



Università degli Studi "Federico II" di Napoli  
Dottorato di Ricerca in  
Ingegneria delle Reti Civili e dei Sistemi Territoriali - XIX Ciclo  
Indirizzo: Governo dei Sistemi Territoriali

*Tesi di Dottorato*

"SISTEMI URBANI ED EVENTI NA-TECH. UN CONTRIBUTO URBANISTICO ALLA  
MESSA A PUNTO DI METODI E TECNICHE PER LA CONOSCENZA, LA PREVENZIONE  
E LA MITIGAZIONE"



Candidato: ing. Massimiliano Pistucci

Tutor: prof. arch. Adriana Galderisi

in copertina: “Earthquake Structural Damage Assessment. August 1999 - Temporal Difference  
Image - Izmit, Turkey”  
Fonte: [www.npagroup.com](http://www.npagroup.com)

# SISTEMI URBANI ED EVENTI NA-TECH. UN CONTRIBUTO URBANISTICO ALLA MESSA A PUNTO DI METODI E TECNICHE PER LA CONOSCENZA, LA PREVENZIONE E LA MITIGAZIONE

## SOMMARIO

### INTRODUZIONE

- 1 GLI EVENTI NA-TECH: DEFINIZIONI
  - 1.1 Cos'è un evento na-tech?
  - 1.2 Diffusione e rilevanza degli eventi na-tech
- 2 IMPATTI DEI NA-TECH SUI SISTEMI URBANI E TERRITORIALI: I CASI DI STUDIO
  - 2.1 Descrizione dei casi-studio
  - 2.2 Un approfondimento su tre eventi na-tech
  - 2.3 La matrice per la lettura e il confronto dei casi
- 3 APPROCCI E APPROFONDIMENTI SCIENTIFICI: LO STATO DELL'ARTE DELLA RICERCA
  - 3.1 Studi e ricerche sui na-tech
  - 3.2 Studi e ricerche sul multi-rischio
  - 3.3 I necessari avanzamenti
- 4 EVENTI NA-TECH, RISCHI NATURALI E TECNOLOGICI: IL QUADRO NORMATIVO
  - 4.1 Il quadro normativo in materia di rischi naturali e tecnologici in Europa e in Italia
  - 4.2 Le norme sui rischi di incidente rilevante
- 5 GOVERNO DELLE TRASFORMAZIONI URBANE E TERRITORIALI ED EVENTI NA-TECH: STRUMENTI E PRATICHE
  - 5.1 Strumenti di governo delle trasformazioni urbane e territoriali e rischi naturali e tecnologici in Italia e in Francia
  - 5.2 Pratiche di governo delle trasformazioni urbane e territoriali e rischi naturali in Italia e in Francia
  - 5.3 Pratiche di governo delle trasformazioni urbane e territoriali e rischi tecnologici in Italia
  - 5.4 La gestione dei rischi na-tech
- 6 DALLA CONOSCENZA ALLA MITIGAZIONE DEGLI EVENTI NA-TECH: UNA PROPOSTA DI METODO
  - 6.1 La selezione delle "aree di priorità"
  - 6.2 La prefigurazione delle catene di eventi, impatti e danni
  - 6.3 Le strategie urbanistiche per la prevenzione e la mitigazione dei fenomeni na-tech

- 7 LA VERIFICA DEL METODO: UN'APPLICAZIONE SPERIMENTALE  
NELLA PROVINCIA DI NAPOLI
- 7.1 Le “aree di priorità” nella Provincia di Napoli
  - 7.2 Gli scenari di eventi, impatti e danni nel Comune di Casalnuovo
  - 7.3 Le strategie urbanistiche per la prevenzione e la mitigazione di eventi na-tech  
nel Comune di Casalnuovo

CONCLUSIONI

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

INDICE

INDICE DELLE FIGURE

INDICE DELLE TABELLE

## INTRODUZIONE

Terremoti, alluvioni, tsunami e tornado sono solo alcuni dei possibili eventi naturali che possono colpire territori e comunità, causando ingenti danni ai beni materiali e perdite in termini di vite umane.

L'intensa urbanizzazione del territorio comporta inevitabilmente la presenza dell'uomo in aree esposte a tali fenomeni. Se lo sviluppo dei sistemi urbani e territoriali non è basato su un'elevata conoscenza delle dinamiche naturali (Marsh, 1988; Mc Harg, 1997), molto alta è la probabilità che un evento naturale, seppur di piccola intensità, possa tramutarsi in disastro, causando grandi perdite.

Inoltre, se tra i bersagli dell'evento naturale ci sono elementi che potenzialmente possono essere fonte di incidenti tecnologici, è probabile l'innescarsi di catene di eventi, impatti e danni devastanti per il sistema urbano o territoriale investito e totalmente diversi da quelli causati dal solo evento naturale. Tali catene di eventi, impatti e danni prendono il nome di eventi na-tech.

La prima definizione in letteratura di evento na-tech è stata fornita da due ricercatrici americane, Showalter e Myers, nel 1992: un disastro naturale che crea una catastrofica calamità tecnologica (Showalter e Myers, 1992).

Alla luce degli studi successivi (Clerc e Le Claire, 1994, Lindell e Perry, 1996; Menoni, 1997), si può affermare che la definizione di evento na-tech oggi maggiormente condivisa in ambito scientifico, ed a cui questo studio fa riferimento, è quella di "incidenti tecnologici innescati da disastri naturali".

In particolare, gli eventi na-tech includono l'insieme degli incidenti tecnologici, quali esplosioni, incendi e rilasci tossici, che possono verificarsi all'interno di complessi industriali, lungo reti di distribuzione o anche all'interno di laboratori che trattano materiali pericolosi, in conseguenza di eventi calamitosi di origine naturale (terremoti, tsunami, alluvioni, etc.).

Sebbene si possa pensare che tali combinazioni di eventi abbiano una probabilità di accadimento trascurabile, molti studi (MAHB, 2003; Young, 2002) confermano che in realtà il numero e l'intensità degli eventi na-tech è in costante crescita anche a seguito dello sviluppo e dell'aumento di complessità degli insediamenti umani esposti alle catastrofi naturali. L'aumento di tali eventi è funzione della commistione

di usi del suolo tra loro incompatibili e della localizzazione di attività pericolose in aree esposte a fattori di pericolosità naturale.

Solo a partire dagli anni Novanta, “l’assunzione del paradigma di sostenibilità dello sviluppo come criterio informatore delle scelte di pianificazione alle diverse scale [...] ha condotto a porre la salvaguardia dell’integrità fisica del territorio come priorità indiscussa dell’azione di governo” (Galderisi, 2004). Parallelamente, si sta assistendo ad un graduale, seppur lento, passaggio, almeno in ambito scientifico, da una cultura dell’emergenza ad una cultura della prevenzione e mitigazione dei possibili impatti di eventi potenziali (Papa, 2004). Tale passo è essenziale per il definitivo inserimento delle tematiche relative alla riduzione dei rischi negli strumenti ordinari di governo delle trasformazioni urbane e territoriali.

#### *Finalità e obiettivi*

In caso di evento na-tech, i sistemi urbani e territoriali devono far fronte contemporaneamente a differenti tipologie di sollecitazioni (naturale e tecnologica) con impatti eterogenei sugli elementi esposti. Ai danni fisici dovuti all’evento naturale innescante si aggiungono danni derivanti dall’impatto dell’incidente tecnologico. Il numero di bersagli coinvolto nell’impatto e la complessità delle relazioni di interdipendenza tra di essi inducono danni sistemici aggiuntivi.

Catastrofi naturali ed incidenti tecnologici, inoltre, presentano spesso areali di impatto totalmente differenti. Anche per questa caratteristica, un fattore di pericolosità naturale (ad esempio, un terremoto o un’alluvione) può innescare più incidenti tecnologici, simultaneamente, su un’ampia area, con conseguenze che possono estendersi ad aree anche molto distanti dal punto di innesco (un inquinante trasportato da una piena, ad esempio), con conseguenze difficilmente prevedibili a priori. Tale insieme di eventi contestuali e contemporanei comporta, inoltre, un notevole sovraccarico per il sistema di risposta all’emergenza, in generale dimensionato per far fronte a singole emergenze.

È evidente, quindi, che lo studio degli eventi na-tech non può essere riferito ad una sola scala territoriale, ma deve comprendere indagini sia alla scala locale, riferite all’areale d’impatto dell’incidente tecnologico, che alla scala territoriale, per definire eventuali “effetti a distanza” dell’evento e per indagare sulla localizzazione e

distribuzione delle dotazioni (attrezzature ospedaliere, caserme dei Vigili del Fuoco), necessarie a garantire la capacità di risposta del sistema colpito all'evento.

Le peculiari caratteristiche degli eventi na-tech evidenziano l'inadeguatezza dei correnti approcci multi-hazard o multi-rischio, basati sulla sovrapposizione di mappe di pericolosità o di rischio elaborate attraverso approcci settoriali. Sembrano invece più efficaci studi mirati alla prefigurazione di catene di eventi, impatti e danni che possono generarsi dall'interazione tra evento naturale innescante e incidente tecnologico. Poche sono le esperienze finora sviluppate in questa direzione; tale carenza è motivata dalla complessità di "catene di eventi, alberi di guasti difficilmente indagabili a priori nella loro completezza, talora ardui da immaginare prima che si verifichino" (Treu, 1997).

Sulla base delle considerazioni esposte, il lavoro di ricerca è stato, quindi, orientato alla messa a punto di metodi e tecniche per la conoscenza e la prefigurazione di eventi na-tech a supporto della definizione di strategie urbanistiche per la prevenzione e mitigazione di tali eventi.

I principali obiettivi che la ricerca ha perseguito sono stati:

- la messa a punto di uno stato dell'arte sulle conoscenze disponibili in letteratura sui na-tech e sulle norme e le pratiche ad essi riferite;
- la definizione di metodi e tecniche per la prefigurazione delle principali catene di eventi, impatti e danni che caratterizzano gli eventi na-tech;
- l'individuazione di strategie ed azioni di tipo urbanistico per la prevenzione e mitigazione di eventi na-tech.

#### *Fasi e contenuti*

In base agli obiettivi delineati, il lavoro di ricerca è stato strutturato in tre fasi principali: una fase di conoscenza, una fase di metodo ed una di verifica sperimentale del metodo proposto.

Nella prima fase, il lavoro di ricerca è stato orientato alla raccolta e alla sistematizzazione della letteratura scientifica relativa ai fenomeni na-tech, al fine di individuare e classificare le diverse tipologie di fenomeni composti, naturali e tecnologici. Tale approfondimento è stato necessario per definire un quadro delle molteplici accezioni attribuite al termine na-tech, sin da quando esso è stato

“coniato” per la prima volta nel 1992. Come testimoniano alcuni recenti lavori (Steinberg, 2006), alla breve storia scientifica di tale argomento corrisponde, infatti, una definizione non ancora univoca ed un’incertezza su quali siano le tipologie di eventi che possano essere definiti na-tech. È stato quindi necessario individuare ed esaminare le diverse definizioni, anche al fine di chiarire a priori la tipologia di eventi cui riferire il lavoro.

La raccolta e sistematizzazione degli studi relativi ai na-tech ha anche evidenziato che, a fronte di numerosi approfondimenti relativi alla casistica e alla distribuzione spaziale di tali eventi, si riscontra a tutt’oggi una sostanziale assenza di metodi e tecniche per l’analisi e la valutazione degli eventi na-tech e, in particolare, per la prefigurazione delle catene di eventi, impatti e danni che li caratterizzano, sia a scala vasta che locale.

Si è quindi proceduto alla raccolta di casi studio relativi ad eventi na-tech. L’analisi dei casi studio ha riguardato, anzitutto, l’approfondimento di dieci eventi na-tech comprendenti disastri tecnologici indotti da differenti disastri naturali (terremoti, alluvioni, uragani, tsunami, etc.), con l’obiettivo di evidenziare le principali caratteristiche di tali eventi e i principali bersagli coinvolti. Successivamente, si è proceduto ad un’analisi di dettaglio di tre dei dieci casi esaminati, innescati da un evento sismico, al fine di mettere in luce le principali catene di eventi e impatti che li hanno caratterizzati e la tipologia di danni (fisici, funzionali, diretti e indotti) da essi provocati.

Ancora nella prima fase, data la mancanza riscontrata sia a livello europeo che nazionale, di norme e strumenti specificamente rivolti alla prevenzione e mitigazione di eventi na-tech (Cruz et al., 2004), è stato messo a punto un quadro conoscitivo delle norme europee e nazionali con riferimento sia ai rischi naturali che tecnologici. Inoltre, è stata effettuata una rassegna degli strumenti e delle pratiche prevalentemente indirizzate alla prevenzione e mitigazione dei rischi naturali e tecnologici con riferimento sia al contesto italiano che a quello francese.

La prima fase è stata sviluppata prevalentemente durante il primo anno di lavoro, sebbene l’aggiornamento dello stato dell’arte sia stato costante per tutto il periodo del Dottorato. Lo studio dei na-tech, infatti, sta avendo proprio in questi ultimi anni uno spazio crescente nel dibattito scientifico internazionale, come dimostrano i molti

convegni in cui di recente sono state dedicate sessioni monotematiche ai fenomeni na-tech (EGU, 2006; IDRC, 2006; IIASA-DPRI, 2006). La partecipazione a tali eventi e la conseguente raccolta di materiali ha, quindi, fornito importanti stimoli per lo sviluppo e l'aggiornamento costante del lavoro di tesi.

Le conoscenze maturate nella prima fase del lavoro hanno messo in luce alcune questioni che hanno guidato l'impostazione della seconda fase che è stata sviluppata prevalentemente durante il secondo anno di lavoro e si è protratta per gran parte del terzo anno. In tale fase, si è delineata un'ipotesi di metodo per l'individuazione e la gerarchizzazione delle aree potenzialmente interessate da eventi na-tech e per la prefigurazione di catene di eventi, impatti e danni a supporto di strategie urbanistiche volte alla prevenzione e alla mitigazione di tali eventi. In particolare tale metodo è stato messo a punto a partire da dati empirici riferiti ai tre casi di incidenti tecnologici innescati da eventi sismici approfonditi nella prima fase di lavoro.

Il percorso di lavoro è stato strutturato in relazione a due scale territoriali:

- una scala provinciale o regionale, rispetto alla quale sono stati forniti criteri per l'individuazione e la gerarchizzazione delle aree in ragione del potenziale di innesco di un evento na-tech e delle caratteristiche di esposizione del territorio potenzialmente investito;
- una scala locale, rispetto alla quale sono state delineate tecniche e strumenti per la prefigurazione di possibili catene di eventi na-tech.

Successivamente sono stati messi a punto criteri per l'individuazione e la gerarchizzazione di strategie urbanistiche per la prevenzione e la mitigazione degli eventi na-tech con riferimento ad entrambe le scale territoriali considerate.

In particolare, alla scala vasta, si è proceduto alla messa a punto di un metodo speditivo che consentisse di:

- individuare le aree in cui sussistono le condizioni per l'innesco di eventi na-tech, attraverso la sovrapposizione di mappe di pericolosità e la localizzazione di elementi capaci di innescare incidenti rilevanti;
- definire le caratteristiche di esposizione delle aree potenzialmente interessate da eventi na-tech a partire dall'individuazione dei principali elementi esposti e dalla definizione di parametri di misura delle caratteristiche di esposizione;

- gerarchizzare le aree in ragione del potenziale di innesco di eventi na-tech e delle caratteristiche di esposizione del territorio interessato, attraverso l’impiego di matrici di confronto.

A scala locale, invece, il metodo è stato prevalentemente orientato:

- alla strutturazione e rappresentazione dei molteplici elementi e delle molteplici relazioni che caratterizzano un evento na-tech;
- alla individuazione di elementi e catene principali e alla loro riarticolazione in chiave temporale;
- alla quantificazione dei danni correlati alle catene di eventi e impatti prefigurate.

L’aggiornamento della fase conoscitiva, il confronto costante con il tutor, la possibilità di effettuare un periodo di studio in Giappone presso il Disaster Prevention Research Institute dell’Università di Kyoto hanno fornito i principali input per la messa a punto ed il perfezionamento del metodo proposto.

Durante il terzo anno, inoltre, parallelamente alla messa a punto del metodo è stata sviluppata la terza fase del lavoro, di verifica sperimentale. Il metodo elaborato è stato testato sulla Provincia di Napoli ed ha condotto all’individuazione delle “aree di priorità” sulle quali approfondire le indagini a scala locale. L’area di studio a scala locale è stata individuata nel Comune di Casalnuovo, classificata come zona sismica “2” (livello di pericolosità medio) secondo l’Ordinanza PCM 3274/2003, caratterizzata dalla presenza di un deposito di GPL al centro di un’area residenziale densamente abitata. In riferimento alle principali catene di eventi, impatti e danni individuate e alla stima dei possibili danni fisici e funzionali conseguenti all’evento na-tech considerato, sono state delineate possibili strategie urbanistiche di prevenzione e mitigazione.

### *Risultati conseguiti*

Il lavoro di tesi svolto nei tre anni del Dottorato di Ricerca rappresenta un primo contributo all’approfondimento delle conoscenze su fenomeni, fino ad oggi scarsamente indagati soprattutto in ambito nazionale, quali gli eventi na-tech.

Il lavoro proposto non ha la pretesa di connotarsi come un “prodotto finito”; anzi, la conoscenza approfondita dei fenomeni na-tech ha messo in luce la complessità di tali eventi e la necessità di proseguire il lavoro di ricerca su tali tematiche sia mediante

approfondimenti del metodo proposto, sia attraverso applicazioni del metodo in contesti differenti, al fine di testarne la trasferibilità e l'efficacia.

Va sottolineato che il metodo proposto è frutto di un percorso articolato di sperimentazione di differenti tecniche di analisi per lo studio dei fenomeni na-tech e delle catene di eventi, impatti e danni che li caratterizzano (dalle analisi multi attributo per il confronto di dati eterogenei, alle tecniche fuzzy per la trattazione delle molteplici incertezze insite nella definizione degli areali d'impatto). Questi approfondimenti sono stati oggetto di comunicazioni a convegni nazionali e internazionali e hanno condotto comunque a risultati utili alla strutturazione del metodo di lavoro proposto.

In definitiva, i principali risultati del lavoro di ricerca svolto in questi tre anni possono essere così riassunti:

- un quadro conoscitivo della letteratura scientifica sui na-tech, delle norme relativi ai rischi naturali e tecnologici, degli strumenti e delle pratiche urbanistiche per la prevenzione e mitigazione dei rischi naturali e tecnologici;
- tecniche per la prefigurazione delle principali catene di eventi, impatti e danni che caratterizzano gli eventi na-tech;
- criteri per l'individuazione e la gerarchizzazione di strategie ed azioni di tipo urbanistico per la prevenzione e mitigazione di eventi na-tech.

*Il terremoto aveva messo fuori uso molti sistemi antincendio, e proiettili di etilene infuocato e lingue di benzene in fiamme avevano incendiato i serbatoi di stoccaggio. Un'esplosione apparentemente provocata dal nitrato d'ammonio aveva raso al suolo le linee di lavorazione che forse altrimenti non sarebbero bruciate. Nubi bianche avevano riversato una pioggia di acido nitrico, acido cloridrico e reagenti organici, idrocarburi e alogeni che si erano combinati in un ambiente dalla temperatura elevata e dal pH basso quanto la superficie di Venere, ma di gran lunga più tossico. Il pennacchio di vapore, raffreddandosi e spostandosi, era calato sui quartieri residenziali, lasciando un residuo oleoso su tutto ciò che toccava*

JONATHAN FRANZEN

# 1 GLI EVENTI NA-TECH: DEFINIZIONI

- 1.1 Cos'è un evento na-tech?
- 1.2 Diffusione e rilevanza degli eventi na-tech

## 1.1 Cos'è un evento na-tech?

La prima definizione in letteratura di evento na-tech è stata fornita da due ricercatrici americane Showalter e Myers nel 1992: un disastro naturale che crea una catastrofica calamità tecnologica (Showalter e Myers, 1992). Molte sono le tipologie di eventi tecnologici cui fa riferimento tale definizione: la possibile esplosione di una bombola di propano trasportata dalle acque di un'alluvione, le perdite di gasolio da serbatoi danneggiati da un terremoto, la rottura di linee elettriche durante un uragano che induce incendi ed esplosioni di sostanze chimiche non più opportunamente refrigerate o agitate, i rilasci di materiali chimici pericolosi da container ribaltati da un tornado, etc.

Successivamente, nel 1994, in un documento delle Nazioni Unite (Clerc e Le Claire, 1994), gli eventi na-tech sono stati definiti come “disastri sinergici”, scaturiti dalla connessione tra disastri naturali e tecnologici. Tale definizione si discosta di poco da quella del 1992; il documento propone tuttavia un'articolazione di tali eventi in tre categorie: na-tech veloci, lenti e “a spirale” (*spiraling na-tech*).

Ciascuna di queste definizioni è contraddistinta da una diversa relazione tra disastri naturali e tecnologici in termini di agente innescante e contesto temporale.

I na-tech veloci sono quei fenomeni cui si riferiscono anche Showalter e Myers, ossia fattori di pericolosità naturale che causano incidenti tecnologici.

Con l'espressione na-tech lenti ci si riferisce, al contrario, all'influenza delle attività dell'uomo sulle condizioni di pericolosità naturale in un certo territorio. Alcuni esempi di na-tech lenti sono l'inquinamento di acqua, aria e suolo, la conseguente alterazione delle condizioni ambientali, il sovraccarico o la gestione inappropriata di una risorsa ma, anche, le guerre ed i conflitti (Clerc e Le Claire, 1994).

Può altresì accadere che eventi na-tech di tipo veloce o lento siano collegati tra loro dando vita a catene di eventi più complesse. Questo tipo di fenomeni sono detti na-tech “a spirale”, così chiamati proprio perché partono da eventi potenzialmente non dannosi, conducendo a catastrofi difficilmente prevedibili. La deforestazione, ad esempio, può essere causa di alluvioni che possono innescare un na-tech veloce, nel caso investissero un impianto produttivo a rischio di incidente rilevante.

