IL SISTEMA INFORMATIVO GEOREFERENZIATO ANPA DEGLI INCIDENTI RELATIVI AL TRASPORTO STRADALE DI MERCI PERICOLOSE

Debora Romoli, Giorgio Palmieri
ANPA Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente
Via Vitaliano Brancati, 48 - 00144 ROMA
e-mail: romoli@anpa.it, palmieri@anpa.it

SOMMARIO

Il trasporto stradale di merci pericolose comporta un rischio per l'uomo e l'ambiente dovuto in misura diretta agli effetti fisici (irraggiamento, sovrappressione e diffusione di sostanze tossiche ed ecotossiche) che le materie trasportate possono produrre in condizioni incidentali e alle frequenze di accadimento degli incidenti stessi.
In letteratura sono reperibili diversi lavori che ne analizzano gli effetti sull'uomo: è più raro che lo studio riguardi gli effetti che vengono a prodursi sull'ambiente. Una valutazione della magnitudo degli effetti ambientali è invece necessaria se si vuole quantificare il rischio ambientale. Per raggiungere questo obiettivo è necessario conoscere in dettaglio "l'ambiente" circostante, le direttrici principali utilizzate nel trasporto stradale delle merci pericolose e le località ove si registrano il maggior numero di incidenti.
Con gli intenti ora esposti si è proceduto a georeferenziare gli incidenti stradali relativi al trasporto di merci pericolose registrati nella Banca Dati *Incidenti Trasporto Merci Pericolose* dell'ANPA.
La memoria illustra il sistema informativo georeferenziato degli eventi incidentali, e presenta, in termini di elaborazioni numeriche e geografiche, i dati riguardanti le conseguenze che essi hanno prodotto in termini di effetti fisici, di danni all'uomo e all'ambiente.

1. INTRODUZIONE

Il sistema informativo georeferenziato degli incidenti relativi al trasporto stradale di merci pericolose trae origine dalla Banca Dati *Incidenti Trasporto Merci Pericolose* dell'ANPA [1] [2]. La fonte dei dati è costituita essenzialmente da articoli pubblicati sui quotidiani e da informazioni tratte dalle agenzie di stampa. La memoria illustra le funzionalità del sistema informativo e presenta alcune elaborazioni riguardanti i dati relativi a 227 incidenti che comprendono anche quelli che non hanno prodotto alcun versamento della sostanza pericolosa trasportata. Il periodo a cui si riferiscono le elaborazioni va dal 1 gennaio 1995 al 31 marzo 2000.
La rappresentazione geografica degli incidenti è stata effettuata impiegando il software ArcView® GIS e per la localizzazione si è tenuto conto di due tematismi di base: le strade e le località comprese nell'ultimo censimento ISTAT (1991). Ognuno dei punti che rappresenta geograficamente la località dove è avvenuto l'incidente è in relazione diretta con la tabella che contiene i dati di dettaglio e con la tabella delle sostanze classificate ADR [3]. La figura 1 illustra le relazioni esistenti tra le varie tabelle e il 'link' che consente la lettura dell'articolo inerente l'incidente.

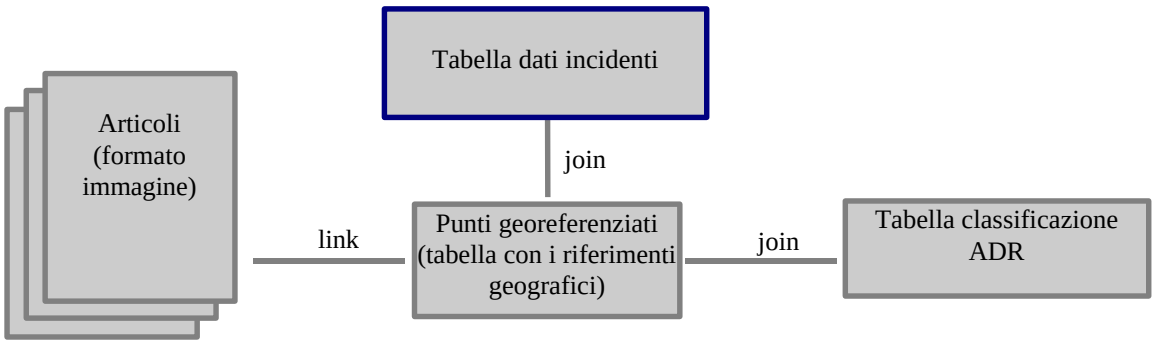

Figura 1 Struttura delle relazioni (join e link)

