

**UN'APPLICAZIONE DEL SOFTWARE TRAT-GIS  
ALL'ANALISI DEL RISCHIO NEI TRASPORTI DI SOSTANZE PERICOLOSE  
NELLA SICILIA ORIENTALE**

Giacomo Antonioni<sup>o</sup>, Maria Francesca Milazzo\*, Roberto Lisi\*, Giuseppe Maschio\*, Gigliola Spadoni<sup>o</sup>

\*Dipartimento di Chimica Industriale ed Ingegneria dei Materiali, Università di Messina,  
Salita Sperone 31, 98166 Messina

<sup>o</sup>Dipartimento di Ingegneria Chimica, Mineraria e delle Tecnologie Ambientali, Università di Bologna,  
Viale Risorgimento 2, 40136 Bologna  
[giuseppe.maschio@unime.it](mailto:giuseppe.maschio@unime.it)

## **SOMMARIO**

È stata eseguita un'analisi quantitativa del rischio nei trasporti di sostanze pericolose sul territorio siciliano. Il calcolo del rischio è stato effettuato utilizzando l'ultima versione del software TRAT, sviluppato per la valutazione del rischio incidentale e ambientale associato ai trasporti di sostanze pericolose e recentemente implementato su piattaforma GIS. I risultati hanno consentito di delineare una mappa del rischio su scala regionale, da cui sono state tratte comparazioni tra le diverse tipologie di trasporto e le diverse rotte, suggerimenti e misure da adottare per la gestione del rischio.

L'analisi del rischio su scala regionale ha permesso l'individuazione dei punti critici presenti sul territorio sui quali è stato necessario effettuare un'analisi di dettaglio. I risultati hanno consentito il confronto con le previsioni del recente "Piano Regionale dei Trasporti" siciliano e la formulazione di ipotesi di intervento per la riduzione del rischio ed il miglioramento della sicurezza dei cittadini.

## **2. II TRASPORTO DELLE MERCI PERICOLOSE IN SICILIA**

Il contributo dei trasporti di sostanze pericolose nel generare rischi di incidente rilevante e per l'ambiente è ormai noto da tempo. Per questa ragione, nonostante i vuoti legislativi riguardanti una normativa specifica per la valutazione dei «grandi rischi» nei trasporti, da tempo si utilizzano metodi e strumenti di analisi classici per valutare misure quali il rischio individuale ed il rischio sociale nei trasporti di sostanze pericolose su strada, ferrovia, via nave o condotta.

Negli ultimi venti anni gli studi dei rischi d'area condotti in diversi paesi europei ed in Italia, hanno evidenziato il contributo dei trasporti come una componente indispensabile per formulare pareri sull'entità dei rischi complessivi sul territorio di riferimento; peraltro in talune situazioni il trasporto costituisce di per sé il solo ed importante contributo al rischio d'incidente rilevante in aree fortemente antropizzate e la sua valutazione di dettaglio costituisce uno strumento utile per la predisposizione di interventi di protezione civile per la sicurezza dei cittadini.

In questo lavoro è stata applicata la metodologia TRAT ad un'area campione come quella della Sicilia Orientale in quanto caratterizzata dalla presenza di insediamenti industriali e da un'intensa movimentazione di merci pericolose, il tutto in un contesto caratterizzato anche dalla presenza di rischi naturali e da una situazione infrastrutturale critica. È stato inoltre constatato che i flussi provenienti dai principali insediamenti siciliani attraversano aree caratterizzate da elevata densità abitativa e centri di interesse artistico e turistico.

### **2.1 La situazione attuale dei trasporti in Sicilia**

I dati censiti relativi al traffico di merci pericolose che coinvolge il territorio siciliano, attestano, una articolazione modale dei flussi configurata come in figura 1.

Nei traffici interni relativi a merci generiche, si registra una netta prevalenza del trasporto stradale, ascrivibile alla brevità che caratterizza, in media, le distanze tra i centri economici isolani, presupposto fondamentale della convenienza economica del trasporto di beni su gomma.

Nell'esame delle relazioni di scambio con l'esterno, è opportuno ricordare il dato relativo al trasporto marittimo di prodotti petroliferi. Si tratta di un traffico principalmente legato all'attività dei poli petrolchimici dell'isola, che trasformano la materia prima proveniente dai Paesi produttori di petrolio principalmente dall'area Mediterranea e Mediorientale, per poi esportare il prodotto raffinato nel resto d'Italia e all'estero. Per tale tipo di traffico, in Sicilia, non sono ravvisabili alternative di scelta modale nel trasporto, che avviene prevalentemente via mare.

Dallo studio del traffico esterno, al netto dei prodotti petroliferi, invece emerge una distribuzione della

domanda più equilibrata, almeno per ciò che attiene al raffronto tra il modo stradale e quello marittimo. La situazione appare, invece, decisamente critica nel comparto del trasporto terrestre per la modalità ferroviaria, vero anello debole dell'intero sistema, che fa registrare un ruolo marginale.

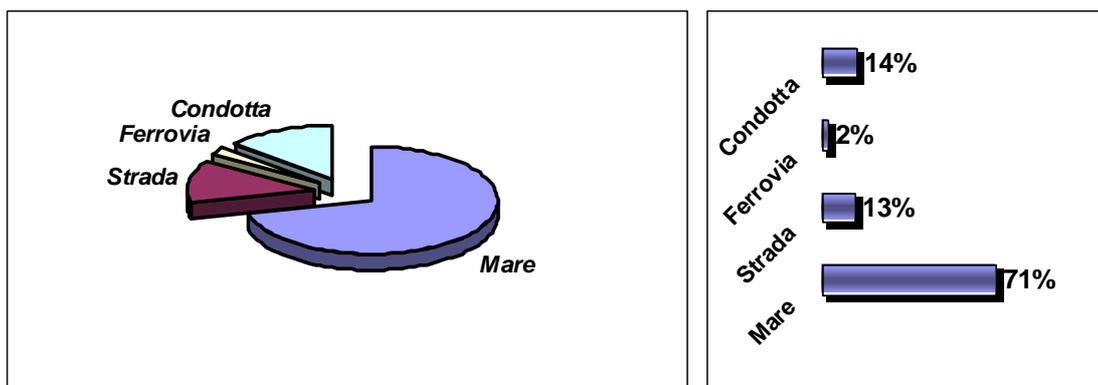


Figura 1. Traffico di merci pericolose sul territorio siciliano

Relativamente al sistema produttivo i punti di debolezza sono legati al fatto che, accanto ai grandi insediamenti chimico-industriali, la presenza di piccole e medie imprese operanti nel settore chimico appare limitata con la conseguente sovrapproduzione di prodotti petroliferi e chimici di base rispetto ai consumi.

Altri fattori critici individuati sono i seguenti:

- l'attraversamento dello Stretto che allo stato attuale costituisce un elemento di discontinuità;
- le ridotte capacità dei terminal e la mancanza di aree attrezzate alla movimentazione di merci pericolose;
- la mancata predisposizione di fasce orarie idonee per il passaggio dei treni intermodali;
- la congestione delle aree portuali.