L'approccio omnicomprensivo su cui si basa la definizione di na-tech a spirale è utile all'identificazione di dipendenze tra fattori che a prima vista possono sembrare non correlati come, ad esempio, le politiche di uso del suolo. Alla luce di tale considerazione, il concetto di na-tech a spirale può assumere un ruolo cardine per l'implementazione di uno sviluppo sostenibile (Clerc e Le Claire, 1994).

Lindell e Perry (1996), a seguito del terremoto del 1994 di Northridge, focalizzano la loro attenzione su un particolare tipo di na-tech, ovvero i rilasci di materiali pericolosi causati da terremoti (Earthquake-Initiated Hazardous materials Releases, EIHRs) considerando, oltre ai danni ai grandi stabilimenti industriali, anche tutte le attività antropiche che trattano materiali pericolosi e che possono trasformarsi in una fonte di rischio tecnologico se sollecitate da un sisma (laboratori universitari di chimica o rivenditori al dettaglio di sostanze potenzialmente pericolose).

Menoni (1997) cita due tipi di disastri che possono avere luogo dalla correlazione tra eventi naturali e azioni antropiche: i disastri na-tech ed i *man-made*, come definiti da Oas (1990).

I primi sono incidenti tecnologici causati da disastri naturali, mentre i secondi, simili ai na-tech lenti, sono fenomeni, quali alluvioni e frane, che possono esacerbati e resi più severi di diversi ordini di intensità, da alcuni interventi antropici.

Esempi di disastri *man-made* possono essere riconosciuti in un'alluvione che investe un'area più vasta a causa della neutralizzazione delle difese naturali da parte dell'uomo o che in una mareggiata che erode la costa, inducendo crolli e danni, poiché le opere di regimazione dei corsi d'acqua della zona non permettono il rifornimento di detriti dalle terre interne verso il mare o perché l'uomo ha distrutto le dune naturali costiere.

In tabella 1, è riportato uno schema riassuntivo delle definizioni illustrate.

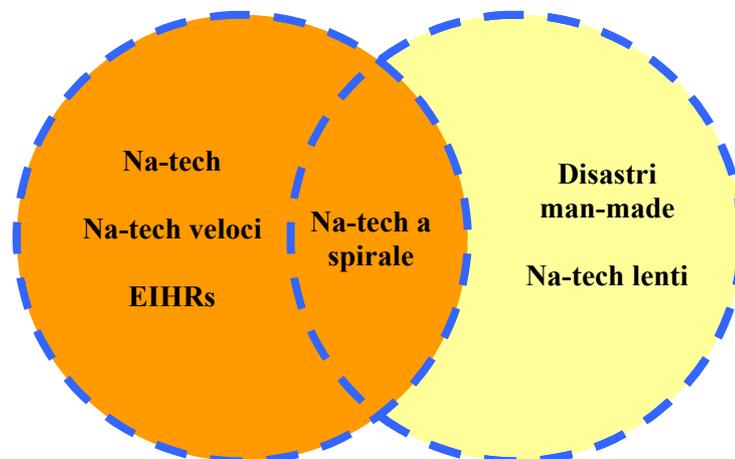
Da quanto fin qui illustrato, si può dedurre che i na-tech sono solo una delle facce con cui si possono presentare i disastri multipli o compositi, ovvero quelle calamità causate dalla reciproca influenza tra fattori di pericolosità naturale e pericolosità di origine antropica (fig. 1). In particolare, i na-tech, i na-tech veloci e gli EIHRs appartengono alla famiglia dei disastri in cui un evento naturale causa l'innesco di fattori di pericolosità tecnologica.

tab. 1 Tabella riassuntiva delle principali definizioni di eventi na-tech

Autori	Denominazione	Definizione	Esempi
Showalter e Myers (1992)	Na-tech	Disastro naturale che crea una catastrofica calamità tecnologica	Perdite di gasolio da serbatoi danneggiati da un terremoto
Clerc e Le Claire (1994)	Na-tech (disastro sinergico)	Collegamenti sinergici tra disastri tecnologici e naturali	
	Na-tech veloce (o sistematico)	Disastri naturali che innescano un disastro tecnologico	Il terremoto che danneggia un oleodotto
	Na-tech lento (o incrementale)	Attività tecnologiche/umane che innescano un disastro naturale	Inadeguato uso del suolo che modifica il drenaggio del terreno
	Na-tech a spirale	Na-tech lenti che innescano na-tech veloci	La deforestazione può causare delle alluvioni che possono essere il fattore scatenante di un na-tech veloce se investe un impianto chimico
Lindell e Perry (1996)	EIHRs	Rilasci di materiali pericolosi causati da terremoti ( <i>Earthquake-Initiated Hazardous materials Releases</i> )	Rilasci tossici a seguito di sisma da tutte le fonti (industriali e civili) in cui essi sono contenuti
Menoni (1997)	Na-tech	Incidenti tecnologici causati da disastri naturali	
	Disastri <i>man-made</i>	Disastri naturali esacerbati dall'uomo	Fenomeni, quali alluvioni e frane, che pur avvenendo in natura spontaneamente, sono esacerbati e resi più severi di diversi ordini di intensità, da alcuni interventi antropici.

I na-tech lenti ed i disastri *man-made* costituiscono, invece, la famiglia di fenomeni in cui è l'errata gestione delle risorse naturali da parte dell'uomo ad innescare o inasprire le conseguenze di un fenomeno naturale. Nell'intersezione tra le due categorie c'è l'insieme di eventi dati dalla combinazione tra le due, i na-tech a spirale: un ampio insieme di eventi, difficile da investigare, spesso non tenuti in conto dalle analisi di rischio, poiché scaturiti anche da eventi e pratiche considerate "normali".

fig. 1 Classificazione di eventi multipli



In riferimento al panorama di definizioni illustrate, il presente studio focalizza l'attenzione sui fenomeni na-tech intesi come "incidenti tecnologici causati da disastri naturali". In particolare, si considerano quegli incidenti tecnologici, quali esplosioni, incendi e rilasci tossici da impianti industriali o altre strutture, innescati da eventi calamitosi naturali.

Anche all'interno di tale definizione, però, è racchiuso un insieme di eventi molto ampio, sul quale è necessario fare chiarezza. È necessario, quindi, definire anzitutto cosa si intende per incidente tecnologico. In genere, si definiscono incidenti tecnologici quei fenomeni, quali esplosioni, incendi o rilasci di materiale tossico, che avvengono all'interno di impianti produttivi industriali o di siti di stoccaggio di materiali pericolosi. Ma l'esperienza induce a riflettere sull'opportunità di includere in tale definizione anche l'interruzione della fornitura della corrente elettrica o la rottura di una diga o l'alluvione di siti precedentemente contaminati da attività antropiche (Steinberg et al., 2006).

Inoltre, sembra opportuno riflettere anche sull'espressione "disastri naturali": alcuni incidenti tecnologici sono stati innescati, infatti, da semplici eventi naturali quali, ad esempio, fenomeni climatici inattesi (come le temperature estreme), che possono indurre danni a strutture ed elementi non progettati per quel tipo di sollecitazioni (Steinberg et al., 2006; Danihelka, 2006).

Tali considerazioni evidenziano la molteplicità di possibili eventi e delle loro interazioni e la conseguente difficoltà di affrontare il tema della conoscenza e della prevenzione degli eventi na-tech.

## 1.2 Diffusione e rilevanza degli eventi na-tech

Nell'opinione pubblica i fenomeni na-tech non sembrano avere grande rilevanza; ciò dipende in larga misura dal fatto che sia media che, in molti casi, i rapporti ufficiali, accomunano generalmente i danni tecnologici a quelli conseguenti all'evento naturale innescante (vedi lo tsunami del 2004 o l'uragano Katrina nel 2005). In questo modo, non si consente una presa di coscienza da parte dell'opinione pubblica di un fenomeno che in realtà molto rilevante e la cui frequenza di accadimento è in costante crescita, anche a seguito dello sviluppo e dell'aumento di complessità degli

insediamenti umani esposti alle catastrofi naturali. Oltre a ciò, nell'ultimo quarto di secolo ha contribuito a tale *trend*, anche l'aumento del numero stesso di calamità naturali, come affermano le Nazioni Unite (2002). Inoltre, alcuni studiosi sostengono che il cambiamento climatico globale sta determinando un aumento dell'intensità e della potenza distruttiva di tali calamità (Sperling e Szekely, 2005). Durante l'alluvione del 2002 nella Repubblica Ceca, ad esempio, l'altezza dell'acqua ha raggiunto livelli corrispondenti a un evento metereologico con periodo di ritorno di 300 anni, mentre le opere di contenimento degli argini erano state progettate per un periodo di ritorno di 100 anni (Danihelka, 2006).

Tra gli eventi disastrosi più recenti, si possono citare il terremoto nel mar di Marmara del 1999, la citata alluvione nell'Europa centrale del 2002 e l'uragano Katrina del 2005.

Durante l'alluvione della Repubblica Ceca del 2002, circa quattrocento chilogrammi di clorina sono stati rilasciati nell'aria dallo stabilimento di Spolana; ciò ha obbligato le Autorità ad emettere l'ordine per la popolazione di non lasciare le proprie case e di sigillarne le aperture.

Nel terremoto avvenuto in Turchia nel 1999, è stato duramente colpito il cuore industriale del paese. Ingente fu l'entità degli incidenti tecnologici: per danni alle strutture industriali, si ebbero rilasci di 6.500 tonnellate di acrilonitrile e 1.200 tonnellate di ossigeno liquido in acqua, aria e suolo; 50 tonnellate di diesel si riversarono nella baia di Izmit; incendi alle raffinerie comportarono rilasci di petrolio e GPL dalle raffinerie. A tali danni bisogna associare l'interruzione della fornitura di corrente elettrica, dell'acqua per spegnere gli incendi e delle comunicazioni in tutta l'area colpita (Steinberg et al., 2001).

Di recente, durante l'uragano Katrina che ha colpito New Orleans, anche se non riportati in maniera esplicita dai mass-media, ci sono stati circa 250 casi di rilasci di materiali tossici tra cui, in particolare, un volume di petrolio pari a 35 milioni di litri (Sengul et al., 2006).

Già nel 1991, alcuni studiosi negli Stati Uniti asserivano che “quasi ogni disastro naturale è accompagnato da qualche tipo di disastro tecnologico” (Colorado Department of Public Safety, 1991, p.34).

Nel 1992, Showalter e Meyers hanno condotto uno studio finalizzato alla determinazione di quanto frequenti siano state le interazioni tra disastri naturali e tecnologici negli Stati Uniti nella decade 1980-1989. Lo studio conferma il trend di crescita dei disastri na-tech nella decade esaminata a fronte dell'assenza pressochè totale di preparazione a tali eventi da parte della popolazione e delle Amministrazioni. A seguito dello studio di quattro terremoti, una frana, un'eruzione vulcanica, un uragano, tre alluvioni e altri eventi climatici minori, gli Autori confermano che "gli eventi na-tech sono molto più diffusi di quello che comunemente si crede".

Rasmussen (1995) riporta uno studio quantitativo sulla frequenza dei na-tech in Europa. In questo, sono riportati i dati del "Major Hazard Incident DAta Service" (MHIDAS) del Safety and Reliability Directorate inglese (SRD) e del "Failure and Accidents Technical information System" (FACTS) dell'Organizzazione Olandese per la ricerca scientifica applicata (TNO) olandese. I dati rilevati sono stati inoltre confrontati con quelli del database americano dell'Environmental Protection Agency (EPA) e di uno studio dell'Health and Safety Executive (HSE) inglese.

In totale, nei diversi archivi, riferiti ad archi temporali differenti, si contano un totale di 279 incidenti tecnologici causati da eventi naturali. La percentuale di tali eventi in ciascun database varia tra l'uno e il cinque per cento. Per quanto riguarda le cause naturali innescanti, i fenomeni atmosferici interessano l'80% dei casi e, in particolare, i fattori di innesco predominanti sembrano essere i fulmini.

Studi successivi (Marsh e McLennan, 1998) confermano che il 5% delle cause degli incidenti rilevanti nell'industria di processo è da ricercare in fattori di pericolosità naturale.

Secondo il database del Major Accident Hazards Bureau della Comunità Europea (MAHB, 2003) dal 1985, nel nostro continente, avviene in media un incidente na-tech all'anno che provoca ingenti danni con conseguenze non sempre locali, ma anche regionali, nazionali e qualche volta transfrontaliere come, ad esempio, il disastro di Baia Mare in Romania nel 2000.

Studi americani più recenti (Young, 2002 e 2004) testimoniano la frequenza e la severità di rilasci di materiali tossici a seguito di terremoti, alluvioni, eruzioni

vulcaniche, incendi boschivi e fenomeni legati a tempeste di vento. Per ciascuno di essi sono inoltre analizzate le conseguenze sulla salute umana e sull'ambiente.

Molti sono quindi i documenti ma soprattutto i casi che testimoniano la crescita dei fenomeni na-tech a scala globale, sia nei paesi sviluppati (USA, Giappone, Italia, etc.) che quelli in via di sviluppo (Egitto, Asia Sud-Orientale).

In tabella 2, sono riportati, tra gli altri, i due principali eventi na-tech che hanno interessato l'Italia.

Il primo, il terremoto accompagnato da uno tsunami che investì nel 1908 lo stretto di Messina, è di solito ricordato per la catastrofe naturale piuttosto che per i danni causati dagli incidenti tecnologici da esso innescati.

Il secondo, il black-out del 2003, fu causato da condizioni climatiche estreme (una tempesta di vento) che danneggiarono l'elettrodotto svizzero attraverso cui l'Italia importa energia facendo piombare l'intero Paese nel buio, nel caos e nell'inefficienza per molte ore, a causa di una serie di guasti sia fisici sulla rete che dovuti ad una inadeguata gestione della rete.

Sebbene i due eventi siano molto distanti nel tempo, ciò non significa che la potenziale pericolosità dei na-tech in Italia sia trascurabile.

Il nostro Paese è esposto a molteplici fattori di pericolosità naturale quali terremoti, eruzioni vulcaniche, fenomeni di dissesto idrogeologico, ma anche incendi che, spontanei o di natura dolosa, sono una costante minaccia durante il periodo estivo.

tab. 2 Principali disastri na-tech

Disastro naturale	Disastro tecnologico	Stato	Anno
Terremoto-Tsunami	Rilasci tossici	Italia - Reggio Calabria	1908
Terremoto	Rilasci tossici	USA - Loma Prieta	1989
Alluvione	Perdite di olio e incendi	Egitto	1994
Terremoto	Rilasci tossici	USA - Northridge	1994
Terremoto	Incendi	Giappone - Kobe	1995
Uragano	Rilasci tossici	USA	1998
Uragano	Rilasci tossici	USA	1999
Terremoto	Rilasci tossici	Turchia - Kocaeli	1999
Alluvione	Rilasci tossici	Francia	1999
Condizioni climatiche inusuali	Fuoriuscita di cianuro	Romania - Baia Mare	2000
Alluvione	Rilascio di gas	Portogallo	2000
Fulmini	Incendio di serbatoi	USA - Louisiana	2001
Alluvione	Rilasci tossici	Francia	2002
Alluvione	Rilasci tossici	Repubblica Ceca	2002
Venti forti	Black-out	Italia	2003
Terremoto	Incendi	Giappone - Tokachi-oki	2003
Terremoto-Tsunami	Rilasci tossici	Asia Sud-Orientale	2004
Uragano	Rilasci tossici	USA	2005

Molte sono, inoltre, le industrie in Italia che trattano materiali altamente pericolosi per quantità e tipologia, come si desume dall’“Inventario Nazionale degli stabilimenti suscettibili di causare incidenti rilevanti”, aggiornato ad Ottobre 2006, redatto dal Ministero dell’Ambiente in collaborazione con l’APAT.

Il nostro Paese ha visto, infatti, nel secondo dopoguerra, il sorgere di imponenti poli industriali chimici e petrolchimici, metallurgici e, più recentemente, di un diffuso sistema di piccole e medie industrie che trattano materiali pericolosi. Ciò ha condotto ad una elevata commistione tra attività pericolose, attività residenziale e attività ad essa correlate, in aree soggette a fattori di pericolosità naturale.

Pur non essendo stati quindi registrati in passato rilevanti eventi disastrosi di tipo na-tech, alto è il rischio di possibili inneschi di incidenti tecnologici a seguito di calamità naturali.

La distribuzione degli impianti industriali pericolosi e sottoposti alla Direttiva Europea “Seveso” di cui parleremo in seguito, è illustrata in tabella 3. Ad Ottobre 2006, gli impianti a rischio sono in tutto 1.089 (Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio, 2006).

tab. 3 Distribuzione degli impianti a rischio di incidente rilevante per Regione

<b>Regione</b>	<b>art.6</b>	<b>art.8</b>	<b>Totale</b>
Abruzzo	14	11	25
Basilicata	4	4	8
Calabria	9	6	15
Campania	55	24	79
Emilia-Romagna	55	44	99
Friuli-Venezia Giulia	12	13	25
Lazio	43	35	78
Liguria	10	17	27
Lombardia	124	128	252
Marche	11	6	17
Molise	2	4	6
Piemonte	51	44	95
Puglia	25	20	45
Sardegna	20	24	44
Sicilia	49	30	79
Toscana	31	28	59
Trentino-Alto Adige	11	4	15
Umbria	10	10	20
Valle d'Aosta	3	1	4
Veneto	46	51	97
<b>Totale Italia</b>	<b>585</b>	<b>504</b>	<b>1.089</b>



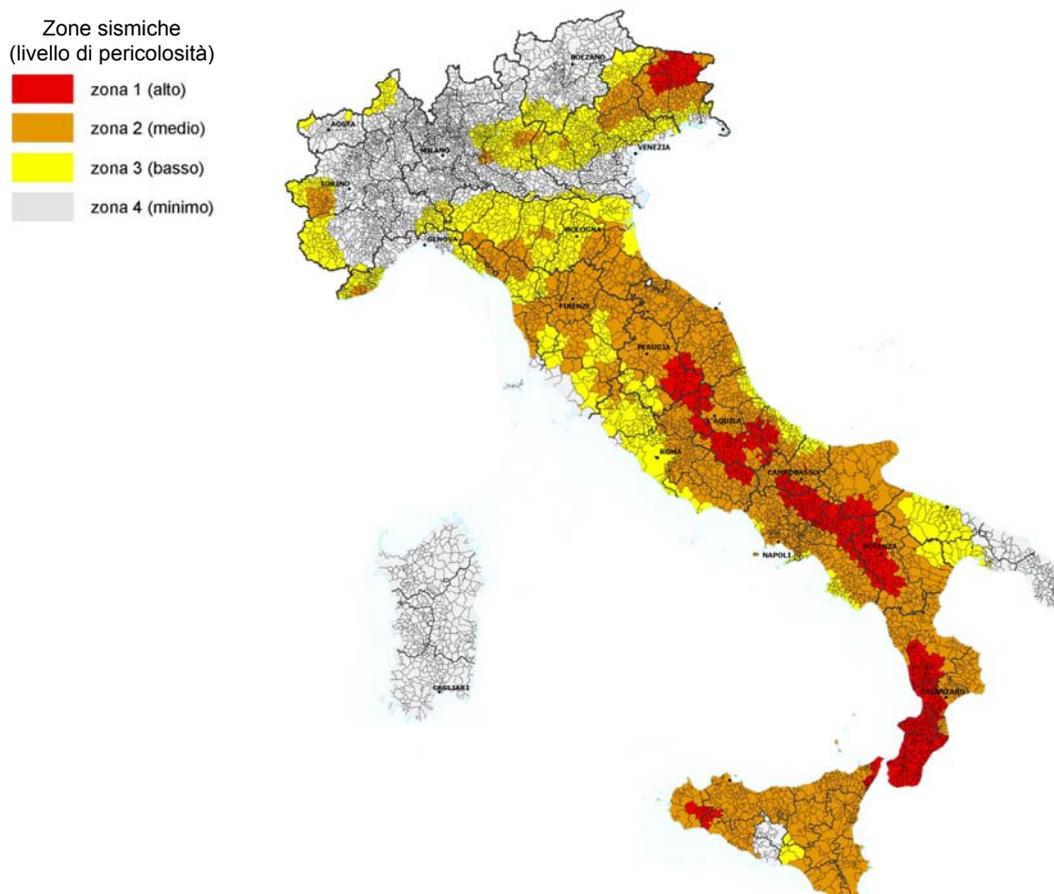
Fonte: Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio, 2006

Lombardia, Piemonte ed Emilia Romagna sono le regioni in cui è maggiore la concentrazione di stabilimenti, ma si riscontra una consistente presenza di tali impianti anche in Veneto, Lazio, Campania e Sicilia.

In figura 2 è riportata la classificazione sismica del territorio che evidenzia come l'Italia sia interamente classificata come territorio sismico e come gran parte di essa presenti livelli di pericolosità medio-alti.