2. UNA PANORAMICA DEGLI EVENTI INCIDENTALI

Le sostanze classificate per il trasporto sono alcune migliaia e solo una parte di tali merci pericolose è trasportata con regolarità e frequenza significative. Le elaborazioni effettuate sulla base dei criteri di classificazione evidenziano tale aspetto; infatti gli incidenti coinvolgono in larga misura le sostanze infiammabili (carburanti e gas) che notoriamente presentano un numero di trasporti di gran lunga superiore alle altre merci pericolose. La tabella 1 che raggruppa gli incidenti in base a tale criterio mostra che circa il 75% del totale ha riguardato materie infiammabili mentre una percentuale sensibilmente inferiore (circa il 18%) le materie corrosive, le altre materie tra cui le materie tossiche sono comprese in pochi punti percentuali.

Tabella 1 – Classificazione degli incidenti in base alla classe ADR

Classe ADR	Denominazione	n° incidenti	% sul totale
2 F	Gas infiammabili	44	19,4
2 O	Gas comburenti	3	1,3
2 TF	Gas tossici e infiammabili	1	0,4
2 A	Gas asfissianti	6	2,6
3	Liquidi infiammabili	126	55,5
4.1	Solidi infiammabili	1	0,4
4.2	Materie soggette ad accensione spontanea	1	0,4
6.1	Materie tossiche	2	0,9
8	Materie corrosive	42	18,5
9	Materie e oggetti pericolosi diversi	1	0,4
	TOTALE	227	100,0

La tabella 2 mostra i risultati delle elaborazioni effettuate sulla base degli effetti fisici che gli incidenti hanno prodotto: si evidenzia che una percentuale non trascurabile (circa il 10%) ha avuto come conseguenza l'incendio e/o l'esplosione della sostanza trasportata. Tra questi si segnala un caso di un evento particolarmente temuto: il fireball. Tale evento che si esaurisce in pochi secondi, consiste in una vera e propria sfera di fuoco che può raggiungere qualche centinaio di metri di diametro ed è caratterizzato da un irraggiamento che può rivelarsi letale anche a distanza considerevole. Un altro dato significativo è quello relativo agli incidenti nei quali si è verificato il rilascio di sostanze tossiche e/o corrosive tenuto conto del fatto che tali eventi hanno comportato in taluni casi la dispersione in atmosfera della sostanza. Sul totale degli eventi per i quali si è registrato il versamento della sostanza (167), una percentuale significativa pari a circa il 25%, ha comportato un rilascio della materia non limitata alla sola sede stradale. La tabella 3 contiene i dati aggregati in relazione alla matrice ambientale o elemento nel quale si è riversata la materia. E' significativo il dato relativo al numero di eventi che hanno interessato direttamente i corsi d'acqua superficiali e le falde acquifere. Il dato in realtà può trovare una giustificazione considerata l'estensione del sistema idrografico italiano e il numero significativo di viadotti e ponti presenti sulle strade italiane sotto i quali scorrono torrenti e fiumi che in taluni casi sono di rilevante interesse ambientale.