Nella situazione di grande competitività in cui si muove il trasporto delle merci a livello nazionale ed internazionale, è emersa una nuova concezione di sistema, in cui servizi portuali, aeroportuali e ferroviari, l'autotrasporto e le imprese di logistica devono essere integrati e collegati da «piattaforme logistiche», collocate sul territorio o nell'immediata vicinanza dei porti/aeroporti, di snodi delle arterie viarie e ferroviarie, o in zone centrali rispetto ad un raggio d'azione che configuri un importante bacino di traffico.

Il compito di queste piattaforme è quello di razionalizzare il trasporto delle merci, provvedendo a varie operazioni sulla merce (gestioni degli ordini, etichettatura, imballaggio, completamento di carichi, ecc.) e sui veicoli.

La Sicilia manifesta in questo campo una situazione di gravi carenze, potendosi identificare come piattaforme logistiche solo i poli legati ad alcune delle modalità di trasporto esistenti: stazioni ferroviarie, centri intermodali strada-ferrovia, porti ed aeroporti.

Allo scopo di consentire alle imprese di autotrasporto e della logistica di contrapporsi efficacemente alla sfida della concorrenza europea, appare necessario agire dal punto di vista legislativo. Gli effetti che derivano dalla presenza di una rete di piattaforme logistiche, non riguardano soltanto la sfera operativa di trasporto delle merci, ma coinvolgono anche delicati aspetti di impatto nel territorio e sul sistema economico-produttivo, in quanto tale rete va vista come importante strumento di risanamento e razionalizzazione di quelle funzioni produttive, che oggi si sviluppano specialmente negli ambiti metropolitani.

## 2.2 Il Piano Regionale dei Trasporti

Si è su descritto come in Sicilia il trasporto delle merci è fortemente penalizzato dalla totale assenza di una rete di infrastrutture logistiche (interporti e centri merci) nell'ambito delle quali assicurare l'integrazione fra i modi di trasporto, nonché tutti i servizi ad essi complementari.

Al fine di ovviare alle carenze regionali nel settore dei trasporti, il 21 gennaio 2004 la Giunta Regionale di Governo ha approvato il "Piano regionale del Trasporto delle merci e della Logistica" [1], predisposto dal Dipartimento Trasporti e Comunicazioni.

Tale documento è il primo dei sei Piani attuativi previsti dal Piano Direttore - Piano Regionale dei Trasporti, di cui si è dotata la Regione Siciliana, e racchiude gli indirizzi di dettaglio relativi alla

realizzazione in Sicilia di infrastrutture logistiche legate al trasporto delle merci, in grado di sviluppare sistemi intermodali di trasporto da e verso l'isola interconnessi con i sistemi integrati nazionali ed i corridoi europei plurimodali. Le infrastrutture definite dagli orientamenti contenuti nel Piano attuativo, quali interporti, autoporti, aeroporti, sistema stradale e aree di sosta ai margini dei centri urbani (figura 2), consentiranno inoltre la razionalizzazione della raccolta e dello smistamento delle merci nel territorio siciliano.

La Sicilia riveste una posizione strategica per intercettare gli interscambi tra i Paesi del Mediterraneo, e nel 2010 il bacino del Mediterraneo diverrà Zona di libero scambio. Con la realizzazione dei due interporti, a Termini Imerese e Catania-Bicocca, e delle relative infrastrutture viarie, la Sicilia può trasformarsi quindi in una piattaforma logistica nel Mediterraneo, tra Europa e Nord Africa, quando uomini e merci potranno muoversi liberamente senza dogane.

Entrambi distano infatti in media 500 miglia dagli altri porti dei paesi comunitari e 800 miglia dal porto di Trieste, da Gibilterra e da Suez.

Con il Piano Regionale appena approvato viene sancita la concreta svolta della Regione Siciliana nel campo della pianificazione del trasporto delle merci basato su dati di movimentazione, da e verso la Sicilia, concreti perché ricavati da studi qualificati e consentirà di metter a punto ed orientare gli interventi finanziari e capitoli di spesa per realizzare le infrastrutture necessarie.

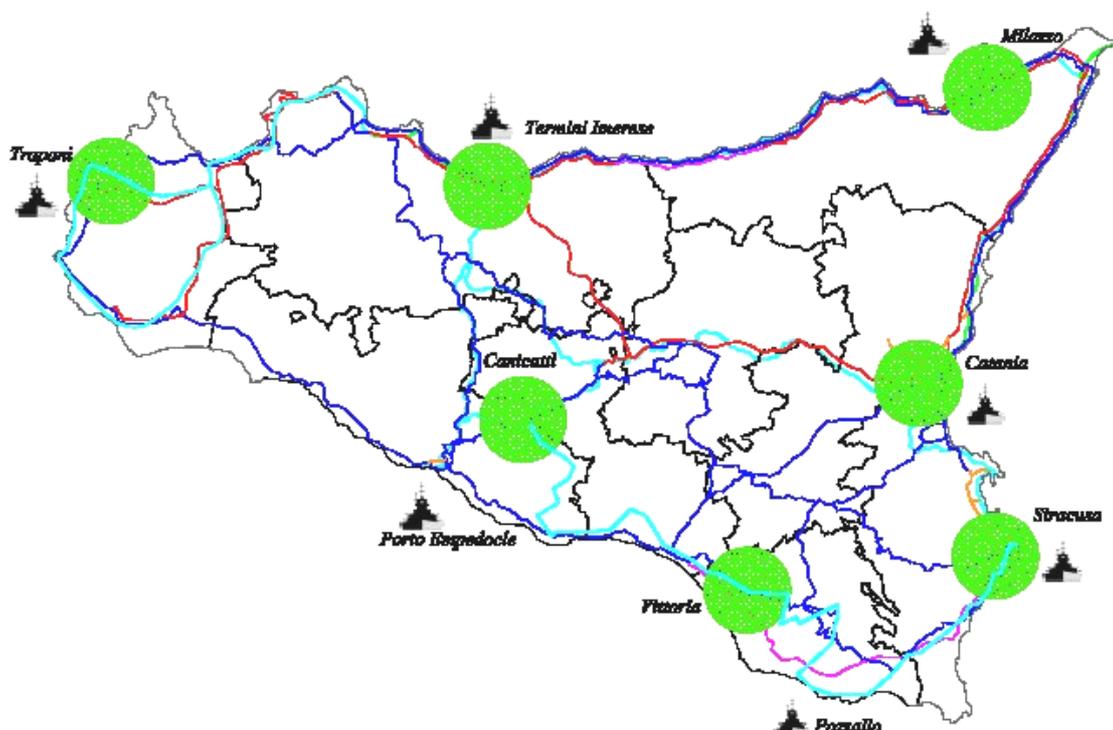


Figura 2.

### 3. L'ANALISI DEL RISCHIO E IL PIANO REGIONALE DEI TRASPORTI

La predisposizione di mappe di rischio su scala regionale può essere di supporto all'applicazione del nuovo Piano Regionale dei Trasporti emanato di recente dalla Regione Siciliana, a tal proposito è indispensabile l'utilizzo di opportune procedure di analisi del rischio.