Va, inoltre, ricordata la presenza di vulcani attivi sia nell'area costiera della Campania, con i complessi vulcanici dei Campi Flegrei, Ischia e Somma-Vesuvio, sia in Sicilia, con l'Etna e le isole Eolie. Nonostante la presenza di vulcani attivi in Italia sia geograficamente concentrata, eventuali eruzioni potrebbero avere conseguenze devastanti non soltanto a scala locale (Chester et al., 2001).

fig. 2 Classificazione sismica del territorio nazionale



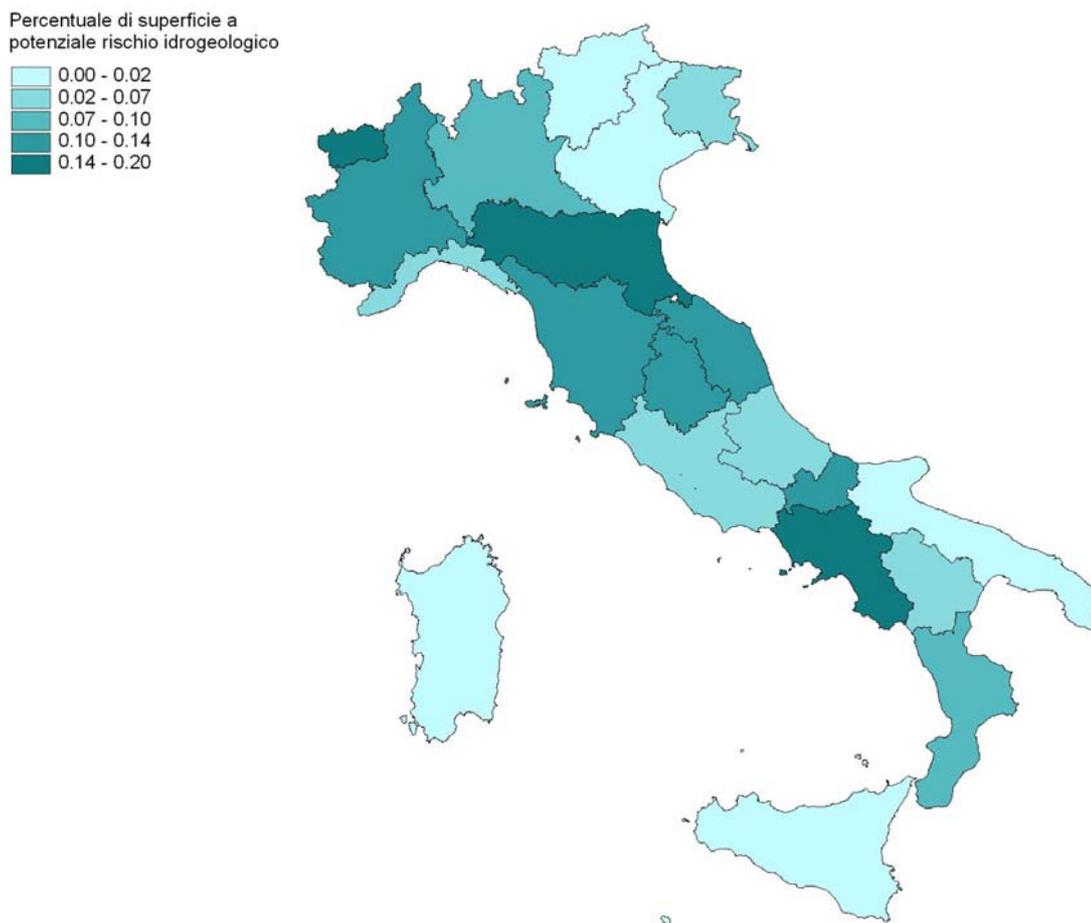
Fonte: Ordinanza PCM 3274/2003

Il Vesuvio, caratterizzato da un'attività pliniana, costituisce una minaccia per gran parte delle Province di Napoli, quasi del tutto urbanizzata, e di Salerno. In caso di esplosione, il Piano di Emergenza del Vesuvio (Dipartimento della Protezione Civile, 1995) prevede l'evacuazione di circa 600.000 persone.

L'Etna rappresenta una minaccia potenziale per tutta la Sicilia Orientale e, in particolare, per la Provincia di Catania. Sebbene sia caratterizzato da un'attività eruttiva frequente, esso è meno pericoloso rispetto al vulcano Campano, poiché le sue eruzioni, di tipo effusivo, sono più lente e prevedibili ai fini della messa in sicurezza della popolazione e dei beni esposti.

Un problema di scala sicuramente minore rispetto al tema dei rischi na-tech, data l'assenza di impianti industriali pericolosi, rappresentano i vulcani delle isole Eolie.

fig. 3 La percentuale di superficie a potenziale rischio idrogeologico nelle Regioni d'Italia



Fonte: [www.apat.gov.it](http://www.apat.gov.it)

In questo contesto, la ridotta esposizione di popolazione è associata alle rilevanti difficoltà connesse alla gestione di un'emergenza su un'isola, con problemi relativi ai collegamenti e alla disponibilità di risorse, specialmente durante la stagione turistica. La natura prevalentemente montuosa e collinare dell'Italia, la tipologia dei terreni e l'esteso sviluppo del reticolo idrografico concorrono a rendere il Paese uno dei più esposti al rischio idrogeologico (fig. 3).

Alcune recenti ricerche hanno messo in luce la rilevanza di tale tipologia di fenomeni in Italia (APAT, 2006): 5.400 alluvioni e 11.000 frane negli ultimi 80 anni; 70.000 persone coinvolte e 30.000 miliardi di danni negli ultimi 20 anni. Tra questi, l'alluvione di Sarno, in Campania, nel 1998 quelle del nord-est d'Italia nel 1994 e nel 2000 sono state le più devastanti e catastrofiche. Sebbene queste ultime non causarono severi danni alle industrie, il disastro potenziale dovuto all'elevato numero di siti pericolosi minacciati (tra cui impianti chimici e nucleari, suoli contaminati, discariche e impianti di trattamento di acque reflue), mise in allarme le autorità italiane (OECD, 2006).

Riassumendo, pur consapevoli che, data la complessità del fenomeno in esame, non è possibile considerare la pericolosità na-tech come semplice sovrapposizione di fattori di pericolosità per ciascuna regione, nella tabella 4 è riportato un quadro unitario della distribuzione di fattori di pericolosità al fine di mettere in evidenza le regioni in cui maggiore è la potenzialità di innesco di eventi na-tech.

tab. 4 – Distribuzione dei fattori di pericolosità nelle Regioni italiane

<i>Regione</i>	<i>Densità abitativa (ab./kmq)</i>	<i>n° di impianti RIR</i>	<i>% superficie a rischio idrogeologico</i>	<i>presenza di vulcani attivi</i>	<i>classe sismica prevalente</i>
Abruzzo	117	25	0,06	no	2°
Basilicata	60	8	0,05	no	2°
Calabria	133	15	0,08	no	1°
Campania	420	79	0,17	si	2°
Emilia-Romagna	180	99	0,15	no	2°
Friuli-Venezia Giulia	151	25	0,04	no	3°
Lazio	297	78	0,07	no	3°
Liguria	290	27	0,06	no	4°
Lombardia	379	252	0,10	no	4°
Marche	152	17	0,11	no	2°
Molise	72	6	0,14	no	2°
Piemonte	166	95	0,12	no	4°
Puglia	208	45	0,00	no	2°
Sardegna	68	44	0,00	no	4°
Sicilia	193	79	0,01	si	2°
Toscana	152	59	0,12	no	2°
Trentino-Alto Adige	69	15	0,02	no	4°
Umbria	98	20	0,11	no	2°
Valle d'Aosta	37	4	0,20	no	4°
Veneto	246	97	0,01	no	3°

La presenza su un territorio regionale di fattori di pericolosità naturale e tecnologica è condizione necessaria ma fortunatamente non sufficiente per l'innescare di eventi na-tech. Sono necessarie indagini approfondite mirate a verificare la potenziale intersezione delle aree di impatto di ciascun fenomeno e le loro possibili interazioni. Per quanto riguarda la presenza di fattori pericolosità naturale, la Campania sembra essere la Regione che presenta i valori più alti per tutte e tre le tipologie, così come anche l'Emilia-Romagna che, però non è esposta al rischio vulcanico. Per quanto riguarda, invece la presenza di impianti a rischio di incidente rilevante, la Lombardia detiene il primato, seguita dall'Emilia-Romagna e dalle altre principali Regioni del nord e da Campania, Lazio e Sicilia che, comunque, sono sede di un numero cospicuo di industrie pericolose. Per la Sicilia, ad esempio, è da menzionare l'alta concentrazione di raffinerie e industrie petrolifere nell'area sismica di Priolo-Augusta che di recente, nel 1990, è stata interessata da un evento sismico, seppure non molto documentato, del VII grado della scala Mercalli e di magnitudo 5.1 della scala Richter (Prisutto, 1992). Scenari ancora peggiori potrebbero manifestarsi, ad esempio, in caso di eventi come quello che nel 1693 devastò totalmente la Sicilia Sud-Orientale e che colpì Augusta con un'intensità pari al nono grado della scala Mercalli - Cancani - Sieberg (MCS) (Stucchi et al., 2000). In particolare, la Campania rappresenta un caso molto interessante da analizzare per l'individuazione di possibili eventi na-tech. Le 79 industrie pericolose risiedono tutte su un territorio dal livello di sismicità medio-alto, caratteristico della maggior parte della Regione. Inoltre, la presenza del Vesuvio rappresenta una minaccia costante sia per quegli impianti che risiedono nella zona immediatamente alle falde del cono, che dovrà essere evacuata in caso di eruzione, ma ancora di più, per gli impianti che si trovano nella zona più esterna, su cui saranno possibili piogge di cenere e lapilli e, in alcune di queste aree, anche alluvioni a causa dei flussi di vapori condensati e detriti (Dipartimento della Protezione Civile, 1995).

A queste minacce, va aggiunta la natura cinerea dei terreni che ricoprono la maggior parte dei versanti delle colline in Campania a causa della quale essi sono frequentemente soggetti a fenomeni di dissesto idrogeologico che possono potenzialmente interessare alcuni degli impianti industriali a rischio di incidente rilevante.

Si può quindi affermare che la Campania rappresenta sicuramente una delle Regioni d'Italia in cui più elevata è la possibilità che si inneschino fenomeni di tipo na-tech. Su tali condizioni di innesco è quindi necessario investigare in dettaglio anche tenendo conto, che tra le Regioni italiane, la Campania è quella che presenta in media la più alta densità abitativa (tabella 4).

*La classificazione delle cose che compongono un caos: niente di meno si tenta qui.*

HERMANN MELVILLE

## 2 IMPATTI DEI NA-TECH SUI SISTEMI URBANI E TERRITORIALI: I CASI DI STUDIO

- 2.1 Descrizione dei casi-studio
- 2.2 Un approfondimento su tre eventi na-tech
- 2.3 La matrice per la lettura e il confronto dei casi

## 2.1 Descrizione dei casi-studio

### *Messina e Reggio Calabria, 1908*

Nella notte tra il 28 ed il 29 dicembre 1908, alle ore 5,21, un terremoto del decimo grado della scala Mercalli colpì lo stretto di Messina (Squillaci, 2006) (fig. 4).

La violenta scossa, una delle più catastrofiche nella storia del nostro Paese, rase al suolo quasi del tutto le città di Reggio Calabria e Messina. Il bilancio della catastrofe fu di circa 80.000 dei 140.000 abitanti di Messina e di circa 15.000 dei 45.000 di Reggio Calabria.

Il terremoto provocò la formazione di un'onda tsunami che colpì, alcuni minuti dopo la scossa, la costa siciliana con onde alte dieci metri. Successivamente lo tsunami investì per più volte entrambe le sponde dello Stretto.

Furono danneggiati la maggior parte degli edifici residenziali delle due città interessate. Molti di quelli più vicini alla linea di costa che non crollarono a seguito del sisma furono devastati dall'impeto delle onde.

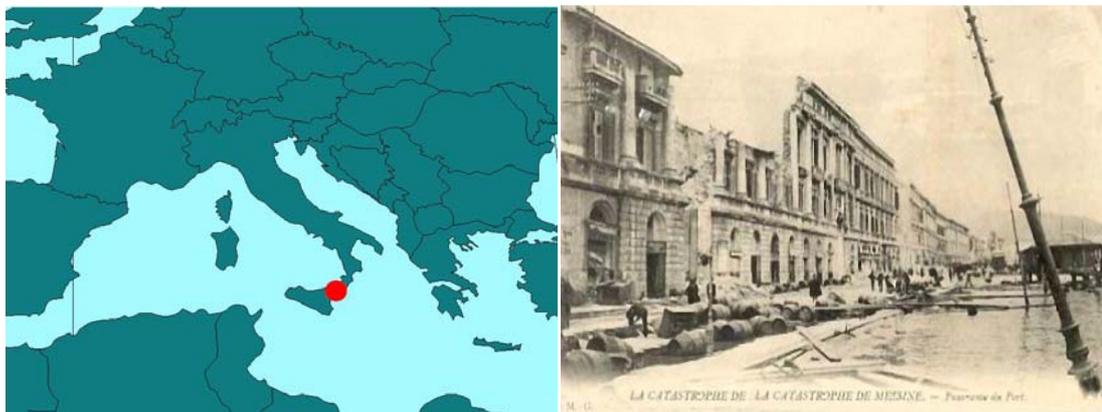
Anche le reti subirono danni ingenti: in particolare, furono colpite le vie di comunicazione stradali e ferroviarie lungo la costa, le linee telegrafiche e quelle telefoniche.

A seguito dei crolli, la rete di distribuzione del gas subì severi danni provocando rilasci nell'aria, esplosioni e incendi. Le cronache, inoltre, riportano che a mezz'ora dall'impatto, i gasometri danneggiati dal sisma alla periferia di Messina si incendiarono e da qui il fuoco iniziò ad estendersi.

Contemporaneamente, nel porto della cittadina siciliana, due depositi di grandi dimensioni furono danneggiati con il conseguente rilascio in mare di tonnellate di nafta in fiamme (AA.VV., 1985).

La popolazione che era sopravvissuta al sisma si diresse verso il mare dove venne investita dalla serie di onde dello tsunami, mentre alcuni di coloro che rimasero presso le loro abitazioni per prestare soccorso ai feriti rimasero vittime delle esalazioni del gas e degli incendi (Squillaci, 2006).

fig. 4 Messina e Reggio Calabria, 1908



Fonte: [www.grifasi-sicilia.com](http://www.grifasi-sicilia.com)

Oltre alle difficoltà di spostarsi sul territorio a causa dell'inagibilità di alcune strade, la mancanza di linee telefoniche funzionanti ed il totale black-out che investì la zona, le operazioni di soccorso furono ostacolate anche da danni ad alcune caserme (come a Caltagirone, ad esempio).

I primi soccorsi poterono arrivare solo via mare. Fortunatamente, infatti, alcune navi militari di stanza nello Stretto resistettero al maremoto e attraccarono nei porti, anch'essi semidistrutti, delle località colpite (AA.VV., 1985).

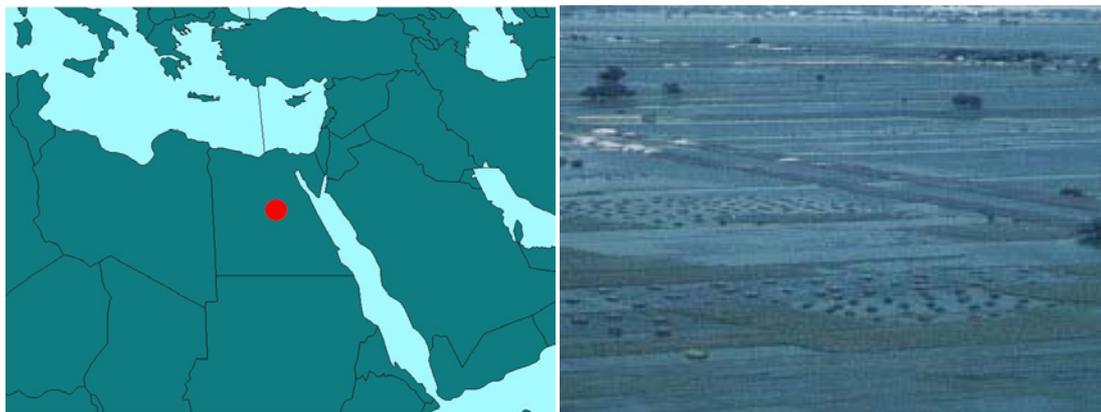
#### *Basso Egitto, 1994*

Il 2 Novembre 1994, a 320 km a sud del Cairo, la Provincia di Assiut in Egitto fu colpita da piogge torrenziali la cui intensità non era stata registrata da almeno 60 anni (fig. 5). Il Nilo, ingrossato dalla pioggia che durò per tutta la notte, esondò invadendo Durunka, una zona residenziale molto povera e densamente abitata.

Si stima che 475 persone siano morte nella catastrofe nella Provincia di Assiut di cui 258 a causa degli incendi e 200 case sono state completamente distrutte e circa 20.000 persone sono state evacuate (UNDHA, 1994).

L'alluvione distrusse le case fatte di fango trascinando via auto e tir (Lancaster, 1994). Un fulmine colpì un serbatoio fisso in un deposito vicino al fiume incendiandolo (EmergencyNet News Service, 1994). Inoltre, le acque travolsero un ponte ferroviario su cui era in transito un treno che trasportava petrolio ad un deposito militare.

fig. 5 Basso Egitto, 1994



Fonte: [www.kingphilip.org](http://www.kingphilip.org)

Il danno al treno provocò la fuoriuscita del combustibile che, forse a causa della rete elettrica della ferrovia stessa (EmergencyNet News Service, 1994), si incendiò. Il petrolio incendiato fu trasportato dal fiume in piena (Lancaster, 1994). Le fiamme si diffusero così nelle strade portando distruzione e morte nei villaggi rurali di tutta la valle. Severi danni furono subiti anche dalla vegetazione e dalle colture che furono colpite sia dell'alluvione che dagli incendi.

Molte strade, inoltre, furono rese totalmente impraticabili (UNDHA, 1994). I Vigili del Fuoco e i soccorritori militari si sono dichiarati totalmente sopraffatti dall'emergenza tecnologica che ha comportato molteplici incendi in molte aree dell'Egitto meridionale (EmergencyNet News Service, 1994).

In definitiva, si può affermare che i danni ed il numero di vittime e feriti a seguito dell'alluvione rappresentarono solo una parte del totale dei danni provocati dagli incendi.

#### *Northridge, 1994*

Il 17 Gennaio 1994, alle ore 4:31, un sisma di magnitudo 6.7 della scala Richter investì l'area della San Ferdinando Valley, in California, con epicentro nella città di Northridge (fig.6).

Le stime riportano solo 57 morti e 1500 feriti, ma i danni fisici a edifici residenziali, pubblici e commerciali e infrastrutture furono ingenti (EQE, 1994).

Tra le reti di comunicazione, oltre ai danni alle ferrovie, numerose furono le interruzioni alle principali vie d'accesso all'area colpita per il crollo di ponti e viadotti.

Il terremoto di Northridge fu caratterizzato da numerosi rilasci di materiale tossico (Lindell e Perry, 1996). La rottura delle tubature del gas causò numerosi focolai di incendio in più zone residenziali. Si ebbero, inoltre, più di 2000 rilasci da strutture industriali, commerciali, ma anche da università e strutture mediche che trattavano agenti chimici pericolosi. Molti furono, inoltre, i rilasci di petrolio e gas da condotte danneggiate dallo scuotimento del terreno o dal deragliamento di carri cisterna ferroviari.

Le catene di eventi verificatesi comportarono danni anche alle componenti ambientali: i rilasci in aria di polveri di amianto proveniente dalle coperture di edifici commerciali danneggiati; l'inquinamento di un fiume in cui si riversarono liquami fognari e petrolio rilasciati da tubature o serbatoi danneggiati.

Nessuna delle 57 vittime sembra, però, attribuibile direttamente ai rilasci tossici (Lindell e Perry, 1996).

Per quanto riguarda il sistema di risposta all'emergenza, la capacità dei soccorritori di intervenire fu severamente limitata oltre che dall'interruzione della viabilità, anche dai danni fisici agli ospedali.

fig. 6 Northridge, 1994



Fonte: <http://it.encarta.msn.com>

### *Kobe, 1995*

Precisamente un anno dopo il terremoto di Northridge, il 17 Gennaio 1995, la città di Kobe in Giappone fu colpita da un devastante sisma di magnitudo 6.9 della scala Richter (fig. 7).

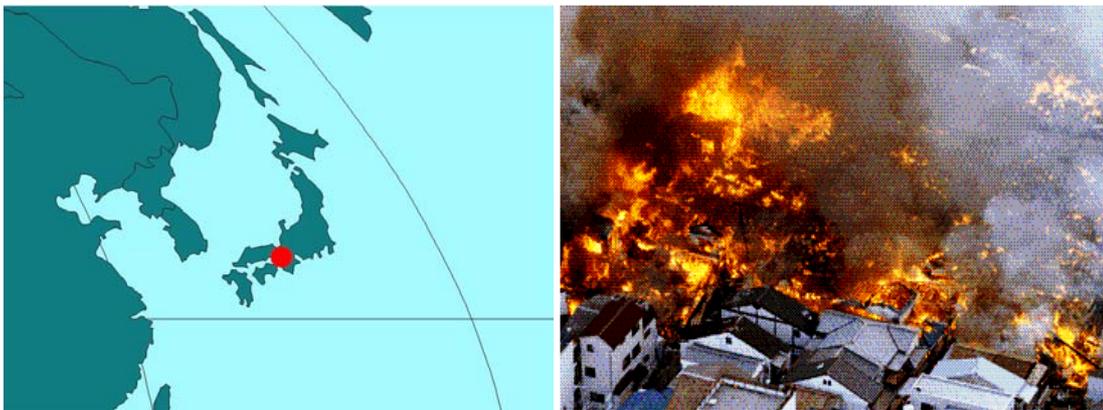
Il bilancio finale di tale catastrofe fu di 5.500 vittime, 35.000 feriti, 180.000 abitazioni distrutte e 300.000 senzatetto (EQE, 1995).

Oltre al danno fisico diretto costituito dal crollo di molti edifici e infrastrutture, gran parte dei danni e delle vittime fu provocato dagli incendi violentissimi che si innescarono in più punti della città. Il gas, fuoriuscito dalla rete di distribuzione danneggiata dal terremoto, incendiatosi, diede luogo a focolai d'incendio in diverse aree della città. La diffusione delle fiamme fu agevolata dalla tipologia delle case tradizionali in legno nelle aree più storiche della città.

L'insieme di tali catene di eventi e danni, unitamente ad una struttura urbana lineare, parallela alla costa, racchiusa tra mare e colline, ha contribuito a rendere i soccorsi estremamente difficoltosi (Menoni, 2001) e quindi al conseguente aumento delle vittime.

Una delle caratteristiche principali che il terremoto di Kobe evidenziò fu l'inadeguatezza del sistema di risposta all'emergenza che non riuscì contemporaneamente a far fronte ai numerosi incendi avutisi ed all'insieme di emergenze attivate sul territorio. Il sistema di riserve e condotte dell'acqua a Kobe, ad esempi, era molto capillare, ma i danni ai serbatoi e le rotture delle pompe resero inutilizzabili tali scorte (EQE, 1995).

fig. 7 Kobe, 1995



Fonte: [www.seismo.unr.edu](http://www.seismo.unr.edu)

### *Izmit, 1999*

Il terremoto che colpì la regione di Izmit in Turchia il 17 agosto del 1999 fu sicuramente uno degli eventi na-tech più significativi e documentati (fig. 8).

