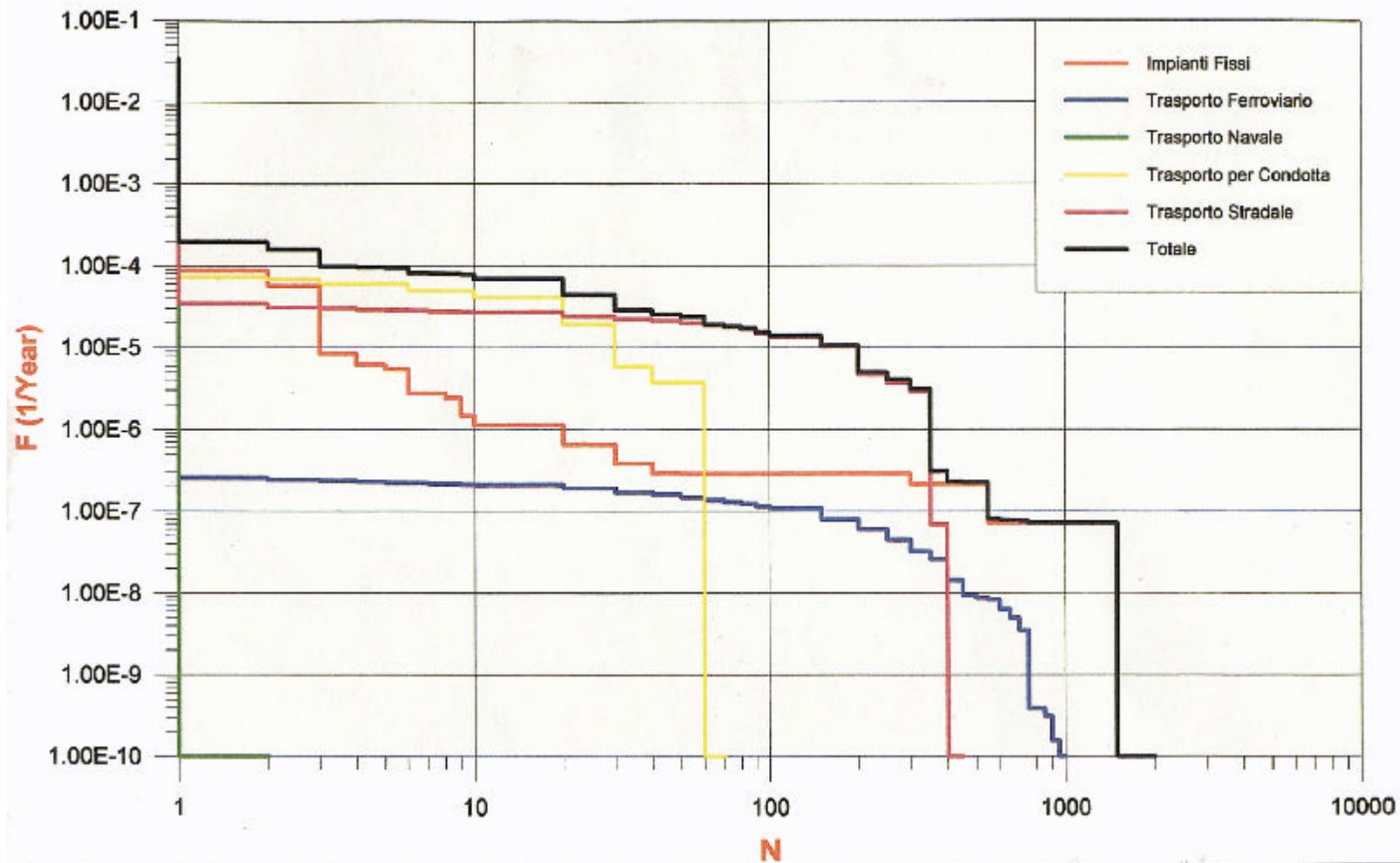
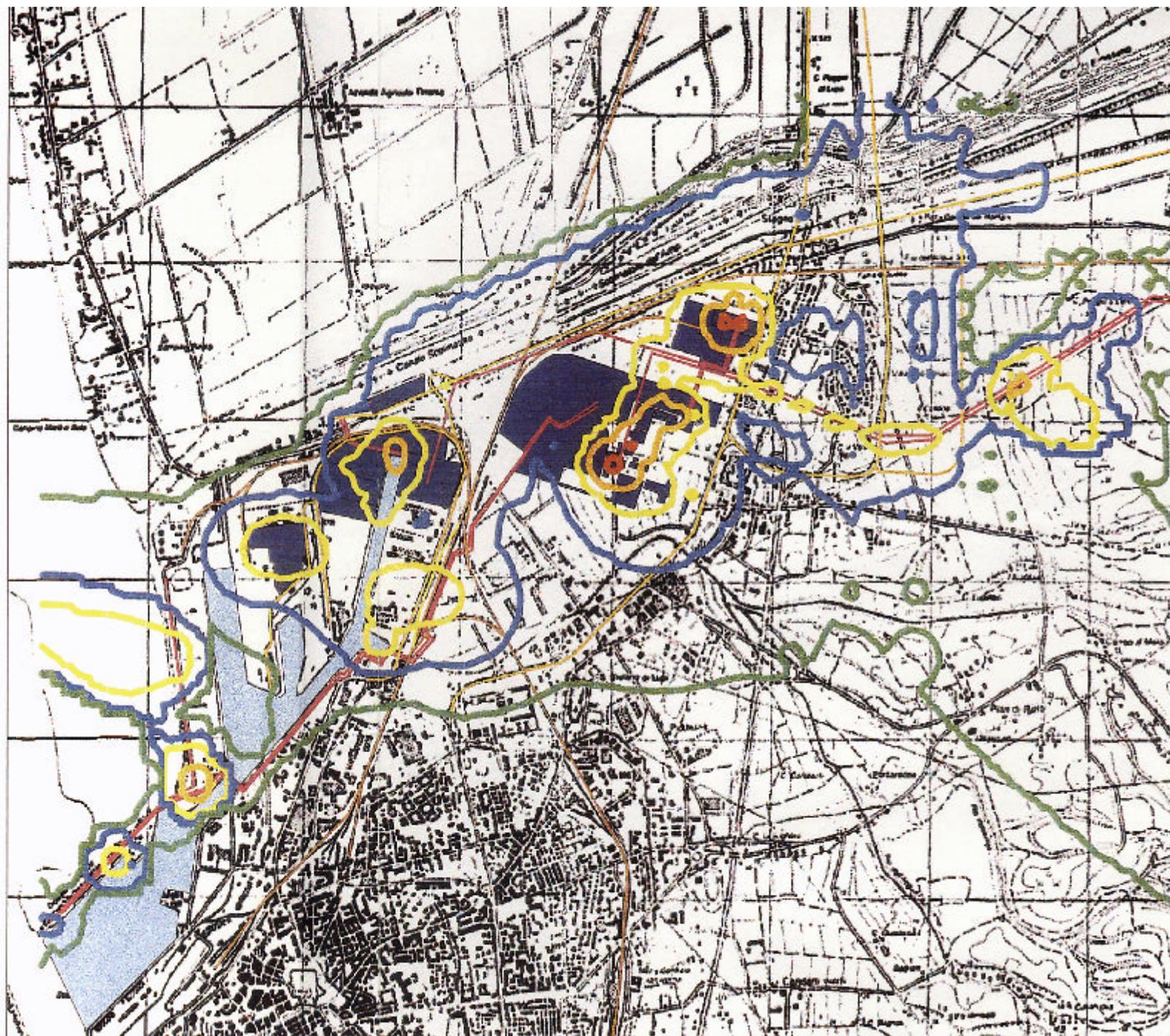
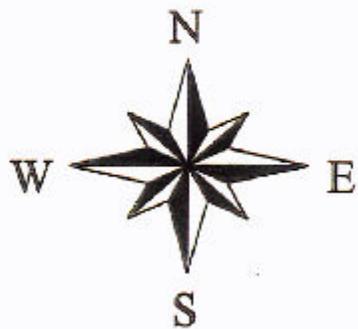


Figura 2. Curva F-N base

Analisi Rischio d'Area LIVORNO

Rischio Locale Globale

Curve - Rischio Locale



0

2

4

6

8 Kilometers