La procedura di analisi del rischio applicata in questo lavoro è la metodologia TRAT. I risultati dell'analisi del rischio, oltre a rappresentare un valido supporto all'attuazione del Piano Regionale dei Trasporti, hanno permesso la formulazione di suggerimenti e misure da adottare per la gestione del rischio.

#### 3.1 La metodologia TRAT

La metodologia TRAT è una procedura per la valutazione dei rischi d'incidente rilevante dovuti al trasporto di sostanze pericolose ed è applicabile a qualunque vettore di trasporto, dalla procedura basata su

opportuni algoritmi, appositamente sviluppati, trae origine l'omonimo codice.

Il TRAT, acronimo Transport Risk Assessment Translation, è stato sviluppato dall'Università di Bologna ed implementato attraverso la collaborazione con l'Università di Messina, le sue caratteristiche e alcune applicazioni sono riportate in [2] e [3]. Il software costruito rende semplice l'esecuzione dell'analisi del rischio consentendo una mappatura territoriale di indici di rischio individuale e sociale. Le successive versioni sviluppate costituiscono una rivisitazione ed aggiornamento.

La prima versione del codice permetteva la valutazione del rischio connesso al trasporto stradale e limitatamente a quattro sostanze: l'ammoniaca, il cloro, la benzina e il GPL. L'applicazione alla ricomposizione del rischio trasporti sull'area urbana di Messina è stata fondamentale per lo sviluppo della seconda versione del software. Nel TRAT 2 è stato possibile estendere la valutazione del rischio ad nuova tipologia di trasporto, il ferroviario, inoltre è stato ampliato il database delle sostanze ad otto specie chimiche (acido cloridrico, acido fluoridrico, acrilonitrile, ammoniaca, cloro, combustibili liquidi, GPL ed ossido di etilene). Infine la terza versione, TRAT-GIS, è stata ulteriormente implementata e le innovazioni introdotte riguardano:

1. l'inclusione di un'interfaccia GIS (Arc View), che facilita l'inserimento dei dati geografici e demografici e la visualizzazione degli output;
2. la possibilità di definire differenti direzioni del vento sull'area d'interesse che permette lo studio di aree di dimensioni più vaste con maggiore precisione;
3. l'integrazione dell'analisi del rischio con la valutazione del rischio ambientale e con un approccio CBA (Cost-Benefits Analysis).

### **3.2 L'applicazione del TRAT-GIS alla Sicilia Orientale**

Il principale obiettivo di questo studio è stato quello di valutare il rischio d'incidente rilevante associato ai trasporti allo stato attuale delle infrastrutture, di giudicarne l'accettabilità e di proporre appropriate alternative per la mitigazione del rischio alla luce delle modifiche previste dal Piano regionale dei Trasporti e/o di aspetti migliorativi di quest'ultimo.

Lo studio è basato sul classico approccio di analisi del rischio, per cui è stato innanzitutto necessario raccogliere informazioni relative a dati meteorologici e demografici, a flussi di sostanze pericolose nell'area in studio e incidenti verificatisi durante le operazioni di trasporto.

La valutazione degli indici di rischio individuale e sociale è stata effettuata usando differenti distribuzioni delle velocità del vento, ognuna delle quali è associata a una stazione meteorologica di riferimento. Le stazioni di riferimento per questo studio sono state quelle di Messina, Catania-Fontanarossa, Sigonella, Augusta, Gela and Siracusa.

Sono stati poi raccolti i dati di densità di residenti per ogni comune attraversato dai mezzi che trasportano sostanze pericolose.

I flussi di trasporto sono stati ottenuti tramite la collaborazione della Capitaneria di Porto, della società Autostrade, dell'ISTAT, delle Ferrovie dello Stato S.p.A., delle società di traghettamento (FFSS, Caronte e Tourist) e delle Aziende, tramite schede di raccolta dati inviate ai principali stabilimenti chimici e di raffinazione del petrolio operanti sul territorio regionale, nonché alle società che gestiscono lo stoccaggio e la distribuzione di combustibili e carburanti.

I flussi delle sostanze pericolose, accorpati in classi rappresentative in funzione delle caratteristiche chimico-fisiche e della pericolosità, sono riportati in tabella 1 dove sono raggruppati per tipologia di trasporto e per sito.

Infine la valutazione delle frequenze è stata condotta attraverso analisi di dati storici.

Sostanza	Trasporto stradale [veicolo/anno]			Trasporto ferroviario [ferrocisterna/anno]		
	Milazzo	Gela	Priolo	Milazzo	Gela	Priolo
Acrilonitrile	0	60	0	0	163	0
Ammoniaca	0	56	66	0	0	1200
Cloro	0	0	10	0	0	0
Dicloroetano	0	0	502	0	0	0
Ossido di Etilene	0	223	0	0	0	0
Gasolio	6533	9217	32260	0	0	0
Acido Cloridrico	0	7	1100	0	0	0
Acido Fluoridrico	0	0	10	0	0	8
Idrogeno	0	0	3	0	0	0
Combustibili liquidi	4327	5834	28792	0	0	15
GPL	1260	5045	9602	0	0	1800
<b>Totale</b>	<b>12120</b>	<b>20435</b>	<b>72345</b>	<b>0</b>	<b>163</b>	<b>3008</b>
	<b>104900 veicolo/anno</b>			<b>3171 ferrocisterna/anno</b>		

Tabella 1. Flussi di sostanze pericolose per sito industriale.

#### 4. L'ANALISI DEL RISCHIO NELLA SICILIA ORIENTALE

Si è stato visto che nel territorio regionale sono presenti aree ad alta concentrazione di impianti chimici; tali attività ad alto rischio incidentale ed ambientale sono spesso localizzate in aree caratterizzate da elevati rischi naturali.

Le carenze infrastrutturali rendono critico il problema dei trasporti di merci pericolose, pertanto un'adeguata politica per la gestione del territorio risulta quindi di primaria importanza.

In questo lavoro vengono illustrati i risultati relativi al rischio nei trasporti nella Sicilia Orientale ottenuti mediante l'applicazione del codice TRAT-GIS al territorio regionale.

Il presente studio ha permesso per prima volta l'applicazione del software ad uno studio più ampio e di estendere l'analisi del rischio nei trasporti a livello regionale.

L'analisi del rischio su scala regionale è stata realizzata mediante l'applicazione del TRAT-GIS ai tragitti Priolo-Messina, Gela-Priolo, Gela-Messina e Milazzo-Messina. I risultati possono essere visualizzati suddividendo il territorio regionale per macroaree.

Il completamento dell'analisi del rischio nei trasporti a livello regionale ha fornito un quadro globale della situazione siciliana [4], [5].

##### 4.1 L'area Milazzo-Messina

I risultati, illustrati in figura 3, evidenziano la criticità dell'area dello Stretto di Messina (rischio locale massimo =  $10^{-5} \div 10^{-6}$ ), rispetto all'area industriale di Milazzo (rischio locale massimo =  $10^{-6} \div 10^{-7}$ ).