Il sisma interessò un'area densamente abitata, ma sede, allo stesso tempo, di numerosi stabilimenti industriali e raffinerie.

Le vittime dell'impatto furono oltre 15.000 ed i feriti circa 50.000; i danni al patrimonio residenziale furono ingenti e la popolazione che rimase senza abitazione fu stimata tra le 200.000 e le 600.000 unità.

La scossa provocò, inoltre, anche fenomeni di liquefazione e subsidenza sulla costa ed un'onda tsunami (Altinok et al., 1999) di modeste dimensioni si generò nel Mare di Marmara, arrecando danni alle coste meridionali.

Molte tra le principali autostrade che congiungevano la regione di Izmit con Ankara e Istanbul furono interrotte per i crolli di ponti e viadotti o per la deformazione della sede stradale. Inoltre, la scossa tranciò il principale ramo della rete di comunicazione via cavo (che attraversava la faglia da cui ha avuto origine il sisma), ostacolando l'organizzazione dei soccorsi da parte delle autorità centrali.

Durante il sisma molti impianti produttivi della zona sono stati danneggiati provocando esplosioni, incendi e rilasci di materiali tossici che sono andati a sommarsi alla grave emergenza dovuta all'evento sismico.

I danni agli edifici ed alle reti di distribuzione di acqua ed elettricità dovuti al terremoto, i rilasci di sostanze tossiche in aria ed in mare e le emergenze dovute agli incidenti industriali unitamente a problemi di tipo logistico e organizzativo fanno di questa catastrofe un caso esemplare per l'individuazione e lo studio delle possibili catene di eventi, impatti e danni che possono innescarsi durante un evento na-tech.

### *Repubblica Ceca, 2002*

Durante l'agosto del 2002, la parte ovest della Repubblica Ceca (fig. 9) fu interessata dalla tempesta "Ilse" che durò per l'intero mese e fu caratterizzato da due eventi meteorici: il primo fece innalzare i livelli delle acque dei fiumi dell'area e saturò i terreni; durante il secondo evento i fiumi Elba, Vltava e Berounka ruppero definitivamente gli argini ed invasero le aree circostanti.

fig. 8 Izmit, 1999



Fonte: [www.ens-newswire.com](http://www.ens-newswire.com)

La durata totale delle precipitazioni ha comportato che il livello dell'acqua totale ha superato tutte le possibili previsioni basate su dati raccolti per 175 anni (Toothill, 2002). Le opere di difesa esistenti resistettero alla prima ondata di piena, per poi cedere alla seconda, caratterizzata da valori non prevedibili. Le acque raggiunsero, infatti, un livello corrispondente ad un evento con periodo di ritorno di almeno 300 anni (Danihelka, 2006).

Nella Repubblica Ceca, 15 persone morirono e 220.000 furono evacuate. Praga fu tra i centri maggiormente colpiti e l'emergenza durò per molte settimane dopo l'impatto. Nel disastro, 1.600.000 persone sono state interessate dall'evento, circa 100 centri abitati furono totalmente sommersi e 350 parzialmente. Il danno economico fu valutato in più di 3 miliardi di euro (Toothill, 2002).

Uno degli incidenti tecnologici più gravi che si ebbe durante l'alluvione fu il rilascio di 86 tonnellate di cloro dalla fabbrica Spolana a Neratovice. La maggior parte della sostanza fu diluita nelle acque mentre una piccola quantità fu rilasciata nell'aria (Danihelka, 2006) comportando severi danni alla vegetazione sopra il livello della piena.

L'alluvione, quindi, da un lato fu l'evento che innescò il rilascio tossico, mentre dall'altro rappresentò la difesa contro il cloro gassoso per la vegetazione sommersa, la quale dopo il ritiro delle acque non mostrava alcun danno.

Anche la centrale idroelettrica di Stechovice fu danneggiata dalle acque che provocarono il rilascio di piccole quantità di olio combustibile che fortunatamente non uscirono dall'impianto.

fig. 9– Repubblica Ceca, 2002



Fonte: [www.esa.int](http://www.esa.int)

Ben più gravi furono i danni causati dai rilasci di petrolio da alcune cisterne che comportarono la contaminazione di sedimenti che furono poi trasportati dalla piena. L'inquinamento delle acque fu, inoltre, aggravato dal danneggiamento di alcuni impianti di trattamento delle acque reflue.

#### *Tokachi-oki, 2003*

Il 26 settembre 2003 un terremoto dell'ottavo grado della scala Richter colpì l'area di Tokachi-Oki in Giappone, sull'isola di Hokkaido (UJNR, 2003) (fig. 10).

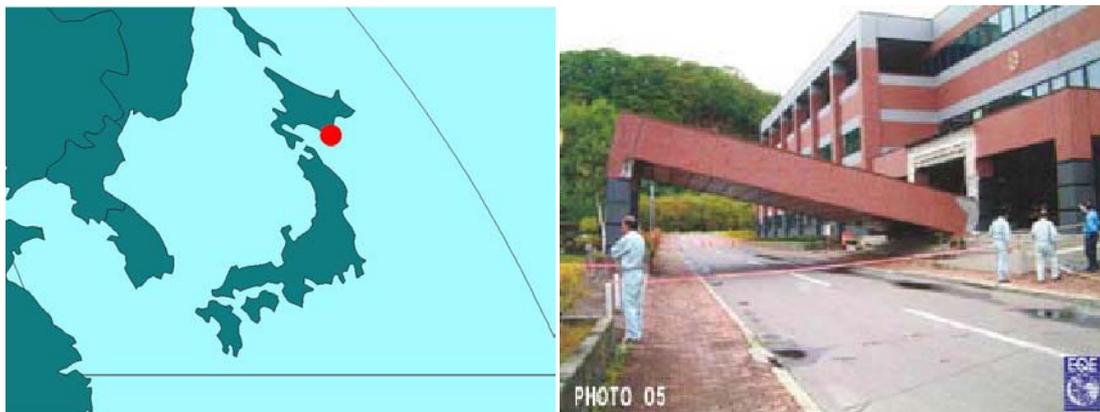
Il terremoto causò una serie di onde anomale che raggiunsero un'altezza di 2,5 m. nel porto di Tokachi circa 30 minuti dopo la prima scossa (UJNR, 2003). Inoltre, alcuni fenomeni di liquefazione indussero danni alle strutture del porto. Tali fenomeni rappresentarono una seria minaccia anche per molte dighe dell'area colpita, seppure senza gravi conseguenze.

Molti furono i danni agli edifici residenziali e ad alcuni edifici pubblici tra cui anche una scuola che era stata destinata a rifugio, ma che fortunatamente non era ancora stata utilizzata a tal fine (EQE, 2003).

Per quanto riguarda le reti, danni lievi e riparabili furono subiti dalla rete di distribuzione dell'acqua e dell'elettricità (EQE, 2003), mentre rilevanti furono i danni alla rete fognaria e alla rete stradale (UNJR, 2003).

Sia la scossa principale del 26 settembre che lo sciame sismico successivo indussero danni alla maggior parte dei serbatoi cilindrici di combustibile della raffineria Hokkaido (Idemitsu Kosan Co. Ltd., 2003).

fig. 10 Tokachi-oki, 2002



Fonte: EQE, 2003

Subito dopo la prima scossa, la fuoriuscita di greggio da un serbatoio danneggiato provocò un incendio causato anche delle scintille dovute allo sfregamento tra le parti metalliche del serbatoio. Non è chiaro quale possa essere stata la causa dell'altro incendio che interessò, invece, un serbatoio di nafta nella stessa raffineria tre giorni dopo il sisma.

Gli incendi provocarono un rilascio di CO<sub>2</sub> nell'aria pari alla quantità rilasciata durante 14 giorni di attività ordinaria della raffineria. Ingenti furono anche le quantità di polveri fini e di altri agenti tossici rilasciati in aria dopo gli incendi.

In alcuni settori della raffineria di Hokkaido, dove si ebbero danni alle condotte di trasporto del greggio, si verificarono rilasci nel suolo e conseguente contaminazione dello stesso. In alcuni punti, l'infiltrazione raggiunse anche la falda freatica (Idemitsu Kosan Co. Ltd., 2003).

#### *Oceano Indiano, 2004*

Il forte sisma verificatosi sul fondo dell'Oceano Indiano davanti alle coste dell'Indonesia, il 26 dicembre 2004 innescò un'onda anomala che distrusse le coste del Golfo di Bengala (fig. 11). Le onde più alte, fino a 17 metri, colpirono le coste dell'Indonesia nei primi minuti dopo il terremoto ed arrivarono dall'altra parte dell'Oceano, con onde alte fino a mezzo metro, dopo circa 9 ore.

Indonesia, India, Birmania, Thailandia e Malaysia furono i Paesi più severamente colpiti dalle onde. Il disastro provocò contare più di 250.000 vittime e danni quantificabili in 10 miliardi di dollari.

fig. 11– Oceano Indiano, 2002



Fonte: <http://img.timeinc.net>

Un'analisi dei numerosi danni ambientali causati dallo tsunami è stata effettuata dalle Nazioni Unite (UNEP, 2005). Oltre all'inevitabile salinizzazione dei suoli coperti dall'acqua del mare, molti furono i casi in cui liquami fognari entrarono nella rete idrica danneggiata provocandone la totale contaminazione. I sistemi di depurazione dell'acqua, le discariche per i rifiuti solidi urbani furono danneggiate ed i materiali in essi trattati trasportati dalla marea.

La maggior parte delle macerie lasciate sul posto dal ritiro delle acque conteneva anche materiali pericolosi, quali l'amianto ed il piombo che, smaltiti in maniera inadeguata (ad esempio, incendiandoli all'aria aperta), provocarono rilasci tossici nell'aria.

Nelle isole Maldive, oltre all'amianto, furono rilasciate grandi quantità di carburante. Effetti significativi sull'ambiente si registrarono anche molto lontano dall'epicentro del terremoto, in Somalia. Molti tratti della costa di questo paese, infatti, utilizzati da tempo come discariche per rifiuti pericolosi, furono investite dalle onde dello tsunami. L'acqua del mare contaminata, nel ritirarsi, depositò le sostanze tossiche sulla sabbia del litorale con conseguenti danni alle popolazioni dei villaggi di pescatori lungo la costa.

Per quanto riguarda le industrie i danni non sono stati rilevanti, eccezion fatta per Aceh, in Indonesia, dove si sono avuti rilasci di oli combustibili e materiali pericolosi dagli stabilimenti colpiti.

### *Italia, 2003*

Il 28 settembre 2003, la rete elettrica italiana collassò a seguito di una mancanza di circa 6.000 MW di potenza (Ministero delle Attività Produttive, 2003) (fig. 12).

La causa dell'interruzione dell'erogazione di energia elettrica furono i terribili venti che, in Svizzera, alle ore 3.01, provocarono la caduta di un albero che danneggiò un elettrodotto che trasportava energia verso l'Italia (Di Gennaro, 2004). La forte dipendenza energetica dell'Italia dall'import determinò, quindi, il black-out totale della penisola, che in alcune zone del sud si protrasse per più di 12 ore (La Repubblica, 2003a).

Le cronache giornalistiche (La Repubblica, 2003b) riportarono di quattro decessi direttamente collegabili al black-out: due donne anziane in Puglia che caddero dalle scale a causa del buio; una terza donna, invece, perì in un incendio causato dalle candele che aveva acceso per farsi luce; la quarta vittima morì in un incidente a un incrocio il cui semaforo era fuori uso per la mancanza di elettricità.

Se aeroporti e porti subirono danni lievi, le ferrovie e le metropolitane furono totalmente messe fuori uso obbligando gli utenti ad uscire a piedi dalle gallerie dove erano bloccati (Di Gennaro, 2004).

Le linee telefoniche rappresentarono un altro punto debole, poiché in più punti non funzionarono lasciando ampie zone d'ombra nella rete delle comunicazioni; le radio a pile rappresentavano il solo mezzo sicuro per ricevere notizie.

fig. 12 Italia, 2003



Fonte: [www.astrosubasio.it](http://www.astrosubasio.it)

I disagi principali furono per gli ospedali, sebbene i danni siano stati in genere limitati al minimo grazie all'entrata in funzione di generatori autonomi di corrente presenti nelle sale operatorie e del soccorso tempestivo dei Vigili del Fuoco e della polizia che hanno fornito carburante, ossigeno e respiratori su richiesta (Di Gennaro, 2004)

### *New Orleans, 2005*

L'uragano Katrina che colpì New Orleans il 26 agosto 2005 ha messo in luce l'elevata vulnerabilità di sistemi complessi, quali le città contemporanee (fig. 13). New Orleans, infatti, è una città contemporanea, ma è anche una delle poche tra le città americane ad avere aree di pregio storico-architettonico. È una città multietnica ed, inoltre, la regione in cui risiede è sia il cuore dell'industria petrolifera americana che una delle zone ambientali più sensibili del Paese. Il disastro è stato composto da due eventi principali in sequenza: dapprima l'uragano che investì il Golfo del Messico e l'area attorno a New Orleans con venti fino a 150 miglia all'ora (Sengul et al., 2006); successivamente, le piogge rilasciate con intensità crescente man mano che l'uragano avanzava sulla terraferma, hanno ingrossato il Lago Pontchartrain fino a fargli rompere gli argini a difesa della città a nord, provocando l'allagamento. Entrambi gli eventi provocarono danni alle industrie, rilasci di combustibili e materiali pericolosi che, trasportati dalle acque, contaminarono vaste aree.

La mancanza di un Piano di Emergenza comportò che la maggior parte della popolazione provvedesse da sola all'evacuazione dell'area, provocando così il blocco delle vie di fuga. Coloro che non avevano mezzi propri si rifugiarono in ricoveri predisposti dalle Autorità, tra cui il Superdome (uno stadio coperto) adatto all'emergenza vento, ma poco rispondente all'emergenza alluvione.

Le acque, inizialmente non contaminate, con il passare delle ore divennero una mistura di cadaveri, liquami di fogna, carburante e gas fuoriusciti dalle condotte danneggiate e sostanze chimiche pericolose. Data la ridotta capacità di drenaggio delle acque di un territorio posto al disotto del livello del mare, fu necessario portare in secca le aree colpite con delle pompe (Esworth et al., 2005) che riversarono le acque contaminate nel Lago Pontchartrain provocando, quindi, un ulteriore danno ambientale alle zone umide costali e nel Golfo del Messico.

fig. 13 New Orleans, 2005



Fonte: [www.epa.gov](http://www.epa.gov)

Per quanto riguarda l'impatto sulle industrie, va ricordato che Katrina colpì il cuore dell'industria petrolifera americana. Circa 302 industrie che trattavano materiali pericolosi si trovavano nell'area colpita nel momento dell'impatto. In tale area, inoltre, si registra anche un'alta densità di oleodotti e gasdotti.

Quasi 500 rilasci di materiale tossico si verificarono durante la catastrofe e riguardarono, in particolare, circa 30 sostanze differenti, dal cloro all'amianto, dall'ammoniaca all'acido solforico. I rilasci di petrolio ammontarono all'incirca a 35 milioni di litri (Sengul et al., 2006). Tale quantità fu rilasciata da condotte danneggiate, da serbatoi fissi e dalle piattaforme petrolifere off-shore, danneggiate dai venti che, in alcuni casi, hanno rotto i loro ormeggi.

È da sottolineare che ciascuna di tali sostanze necessiterebbe di trattamenti appropriati per il suo smaltimento, cosa che probabilmente, a causa dell'emergenza, non fu fatta, comportando un ulteriore carico sulle già critiche condizioni ambientali dell'area colpita.

## 2.2 Un approfondimento su tre eventi na-tech

Come già accennato, i casi di approfondimento scelti sono caratterizzati dall'aver il terremoto quale evento naturale innescante.

In particolare, tra i terremoti documentati cui sono seguiti disastri tecnologici (rilasci tossici, esplosioni e incendi), si è scelto di studiare le catene di eventi, impatti e danni che hanno avuto luogo durante il terremoto che nel 1999 ha colpito la regione

industriale di Izmit in Turchia, il terremoto di Kobe in Giappone del 1995 e il terremoto di Northridge vicino a Los Angeles del 1994. La scelta di questi tre casi è motivata dall'esistenza di una letteratura dettagliata sulle catene di eventi na-tech e sulle loro conseguenze.

Inoltre, essi rappresentano tre casi di eventi na-tech estremamente differenti sia per tipo di incidenti tecnologici innescati che per contesto urbano colpito. Kobe è una grande città, densamente abitata, caratterizzata al contempo dalla presenza di numerose abitazioni tradizionali; Northridge è una località caratterizzata, invece, da un tessuto urbano più diffuso e costituito da edifici prevalentemente recenti; Izmit è un'area produttiva di grandi dimensioni che include centri residenziali, ma soprattutto industrie chimiche e petrolchimiche.

Inoltre, dato non trascurabile, i casi scelti sono caratterizzati da un'ampia documentazione che ha permesso un confronto sulle tipologie di danni sui bersagli colpiti e sugli ostacoli incontrati dai soccorritori durante la fase di emergenza.

I casi offrono, inoltre, un panorama abbastanza ampio di possibili catene di eventi danni e guasti a seguito di un terremoto sia in termini di incidenti industriali (Turchia) che di danni ad altre infrastrutture civili, sedi di materiali pericolosi (Kobe, Northridge). I casi presi in esame, inoltre, sono caratterizzati da eventi sismici che vanno dal settimo all'undicesimo grado della scala Mercalli (MMI).

#### *Northridge, 1994*

Il violento sisma di magnitudo 6.7 della scala Richter che colpì nel 1994 l'area intorno a Northridge, in California, ha causato forti danni, sebbene i decessi siano stati solo 57.

L'area colpita era una zona prevalentemente residenziale, 30 km a nord ovest di Los Angeles, a bassa densità, con alcuni parchi industriali e grandi centri commerciali.

Tutti questi manufatti sono stati danneggiati dal terremoto. In particolare, per quanto riguarda le residenze, i danni riferiti al solo sisma hanno interessato circa 15.000 case su fondazioni e 150 case mobili, una tipologia edilizia molto diffusa nell'area.

Tra le attività di servizio alla residenza, almeno 106 scuole sono state severamente danneggiate ed alcuni centri commerciali hanno subito il collasso del soffitto, ma anche danni dovuti all'acqua rilasciata dai sistemi antincendio.

Per quanto riguarda la rete stradale, circa 11 tra ponti e sovrappassi sono crollati e molte delle principali arterie di traffico, in entrata ed in uscita dall'area colpita, sono state danneggiate e deformate dalla scossa.

La stessa sorte è toccata alle ferrovie. Il traffico su rotaia è stato fermato dalle autorità a seguito del sisma per un raggio di 100 miglia dall'epicentro.

Le reti di distribuzione di gas, acqua ed elettricità hanno subito danni diffusi lungo i loro tracciati, mentre danni lievi e prontamente riparabili hanno interessato la rete delle comunicazioni.

In particolare, le reti del gas e dell'elettricità sono state fonte di innesco di molti focolai d'incendio.

Anche la rete di drenaggio urbano è stata colpita e due impianti di depurazione sono stati lievemente danneggiati (EQE, 1994).

Rilevanti anche i danni ad attività che trattano materiali pericolosi; tra questi, i danni a serbatoi e condotte per lo stoccaggio ed il trasporto del petrolio e ad un serbatoio di reagenti chimici infiammabili in un laboratorio universitario.

Sia quest'ultimo evento che molte fuoriuscite di petrolio hanno dato vita a violenti incendi che hanno richiesto l'impiego di molte risorse da parte dei Vigili del Fuoco anche in casi estremi, come all'università dove per la mancanza di acqua agli idranti si è dovuto ricorrere all'acqua di una piscina di una casa vicina per spegnere le fiamme (Lindell e Perry, 1996). Gli incendi più gravi sono stati comunque quelli causati dal collasso delle case mobili nelle aree residenziali. Le fragili fondamenta di queste strutture hanno ceduto sotto l'effetto del sisma tranciando i collegamenti delle reti del gas che in più punti ha preso fuoco provocando l'incendio di circa 172 case mobili (Lindell e Perry, 1996).

I rilasci di materiali tossici hanno anche comportato danni alle risorse naturali. In particolare, una grande quantità di amianto, comunemente utilizzato nella costruzione di centri commerciali e nell'industria aeronautica che lì aveva sede, è stata rilasciata nell'aria anche a causa della ridotta accortezza nel trattare le macerie nella fase post-impatto (EQE, 1994). Parte del petrolio fuoriuscito dalle condotte e

circa 9000 litri di acido solforico rilasciati da un vagone cisterna deragliato a causa della deformazione dei binari hanno contaminato il suolo. Inoltre, la combinazione di eventi ha prodotto una miscela di petrolio, liquami fognari ed acqua, fuoriusciti dalle infrastrutture danneggiate, che si è riversata in un corso d'acqua della zona inquinandolo severamente per almeno 12 miglia (Lindell e Perry, 1996).

I numerosi incendi sono stati fronteggiati dai Vigili del Fuoco con molte difficoltà per la mancanza di acqua e di mezzi. La difficoltà di risposta è in parte spiegata anche dai danni strutturali subiti da tre caserme dei pompieri della zona. Anche il soccorso medico è stato limitato da danni ad almeno 30 ospedali di cui 4 sono stati addirittura evacuati.

La ridotta efficienza dei soccorsi è da attribuire anche alla limitata accessibilità all'area a causa dei danni fisici alla rete viaria. Ma il blocco dei trasporti, che si è protratto per giorni dopo l'evento, è stato causato anche dal traffico veicolare che ha messo in luce la vulnerabilità della rete viaria della zona dovuta alla scarsa ridondanza di collegamenti.

### *Kobe, 1995*

Il terremoto di Kobe del 1995 ha rivelato numerosi aspetti della "fragilità" dei moderni centri urbani.

Oltre ai danni dovuti alla vulnerabilità strutturale dei manufatti, il sisma ha messo in luce una serie di vulnerabilità funzionali e sistemiche che hanno determinato complesse catene di impatti e danni.