Tabella 2 – Effetti fisici

Effetto fisico	n° incidenti	%
nessun rilascio	60	26,4
rilascio infiammabile	105	46,3
esplosione	2	0,9
esplosione e incendio	2	0,9
incendio	18	7,9
fireball	1	0,4
rilascio corrosivo	34	15,0
rilascio tossico	2	0,9
rilascio asfissiante	2	0,9
rilascio comb spontaneo	1	0,4
TOTALE	227	100,0

Tabella 3 – Versamenti

matrice o elemento	n° incidenti	%
manto stradale	125	74,9
suolo (terreno)	24	14,4
fiume	8	4,8
falda	1	0,6
torrente	2	1,2
fogna	2	1,2
canale	1	0,6
lago	2	1,2
mare	1	0,6
stagno	1	0,6
TOTALE	167	100,0

Le tabelle 4 e 5 mostrano i dati relativi ai danni diretti prodotti sull'uomo (non differiti nel tempo); in tali elaborazioni non sono comprese le conseguenze per l'uomo dovute al solo incidente 'meccanico'. Il numero di vittime relativamente contenuto, dovuto a circostanze estremamente favorevoli e all'azione di contrasto e mitigazione svolta dal Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco, non deve far dimenticare che i presidi di pronto intervento hanno un'efficacia ridotta quando l'evoluzione dell'incidente è estremamente rapida come negli eventi con sviluppo di "fireball" o quando si producono nubi tossiche.

Tabella 4 - Conseguenze sull'uomo - feriti -

n° incidenti	feriti
156	nessuno
5	1
1	34
1	14
1	7
1	4
1	3
1	2

Tabella 5 - Conseguenze sull'uomo - morti -

n° incidenti	morti
157	nessuno
7	1
1	2
1	3
1	5

3. ELABORAZIONI GEOREFERENZIATE

Le elaborazioni che un sistema informativo GIS consente di effettuare sono numerose e si articolano dalla semplice rappresentazione grafica alla più complessa analisi con l'applicazione di modelli per il calcolo delle conseguenze che può tenere conto del territorio circostante il luogo dell'incidente nella costruzione di una scenario completo di dettagli sulla densità della popolazione e sulle matrici ambientali che possono risultarne coinvolte (presenza di falde, aree protette ecc). E' possibile elaborare 'carte tematiche' ad esempio rispetto alle direttrici di traffico "critiche" per tasso di incidentalità scegliendo opportunamente gli elementi geografici (insediamenti abitativi, idrografia, uso del suolo, aree protette ecc.) in riferimento ai quali si desidera valutare l'esistenza di percorsi alternativi. E' quindi possibile impiegare tali elaborazioni per effettuare 'analisi di rischio' mirate a stabilire misure di prevenzione o come strumento di supporto per la revisione della normativa riguardante il trasporto di merci pericolose.
La figura 2 mostra la localizzazione sul territorio italiano dei 167 incidenti considerati nelle precedenti elaborazioni. Si evidenziano alcune zone "calde" e alcune direttrici stradali che fanno capo ad alcune delle principali città italiane nelle quali si concentra la produzione e/o l'utilizzo di alcune merci pericolose. Si osserva che le aree periferiche di Roma e Milano hanno registrato un numero significativo di incidenti e i riquadri A e B ne mostrano le rispettive aree comprese in un raggio di 20 km. La tabella sottostante riporta in sintesi l'effetto fisico dovuto a tali eventi.

Tabella 6 – Effetti fisici di incidenti verificatisi nelle aree periferiche di Milano e Roma

Rilascio Infiammabile	15
Rilascio Materia Corrosiva	3
Rilascio Combustibile spontaneo	1
Incendio	1

Prevalentemente si è registrato il rilascio di sostanze infiammabili dovute al trasporto di carburanti utilizzati nell'autotrazione e un certo numero di eventi nei quali vi è stato il rilascio di sostanze corrosive. Anche sulla base dell'analisi storica degli eventi incidentali che si sono registrati in queste due aree si può affermare che le stesse possono essere considerate come zone "calde", intendendo con tale termine sottolineare il fatto che a tali zone corrisponde un significativo numero di incidenti ed una elevata densità di popolazione.
La figura 3 mostra la carta delle province italiane e il numero degli incidenti che le hanno interessate. Le province che registrano il maggior numero di eventi appartengono alle regioni del centro e del nord dell'Italia; ciò trova giustificazione nell'elevato grado di industrializzazione e urbanizzazione che le caratterizza.
Nelle figure 4 e 5 sono illustrati alcuni tematismi geografici che riguardano due 'direttrici' stradali dove si registra un elevato flusso di automezzi con merci pericolose. Entrambe le carte evidenziano che le strade a cui tali direttrici fanno capo incontrano in un raggio di appena 200 metri un numero significativo di centri abitati, tra i quali figurano le zone periferiche di città come Milano, Firenze e Roma ed intercettano corsi d'acqua

anche di importanza nazionale. La tabella seguente mostra in dettaglio il numero di attraversamenti di corsi d'acqua (torrenti e fiumi) per ciascuna direttrice.