Il tratto Milazzo-Messina interessa un'area piuttosto limitata e con contributi al rischio non superiori a  $10^{-6}$ , ad esclusione di alcuni brevi tratti in cui si raggiungono valori di  $10^{-5}$ , che si localizzano in prossimità dei centri a maggiore densità abitativa. L'andamento delle curve evidenziato in figura è causa del fatto che il tratto è costituito esclusivamente dall'autostrada e le sostanze trasportate sono esclusivamente combustibili liquidi e GPL; gli eventuali scenari incidentali, quindi, hanno ricadute limitate in termini di distanza dalla sorgente. Non vi è trasporto di sostanze pericolose via ferrovia.

Nell'area di Messina, invece, convergono anche i flussi delle sostanze provenienti dall'area sud-orientale della regione, quindi da Gela e dal sito di Augusta-Priolo. Le tratte dei trasporti considerate sono: la tangenziale autostradale, gli svincoli che entrano nel centro abitato di Messina per raggiungere il porto e i terminal di traghettamento, la ferrovia, compresa dello scalo merci. L'area presenta livelli di rischio significativi ( $10^{-5} \div 10^{-6}$ ) per un'area maggiormente estesa. Infatti si noti l'autostrada/tangenziale contornata dalla linea isorischio gialla insieme con il tratto del viale Boccetta che costituisce lo svincolo principale di

collegamento con i terminal di traghettamento. La presenza delle sostanze tossiche fa sì che le curve isorischio si allarghino interessando un'area piuttosto ampia del centro urbano rispetto la rotta di attraversamento coinvolgendo ampie aree del centro abitato.

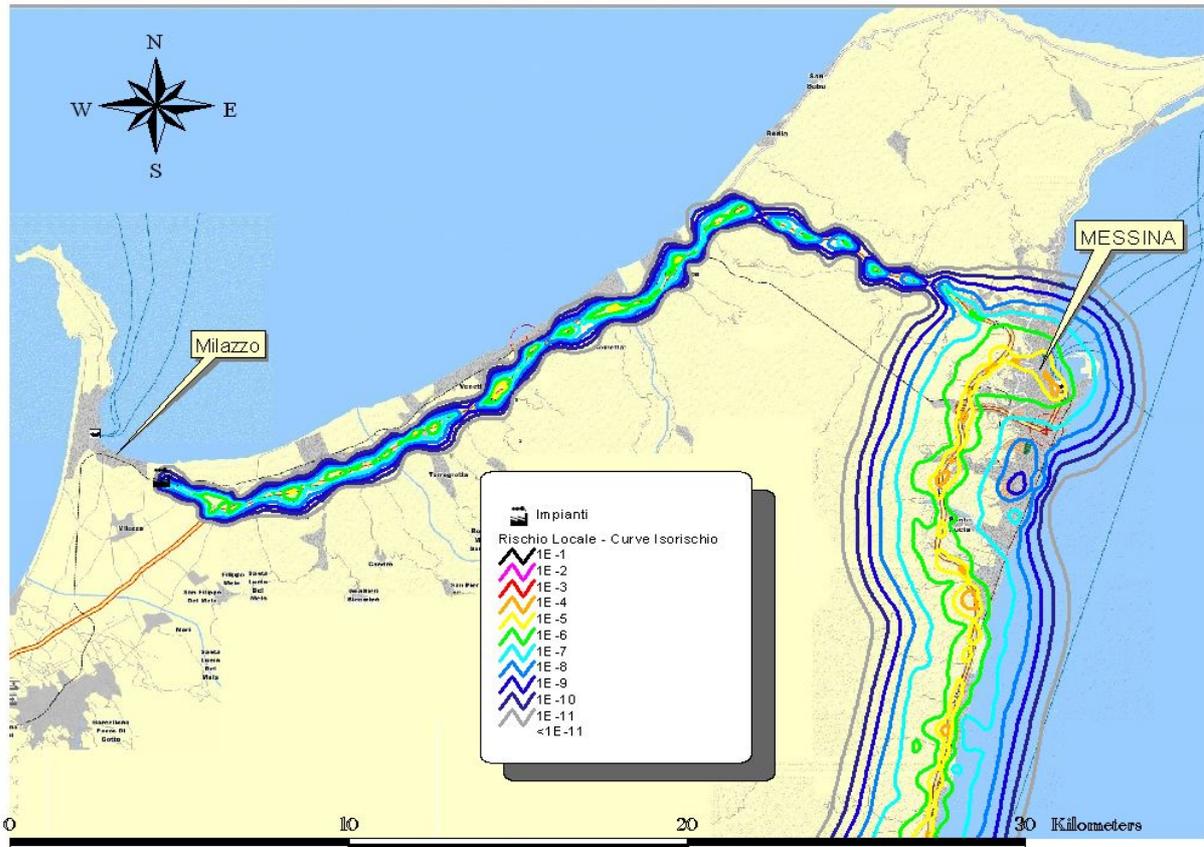


Figura 3. Rischio Individuale per l'area Milazzo-Messina.

#### 4.2 L'area Messina-Catania

Un'altra area critica del territorio siciliano caratterizzata dai problemi del transito di merci pericolose è Catania. Infatti analogamente a Messina la città è soggetta al passaggio di tutte le merci movimentate dal petrolchimico di Gela e dal sito di Augusta-Priolo.

A differenza di Messina, dove la localizzazione degli approdi realizzata in pieno centro cittadino, impone l'ingresso dei mezzi nell'area urbana, a Catania la realizzazione di una tangenziale che circonda la città permette il passaggio dei mezzi gommati nelle zone periferiche. Tuttavia lungo tale tangenziale sono presenti un elevato numero di grossi centri commerciali, inoltre la localizzazione della linea ferroviaria nell'area urbana accentua il problema del trasporto ferroviario.

In figura 4 sono riportati i risultati di rischio individuale per l'area in questione. Le curve, pur mantenendo valori di rischio inferiori a  $10^{-6}$ , interessano un'ampia fascia dell'area adiacente la rotta che si sviluppa su tutta l'autostrada.

#### 4.3 L'area Catania-Siracusa

Nell'area di Catania-Siracusa è presente il sito di Augusta-Priolo, una delle più grandi aree industriali d'Europa. Chiaramente il trasporto di merci pericolose in questa zona è quello associato alle aziende presenti. Il rischio massimo nell'area è dell'ordine di  $10^{-6}$ - $10^{-7}$  (figura 4) che, considerati i notevoli flussi di trasporto merci, è certamente dovuto ad un traffico sia stradale che ferroviario fortemente caratterizzato.

E' da notare che in certi punti la distanza tra tragitto stradale e quello ferroviario dei mezzi evita il sommarsi degli effetti dovuti alle due tipologie di trasporto.