La città di Kobe si è sviluppata ai piedi delle ripide montagne Rokko che hanno confinato lo sviluppo sia delle infrastrutture che dell'abitato ad una striscia continua e relativamente stretta parallela alla costa.

La necessità di spazi ha reso necessario il prelevamento di inerti dalle suddette montagne per creare due nuove isole di fronte alla costa per ingrandire il porto. Questa azione ha una connessione diretta con gli effetti del terremoto in quanto tali terreni, depositati in maniera artificiale, hanno dato luogo a fenomeni di liquefazione che sono stati causa di severi danni alle infrastrutture portuali.

Questi danni sono stati comunque trascurabili rispetto alle 100.000 abitazioni collassate e che sono state una delle cause principali delle 6.300 vittime e dei quasi 50.000 feriti.

Se a Northridge la vulnerabilità della tipologia edilizia delle case mobili è stata una delle cause degli incendi, a Kobe molti crolli hanno riguardato le case tradizionali in legno. I pesanti tetti di tegole, utili contro gli uragani, si sono rivelati estremamente vulnerabili contro i carichi orizzontali generati dal sisma.

Le rotture delle condotte del gas e i crolli delle case in legno hanno rappresentato le condizioni ideali per l'innescò di ben 142 focolai di incendio che hanno ridotto la parte occidentale di Kobe ad un rogo inaccessibile da parte dei soccorritori.

I soccorsi sono stati inoltre ostacolati dal collasso di molti viadotti della Hanshin Expressway e delle ferrovie che attraversavano la città. Tali crolli, oltre ad impedire l'accesso dall'esterno dell'area, hanno anche occluso le strade impedendo la mobilità interna dei soccorritori. I crolli degli edifici e la compattezza del tessuto urbano hanno inoltre contribuito a rendere irraggiungibili molte aree della città. La viabilità è stata interrotta anche da altri tipi di danni legati alla complessa interazione di attività in una città moderna, come, ad esempio, il collasso di una grande stazione della metropolitana sotterranea.

Solo quando i danni erano ormai ingenti fu possibile l'arrivo via mare, unico accesso disponibile, dei primi soccorsi.

La rete elettrica ha subito lievi danni fisici così come la rete delle comunicazioni, il cui collasso è stato prevalentemente dovuto al sovraccarico del traffico telefonico.

L'interruzione delle comunicazioni ha indotto, quindi, un'elevata congestione da traffico: i sopravvissuti, infatti, in assenza di notizie, si sono recati alla ricerca dei propri cari.

La rete fognaria invece ha subito danni molto severi così come anche la rete di stoccaggio e distribuzione dell'acqua. Quest'ultima, infatti, era stata progettata per essere operativa anche in caso di terremoto con 30 serbatoi di cui 22 con valvole automatiche di blocco in caso di sisma. L'acqua a disposizione sarebbe bastata a far fronte agli incendi, ma i pompieri non hanno potuto usarla a causa della rottura in più punti delle condotte di distribuzione. Molte parti della città sono rimaste senza acqua anche per 9 giorni (EQE, 1995).

Rispetto a Northridge, principalmente caratterizzata dalla presenza di edifici residenziali moderni, a Kobe si sono avuti danni anche ad alcuni edifici monumentali e a santuari all'interno dei cimiteri.

Purtroppo, anche in questo disastro, le attrezzature strategiche hanno subito sia danni fisici che sistemici a causa, ad esempio, della prolungata mancanza d'acqua che ha impedito una corretta ed efficiente erogazione dei soccorsi sanitari.

L'impatto sulle industrie è stato limitato (EQE, 1995) se si escludono i danni ad un impianto di stoccaggio di GPL che ha comportato l'evacuazione preventiva di 70.000 persone dall'area circostante. La gestione di tale attività ha rappresentato comunque un sovraccarico dei servizi di risposta all'emergenza (in questo caso la polizia ed i Vigili del Fuoco) che hanno impiegato risorse in questa emergenza tecnologica, sottraendole ad altre attività di soccorso.

### *Izmit, 1999*

Il terremoto in Turchia del 1999, come abbiamo detto, rappresenta uno dei casi più evidenti e più studiati di na-tech.

L'insieme delle catene di eventi che hanno caratterizzato questa catastrofe racchiudono la maggior parte delle problematiche connesse con i disastri na-tech.

L'area colpita, residenziale e sede di industrie altamente inquinanti, è stata scossa da un terremoto di magnitudo 7.4 della scala Richter (EQE, 1999).

I danni al patrimonio fisico sono stati ingenti. Per gli edifici, le stime parlano di più di 23.000 edifici residenziali e 47 attrezzature sanitarie severamente danneggiate, 43 scuole distrutte e 381 danneggiate e una stazione dei Vigili del Fuoco collassata.

Un elemento chiave nell'insuccesso iniziale dei soccorsi è stato il danneggiamento della rete stradale di accesso all'area colpita ed il collasso delle comunicazioni.

L'Amministrazione centrale, data l'assenza di informazioni certe sull'accaduto, ha ritardato a inviare i soccorsi i quali, una volta sul posto, hanno avuto difficoltà ad individuare le aree dove intervenire prioritariamente. Solo successivamente con grande ritardo l'uso dei telefoni satellitari ha consentito alla macchina dei soccorsi di mettersi all'opera.

L'arrivo dei mezzi di soccorso è stato comunque ostacolato sia dai severi danni fisici subiti dalle infrastrutture (ponti crollati e principali strade deformate) che dal traffico causato dalla popolazione delle aree limitrofe che, dato il collasso delle linee telefoniche, si è portata sul luogo della catastrofe per avere notizie sui propri cari e per prestare soccorso.

In realtà, se le linee di comunicazione con la capitale si sono interrotte per guasti fisici, le linee locali hanno mediamente resistito al sisma, ma sono collassate per il sovraccarico di chiamate tra utenti privati subito dopo il sisma.

Come la rete stradale, anche la rete ferroviaria ha subito danni per la deformazione di alcune tratte, mentre alcune infrastrutture portuali sul Mar di Marmara sono state severamente danneggiate da fenomeni di liquefazione e dallo tsunami generato dal sisma.

Tutte le reti di distribuzione di acqua ed elettricità e le reti fognarie dell'area hanno subito gravi danni. In particolare, la rottura di un tronco principale di un elettrodotto ha comportato un black-out nell'intera Regione cui appartiene l'area colpita.

Rispetto agli altri due terremoti studiati di Northridge e di Kobe, la rete del gas ha subito danni più lievi. Dove i rilasci di gas hanno dato vita a incendi, questi sono stati di modeste dimensioni anche per la tipologia costruttiva in calcestruzzo armato, predominante nell'area.

I danni principali sono stati quelli subiti dalle numerose industrie petrolifere e chimiche colpite dal sisma. 112 serbatoi hanno subito severi danni rilasciando grandi quantità di petrolio che in parte hanno contaminato il suolo o si sono riversati in mare con un forte impatto sull'ambiente naturale. In alcuni punti il mare è stato coperto da uno strato di petrolio di spessore variabile tra i 2 e i 15 centimetri.

Ciò che non si è riversato in mare ha preso fuoco a causa di scintille provocate dallo sfregamento di parti metalliche ed ha dato luogo ad esplosioni e incendi che si sono propagati tra serbatoi per effetto domino.

La dimensione dell'incendio è aumentata anche per il ritardo dei soccorsi. Inoltre, il personale interno addetto a tali emergenze ha abbandonato l'impianto subito dopo il sisma per prestare soccorso alle proprie famiglie.

La mancanza di acqua, elettricità e comunicazioni ha reso più difficile lo spegnimento e la presa di decisioni da parte dei proprietari dell'industria.

I Vigili del Fuoco hanno avuto molte difficoltà ad arrivare sul posto per la ridotta accessibilità a causa delle strade danneggiate. Purtroppo, si sono verificati anche casi in cui squadre di pompieri sono stati fatti attendere, come riserva, fuori dall'impianto. In questo modo si sono tenute immobilizzate risorse e uomini che avrebbero potuto essere utilizzati meglio altrove (Steinberg, 2001).

L'incendio principale è stato spento dopo quattro giorni durante i quali il rischio di altre esplosioni nella raffineria incendiata rappresentava una seria minaccia per gli impianti adiacenti, tra cui un impianto di fertilizzanti.

Per evitare un disastroso effetto domino in caso di esplosione e data la mancanza di elettricità per tenere attivi i gruppi refrigeratori, i gestori di quest'impianto hanno permesso il rilascio volontario nell'aria di 200 tonnellate cubiche di ammoniaca.

In definitiva, molte delle risorse per fronteggiare l'emergenza furono impiegate nella zona industriale a scapito delle tante vittime della zona residenziale che forse avrebbero potuto essere salvate (Steinberg et al., 2001).

### 2.3 La matrice per la lettura e il confronto dei casi

La grande quantità di informazioni raccolte dalla disamina dei dieci casi illustrati e in particolare dei tre casi di approfondimento rappresentano un consistente bagaglio conoscitivo sui fenomeni na-tech.

Al fine di confrontare tale insieme di conoscenze e rendere confrontabili in maniera diretta gli eventi analizzati, si è tentato di strutturare in maniera più schematica le catene di eventi, impatti e danni descritte.

In particolare, tale operazione è stata effettuata per i casi di approfondimento, per i quali si disponeva di una quantità maggiore e più dettagliata di informazioni.

Si è scelto, quindi, di impostare una matrice di lettura capace di rendere, per ciascun bersaglio colpito dal terremoto la sequenza degli impatti e danni che esso subisce e che induce su altri bersagli.

In particolare, si è scelto di focalizzare l'attenzione sull'intervallo di tempo che va dall'istante dell'impatto del sisma fino alle successive 24 ore (tab. 5) che dai casi appare essere l'arco temporale in cui maggiori sono i problemi derivanti dall'interazione tra il fattore di pericolosità naturale innescante e gli incidenti

tecnologici. Non sono stati quindi trattati i danni a medio e lungo termine, seppure essi costituiscono una conseguenza non trascurabile specialmente per eventi na-tech che possono riguardare danni ad attività produttive trainanti per l'economia locale e, in molti casi, sovralocale.

Nella matrice, quindi, sono state riportate le catene di evento-danno che hanno interessato, come bersagli, la popolazione, gli edifici residenziali, gli edifici pubblici, gli edifici strategici, gli edifici monumentali, le industrie e le relative infrastrutture, la rete stradale, la rete ferroviaria, le altre reti di trasporto, le reti fognarie, elettriche, del gas, dell'acqua e delle comunicazioni e gli elementi naturali.

In particolare, sono state indicate le tre tipologie di danno che possono avere luogo in sequenza negli istanti successivi all'impatto del sisma, differenziate in base al tipo di impatto che li ha provocati:

- un danno fisico diretto causato dall'impatto del sisma;
- un danno secondario causato dal danno fisico diretto;
- un danno indotto dall'incidente tecnologico innescato.

Se il danno diretto è esclusivamente di tipo fisico, il danno secondario ed il danno indotto possono essere sia di natura fisica che funzionale. Per danno funzionale, si intende la limitazione della funzionalità che un bersaglio subisce a causa della sua dipendenza da un altro elemento. Un esempio di tale tipo di danno è la riduzione della capacità di un ospedale di erogare servizi sanitari di soccorso, a causa dell'interruzione dell'erogazione di elettricità dovuta a danni fisici subiti dalla rete elettrica.

tab. 5 – La matrice di lettura dei casi di approfondimento

Fattore di pericolosità innescante: <b>Terremoto</b> Luogo: Data: Ora: Magnitudo:		<i>Immediatamente dopo l'impatto</i>				<i>Fino a 24 ore dopo l'impatto</i>	
		<b>Eventi</b>	<b>Danno fisico</b>	<b>Danno secondario fisico e funzionale</b>	<b>Pericolosità tecnologica indotta</b>	<b>Danno fisico e funzionale indotto dalla pericolosità tecnologica</b>	<b>Effetti sul sistema di risposta all'emergenza</b>
<b>Bersagli</b>		<i>collegamenti</i>			<i>collegamenti</i>		
Popolazione							
Edifici residenziali							
Edifici pubblici							
Edifici strategici							
Edifici monumentali							
Industrie e relative							
Rete stradale							
Rete ferroviaria							
Oltre reti di trasporto							
Rete di fornitura del gas							
Rete di fornitura dell'acqua							
Rete fognaria							
Rete elettrica							
Rete delle comunicazioni							
Elementi naturali							

Per differenziare tale tipo di dipendenze nella matrice, i collegamenti tra danni fisici sono riportati con tratto continuo, mentre i collegamenti di tipo funzionale sono riportati con tratto discontinuo. In azzurro sono riportate, invece, le sezioni relative ai fattori di pericolosità sismica e tecnologica.

In virtù dei danni fisici e funzionali subiti dai singoli bersagli, inoltre, vengono riportati gli effetti indotti sul sistema di risposta all'emergenza, con particolare riferimento alla riduzione della capacità di intervento dei Vigili del Fuoco e all'erogazione di servizi sanitari e di riduzione della percorribilità all'interno dell'area colpita e dell'accessibilità dall'esterno verso di essa.

Per quanto riguarda gli eventi na-tech, si richiama l'attenzione sugli incendi che, durante il terremoto di Northridge (fig. 14) e Kobe (fig. 15) si sono sviluppati nelle abitazioni caratterizzate da particolari tipologie costruttive (tradizionali in legno a Kobe e case mobili a Northridge). Entrambe le catene sono state causate dalla rottura delle condotte del gas; a Kobe, però, il danno non sembra attribuibile al collasso delle abitazioni, come invece è avvenuto a Northridge, ma alle rotture causate dalle vibrazioni del sisma.

In Turchia (fig. 16), invece, si sottolinea la presenza di molti incidenti tecnologici dovuti all'alta densità di industrie pericolose nell'area colpita. Tali incidenti, fortunatamente, non hanno comportato danni indotti alla popolazione, ma tutti hanno generato domanda di intervento dei Vigili del Fuoco, generando un enorme sovraccarico del sistema di risposta all'emergenza e sottraendo risorse per i soccorsi alla popolazione colpita dal sisma.

Tra i principali elementi emersi dall'analisi dei casi c'è l'estrema variabilità, in termini di estensione, dell'area colpita. Disastri come quello dell'alluvione nella Repubblica Ceca, in Egitto, l'uragano Katrina, il black-out in Italia o lo tsunami hanno avuto conseguenze in aree ben lontane dalla sorgente di pericolo. Anche i terremoti inducono danni, seppure spesso non propriamente fisici, che possono essere risentiti a grandi distanze rispetto all'epicentro. Si veda il caso dello tsunami indotto in Indonesia e che ha colpito le coste dell'Africa, piuttosto che il terremoto della Turchia del 1999 che, devastando il cuore industriale del Paese, ne ha messo in ginocchio l'economia (World Bank, 1999).

Un secondo elemento significativo è l'articolata struttura temporale delle catene di eventi, impatti e danni che contraddistinguono fenomeni na-tech.

Inoltre, i casi evidenziano che solo strategie di prevenzione e mitigazione fondate sullo studio delle catene di eventi e impatti possono concorrere ad una efficace riduzione dei danni.

Si ricorda, a tal proposito, l'esperienza di Kobe dove la pratica della mitigazione rivolta ad un singolo rischio in aree esposte a più fattori di pericolosità ha comportato un aumento dei danni. In particolare, in molte case tradizionali i tetti originari più leggeri sono stati sostituiti con tegole molto pesanti poiché in questo modo le case sarebbero state più resistenti alla forza dei venti degli uragani, molto frequenti nella zona (Menoni, 1997). La concentrazione di peso ha contribuito a spostare in alto il baricentro delle strutture che quindi è divenuta molto vulnerabile alle spinte orizzontali generate dai terremoti. I crolli delle abitazioni sono stati tra le cause principali dei violenti incendi che hanno devastato la città.

Infine, i casi evidenziano con chiarezza la criticità della gestione dell'emergenza negli eventi na-tech. È il caso, ad esempio, di Izmit dove all'offerta di poche risorse disponibili per supportare l'emergenza si contrappone una domanda alta e diversificata di prestazioni di soccorso. Quest'ultimo punto è anche quello più insistentemente sottolineato dalla letteratura di settore ed è, inoltre, tra i temi più connessi con il governo delle trasformazioni urbane e territoriali.

Compatibilità tra usi del suolo, dimensionamento e distribuzione delle attrezzature strategiche e adeguatezza delle reti a servizio dell'emergenza sono elementi su cui l'urbanistica può e deve dare un contributo per la mitigazione dei rischi na-tech.

fig. 14 L'evento na-tech di Northridge

Fattore di pericolosità innescante: <b>Terremoto</b> Luogo: <b>Northridge (USA)</b> Data: <b>17/01/1994</b> Ora: <b>4.31 am</b> Magnitudo: <b>6,7 Richter (VII-IX MMI)</b>		<i>Immediatamente dopo l'impatto</i>			<i>Fino a 24 ore dopo l'impatto</i>		
<b>Eventi</b>	<b>Danno fisico</b>	<i>collegamenti</i>	<b>Danno secondario fisico e funzionale</b>	<b>Pericolosità tecnologica indotta</b>	<i>collegamenti</i>	<b>Danno fisico e funzionale indotto dalla pericolosità tecnologica</b>	<b>Effetti sul sistema di risposta all'emergenza</b>
<b>Bersagli</b>							
Popolazione			Morti: 57 Feriti: 9000				Aumento della domanda di VVF e ospedali
Edifici residenziali	collasso di 150 case mobili circa 14600 case danneggiate			rilasci di sostanze tossiche e incendi		incendio di molte case mobili	Aumento della domanda di VVF e ospedali
Edifici pubblici	serbatoi chimici universitari danneggiati 106 severely damaged schools danni strutturali a edifici commerciali			rilasci di amianto nell'aria		molte incendi locali	Aumento della domanda di VVF e ospedali
Edifici strategici	30 ospedali danneggiati (4 evacuatei) danni a 3 caserme VVF		Riduzione della fornitura del servizio sanitario Riduzione del servizio dei VVF				Diminuzione dei servizi ospedalieri Diminuzione della capacità di soccorso dei VVF
Edifici monumentali							
Industrie e relative attrezzature	rotture negli oleodotti rotture negli oleodotti rotture in un serbatoi di petrolio rottura di serbatoi di chimici			rilasci di petrolio incendi mix di petrolio, acqua e liquami lievi rilasci di acidi			Aumento della domanda di VVF e ospedali Aumento della domanda di VVF e ospedali
Rete stradale	collasso di 11 sovrappassi e ponti e strade deformate		Ostruzione delle strade per mezzo dei detriti				Riduzione della percorribilità interna dell'area e dell'accessibilità dall'esterno
Rete ferroviaria	deformazione della ferrovia		Ribaltamento di una ferro cisterna	rilasci di H2SO4		traffico ferroviario fermato per un raggio di 100 miglia	Riduzione dell'accessibilità dall'esterno
Altri terminali del trasporto							
Rete di distribuzione del gas	rotture diffuse			rilasci di gas e incendi rilasci di gas e incendi			Aumento della domanda di VVF e ospedali
Rete di distribuzione dell'acqua	rotture diffuse rotture ai rami principali danni alle riserve		Danni a rami domestici della rete del gas Mananza di acqua diffusa	mix di petrolio, acqua e liquami mix di petrolio, acqua e liquami			Diminuzione dei servizi ospedalieri e della capacità di soccorso dei VVF
Rete fognaria	danni ad un impianto di depurazione			incendi			Aumento della domanda di VVF e ospedali
Rete elettrica	collasso di torri di trasmissione						
Rete delle comunicazioni							
Elementi naturali						inquinamento del suolo inquinamento del suolo inquinamento dell'acqua inquinamento dell'aria	

fig. 15 L'evento na-tech di Kobe

Fattore di pericolosità innescante: <b>Terremoto</b> Luogo: <b>Kobe (Giappone)</b> Data: <b>17/01/1995</b> Ora: <b>5.47 am</b> Magnitudo: <b>6,9 Richter (IX-XI MMI)</b>		<i>Immediatamente dopo l'impatto</i>			<i>Fino a 24 ore dopo l'impatto</i>			
Eventi	Danno fisico	collegamenti	Danno secondario fisico e funzionale	Pericolosità tecnologica indotta	collegamenti	Danno fisico e funzionale indotto dalla pericolosità tecnologica	Effetti sul sistema di risposta all'emergenza	
Bersagli								
Popolazione			Morti: 6300 Feriti: 43177	Esplosioni potenziali  rilasci di gas e 142 incendi			Aumento della domanda di VVF e ospedali	
Edifici residenziali	100000 edifici crollati					70000 persone preventivamente evacuate		
Edifici pubblici								
Edifici strategici	danni ad alcuni ospedali		riduzione della fornitura dei servizi sanitari difficoltà nel fornire servizi sanitari					Diminuzione dei servizi ospedalieri
Edifici monumentali	scuotimento di monumenti cimiteriali e templi							
Industrie e relative attrezzature	danni ad uno stabilimento di GPL							Aumento della domanda di VVF
Rete stradale	collasso di viadotti e deformazione della strada		ostruzione delle strade a causa delle macerie					Riduzione della percorribilità interna dell'area e dell'accessibilità dall'esterno
			traffico a causa delle ricerche private dei parenti					Riduzione della percorribilità interna dell'area
			ostruzione delle strade a causa delle macerie					Riduzione della percorribilità interna dell'area e dell'accessibilità dall'esterno
			ostruzione delle strade a causa delle macerie					Riduzione dell'percorribilità interna dell'area
Rete ferroviaria	ribaltamento di molti sovrappassi ferroviari urbani							Riduzione dell'accessibilità dall'esterno
	collasso di una stazione sotterranea							
Other transport networks	danni a molte attrezzature del porto							Riduzione dell'accessibilità dall'esterno
Gas supply network	danni diffusi							
Rete di fornitura dell'acqua	danni diffusi		diffusa carenza di acqua					Diminuzione della capacità di soccorso dei VVF
	4 riserve (of 22) distrutte							
Rete fognaria	danni severi							
Rete elettrica	danni lievi							
Rete delle comunicazioni	lievi impatti sulle strutture		collasso delle comunicazioni dovuto al sovraccarico delle linee danneggiate					Calo dell'efficacia delle operazioni di soccorso
Elementi naturali								