Tabella 7 – Direttrici stradali e attraversamenti di corsi d'acqua

Direttrice	N° di attraversamenti corsi d'acqua	Principali
Ovest-Est	150	Adige, Adda, Oglio, Piave e Tagliamento
Nord-Sud	250	Po, Tevere e Arno

Si è già sottolineato il fatto che il numero di incidenti che ha prodotto il versamento della sostanza in un corso d'acqua è significativo (circa l'8% dei casi di rilascio) e ciò induce a pensare che l'elaborazione può interessare lo studio più generale delle possibili sorgenti di inquinamento ambientale.
Oltre ai due tematismi riguardanti gli insediamenti abitativi e i corsi d'acqua, le due carte contengono la rappresentazione dei contorni dei principali parchi italiani. Riguardo a tali risorse naturali si osserva che la direttrice di traffico ovest-est ne attraversa un numero significativo per un'estensione vicina ai 10 km.
Un maggiore dettaglio nell'esame dei tematismi ora descritti consente di relazionare a tali direttrici alcuni elementi caratteristici del territorio attraversato come la popolazione residente nel raggio di 200 metri dall'asse stradale o la classificazione dei fiumi in relazione alla portata. A tali tematismi è possibile aggiungerne altri come quelli relativi alla presenza di falde di alimentazione dei principali acquedotti ecc. Dall'insieme delle elaborazioni georeferenziate è possibile quindi ricavare una composizione "tipo" per uno scenario di riferimento incidentale, presupposto essenziale per la definizione di un sistema di classificazione delle sostanze pericolose nel trasporto.

4. CONSIDERAZIONI

Il sistema informativo dell'ANPA nel quale sono registrati gli incidenti nel trasporto di merci pericolose pur costituendo una "vista" non necessariamente esaustiva del fenomeno (i dati possono risultare incompleti vista la fonte), consente di estrarre informazioni dalle quali si possono trarre alcune considerazioni.
Esaminando attentamente i singoli scenari incidentali e la loro "possibile" evoluzione non si può non considerare il rischio che tali eventi hanno tenuto in debito conto la densità abitativa e la magnitudo degli effetti che può prodursi a seguito di eventi meno "favorevoli". Recentemente alcuni incidenti occorsi in alcune gallerie autostradali [4] hanno dimostrato che il termine rischio associato a frequenze e probabilità di accadimento estremamente basse può risultare inadeguato ad una stima corretta di quello che comunemente è inteso come rischio accettabile dal momento che possono invece avere luogo incidenti che presentano una bassa probabilità di accadimento ma le cui conseguenze possono essere disastrose.

5. CONCLUSIONI

Nel passato più o meno recente diversi Istituti [5] [6], hanno lavorato alla raccolta e all'elaborazione dei dati relativi agli incidenti nel trasporto di merci pericolose. Tali Istituti sono stati mossi da diverse finalità: prevenzione, studio comparato sulla sicurezza ecc.
L'ANPA, nel realizzare il sistema informativo presentato con questa memoria, aveva l'obiettivo di dotarsi di uno strumento di conoscenza orientato a fornire informazioni considerate basilari (scenari incidentali, frequenze di accadimento ecc.) nel processo di revisione del sistema di classificazione [7] [8] delle merci pericolose in relazione ai rischi per l'ambiente. Il sistema informativo ha inoltre permesso all'ANPA di assolvere ad alcuni compiti d'Istituto ai quali è stata chiamata, contribuendo a fornire elementi utili alle Istituzioni che sono preposte alla definizione dei programmi generali riguardanti il trasporto di merci pericolose.