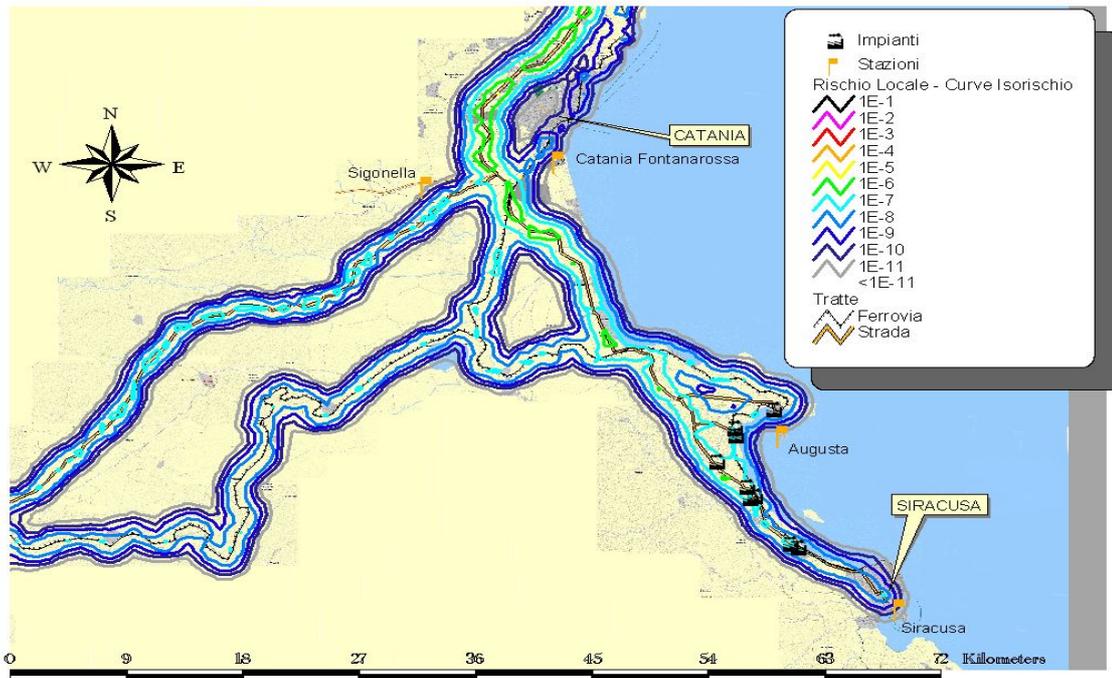


Figura 4. Rischio Individuale per l'area Catania-Siracusa.

#### 4.4 L'area Catania-Gela

Nell'area di Catania-Gela il rischio è dell'ordine di  $10^{-7}$  (figura 5). Anche in questo caso la distanza tra il tragitto stradale e quello ferroviario dei vettori evita il sommarsi degli effetti dovuti alle due tipologie di trasporto. Rimane critica la situazione locale di Gela i cui problemi associati al trasporto ferroviario di ammoniaca possono essere dedotti solo con analisi di dettaglio sull'area cittadina [6]

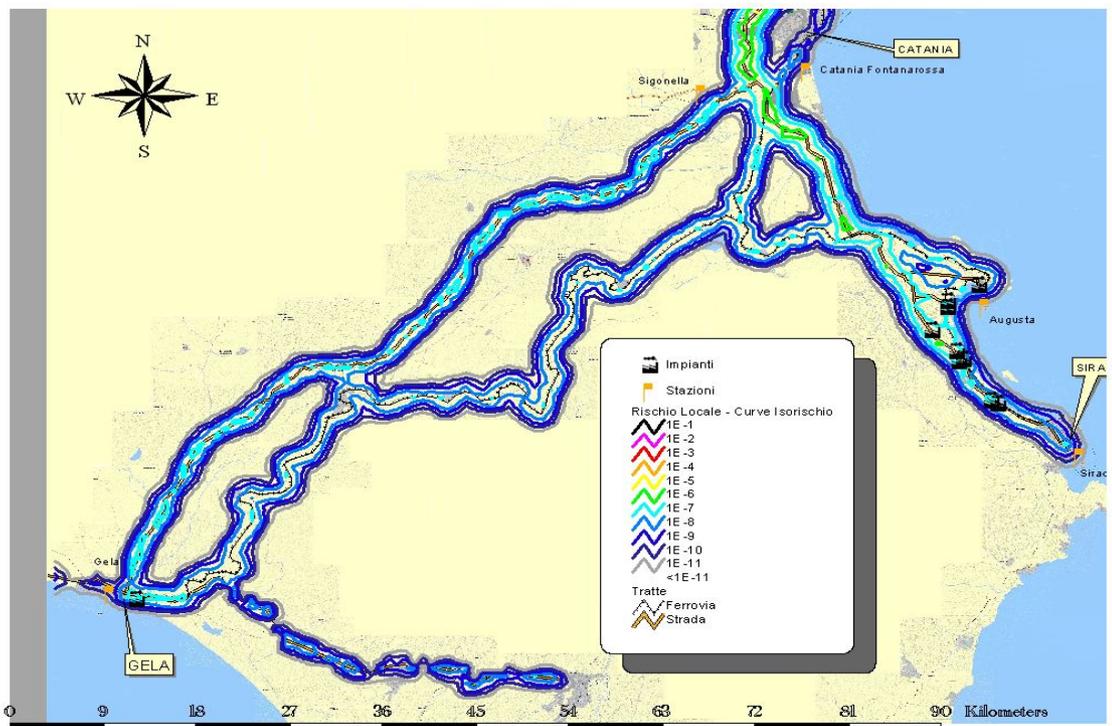


Figura 5. Rischio Individuale per l'area Catania-Gela.

#### 4.4 Rischio Sociale

Nella figura 6 sono riportati i risultati di rischio sociale. La curva FN globale è stata scomposta nei contributi connessi ai flussi di sostanze pericolose verso Messina e relativi ad ogni sito industriale siciliano.

Il contributo predominante è legato alla movimentazione di sostanze pericolose associata al sito di Augusta-Priolo, ciò appare evidente data l'elevata concentrazione di stabilimenti industriali presenti nell'area.

Questo polo industriale è quello che movimentata il maggior quantitativo di prodotti chimici, inoltre è il sito che sfrutta maggiormente il trasporto ferroviario.

La curva di rischio sociale associata al trasporto da Augusta-Priolo a Messina viene quasi a coincidere quella globale e si annulla per un numero di morti pari a circa 12000. Infatti il trasporto riguarda elevati quantitativi di prodotti tossici, cioè sostanze i cui effetti hanno un ampio raggio d'impatto, inoltre occorre ricordare che il tragitto percorso dai mezzi interessa le aree più densamente popolate del territorio oggetto di studio (le città di Messina e di Catania). Mentre paragonabile è il contributo delle tratte Milazzo-Messina e Gela-Messina.