fig. 16 L'evento na-tech di Izmit

Fattore di pericolosità innescante: <b>Terremoto</b> Luogo: <b>Izmit (Turchia)</b> Data: <b>17/08/1999</b> Ora: <b>3.01 am</b> Magnitudo: <b>7.4 Richter (IX-XI MMI)</b>		Immediatamente dopo l'impatto			Fino a 24 ore dopo l'impatto		
Eventi	Danno fisico	collegamenti	Danno secondario fisico e funzionale	Pericolosità tecnologica indotta	collegamenti	Danno fisico e funzionale indotto dalla pericolosità tecnologica	Effetti sul sistema di risposta all'emergenza
Bersagli							
Popolazione			Morti: 18000 Feriti: 49000				Aumento della domanda di VVF e ospedali
Edifici residenziali	23400 edifici severamente danneggiati						
Edifici pubblici	43 scuole danneggiate e 381 danneggiate					pochi incendi circoscritti in alcune tipologie di case	Aumento della domanda di VVF e ospedali
Edifici strategici	collasso di una caserma dei VVF danni a 47 ospedali pubblici e privati		riduzione della fornitura dei servizi dei VVF riduzione dei servizi sanitari				Diminuzione della capacità di soccorso dei VVF Diminuzione dei servizi ospedalieri
Edifici monumentali							
Industrie e relative attrezzature	danni severi ad industrie petrolifere (112 serbatoi) danni severi ad industrie petrolifere (112 serbatoi)			incendi nelle raffinerie rilasci tossici rilasci tossici		danni aggiuntivi alle industrie	Aumento della domanda di VVF
			manca di acqua	incendi nelle raffinerie		manca di elettricità	Diminuzione dei servizi ospedalieri e della capacità di soccorso dei VVF
	danni severi ad impianti di produzione di gas danni severi alle industrie danni ad industrie chimiche						Aumento della domanda di VVF e ospedali Aumento della domanda di VVF e ospedali Aumento della domanda di VVF e ospedali
Rete stradale	danni severi su tratte attraversano la faglia forti danni alle autostrade		ostruzione delle strade a causa delle macerie ostruzione delle strade a causa delle macerie				Riduzione della percorribilità interna dell'area e dell'accessibilità dall'esterno Riduzione della percorribilità interna dell'area Riduzione dell'accessibilità dall'esterno
			traffico a causa delle ricerche private dei parenti				Riduzione della percorribilità interna dell'area e dell'accessibilità dall'esterno
Rete ferroviaria	danni e deformazioni						
Oltre reti di trasporto	molte attrezzature portuali danneggiate						
Rete di fornitura del gas			danni lievi ai rami domestici della rete	rilasci di gas e incendi			
Rete di fornitura dell'acqua	danni lievi nei tronchi principali danni estesi alla rete		manca di acqua				Diminuzione dei servizi ospedalieri e della capacità di soccorso dei VVF
Rete fognaria	danni severi						
Rete elettrica	danni agli impianti di depurazione danni severi in molti tratti			black out regionale			
Rete delle comunicazioni	danni forti ai principali ramo della regione ed ai tralicci		interruzione delle comunicazioni tra autorità centrali e locali congestione e collasso della fornitura per il sovraccarico delle linee a causa di telefonate private				Calo dell'efficacia delle operazioni di soccorso Calo dell'efficacia delle operazioni di soccorso
Elementi naturali						inquinamento dell'aria inquinamento del mare inquinamento del suolo	

*I fisici amano pensare che tutto ciò che si deve fare è dire: “Queste sono le condizioni: e ora, che cosa accadrà subito dopo?”*

RICHARD P. FEYNMAN

### 3 APPROCCI E APPROFONDIMENTI SCIENTIFICI: LO STATO DELL'ARTE DELLA RICERCA

- 3.1 Studi e ricerche sui na-tech
- 3.2 Studi e ricerche sul multi-rischio
- 3.3 I necessari avanzamenti

### 3.1 Studi e ricerche sui na-tech

Sebbene come rilevato da alcuni autori (Quarantelli, 1993), sin dagli anni Ottanta sia stata dichiarata la necessità di una trattazione integrata dei diversi fattori di pericolosità che minacciano l'uomo e il territorio su cui esso vive, molte delle ricerche sono state caratterizzate da approcci settoriali e monodisciplinari all'analisi dei rischi.

Ciò ha prodotto un notevole volume di studi e ricerche che però difficilmente possono essere integrate in un unico modello di indagine e di valutazione delle condizioni di rischio totali cui è esposta una determinata comunità.

La necessità di far dialogare discipline diverse attraverso un linguaggio comune su fattori di pericolosità eterogenei per studiarne le mutue influenze e gli impatti complessivi sui sistemi territoriali esposti rappresenta uno principali traguardi per la ricerca scientifica sul tema dei rischi.

Tale problema ha caratterizzato in particolar modo le ricerche sugli eventi na-tech che, per loro natura, richiedono un approccio integrato, coinvolgendo nozioni che vanno, ad esempio, dalla geologia alla chimica, dall'urbanistica alla sociologia, dall'idraulica all'ingegneria civile.

I primi studi sui na-tech, di tipo definitorio, risalgono all'inizio degli anni Novanta (tra gli altri, Showalter e Myers, 1992; Clerc e Le Claire, 1994).

Le difficoltà iniziali nel dare un'etichetta ad una famiglia di fenomeni molto eterogenei è stata notevole. Ciò è dimostrato dalle diverse definizioni finora proposte (cfr. cap. 1, tab. 1) e che continuano ad alimentare tuttora il dibattito scientifico.

Parallelamente alla necessità di definire gli eventi na-tech, la comunità scientifica ha rivolto gli sforzi alla raccolta di dati sulla frequenza di tali eventi ed in particolare dei rilasci tossici e degli incidenti industriali causati da eventi naturali (Showalter e Myers, 1996; Marsh e McLennan, 1998; Young, 2002) (cfr. cap. 1, pr. 1.2).

La crescente attenzione a tale tipologia di eventi, inoltre, ha indirizzato i ricercatori a studiare alcuni disastri naturali che, purtroppo, hanno avuto luogo dal 1992 ad oggi, con un approccio più critico ed attento a mettere in luce gli impatti derivanti dagli incidenti tecnologici innescati separatamente dai danni dovuti all'evento naturale, permettendo una più chiara identificazione delle caratteristiche dei fenomeni na-tech.

Ciò ha comportato la raccolta di utili informazioni e la costituzione di banche dati sia sul numero di eventi di questo tipo che sulle dinamiche che effettivamente hanno avuto luogo durante tali eventi (cfr. cap. 2).

Ciò ha permesso l'individuazione di alcune caratteristiche principali riscontrabili, in genere, negli eventi na-tech e le peculiarità che determinano la necessità di una preparazione specifica dei sistemi potenzialmente esposti a tali disastri.

Come è stato più volte affermato, una delle principali caratteristiche che rendono gli eventi na-tech difficili da fronteggiare è l'impatto simultaneo di una calamità naturale e di un incidente tecnologico sullo stesso territorio.

Non necessariamente, però, ci sarà un solo incidente tecnologico anzi, come dimostrano le esperienze passate, una catastrofe naturale attiva con grande probabilità più rilasci di materiale tossico contemporaneamente e conseguentemente più incendi e/o esplosioni.

Un terremoto, uno tsunami o un uragano sono fenomeni che investono un'area molto estesa e quindi possono danneggiare più industrie o infrastrutture dando luogo a più emergenze tecnologiche.

Un terremoto come quello di Northridge, ad esempio, ha investito un'ampia area e ha innescato rotture delle condotte del gas in più parti, anche distanti tra di loro.

Per far fronte a tale simultaneità di emergenze è necessaria una disponibilità di uomini e mezzi che supera di molto l'ordinaria disponibilità di soccorsi.

Inoltre, se anche fossero disponibili mezzi e uomini a sufficienza, le operazioni di soccorso potrebbero essere ostacolate da una ridotta disponibilità di risorse (ad esempio, acqua per spegnere gli incendi ed energia elettrica) e da una viabilità ridotta a causa dell'evento naturale (strade allagate, distrutte, occupate da manufatti crollati o semplicemente bloccate dal traffico di auto e pedoni in cerca di un riparo sicuro).

“Quindi risulta evidente che il principale problema connesso ai na-tech è il potenziale sovraccarico del sistema di risposta all'emergenza e la compromissione della sua capacità di ridurre i danni nell'immediato a persone e beni” (trad. Lindell e Perry, 1996, p.32).

Si innesca una competizione tra l'emergenza generata dagli incidenti tecnologici e l'emergenza legata al disastro naturale stesso per l'uso delle risorse disponibili a

supporto dell'emergenza e tale competizione grava sulle operazioni di soccorso e di ricerca (Steinberg et al., 2001).

“L'interazione e la sinergia di effetti che possono accadere come conseguenze indotte e indirette di un fattore di pericolosità primario in aree metropolitane è uno dei principali problemi che va affrontato durante un disastro, come il terremoto di Kobe ha dimostrato” (trad. Menoni, 2001, p.101).

Clerc e Le Claire (1994), indicando la relazione tra disastri naturali e tecnologici, sottolineano che l'aggiunta di agenti chimici o anche radioattivi ad un disastro naturale complica i comportamenti di risposta e di soccorso durante l'emergenza e può lasciare ferite indelebili, umane ed ambientali.

A conferma di ciò, si fa notare che il sistema di emergenza turco che si è dimostrato efficiente in alcuni grandi disastri, come il terremoto di Adana e le alluvioni del 1998, si è dimostrato totalmente incapace di soddisfare la domanda generata dall'emergenza del 17 agosto a Izmit (World Bank, 1999).

L'insieme di tali considerazioni evidenziano la necessità di considerare i na-tech non come eventi naturali e tecnologici sovrapposti, ma come eventi caratterizzati da impatti concatenati e, quindi, che si influenzano a vicenda.

L'essere pronti a fronteggiare separatamente rischi naturali e tecnologici è sicuramente un punto di partenza utile per la mitigazione dei rischi, ma non è detto che ciò sia anche sufficiente alla mitigazione dei danni dovuti a eventi na-tech.

Analisi multi-rischio, basate sulla “semplice” sovrapposizione di eventi e potenziali impatti, potrebbero essere utili per l'identificazione di aree critiche a scala vasta ma, a scala di dettaglio, sono necessari altri strumenti (come ad esempio le tecniche di scenario) al fine di modellare le catene di eventi che caratterizzano gli eventi na-tech. Nella tabella 6 sono elencate le principali caratteristiche dei disastri na-tech riportate in letteratura (Lindell e Perry, 1996; Cruz, 2005) e tutte chiaramente riscontrate nell'analisi di eventi reali descritti nel capitolo precedente. Per ognuna di tali caratteristiche è indicata la fase del ciclo del governo dei rischi, cui essa appartiene.

Tra i recenti studi sui na-tech si segnala, inoltre, un approfondimento sviluppato in Russia su una specifica correlazione tra eventi naturali e incidenti tecnologici (Petrova, 2005).

tab. 6 Principali caratteristiche dei disastri na-tech nelle varie fasi del ciclo del governo dei rischi

<i>Caratteristiche</i>	<i>Fase</i>
– Difficoltà nel definire la probabilità, il tipo e l'intensità degli impatti	Preparazione
– Difficoltà nel definire l'area potenzialmente interessata	Preparazione
– Più di un solo rilascio tossico, incendio o esplosione simultaneamente	Impatto
– Possibilità di serie di impatti naturali o tecnologici (scosse di assestamento, effetti domino, fulmini, ecc.) durante la fase di emergenza	Impatto/Emergenza
– Contemporanea necessità di far fronte nello stesso momento sia alle emergenze tecnologiche che a quelle legate al disastro naturale	Emergenza
– I danni relativi agli eventi tecnologici ostacolano le operazioni di soccorso per la calamità naturale e viceversa	Emergenza
– Scarsità delle risorse fisiche (acqua, elettricità, comunicazioni)	Emergenza
– Mancanza di personale specializzato (anche interno all'impianto) per far fronte alle emergenze industriali	Emergenza
– I rifugi previsti in caso di evacuazione potrebbero non essere idonei a causa del duplice impatto	Emergenza
– Difficoltà di accesso alla zona dell'incidente tecnologico	Emergenza
– Mancanza di personale per l'identificazione, la pulizia e la bonifica del materiale rilasciato	Riabilitazione

Fonte: rielaborazione da Lindell e Perry, 1996, e Cruz, 2005

Tra le cause naturali dei na-tech, oltre ai fattori di pericolosità di tipo geologico, climatico, idrogeologico, etc., lo studio evidenzia la forte influenza dei disturbi solari e geomagnetici sugli incidenti tecnologici. Essi, infatti, possono alterare la resa di meccanismi automatici e la riduzione della loro efficienza aumentando, in questo modo, la probabilità di incendi, rilasci tossici e incidenti legati al trasporto. Nel lavoro, inoltre, è riportato un interessante studio che illustra la correlazione tra attività solare, incendi e incidenti aerei.

Altri studi sono stati indirizzati maggiormente a valutare quale sia la percezione e la preparazione della popolazione e delle industrie ai disastri na-tech. In particolare, per quanto riguarda le industrie, il caso del terremoto in Turchia del 1999 ha rappresentato un valido test per alcuni ricercatori (Cruz e Steinberg, 2005) che, mediante interviste rivolte ai gestori degli impianti dell'area colpita hanno rilevato che prima dell'impatto la preparazione contro i rilasci di materiali pericolosi causati da scosse sismiche era molto bassa, ma che tale preparazione è notevolmente aumentata dopo il disastro, specialmente nelle industrie danneggiate.

Uno studio svolto in Giappone (Cruz et al., 2006) è stato invece finalizzato, tramite un questionario distribuito nella città di Nagoya, alla valutazione del grado di consapevolezza e della preparazione della popolazione civile nei confronti di potenziali disastri na-tech in un'area sede di suoli contaminati soggetta a terremoti,

tsunami, alluvioni. Tale lavoro rappresenta un'importante analisi al fine di predisporre efficaci piani di emergenza per le popolazioni esposte ad eventi na-tech. Mercuri e Angelique (2004) hanno lavorato sulla risposta dei bambini ai disastri naturali, tecnologici e ai na-tech analizzando il contenuto di 22 articoli su tale tema al fine di individuare quale sia il fattore principale nelle psicopatologie post-disastro dei bambini.

Sebbene tali studi afferiscano ad ambiti disciplinari diversi dall'urbanistica o da discipline più puramente tecniche, essi consentono di delineare un quadro il più possibile esaustivo, seppure molto sintetico, sul tipo di studi relativi ai fenomeni na-tech.

In Giappone, alcuni ricercatori (Hartmann et al., 2004) hanno proposto un approccio integrato alla gestione dei rischi per supportare la definizione di strategie volte a ridurre l'esposizione a sostanze pericolose rilasciate a seguito di un'alluvione. Tale approccio prevede la stretta integrazione delle attività e delle decisioni che afferiscono alle tre fasi principali di un disastro: l'analisi di rischio, la risposta al disastro e la sua mitigazione. I principali elementi su cui si basa il metodo proposto al fine di ottenere tale integrazione sono i dati sugli usi del suolo per la definizione di una base dati georeferenziata attraverso la quale prefigurare l'impatto di alluvioni attraverso un software di simulazione. I risultati di tali valutazioni possono quindi rappresentare la base per un sistema di allertamento precoce che permetta la predisposizione di interventi di prevenzione e di messa in sicurezza degli impianti minacciati.

In Europa, il Progetto della Commissione Europea "Natural and Environmental Disaster Information Exchange System" (NEDIES) (<http://nedies.jrc.it>) è sviluppato nel quadro del programma istituzionale "Governo della sicurezza e dell'emergenza per i rischi artificiali e naturali" del Joint Research Centre che mira a supportare le politiche della Comunità Europea, principalmente quelle relative alla prevenzione e mitigazione dei fattori di pericolosità naturale e tecnologica. In particolare, il progetto NEDIES persegue i seguenti obiettivi:

- fornire alla Commissione Europea informazioni aggiornate su disastri e incidenti e sulla loro gestione;

- mettere a disposizione delle Unità di Protezione Civile degli Stati membri informazioni accertate su disastri e incidenti, sulle loro conseguenze principali, sui metodi e le tecniche per la prevenzione la preparazione e la risposta a tali disastri;
- fornire una piattaforma interdisciplinare per facilitare lo scambio di informazioni fra tutti gli attori addetti al governo dei disastri e degli incidenti;
- proteggere i cittadini dai disastri e dagli incidenti attraverso la diffusione di informazioni sulla percezione e sulla consapevolezza del rischio;
- costituire una raccolta europea centrale delle lezioni imparate dai disastri passati, facendo un particolare focus sulle azioni di mitigazione e sulle conseguenze dei disastri.

I fattori di pericolosità tenuti in conto sono le valanghe, la siccità, I terremoti, le temperature estreme, le alluvioni, gli incendi forestali, le frane, le tempeste, gli tsunami, le eruzioni vulcaniche, I disastri ambientali, gli incidenti tecnologici ed i multi-risk in generale.

Riguardo a questi ultimi, è da menzionare che una delle attività orizzontali di NEDIES consiste in una ricerca sulla gestione dei disastri na-tech in collaborazione con l' "International Strategy for Disaster Reduction" (UNISDR) delle Nazioni Unite iniziato nel Febbraio del 2003 e che terminerà il 31 Dicembre del 2006. L'oggetto principale della collaborazione sono gli eventi na-tech, tenendo ma esso riguarderà anche la valutazione dei loro impatti socio-economici. Uno dei primi prodotti di tale collaborazione è lo stato dell'arte sulla gestione dei rischi na-tech (Cruz et al., 2004) in Europa e negli Stati Uniti.

Un'altra ricerca finanziata dalla Comunità Europea, tuttora in corso, è il Progetto "PREvention, Information and Early Warning pre-operational services to support the management of risks" (PREVIEW) ([www.preview-risk.com](http://www.preview-risk.com)) è finalizzata a sviluppare, a scala Europea, un servizio di informazione per il governo dei rischi a supporto delle Unità di Protezione Civile e delle autorità regionali e locali attraverso l'uso delle più avanzate ritrovati della ricerca e della tecnologia riguardo l'Osservazione della Terra. I fattori di pericolosità considerati sono le alluvioni, gli incendi, le tempeste, i terremoti e le eruzioni vulcaniche, le frane e gli incidenti nucleari e chimici. Il progetto non si propone di considerare i rischi separatamente e

tiene conto che essi possano essere il risultato dell'impatto diretto di eventi atmosferici, delle loro conseguenze sull'assetto idrogeologico, di eventi geofisici che in alcuni casi possono essere aggravati o direttamente causati dalle attività industriali.

Infine, va menzionato un progetto di ricerca che dovrebbe partire a breve in Italia specificamente indirizzato alla prevenzione e mitigazione degli eventi na-tech. Nel quadro del "Futures Project on Risk Management Policies" dell'"Organisation for Economic Cooperation and Development" (OECD), il Ministero dell'Ambiente e della Difesa del Suolo italiano ha proposto un caso studio sugli incidenti industriali innescati da alluvioni. Più specificamente, l'obiettivo del Ministero è di esaminare il rischio di incidenti (incendi, esplosioni, rilasci tossici) causati dalle alluvioni che minacciano gli impianti industriali che ricadono nel campo di applicazione della Direttiva Europea 96/82/EC (Direttiva "Seveso II") (OECD, 2006).

### 3.2 Studi e ricerche sul multi-rischio

Seppure non direttamente finalizzati allo studio dei fenomeni na-tech, sembra opportuno menzionare alcuni recenti progetti di ricerca che affrontano rischi naturali e tecnologici sulla base di un approccio multi-rischio.

Sembra opportuno, prima di procedere a tale disamina, chiarire cosa si intende per multi-rischio e quali siano le differenze con gli eventi na-tech.

Per approccio multi-rischio, comunemente, si intende una sovrapposizione delle analisi di rischi naturali e/o tecnologici, effettuate stimando i fattori di pericolosità, esposizione e vulnerabilità in maniera disgiunta e senza tenere conto delle possibili interazioni e concatenazioni tra tali fattori nella stima dei livelli di rischio totale per una data area.

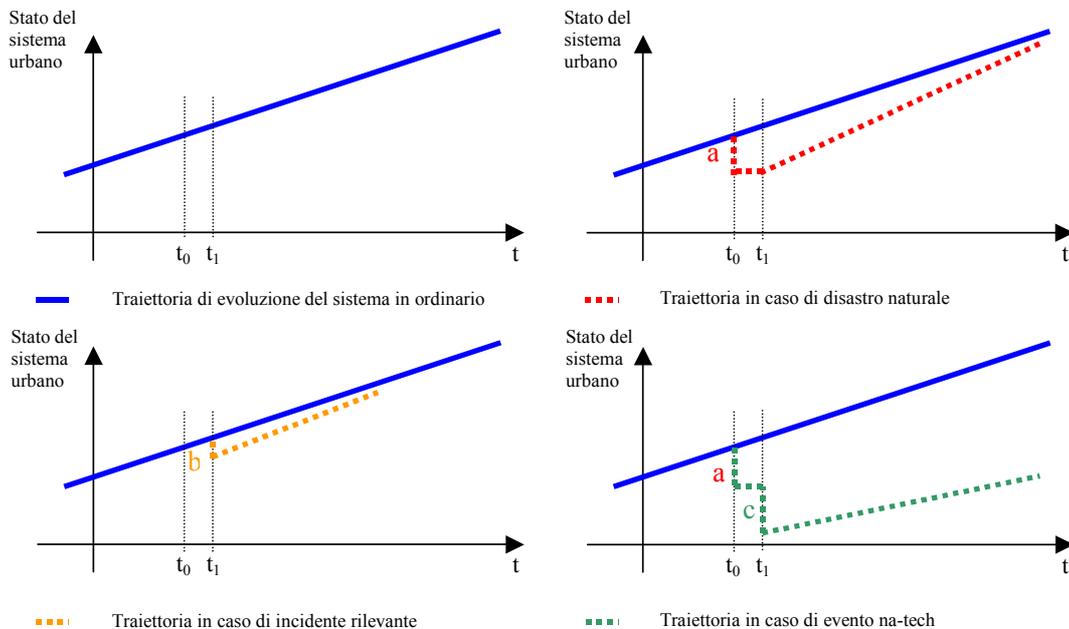
A tale sovrapposizione, di solito corrisponde la somma dei valori di danno atteso stimati in riferimento a ciascun fattore di pericolo; in alcuni casi, principalmente a scala vasta e quando si lavora per indicatori aggregati, si procede attraverso una media pesata di tali valori in ragione della diffusione di ciascun rischio nell'area in esame. Tale approccio non è assolutamente trasferibile alla stima degli eventi na-tech, la cui peculiarità risiede proprio nell'essere il prodotto di una concatenazione

tra calamità naturale innescante e incidente tecnologico. Come già evidenziato, inoltre, l'incidente tecnologico impatta su un territorio già danneggiato dall'evento naturale e che, quindi, risponderà diversamente al secondo impatto.