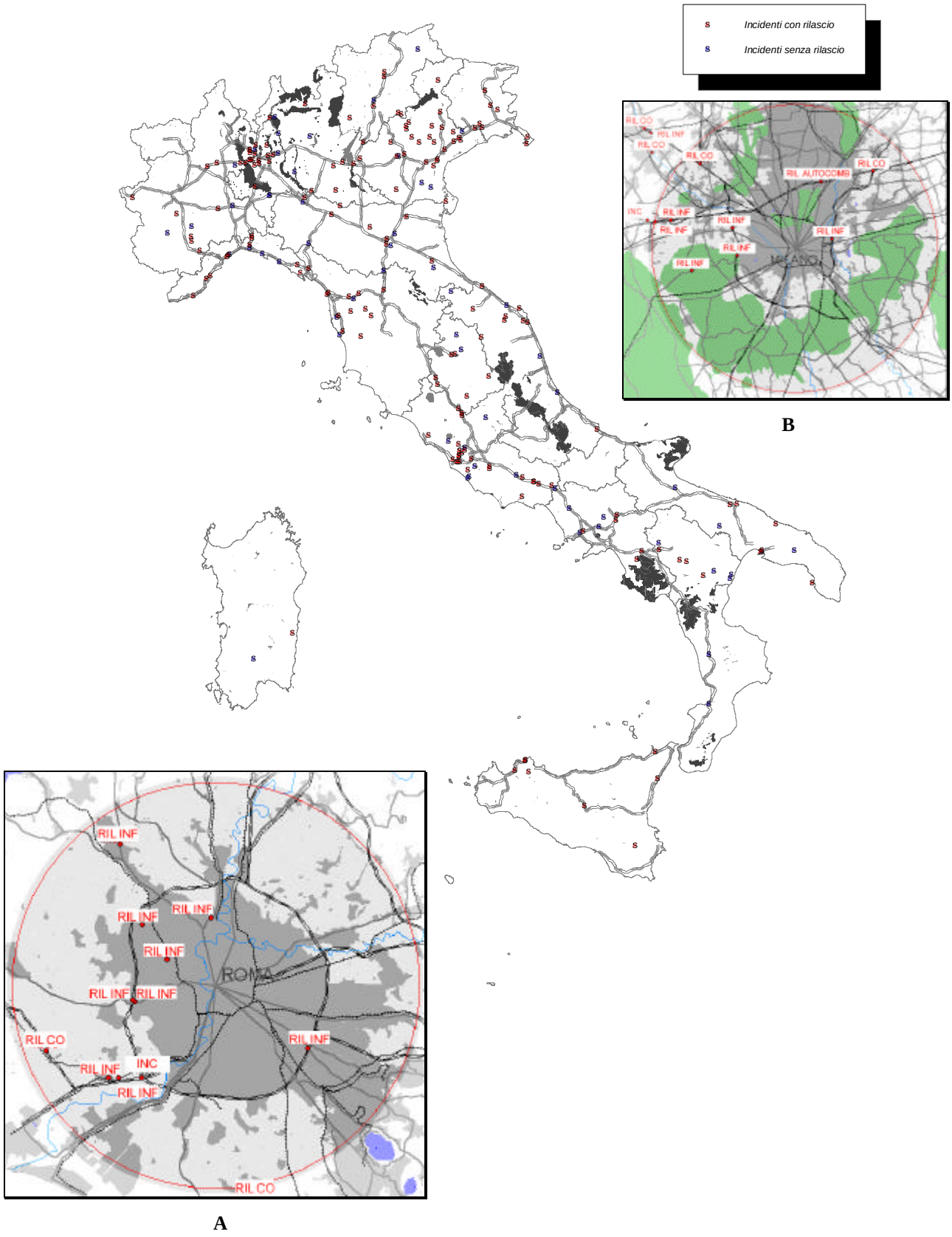

Figura 2 - Incidenti Stradali nel Trasporto di merci pericolose 1995 - marzo 2000