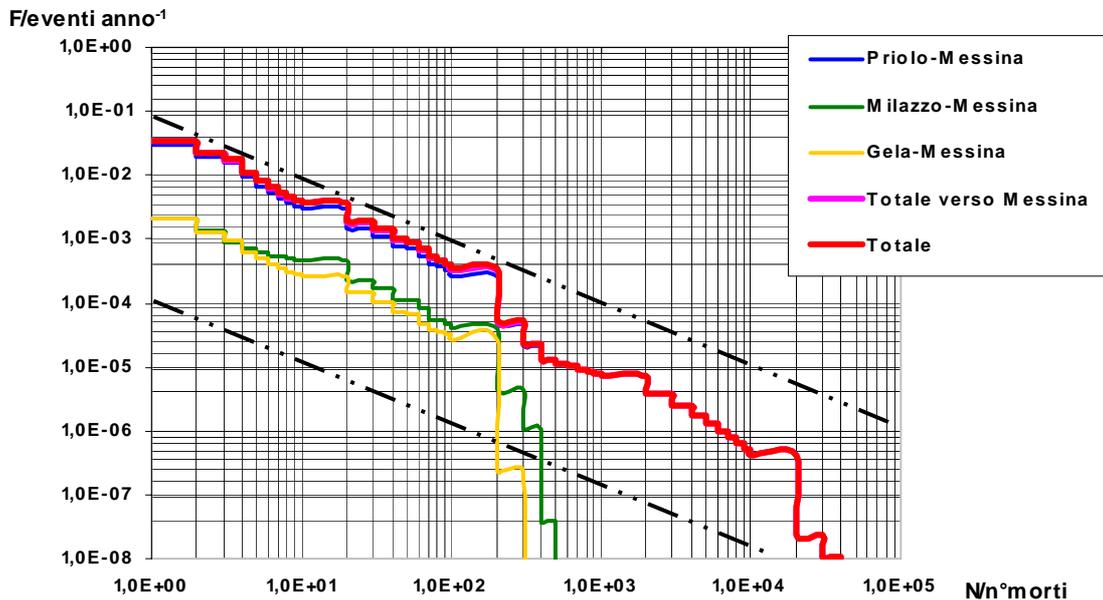


Figura 6. Rischio Sociale.

#### 5. ANALISI DETTAGLIATA DEL RISCHIO NEI TRASPORTI NELLA SICILIA ORIENTALE

La fase successiva del lavoro è stata focalizzata sullo studio dei contributi al rischio associati alle diverse modalità di trasporto, alla tipologia di sostanza trasportata e alle rotte percorse. Le rotte considerate sono state scomposte in tratte più brevi al fine di individuare i punti critici presenti lungo i percorsi delle autobotti e delle ferrocisterne.

Una prima analisi è stata effettuata scomponendo i contributi associati al trasporto stradale e a quello ferroviario, i risultati sono riportati in figura 7. Si può notare che il rischio relativo al trasporto stradale è di due ordini di grandezza superiore rispetto a quello relativo al trasporto ferroviario, inoltre la curva F-N relativa al trasporto stradale è praticamente coincidente con quella totale. Ciò è giustificato dal fatto che circa il 95% delle merci pericolose viaggia via strada.

Per quanto riguarda i criteri di accettabilità inglesi va osservato che la curva F-N complessiva cade per intero in zona ALARP.

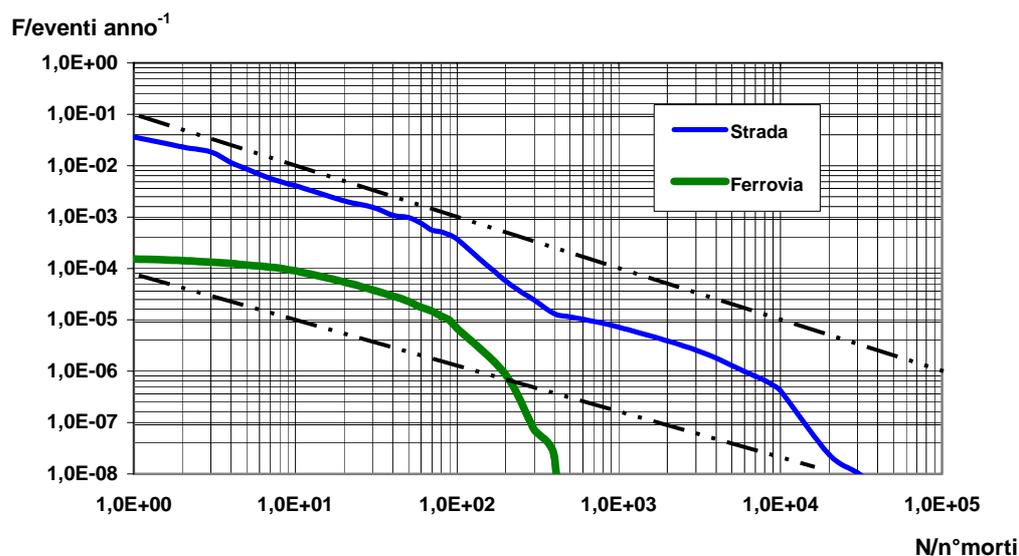


Figura 7. Rischio Sociale e contributi associati alle diverse modalità di trasporto.

L'analisi del rischio ha consentito l'individuazione dei punti critici nel trasporto, ciò è stato possibile scomponendo le rotte percorse dai mezzi come riportato in tabella 2.

Rotta	Tipologia	Origine/Destinazione	Tratta
Rotta 1	Strada	Milazzo-Messina	Unica tratta - Area industriale Milazzo/Messina
Rotta 2	Strada	Priolo-Messina	2a <sub>pr</sub> - Svincolo Messina Bocchetta/Imbarco privati
			2a <sub>fs</sub> - Svincolo Messina Bocchetta/Imbarco FFSS
			2b - Tangenziale Messina (Bocchetta-Tremestieri)
			2c - Svincolo Messina Tremestieri/Barriera Catania
			2d - Tangenziale Catania
			2e - Catania Bicocca/Megera
Rotta 3	Strada	Priolo - Siracusa	Unica tratta - Area industriale Priolo-Augusta/Siracusa
Rotta 4	Ferrovia	Priolo-Messina	4a - Messina/Catania Bicocca
			4b - Catania Bicocca/Lentini
			4c - Lentini/Area industriale Priolo-Augusta
Rotta 5	Strada	Priolo-Gela	Unica tratta - Area industriale Priolo-Augusta / Area industriale Gela
Rotta 6	Ferrovia	Priolo-Gela	Unica tratta - Area industriale Priolo-Augusta/Area industriale Gela
Rotta 7	Strada	Gela-Agrigento	Unica tratta - Area industriale Gela/Agrigento
Rotta 8	Strada	Gela Ragusa	Unica tratta - Area industriale Gela/Ragusa

Tabella 2. Percorsi utilizzati per la movimentazione delle merci pericolose.

### 5.1 Rischio Sociale associato al Trasporto Ferroviario

Analizzando il contributo globale del trasporto ferroviario si sono ottenuti i risultati riportati in figura 8, dove è possibile esaminare quale sostanza e quale tratta contribuiscono maggiormente al rischio. Come si può constatare dai dati in tabella 1, durante l'anno 2000 un numero di ferrocisterne pari a 1200 trasportanti ammoniaca venivano trasferite da Priolo a Gela, il numero di questi vettori si suppone sia in diminuzione a causa di un cambiamento di produzione nel sito di Priolo, ma non esistono dati certi al riguardo; inoltre è ancora possibile osservare un numero di vagoni/anno di GPL pari a 1800 che viene trasferito da Priolo verso Messina ed ha come destinazione il nord d'Italia. L'ammoniaca e il GPL trasportate sono le principali sostanze che contribuiscono al rischio sociale su ferrovia.