Volendo schematizzare l'inefficacia del principio di sovrapposizione degli effetti quando si affrontano eventi complessi quali i na-tech, è possibile affermare che il danno dovuto all'incidente tecnologico innescato da un disastro naturale (c) è differente dal danno (b) dovuto allo stesso incidente accaduto senza un fattore esterno innescante (fig. 17). In altre parole, se lo stesso incidente è innescato da un disastro naturale, la capacità del sistema di far fronte all'emergenza sarebbe minore che se fosse accaduto da solo e il danno potrebbe essere maggiore ( $c > b$ ). In aggiunta, tale capacità di risposta potrebbe variare in caso di evento na-tech e potrebbe essere, quindi, più difficile riportare il sistema verso la sua traiettoria originaria, ovvero quella che avrebbe seguito in assenza di eventi (Galderisi et al., 2005).

Tra i principali progetti europei basati su un approccio multi-rischio va segnalato il Progetto "1.3.1 - The spatial effects and management of natural and technological hazards in general and in relation to climate change", condotto all'interno programma ESPON 2000-2006 (Schmidt-Thomé, 2006).

fig. 17 Stato del sistema colpito in caso di un evento na-tech



Fonte: Galderisi et al., 2005

La finalità principale del progetto è di rappresentare la distribuzione dei fattori di pericolosità naturale e tecnologica in Europa. L'unità territoriale di riferimento utilizzata è la NUT3 che corrisponde, in Italia, alle Province.

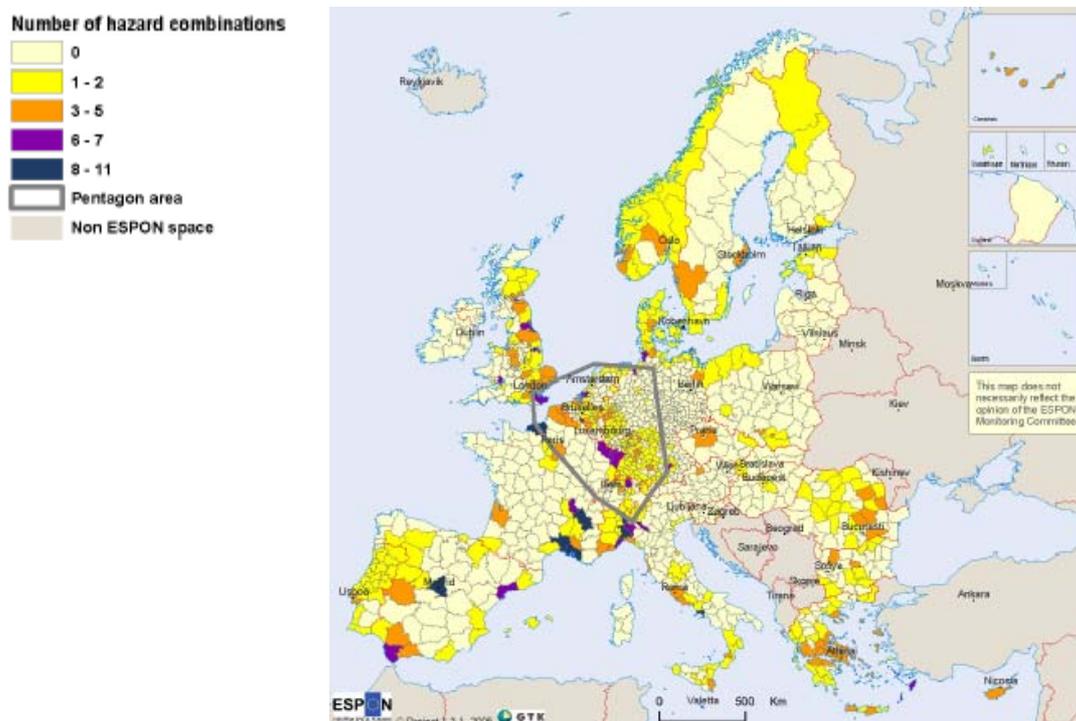
Uno dei risultati del progetto è lo sviluppo di mappe di pericolosità integrate. Inoltre, sono state prodotte anche mappe di rischio ottenute combinando pericolosità e vulnerabilità del territorio.

I rischi tecnologici considerati sono gli incidenti aerei, gli incidenti rilevanti all'interno di impianti chimici, nucleari e petroliferi e di attrezzature di stoccaggio e trasporto di petrolio.

Le mappe di rischio sono ottenute attraverso operazioni di media pesata; tale approccio conduce, quindi, a definire degli indicatori della compresenza di più tipologie di rischio in una stessa Provincia.

A prescindere, quindi, dalla distribuzione dei livelli di rischio, sembra interessante sottolineare un altro risultato del progetto: la messa a punto di una mappa delle possibili interazioni tra i 15 fattori di pericolosità considerati. Tale mappa rappresenta un primo tentativo di superare la semplice sovrapposizione a favore di un'effettiva analisi delle interdipendenze causali delle pericolosità.

fig. 18 Mappa delle interazioni tra fattori di pericolosità



Fonte: Schmidt-Thomé, 2006

Dall'analisi delle influenze tra fattori di pericolosità, gli impianti tecnologici sono i target più sensibili mentre vulcani e terremoti sono i fattori che maggiormente possono innescarne altri.

Considerando come interazioni che effettivamente avranno luogo in una Regione quelle in cui la stima del fattore di pericolosità innescante ha una intensità (secondo il metodo di misura proposto nel Progetto) medio-alta, si ottiene la mappa riportata in figura 18.

Si noti come la Provincia di Napoli rappresenti una delle situazioni più critiche nel nostro Paese con un numero di combinazioni possibili tra i fattori di pericolosità che minacciano tale territorio compreso tra 8 e 11.

Un altro interessante progetto, attualmente ancora in corso (terminerà nel Marzo 2007), è il progetto "Applied multi Risk Mapping of Natural Hazards for Impact Assessment" (ARMONIA) che ha come finalità la messa a punto per la Comunità Europea di una metodologia armonizzata per produrre mappe integrate di rischio in grado di supportare la definizione di più efficaci procedure di governo delle trasformazioni del territorio in aree europee esposte a disastri naturali.

Tale progetto non include i rischi tecnologici e quindi non fa propriamente parte dello stato dell'arte della ricerca sui na-tech. Si è scelto di menzionarlo in quanto rappresentativo dell'impegno della comunità scientifica verso la definizione di approcci unitari e integrati ai rischi a supporto di una più efficiente ed efficace gestione del territorio.

Tra gli obiettivi principali figura l'integrazione ed il perfezionamento degli attuali metodi di analisi del rischio e l'armonizzazione di mappe, leggende, dati e termini.

Il quadro che si otterrà al termine del progetto rappresenterà, comunque, un solido insieme di conoscenze strutturate su cui poter innestare le tematiche del rischio tecnologico che in questo modo potrebbe concretamente essere messo a sistema con i rischi naturali per studiarne le interazioni e definire le opportune strategie urbanistiche di prevenzione e mitigazione di eventi composti, quali i na-tech.

Il progetto, inoltre, si propone di integrare l'analisi dei rischi naturali all'interno delle procedure di impatto ambientale. Se tale obiettivo fosse in futuro esteso anche ai rischi tecnologici rappresenterebbe un risultato estremamente utile data l'evidente esposizione degli elementi ambientali (acqua, aria e suolo) a tali eventi.

### 3.3 I necessari avanzamenti

Dal quadro degli studi e delle ricerche illustrato, emerge una condizione di difficoltà rispetto alla valutazione integrata dei rischi. Nonostante alcuni tentativi, ancora allo stato embrionale, si sottolinea una evidente carenza di metodi e tecniche per l'analisi dei fenomeni na-tech, in netto contrasto con le dichiarazioni di intenti di molti organismi internazionali (OECD, 2003).

Poiché le integrazioni riguardano non solo i differenti fattori di pericolosità ma, soprattutto, la vulnerabilità degli elementi esposti all'impatto composito e sinergico di tali fattori, tale ritardo può essere spiegato anche con l'errata consuetudine di basare le politiche di mitigazione solo sull'identificazione e l'analisi delle pericolosità (Burby, 1998), considerate inoltre singolarmente. Solo negli ultimi anni la vulnerabilità è stata considerata come un elemento chiave nella riduzione dei rischi (Bankof et al., 2004).

Gli incidenti na-tech mettono in luce la rilevanza delle analisi di vulnerabilità con un doppio significato: i na-tech sono causati da un obiettivo vulnerabile ad un fattore di pericolosità naturale (un'industria o un'infrastruttura) che diventa a sua volta sorgente di pericolo (ARMONIA Project, 2006); inoltre, le condizioni di vulnerabilità del sistema colpito dal disastro naturale (di cui fa parte anche l'industria stessa, ad esempio) cambiano nel momento in cui a questo si sovrappone l'impatto dell'incidente tecnologico.

Un ruolo cardine, come dimostra la letteratura sui na-tech, è assunto dalla capacità di risposta all'emergenza del sistema impattato. In letteratura, l' *coping capacity*  indica la capacità di un sistema di far fronte alle sollecitazioni esterne (Wisner, 2001, Gunderson et al., 2002, Commissione Europea, 2006) e, in particolare, di far fronte ai disastri (Zhang, 2005). Durante la fase di emergenza successiva ad un evento na-tech, tale capacità viene seriamente stressata rendendo estremamente vulnerabile il sistema e creando i presupposti per ulteriori danni.

La ricerca sui na-tech dovrebbe quindi prestare particolare attenzione anche allo studio di tali aspetti.

Inoltre, sono necessari dati sulle quantità e sulla qualità dei rilasci tossici e dei danni conseguenti. Devono inoltre essere portate avanti e aggiornate le ricerche sulla frequenza dei na-tech e lo studio approfondito dei casi ed è, inoltre, auspicabile la

messa a punto di un sistema di raccolta centrale di dati sugli incidenti (Steinberg, 2006) che, fondamentali per lo sviluppo della ricerca, spesso restano in mano ai gestori degli impianti.

È necessario, inoltre, raccogliere dati sui costi economici, ambientali, e in termini di salute pubblica conseguenti agli eventi na-tech al fine di prevenire e mitigare anche i danni a medio e lungo termine da essi provocati.

In aggiunta a tali obiettivi, è necessario raccogliere e diffondere informazioni su casi di *best practices* volti all'implementazione di pratiche di preparazione, mitigazione, risposta all'emergenza e ricostruzione post-impatto.

Si sottolinea, comunque, la necessità di sperimentare nuovi strumenti e modelli interpretativi della realtà capaci di trattare le complesse interazioni tra elementi esposti e loro condizioni di vulnerabilità, al fine di supportare la messa a punto di scenari di danno conseguenti alle catene di eventi e impatti che caratterizzano i disastri na-tech. Questo percorso sembra, infatti, il più idoneo per pervenire ad un approccio effettivamente integrato ed alla mitigazione dei rischi.

Solo attraverso lo studio delle catene di eventi, impatti e danni che si generano in caso di eventi na-tech è, infatti, possibile mettere in luce l'effettivo "comportamento" dei sistemi colpiti per individuare efficaci strategie urbanistiche di prevenzione e mitigazione.

Definire le connessioni tra elementi esposti può rappresentare, inoltre, un supporto alla definizione degli areali effettivi di impatto di ciascun potenziale evento na-tech.

Per quanto riguarda la scala d'indagine ottimale per lo studio di tali fenomeni, dalle considerazioni fatte, sembra evidente che non è possibile fare una scelta del genere a priori. In particolare, se sembra evidente che le catene di eventi, impatti e danni necessitano di informazioni dettagliate sull'assetto del territorio che possono essere trattate solo ad una scala locale, ciò può non valere per affrontare altre problematiche connesse con gli eventi na-tech. La localizzazione e la distribuzione sul territorio delle attrezzature e delle infrastrutture per l'emergenza, ad esempio, necessitano di indagini a scala vasta che mettano in luce sia l'attuale distribuzione di tali elementi che le aree che potenzialmente saranno colpite da un sisma, da un uragano o da un'alluvione e nelle quali è possibile il contemporaneo innesco di più emergenze tecnologiche simultanee.

Se c'è stato un dramma non è colpa della natura, poiché non è stata quest'ultima a raccogliere laggiù ventimila palazzi di sei o sette piani. Se gli abitanti si fossero sparpagliati o sistemati diversamente li avremmo visti il giorno dopo a venti leghe da quel luogo, felici come se nulla fosse successo

JEAN-JACQUES ROUSSEAU

## 4 EVENTI NA-TECH, RISCHI NATURALI E TECNOLOGICI: IL QUADRO NORMATIVO

- 4.1 Il quadro normativo in materia di rischi naturali e tecnologici in Europa e in Italia
- 4.2 Le norme sui rischi di incidente rilevante

#### 4.1 Il quadro normativo in materia di rischi naturali e tecnologici in Europa e in Italia

I casi di disastri na-tech analizzati nel primo capitolo mettono in luce la complessità di tale tipologia di eventi. L'impatto su un sistema urbano di una catastrofe naturale che induce uno o più incidenti tecnologici costituisce un fattore di squilibrio rispetto alle sue condizioni ordinarie di evoluzione.

Tale squilibrio, che corrisponde al degrado delle caratteristiche fisiche e funzionali del sistema, è tanto più grande quanto più complesse sono le catene di eventi e danni che si innescano durante l'impatto e quanto minore è stata l'opera di prevenzione e mitigazione dei fattori di pericolosità naturale e tecnologica cui l'area è esposta.

Come alcune delle esperienze esaminate evidenziano (il terremoto di Kobe così come il più recente uragano Katrina), la prassi diffusa di affrontare i rischi singolarmente e di implementare misure di mitigazione o di ottimizzazione della fase di emergenza tarate sulle caratteristiche di un singolo fattore di pericolosità può rivelarsi controproducente, fino a rappresentare, in alcuni casi, un elemento di riduzione della capacità di risposta del sistema colpito, comportando ulteriori danni e vittime.

La necessità di adottare un approccio multi-rischio se da un lato può considerarsi un'idea ormai acquisita all'interno della comunità scientifica (Godschalk et al., 1999; Waugh, 2000), dall'altro non sembra ancora aver prodotto approfondimenti scientifici o esperienze operative su eventi "combinati", come i na-tech.

Conseguentemente, anche nelle pratiche di governo delle trasformazioni urbane e territoriali, rischi naturali e tecnologici continuano ad essere affrontati in maniera disgiunta.

Una delle cause di tali carenze può essere l'inadeguato impalcato normativo europeo che, inevitabilmente, si riflette in norme nazionali quasi mai orientate ad una trattazione multi-rischio.

Nella tabella 7 sono riportate le principali leggi su rischi naturali e tecnologici in vigore nell'Unione Europea ed in Italia. In particolare, per quanto riguarda i primi, sono stati considerati il rischio sismico, il rischio alluvioni ed il rischio di incendi boschivi, tra i più diffusi in Europa e rispetto ai quali più strutturato è l'attuale apparato normativo.

tab. 7 Le principali norme sui rischi in Europa ed in Italia

	<i>Europa</i>	<i>Italia</i>
<i>Rischi naturali</i>	– Eurocode 8	Rischio sismico
		– Legge 741/1981 per l'accelerazione delle procedure per l'esecuzione di opere pubbliche
		– Legge 112/1998 sul conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle regioni ed agli enti locali
		– Ordinanza 3274/2003 sulla classificazione sismica nazionale
		– D.M. 14/09/2005, Testo Unitario per la Normativa Tecnica sulle Costruzioni
		– Ordinanza 3519/2006 recante i criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche
		Rischio alluvioni
	– Proposta di Direttiva Comunitaria COM(2006) 15 relativa alla valutazione e alla gestione delle alluvioni	– Legge 183/1989 recante le norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo
		– D.Lgs. 152/2006 recante norme in materia ambientale
		Rischio incendi boschivi
	– Regolamento Comunitario 2158/92 relativo alla protezione delle foreste nella Comunità contro gli incendi	– Legge Quadro 353/2000 sugli incendi boschivi
<i>Rischi tecnologici</i>		Rischio di incidente rilevante
	– Direttiva “Seveso” 96/82/EC	– Decreti “Seveso” (D.Lgs. 334/1999, D.M. 09/05/2001)
		– D.M. 15/05/96 per i depositi di GPL

Per quanto riguarda i rischi tecnologici, invece, si focalizza l'attenzione sui rischi di incidente rilevante, come definiti dalla Direttiva “Seveso” 96/82/EC.

È evidente la struttura fortemente settoriale delle norme in materia di rischio sia a livello europeo che nazionale. Purtroppo, tale separazione si riflette anche nei contenuti delle norme: in quasi tutte le leggi menzionate, infatti, non vi è alcun accenno alla possibilità di interazioni tra fattori di pericolosità che possano dare vita a potenziali catene di eventi, impatti e danni.

A completare il quadro normativo, oltre alle Direttive e alle leggi in tabella 7, vanno citate altre tre Direttive Europee, la 2000/06/EC, la 92/57/EEC e la 82/883/EEC in cui il problema delle relazioni tra differenti rischi è menzionato.

La Direttiva Europea 2000/06/EC istituisce un quadro per l'azione Comunitaria in

materia di protezione delle acque. Tra le misure richieste per ciascun bacino idrografico ci sono anche quelle “necessarie al fine di evitare perdite significative di inquinanti dagli impianti tecnici e per evitare e/o ridurre l'impatto degli episodi di inquinamento accidentale, ad esempio dovuti ad inondazioni, anche mediante sistemi per rilevare o dare l'allarme al verificarsi di tali eventi, comprese tutte le misure atte a ridurre il rischio per gli ecosistemi acquatici, in caso di incidenti che non avrebbero potuto essere ragionevolmente previsti.”

Nella Direttiva 1999/31/EC sulle discariche di rifiuti è richiesto esplicitamente di tenere in conto della presenza di rischi naturali nella scelta dei luoghi dove insediare le discariche.

Inoltre, nella Direttiva 82/883/EEC, sulle procedure di sorveglianza delle aree sede di rifiuti industriali quali biossido di titanio, si dice che è possibile andare in deroga alla Direttiva in caso di emergenze legate ad alluvioni, disastri naturali o condizioni climatiche eccezionali.

In riferimento ai rischi naturali, per quanto riguarda la normativa sul rischio sismico, l'Eurocodice 8 riunisce le norme europee sulla progettazione antisismica di edifici, ponti e fondazioni ed include, quindi, anche la progettazione di impianti industriali pericolosi. I parametri di progettazione sono funzione della zonizzazione sismica nazionale, obbligatoria per ciascun Paese membro.

In Italia, l'emissione da parte del Dipartimento di Protezione Civile dell'Ordinanza 3274/2003 sulla classificazione sismica nazionale ha messo in luce il bisogno di un adeguamento della normativa edilizia italiana verso un approccio prestazionale più che prescrittivo. Le nuove norme tecniche per le costruzioni sono state approvate con il D.M. 14/09/2005 "Testo Unitario per la Normativa Tecnica sulle Costruzioni". La norma si sviluppa in 11 capitoli e, in particolare, il testo codifica i modelli per la descrizione delle azioni ambientali e naturali (capitolo 3), delle azioni accidentali (capitolo 4) e di quelle antropiche per le opere civili ed industriali, stradali e ferroviarie (capitolo 6). Come azioni ambientali e naturali sono considerate le azioni sismiche, del vento, termiche ed i carichi dovuti alla neve. Inoltre, sono fornite indicazioni progettuali contro le azioni accidentali, ossia “quelle azioni che si presentano in occasione di quegli eventi

di origine antropica che si definiscono come incidenti”. Il Decreto considera incidenti gli incendi, le esplosioni e gli urti. L’applicazione delle indicazioni contenute nei capitoli 3 e 4, unitamente a quelle specifiche per impianti industriali e opere civili del capitolo 6, rappresentano un valido supporto alla mitigazione dei rischi na-tech specialmente in termini di riduzione della pericolosità e, in particolare, dei guasti che possono comportare l’innesco di catene di danni e incidenti indotti all’interno degli impianti.

Il rispetto delle norme di progettazione rappresenta, comunque, anche un contributo alla riduzione della vulnerabilità fisica dei manufatti esposti e, indirettamente, permette di ridurre i danni di tipo funzionale indotti dai na-tech. Tra le azioni connesse con le pericolosità naturali di cui il progettista deve tenere conto sono menzionate le azioni del vento, della neve, l’azione sismica, le azioni dovute alle variazioni termiche ambientali e quelle dovute ai fluidi e al moto ondoso di mari e laghi.

Il rischio alluvioni è trattato, a livello europeo, nella proposta di Direttiva Comunitaria COM(2006) 15 che è il primo atto europeo ad occuparsi direttamente di tale rischio. Obiettivo della Direttiva è quello di “ridurre e gestire i rischi che il fenomeno delle alluvioni pone alla salute umana, all’ambiente, alle infrastrutture e alle cose”.

Le potenziali catene di eventi dannosi in caso di alluvione vengono tenute in conto indirettamente solo nell’articolo 9 che recita: “Gli Stati membri definiscono livelli adeguati di protezione specifici per ciascun bacino idrografico, sottobacino o tratto di litorale, in particolare al fine di ridurre la probabilità di inondazione e limitare le potenziali conseguenze che un simile evento potrebbe avere sulla salute umana, l’ambiente e le attività economiche, e tengono conto dei seguenti aspetti: gestione delle acque, gestione del suolo, pianificazione del territorio, utilizzo del territorio e conservazione della natura.”