A: zona periferica di Roma; B: zona periferica di Milano

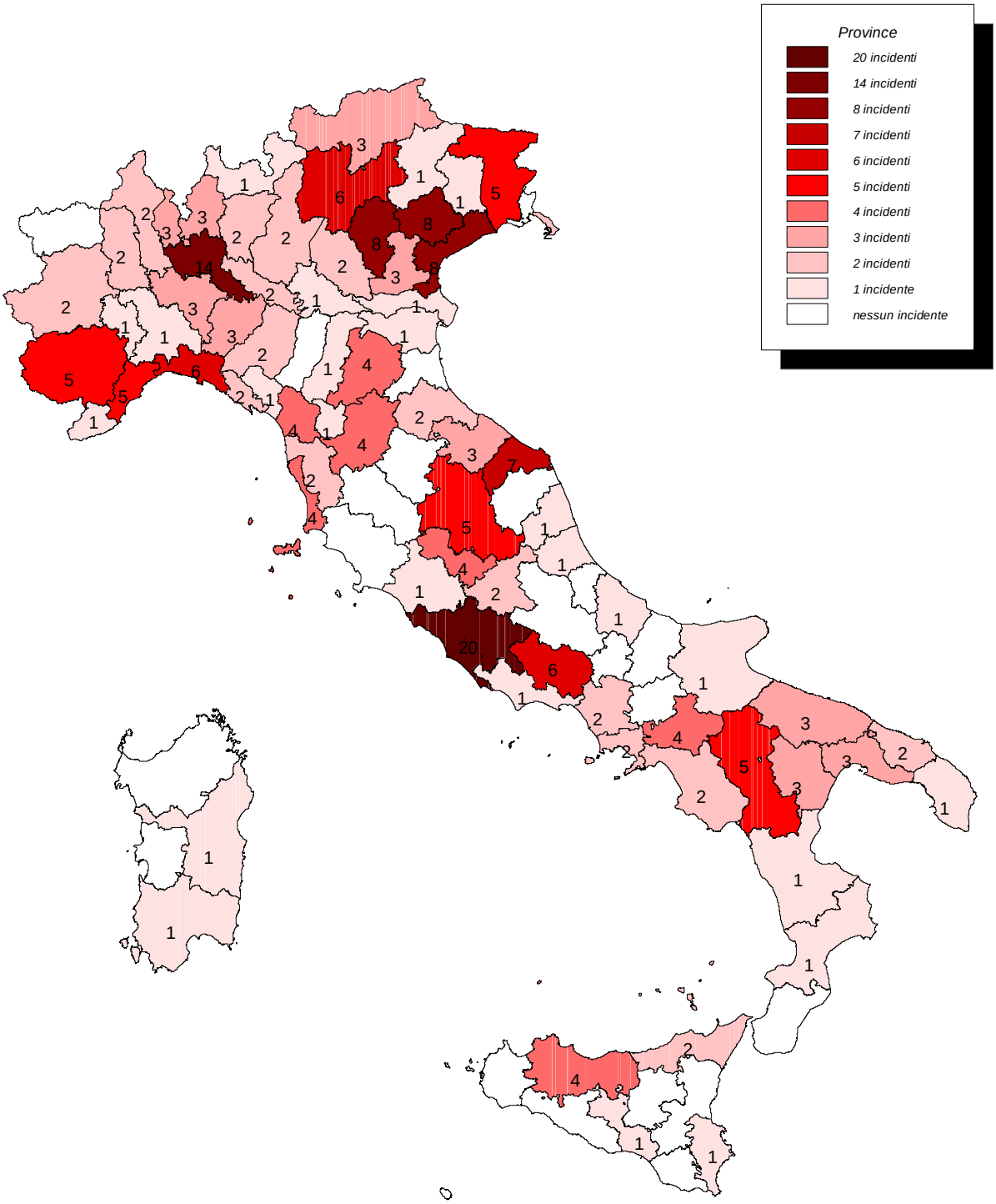

Figura 3 – Distribuzione degli incidenti nelle province italiane