L'ammoniaca è una sostanza tossica i cui scenari incidentali di dispersione danno aree d'impatto piuttosto vaste che includono interamente i pochi centri abitati presenti lungo il tracciato ferroviario da Priolo a Gela [5].

Il GPL, sebbene i suoi scenari abbiano aree d'impatto piuttosto limitate, ad eccezione delle VCE associate ai rilasci catastrofici, viene trasportato lungo un percorso che dalla zona sud della città di Catania a Messina si trova interamente in aree densamente abitate.

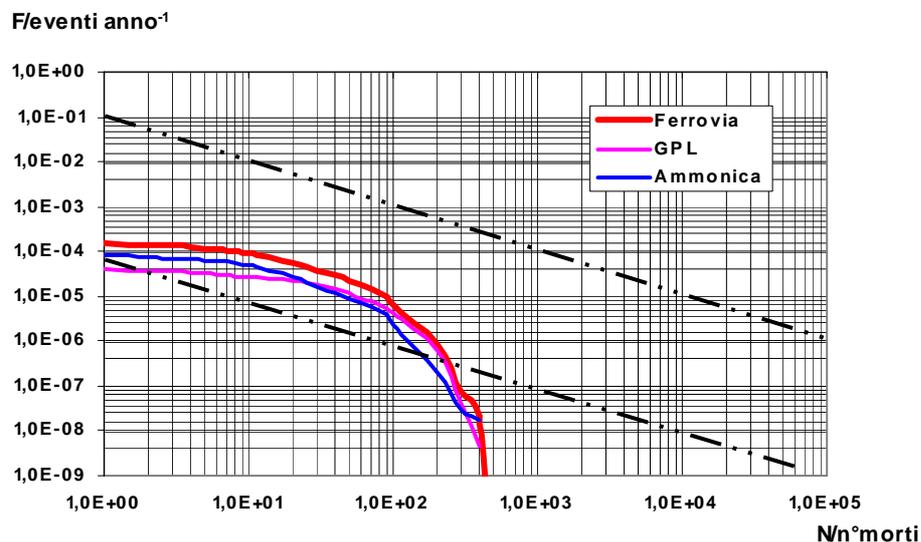


Figura 8. Rischio Sociale per il trasporto ferroviario e contributi associati alle sostanze trasportate.

### 5.1 Rischio Sociale associato al Trasporto Stradale

L'analisi di rischio globale ha evidenziato che la rotta che maggiormente contribuisce al rischio è la Priolo-Messina. È stato constatato che ciò è dovuto all'elevato numero di stabilimenti industriali presenti nell'area di Augusta-Priolo che movimentano sostanze pericolose, inoltre il trasporto riguarda grandi quantitativi di prodotti tossici, cioè sostanze i cui effetti hanno un ampio raggio d'impatto, e che il tragitto percorso dai mezzi interessa le aree più densamente popolate.

Data la criticità della rotta stradale da Priolo-Messina si è proceduto con uno studio più dettagliato analizzando il contributo per sostanza trasportata e per tratta.

In figura 9, è riportato il contributo per sostanza. Le sostanze che contribuiscono maggiormente a incidenti con alte frequenze ma con un numero di morti inferiore a 500 sono gli infiammabili (GPL benzina e gasolio) il cui numero di vettori trasportato annualmente è molto elevato.

Per quanto riguarda gli eventi incidentali con più basse frequenze, ma che provocano un numero di vittime superiore a 500, l'unico contributo è dato dal cloro che, sebbene vengano trasportati un limitato numero di cisterne, è la sostanza che provoca gli scenari peggiori.

Altri contributi significativi, anche se non predominanti, sono quelli associati ai trasporti di ossido di etilene, di acido fluoridrico e di ammoniaca.

La figura 9 mostra che la curva FN associata al cloro si annulla per un numero di vittime pari a 12.000, questa constatazione è un indice della presenza di qualche punto critico presente lungo il tragitto Priolo-Messina e che può essere individuato componendo ulteriormente la rotta in tratte ed analizzandole separatamente.

In figura 10 sono riportati i risultati di rischio sociale associati al cloro ottenuti per tratta. Le curve FN che portano ad alti valori di N sono quelli associati al tratto autostradale che congiunge Tremestieri (zona sud della città di Messina) e la barriera nord di Catania, la tangenziale di Catania e le tratte che congiungono lo svincolo autostradale di Boccetta (punto di accesso alla città di Messina) ai punti di imbarco delle FFSS e delle compagnie private.

Gli alti valori di numeri di morti, cioè gli N compresi tra 500 e 12.000, sono associati a frequenze dell'ordine  $10^{-6}$ - $10^{-7}$ , quindi rientrano nella categoria degli eventi rari. Nonostante la bassa probabilità di questi eventi, è stato effettuato un esame dettagliato del rischio associato ad essi constatando che l'alto valore di N è imputabile, nel caso del tragitto Tremestieri-Catania, all'elevata lunghezza, circa 85 km, mentre per quanto concerne la tangenziale di Catania e le tratte Boccetta-imbarchi all'elevata densità abitativa che

caratterizza l'area attraversata dalle autocisterne. Altra tratta significativa è dal punto di vista dei valori di N è quella della tangenziale di Messina, sebbene in questo caso i valori di frequenze associate siano  $10^{-7} \div 10^{-8}$ .

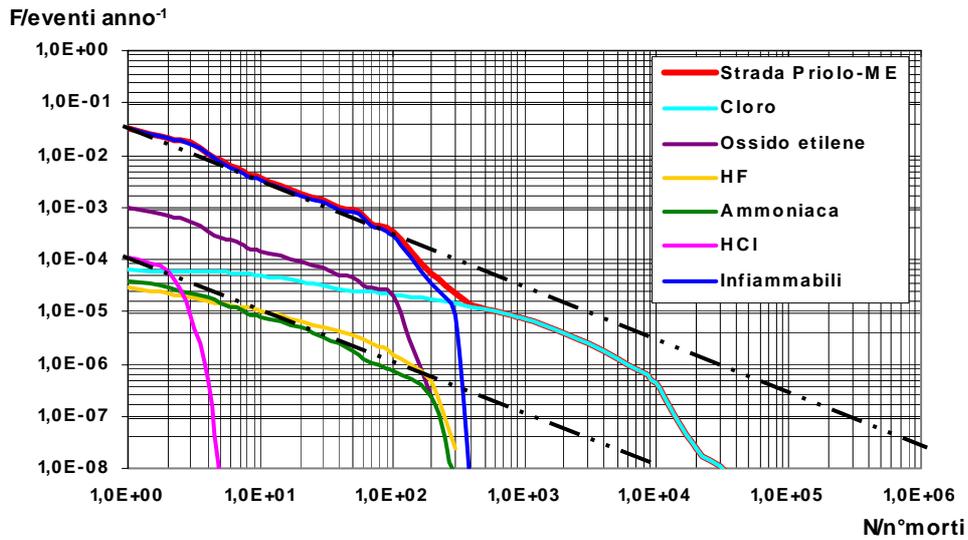


Figura 9. Rischio Sociale per il trasporto stradale e contributi associati alle sostanze trasportate.