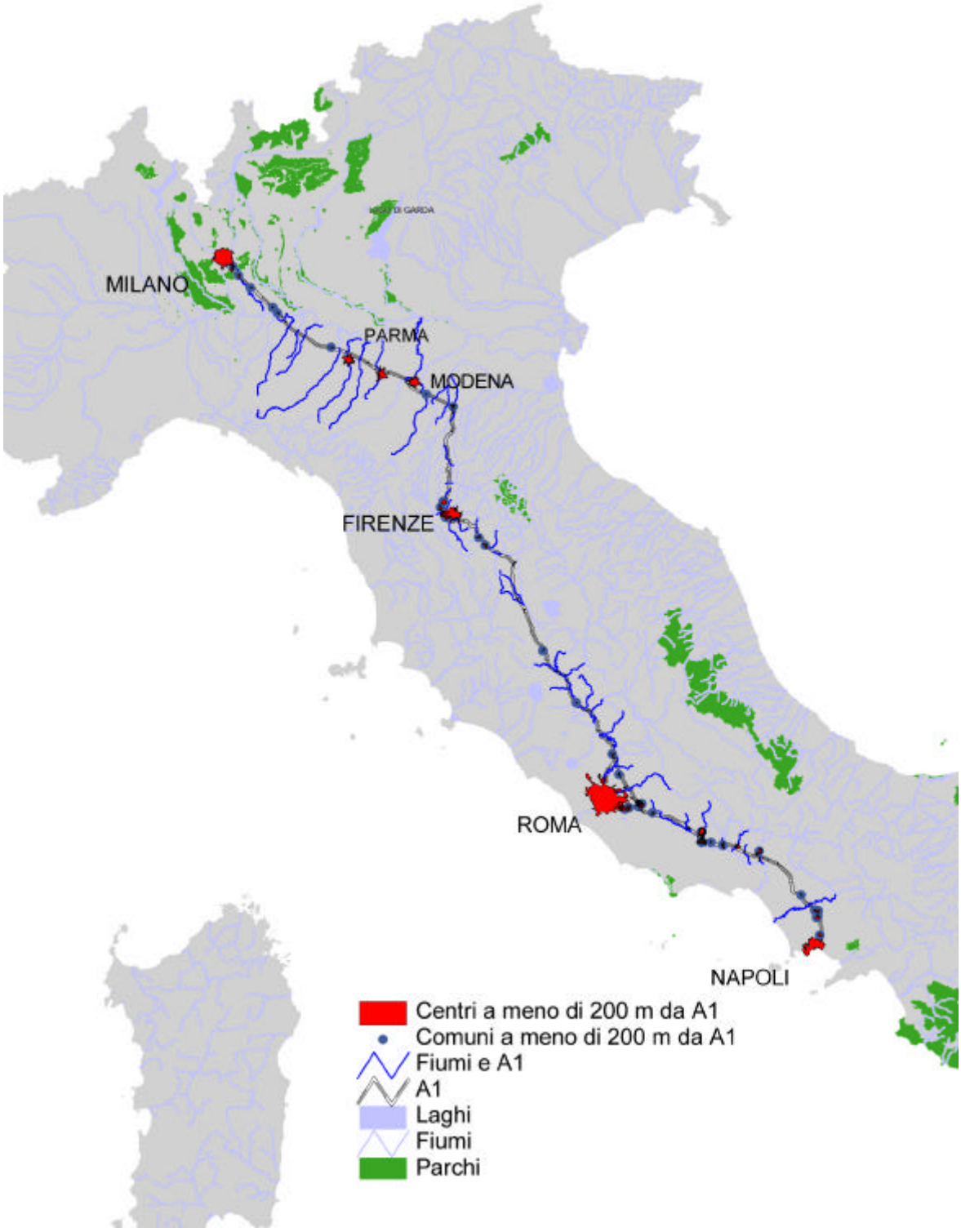

Figura 4 - Direttrice Nord - Sud del traffico di merci pericolose, centri abitati e fiumi attraversati.