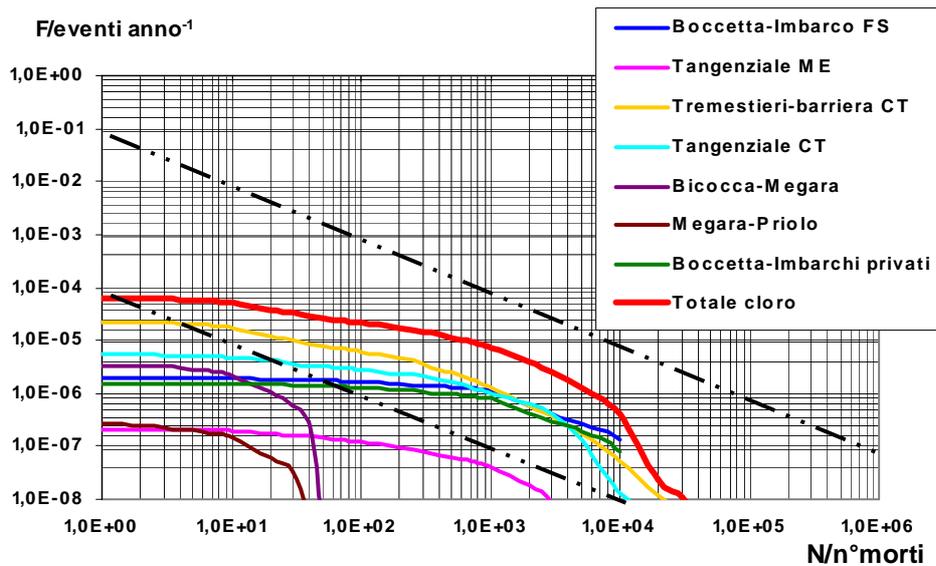


Figura 10. Rischio Sociale per il trasporto stradale di cloro e contributi per tratte.

## 6. CONCLUSIONI

La predisposizione di mappe di rischio su scala regionale può essere di supporto all'applicazione del nuovo Piano regionale dei trasporti emanato di recente dalla Regione Siciliana. Tale Piano in fase attuativa darà priorità al trasporto delle merci e la logistica.

Il presente lavoro ha permesso di valutare in particolare il rischio associato al trasporto di sostanze pericolose su strada e ferrovia mediante un'analisi condotta su scala regionale con l'ausilio del software TRAT-GIS precedentemente testato e validato su casi reali [3].

L'area di studio è limitata alla parte orientale della Regione in quanto maggiormente interessata dal trasporto di sostanze pericolose per la presenza dei tre poli industriali in essa insistenti. Sulla restante parte della Regione tale tipo di trasporto risulta minore e comunque limitato al fabbisogno locale di sostanze combustibili.

I percorsi analizzati sono stati divisi tenendo conto dei principali nodi di collegamento (Milazzo, Messina, Catania, Bicocca, Gela, area industriale di Priolo-Melilli) e, per quanto riguarda lo stradale, della tipologia di tratta (autostrada, statale, provinciale e comunale). Divisi i percorsi in "tratte", si è analizzato il rischio per rotta, per sostanza e per provenienza. Ciò ha permesso di individuare i punti critici presenti sull'area in esame e le sostanze il cui contributo al rischio si è dimostrato più significativo.

I punti critici per il trasporto via strada sono risultati in corrispondenza della tangenziale di Messina (comprese le tratte di collegamento ai terminali marittimi), l'autostrada Messina-Catania in prossimità del casello nord di Catania e tangenziale Catania. Causa di ciò è la maggiore densità abitativa unitamente agli alti valori di flussi di traffico merci pericolose.

Le sostanze che hanno dato maggiore contributo al rischio trasporti sono state: l'ammoniaca su ferrovia [5] il cloro, la benzina e il GPL su strada. In particolare il cloro, pur presentando un basso numero di vettori, nel rischio sociale, valori alti di N pur per bassi valori di frequenza attesi. La benzina e il GPL hanno dato valori interessanti di contributo al rischio oltre che per la loro pericolosità e per l'attraversamento di centri a notevole densità abitativa, anche per l'alto numero di vettori/anno considerati.

Il Piano Regionale dei Trasporti prevede la realizzazione di infrastrutture, quali interporti, aeroporti, sistema stradale e aree di sosta ai margini dei centri urbani, il tutto per incentivare il trasporto combinato strada-ferrovia-mare. Tali scelte influenzeranno notevolmente anche i flussi di trasporto delle merci pericolose. In particolare risulterà «alleggerito» in maniera significativa il percorso Messina-Catania-Bicocca che, alla luce dell'analisi di rischio condotta nel presente lavoro, presenta, nel suo sviluppo, i più importanti punti critici. La realizzazione del Piano, inoltre, influenzerà la tipologia di trasporto che, certamente, si orienterà sempre di più ad un'integrazione strada-ferrovia-mare con l'implementazione del trasporto intermodale in funzione anche delle nuove autostrade del mare che permetteranno di spostare i flussi al di fuori delle rotte intersecanti i centri abitati.

Lo strumento e la metodologia utilizzati nel lavoro saranno applicati per verificare eventuali miglioramenti dei Piani Attuativi di cui si compone il Piano Regionale.

## 7. RINGRAZIAMENTI

Questa ricerca è stata svolta nell'ambito di un progetto di ricerca finanziato dal Gruppo Nazionale Difesa dai Rischi Chimico-Industriali ed Ecologici del Consiglio Nazionale delle Ricerche.

## 8. BIBLIOGRAFIA

- [1] Piano Regionale dei Trasporti e della Mobilità, (2004).
- [2] G. Antonioni, G. Spadoni, Rischi per l'uomo e l'ambiente nel trasporto di sostanze pericolose: il nuovo TRAT, *Convegno «Valutazione e Gestione del Rischio negli Insediamenti Civili ed Industriali», VGR 2002.*
- [3] M.F.Milazzo, R.Lisi, A.Cogode, G.Spadoni, G.Maschio, Valutazione del rischio nel trasporto di merci pericolose in aree urbane: il caso Messina, *Convegno «Valutazione e Gestione del Rischio negli Insediamenti Civili ed Industriali», VGR 2002.*
- [4] G.Antonioni, M.F.Milazzo, G.Maschio, G.Spadoni, Quantitative transport risk analysis on a regional scale: an application of TRAT-GIS to East Sicily, *Accettato all'«European Safety and Reliability Conference, PSMA7/ESREL'04».*
- [5] G.Antonioni, G.Spadoni, M.F.Milazzo, G.Maschio, Major accident risks of hazmat transport by rail between industrial sites. A case study in Sicily, *Accettato al 11<sup>th</sup> International Symposium «Loss Prevention and Safety Promotion in the Process Industries».*
- [6] R. Lisi, M. F. Milazzo, G. Maschio, An application of ARIPAR methodology to manage the risk and the environmental impact in the industrial area of Gela, *Proceeding of ESREL 2003, the European Safety & Reliability International Conference.*