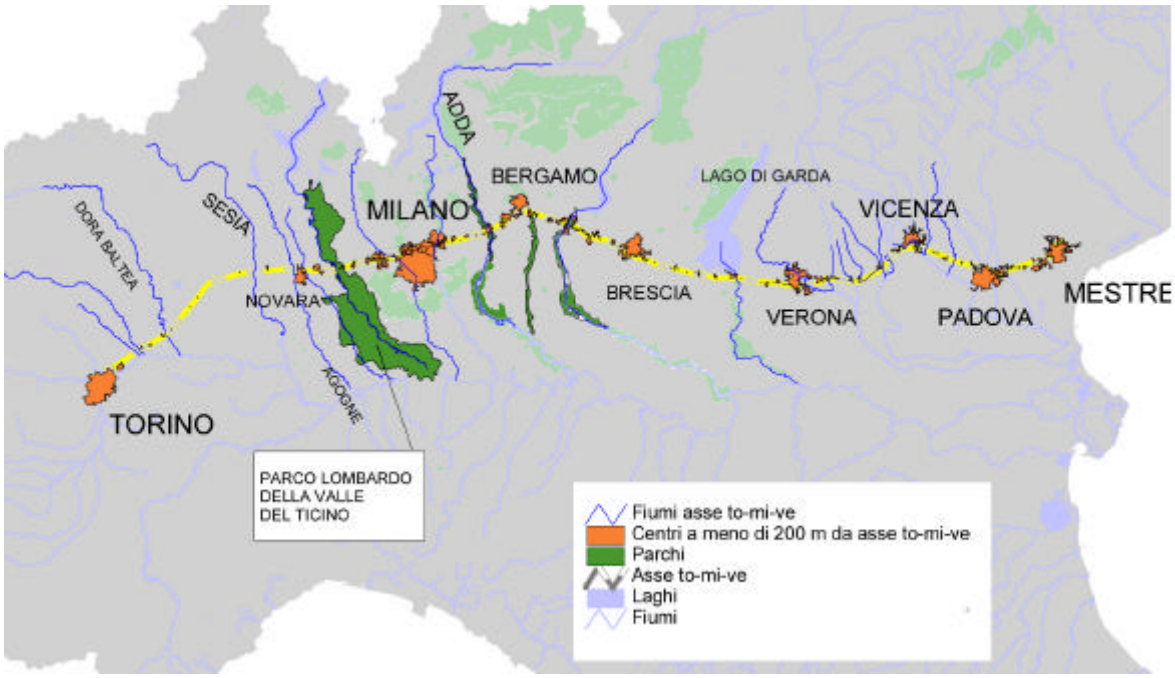

Figura 5 - Direttrice Ovest - Est del traffico di merci pericolose, centri abitati, fiumi e parchi attraversati.

BIBLIOGRAFIA

[1] G. Palmieri, D. Romoli, Georeferenzazione di alcuni incidenti stradali relativi al trasporto di merci pericolose, ANPA RTI 2/99 - AMB-NOCS.

[2] D. Esposito, A. Ricchiuti, La banca dati incidenti rilevanti dell'ANPA, ANPA RTI 2/98-AMB-RISC/ARIS.

[3] European Agreement concerning the international carriage of dangerous goods by road (ADR) and protocol of signature, Volume I and II, United Nations, New York and Geneva, 1998.

[4] 2a Conferenza su : Protezione contro il rischio di incendio nelle gallerie ferroviarie e stradali, CNR e Presidenza del Consiglio, Giugno 1999.

[5] L. Ferroni, N. Restuccia, Analisi della tipologia e della distribuzione sul territorio di incidenti coinvolgenti il trasporto di sostanze pericolose, Atti del convegno VGR 98, Pisa.

[6] P. Haastrup, K. Rasmussen, Volume of hazardous goods in northern Italy a small empirical study of road transports, JRC TECHNICAL NOTE ISEI/SER/2300/92.

[7] D. Romoli, Scenari incidentali per il trasporto di gas liquefatti (I parte gas infiammabili), ANPA RTI 3/97-AMB-NOCS.

[8] D. Romoli, Scenari incidentali per il trasporto di gas liquefatti (I parte gas tossici), ANPA RTI 1/99-AMB-NOCS.