A tal fine, la Direttiva dispone che gli Stati membri predispongano, a livello di distretto idrografico, le mappe delle alluvioni e le mappe indicative dei danni potenziali da alluvioni. In particolare, in queste ultime, i danni potenziali associati alle alluvioni sono espressi in termini di numero di abitanti potenzialmente interessati, potenziali danni economici per l’area e potenziali danni per l’ambiente.

In Italia, la Legge 183/1989 ha introdotto specifiche norme per il riassetto organizzativo

e funzionale della difesa del suolo ed ha istituito il Piano di Bacino, strumento settoriale di scala vasta che ha “il ruolo di strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo e la corretta utilizzazione delle acque, sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio interessato.”

La presenza di industrie pericolose in aree alluvionabili rende questo Piano potenzialmente uno strumento perno nella mitigazione dei rischi na-tech indotti da eventi idrogeologici. Purtroppo, però, nella norma e nella pratica tali catene di danno sono comunemente ignorate come dimostrano gli eventi dell'Ottobre 2000 in Valle d'Aosta, Piemonte e Lombardia (OECD, 2006).

Per quanto riguarda gli incendi boschivi, essi rappresentano una minaccia diffusa in Europa. Il Regolamento Comunitario 2158/92 è rivolto alla protezione delle foreste contro gli incendi. La finalità del Regolamento è la protezione delle foreste contro gli incendi da perseguire attraverso due obiettivi primari: la riduzione del numero di cause di incendi boschivi e la riduzione delle superfici colpite.

Gli incendi boschivi non sono una delle cause principali degli incidenti rilevanti anche perché, dato il loro sviluppo in un intervallo temporale relativamente ampio, consentono di disattivare preventivamente le linee di produzione e di provvedere alla protezione ed al raffreddamento di serbatoi di materiali “incendiabili”. Di contro, gli impianti industriali pericolosi possono rappresentare una minaccia per le foreste in caso di incidente rilevante. Un incendio, ma ancora di più un'esplosione con lanci di proiettili infuocati o un rilascio tossico possono rappresentare una seria minaccia per le zone boschive. In questo senso, un impianto chimico può essere incluso in quelle cause che il Regolamento impone di identificare e neutralizzare.

A livello nazionale, la Legge Quadro 353/2000 sugli incendi boschivi, non differisce molto dal Regolamento Comunitario, confermando la totale assenza di un approccio integrato ai rischi.

Per quanto riguarda i rischi tecnologici, nella Direttiva 96/82/EC sul controllo dei pericoli dei pericoli derivanti da incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze

pericolose, che verrà illustrata per esteso nei paragrafi successivi, non è esplicitamente accennata la possibilità di eventi na-tech. Indirettamente, nella Sezione IV dell'Allegato II della Direttiva è detto che, nell'effettuare l'analisi dei possibili incidenti rilevanti e delle loro probabilità o delle condizioni in cui possono prodursi è necessario tenere conto sia delle cause interne che di quelle esterne all'impianto. Sebbene tra tali cause possano rientrare anche fattori di pericolosità naturale, non sono indicati metodi per effettuare tali analisi.

Un richiamo più esplicito a tenere conto degli eventi naturali si trova nella normativa italiana e, in particolare, nel D.M. 09/05/2001 che regola la "pianificazione urbanistica e territoriale per le zone interessate da stabilimenti a rischio di incidente rilevante". Il punto 6.3.3 dell'allegato al Decreto riporta che, al fine di valutare la compatibilità degli stabilimenti con gli elementi ambientali (quali beni paesaggistici e ambientali, aree naturali protette, risorse idriche superficiali e profonde ed aree coltivate), dovranno essere presi in esame, secondo principi precauzionali, anche i fattori che possono influire negativamente sugli scenari incidentali, ad esempio la presenza di zone sismiche o di aree a rischio idrogeologico individuate in base alla normativa nazionale e regionale o da parte di strumenti di pianificazione territoriale, urbanistica e di settore. Anche in questo caso, a tale dichiarazione di principio non corrispondono indirizzi operativi su come tenere conto delle interazioni tra fattori di pericolosità naturale e impianti a rischio.

A completamento del quadro sulla normativa Europea inerente i rischi naturali e tecnologici, vale la pena di menzionare i risultati di un recente lavoro portato avanti dal Joint Research Centre della Comunità Europea e l'International Strategy for Disaster Reduction delle Nazioni Unite che ha fornito un puntuale stato dell'arte sulla gestione dei rischi na-tech in molte nazioni (Cruz et al., 2004).

Lo studio che ha riguardato, in particolare, Bulgaria, Francia, Germania, Italia, Portogallo, Svezia e Stati Uniti, conferma che nei Paesi esaminati non sono state prese particolari misure per far fronte a eventi di tipo na-tech.

Tutti i Paesi affrontano le problematiche connesse ai disastri naturali e tecnologici. Molti usano sistemi integrati di governo della risposta all'emergenza che permette loro di individuare i fattori di pericolosità cui sono esposti. Nessun Paese, però, ha in essere

programmi specifici per i rischi na-tech e per le emergenze ad essi dovute (Cruz et al., 2004). Inoltre, tutti i Paesi hanno specifiche regole per la mitigazione dei rischi di incidente rilevante che sicuramente rappresenta un valido punto di partenza, ma non è sufficiente alla mitigazione dei rischi na-tech, i quali, come si è avuto modo di mettere in evidenza nei paragrafi precedenti, hanno caratteristiche ben differenti dai comuni incidenti tecnologici che occorrono in tempi ordinari.

Solo in alcuni tra i Paesi inclusi nello studio si stanno adottando misure indirizzate alla riduzione dei rischi na-tech.

In conclusione, si può affermare che, nonostante il panorama di norme su singoli rischi sia ampio in Europa ed in Italia, a tutt'oggi, non esistono disposizioni o linee guida direttamente indirizzate alla valutazione e mitigazione dei rischi na-tech, sia a livello comunitario che nazionale. La trattazione dei rischi è marcatamente settoriale negli atti normativi; non esistono punti di collegamento ed integrazione tra di essi, seppure in molti si accenni comunque alla necessità di tenere conto di altri fattori di pericolosità.

#### 4.2 Le norme sui rischi di incidente rilevante

Il quadro normativo fin qui illustrato evidenzia la totale assenza di specifiche leggi o linee guida che riguardino i rischi na-tech in Europa ed, in particolare, in Italia.

I disastri na-tech nascono dalla concatenazione di due eventi catastrofici che, come illustrato in precedenza, vengono normati separatamente.

La normativa attualmente in vigore in materia di rischi tecnologici riguarda, come già accennato, i soli rischi di incidente rilevante (come definiti nella Direttiva Europea 98/82/EC).

La famiglia dei rischi tecnologici è, tuttavia, molto più ampia e va dagli incidenti industriali ai rilasci tossici, ai danni alle dighe, all'inquinamento, alla rottura delle reti di distribuzione del gas o della corrente elettrica.

In questo lavoro di ricerca si focalizza l'attenzione sugli eventi na-tech costituiti da disastri naturali che provocano incidenti rilevanti (esplosioni, incendi e rilasci tossici) nelle industrie o nelle reti di distribuzione di materiali pericolosi (gas, petrolio, etc.).

Non sono considerati altre tipologie di rischi tecnologici come i rischi cosiddetti “striscianti” (Menoni, 2002), più legati alla contaminazione ed all’inquinamento delle principali risorse naturali: acqua, aria e suolo.

I rischi striscianti si differenziano dai rischi di incidente rilevante per le modalità sia spaziali che temporali del loro impatto. I primi sono generalmente diffusi spazialmente ed i loro effetti sulla popolazione non sono immediatamente visibili. Al contrario, gli incidenti rilevanti hanno una fonte dell’evento ben definita ed i loro effetti sono in molti casi istantanei.

In Europa molte leggi sono state approvate per valutare e mitigare i rischi di incidente rilevante, forse proprio a causa del loro impatto immediato e visibile sulla popolazione e sul territorio (Caragliano, 2002). In particolare, tra queste, la Direttiva Europea 96/82/EC, detta Direttiva Seveso II, ha per scopo “la prevenzione degli incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose e la limitazione delle loro conseguenze per l'uomo e per l'ambiente, al fine di assicurare in modo coerente ed efficace un elevato livello di protezione in tutta la Comunità” (art.1).

Viene definito incidente rilevante “un evento quale un'emissione, un incendio o un’esplosione di grande entità, dovuto a sviluppi incontrollati che si verificano durante l’attività di uno stabilimento soggetto alla presente Direttiva e che dia luogo ad un pericolo grave, immediato o differito, per la salute umana e/o per l’ambiente, all’interno o all’esterno dello stabilimento, e in cui intervengano una o più sostanze pericolose” (art.3).

Gli incidenti di Seveso nel 1976 e di Tolosa nel 2001 sono due dei più cruenti esempi di cosa possa rappresentare un incidente rilevante per la popolazione e per le risorse naturali.

Durante l’incidente di Seveso, una gran quantità di diossina fu rilasciata dall’impianto chimico dell’ICMESA. Il rilascio provocò danni alla pelle ed alle vie respiratorie della popolazione della cittadina di Seveso. Più di 200.000 abitanti furono esposti alla nube tossica e la zona più contaminata (all’incirca 108 ha.) fu completamente evacuata.

Non ci furono morti direttamente causati dall’incidente, ma gli effetti indiretti, fisici e psicologici, sulla popolazione furono devastanti (Lagadec, 1982).

Nell'incidente di Tolosa del 2001, l'esplosione di una mistura di sostanze chimiche presenti all'interno dell'impianto dell'AZF causò la distruzione dell'impianto stesso e danni ai quartieri circostanti. 29 persone morirono e centinaia di persone hanno subito ferite gravissime (UNEP, 2002); molte scuole e alcuni ospedali furono danneggiati.

Questi due incidenti hanno avuto un forte impatto sull'opinione pubblica e sulle Autorità dell'Unione Europea tanto che al disastro di Seveso è seguita l'emanazione, nel 1982, della prima Direttiva Europea in materia di prevenzione di rischio di incidenti rilevanti, la Direttiva 82/501/EEC, detta appunto Direttiva "Seveso I". A questa è seguita, nel 1996, la Direttiva Europea 96/82/EC, detta "Seveso II".

La Direttiva "Seveso I" regolamentava il flusso di informazioni tra gli impianti pericolosi, le pubbliche Amministrazioni ed i cittadini circa le condizioni di pericolosità esistenti ed a cui essi erano esposti.

La Direttiva focalizzava maggiormente l'attenzione sulla prevenzione del fattore di pericolosità, l'incidente industriale, e sulla gestione dell'emergenza.

Confidando nelle opere di protezione e di controllo dei guasti interni all'impianto, non si prestava ancora attenzione alle conseguenze di un possibile incidente sull'area circostante lo stabilimento: i concetti relativi alla valutazione e mitigazione dei rischi non erano ancora maturi neppure nell'ambito della comunità scientifica e fattori quali l'esposizione e la vulnerabilità delle aree esposte al pericolo non erano presi in considerazione.

Solo successivamente, con la Direttiva 96/82/EC (la SEVESO II) si accenna alla necessità di linee guida per il governo degli usi del suolo. All'art. 12 della Direttiva si Legge che "gli Stati membri provvedono affinché la loro politica in materia di destinazione e utilizzazione dei suoli e/o le altre politiche pertinenti, nonché le relative procedure di attuazione tengano conto della necessità, a lungo termine, di mantenere opportune distanze tra gli stabilimenti di cui alla presente Direttiva da un lato e le zone residenziali, le zone frequentate dal pubblico e le zone di particolare interesse naturale o particolarmente sensibili, dall'altro, e, per gli stabilimenti esistenti, delle misure tecniche complementari ... per non accrescere i rischi per le persone".

La Direttiva classifica, per qualità e quantità di materiale presente all'interno

dell'impianto, gli stabilimenti presenti sul territorio europeo.

I gestori degli impianti più pericolosi, ricadenti nelle indicazioni dell'art. 9 della Direttiva (corrispondente all'art.8 del D.Lgs. 334/1999 di recepimento della Direttiva in Italia), devono presentare alle Autorità competenti un Rapporto di Sicurezza (RdS) che è il principale documento di controllo sul livello di pericolosità dell'impianto.

Il RdS serve a verificare che il gestore abbia messo in atto una politica di prevenzione degli incidenti rilevanti e un sistema di gestione della sicurezza per la sua applicazione e che, inoltre, abbia individuato i pericoli da incidente rilevante e che siano state prese le misure necessarie per prevenirli e per limitarne le conseguenze per l'uomo e l'ambiente. Inoltre, con l'RdS si deve dimostrare che sia stato predisposto un piano d'emergenza interno e bisogna fornire gli elementi che consentono alle Autorità di elaborare un Piano di Emergenza Esterno al fine di prendere le misure necessarie in caso di incidente rilevante.

Ma uno dei compiti principali del RdS è fornire alle Autorità competenti informazioni che permettano loro di prendere decisioni in merito all'insediamento di nuove attività o alla modifica di insediamenti attorno agli stabilimenti già esistenti. Questo è, infatti, il dato che permette di regolare lo sviluppo del territorio attorno allo stabilimento.

Già si è sottolineato come tale Direttiva, comunque, non richieda direttamente lo studio di possibili scenari na-tech, accennando all'esistenza di tale problematica nella richiesta di tenere conto di "eventi esterni" che possano indurre a incidenti rilevanti (allegato II, sezione IV).

Altro punto importante della Direttiva per quanto riguarda i rischi na-tech, è l'art. 8 sugli effetti domino che possono aversi per catene di danni e guasti tra impianti a causa del luogo, della vicinanza degli stabilimenti e dell'inventario di sostanze pericolose in essi presenti.

La probabilità di accadimento di effetti domino è molto più alta in caso di na-tech ed in particolar modo durante i terremoti che sollecitano più parti dell'impianto allo stesso momento (Steinberg e Cruz, 2004; Lindell e Perry, 1996).

Tornando al principale avanzamento normativo che la Direttiva Seveso II ha introdotto rispetto alla Seveso I, ovvero l'attenzione rivolta alle condizioni di rischio esterne

all'impianto, questa è stata demandata alla legiferazione di ciascuno Stato membro.

L'Unione Europea ha, comunque, prodotto delle linee guida per la pianificazione attorno agli impianti a rischio di incidente rilevante (Christou e Porter, 1999) per supportare il legislatore nazionale nella sua opera. In particolare, la Direttiva Europea 96/82/EC richiede che gli Stati membri provvedano affinché, nelle rispettive politiche in materia di controllo dell'urbanizzazione, destinazione e utilizzazione dei suoli e in altre politiche pertinenti, si tenga conto degli obiettivi di prevenire gli incidenti rilevanti e limitarne le conseguenze. In conseguenza di ciò, è necessario, quindi, delimitare l'area potenzialmente esposta al rischio di incidente rilevante.

In Europa, prima dell'emissione della Seveso II, in molti Paesi erano già state fissate procedure per tenere in conto dei rischi di incidente rilevante nel governo degli usi del suolo. Le linee guida prodotte dall'Unione Europea sulla regolamentazione degli usi del suolo secondo la Direttiva "Seveso II" (Christou e Porter, 1999) hanno dovuto tenere conto di tali preesistenze. In esse, quindi, sono descritti i tre approcci utilizzabili che vanno dalla valutazione dei rischi (*risk based approach*) connessi a ciascun impianto, a quella delle conseguenze di scenari incidentali (*consequence based approach*), alla definizione di zonizzazioni basate su "generiche" distanze di separazione tra impianti e altre attività, derivate da esperienze storiche e da valutazioni su fattori ambientali quali il rumore, l'inquinamento, etc. In particolare, la definizione di distanze fisse di sicurezza a seconda del tipo di impianto, applicato in Germania, è un approccio poco diffuso. I due approcci più comunemente utilizzati nell'Unione Europea per definire le distanze di sicurezza dagli impianti e per regolare gli usi del suolo esposto al rischio di incidente rilevante sono l'approccio deterministico (*consequence based*) e quello probabilistico (*risk based*) (Amendola, 2001).

Alcuni Paesi, come l'Italia, hanno adottato un approccio misto (Colletta et al., 2002) che unisce nozioni di tipo deterministico e probabilistico.

In tabella 8 è riportato un quadro di sintesi dei vari approcci adottati dai Paesi dell'Unione Europea. L'approccio *consequence based* è adottato in Francia, Germania, Finlandia e Spagna, tra gli altri, mentre quello *risk based* in Olanda e Belgio-Fiandre (Spaziante e Gabardi, 2002).

tab. 8 Approcci alla definizione delle distanze di sicurezza nei Paesi UE

<i>Paese UE</i>	<i>Approccio deterministico</i>	<i>Approccio probabilistico</i>	<i>Distanze generiche</i>
Belgio - Fiandre		X	
Belgio – Vallonia	X		
Finlandia	X		
Francia	X		
Germania	X		X
Lussemburgo	X		
Olanda		X	
Spagna	X		
Svezia	X		X
Regno Unito	X	X	

Fonte: rielaborazione da Spaziant e Gabardi, 2002

L'approccio deterministico è incentrato sulla valutazione delle conseguenze degli incidenti “immaginabili” (Christou e Porter, 1999) per un dato stabilimento. L'approccio deterministico, quindi, non tiene conto della probabilità di accadimento di un certo scenario incidentale e si riferisce esclusivamente all'intensità dell'impatto e conseguentemente ai danni potenzialmente arrecabili a persone e cose. In questo modo, si evitano le incertezze sui calcoli delle probabilità a favore di un metodo anche più economico, ma la valutazione del rischio è ristretta ad una casistica predefinita di eventi “immaginabili”. Quest'approccio è di solito usato per definire le conseguenze del “peggiore scenario immaginabile” per un dato stabilimento e si basa sull'idea che, a vantaggio di sicurezza, se si prendono provvedimenti per difendersi dallo scenario peggiore, allora si è al sicuro anche rispetto agli scenari minori (Christou e Porter, 1999). Purtroppo, il riferirsi a scenari “immaginabili” comporta una scelta che involontariamente può essere influenzata dalla considerazione degli scenari ritenuti più probabili. Tale approccio, quindi, induce ad escludere dalle valutazioni di sicurezza alcuni scenari con bassa frequenza, che difficilmente possono essere inclusi tra gli “immaginabili”, ma capaci di provocare danni gravi.

Il metodo degli scenari di riferimento permette di superare in parte tale problema. Sulla base di considerazioni storiche e di analisi di esperti per ciascun impianto è possibile individuare gli scenari di riferimento e, per il peggiore di essi, valutarne le possibili azioni di mitigazione dei danni. Quali scenari di riferimento vengono considerati quelli riguardanti rilasci tossici, effetti termici (incendi) e sovrappressioni (esplosioni).

L'approccio probabilistico, invece, tiene conto sia delle conseguenze che della probabilità di accadimento di uno scenario di evento.

Tale approccio permette di indicare le aree in cui è atteso, con una data probabilità, uno specifico livello di danno, calcolato tenendo conto di tutti i possibili scenari di danno ognuno pesato in ragione della sua probabilità di accadimento.

L'approccio probabilistico sembra essere più sofisticato e completo, ma richiede lunghe e costose elaborazioni (Christou e Porter, 1999). Inoltre, oltre alle già citate incertezze nel definire le frequenze degli scenari, esso è basato su un set predefinito di generiche condizioni di rischio (espresse in frequenze di accadimento) con il quale paragonare le condizioni di rischio sul territorio per definirne l'accettabilità o meno.

La valutazione del rischio avviene di solito in cinque fasi:

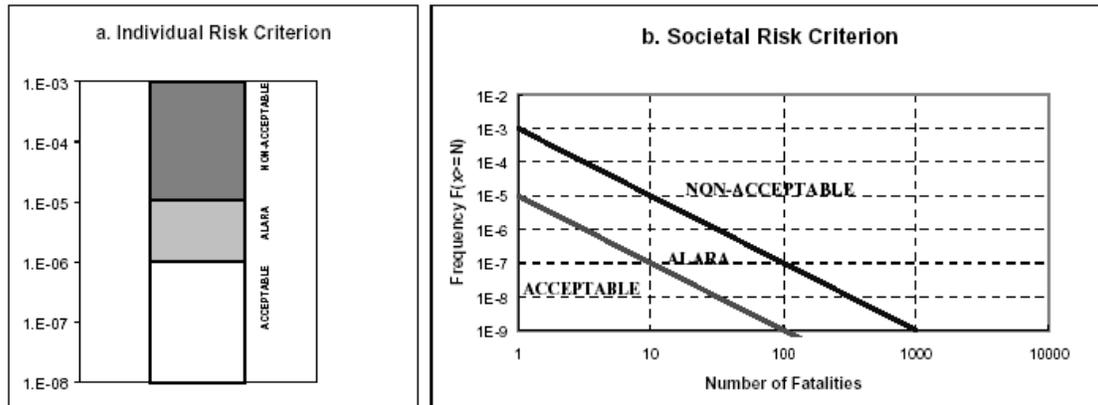
- l'identificazione delle pericolosità;
- la stima delle probabilità di accadimento;
- la stima delle conseguenze degli incidenti;
- la definizione di un indice generico di rischio;
- la comparazione di tale indice con i criteri di accettabilità del rischio.

Le principali misure del rischio sono la stima del rischio individuale e quella del rischio sociale (fig. 19).

Il rischio individuale rappresenta la probabilità di morte dovuta ad un incidente rilevante per un individuo che si trova in uno specifico punto e viene rappresentato con le curve di isorischio. Esso esprime un predefinito livello di rischio al quale nessuno può essere esposto (Amendola, 2001).

Il rischio sociale, invece, viene definito per differenti gruppi di persone e rappresenta la probabilità di accadimento di un incidente che comporta un numero di morti superiore o uguale ad un valore prefissato. Il rischio sociale viene rappresentato attraverso le curve F-N (Frequenza – Numero di morti). Il rischio sociale è di norma utilizzato come stima supplementare a quella del rischio individuale. Per il suo calcolo si tiene in conto sia della densità della popolazione che della sua variazione durante il giorno e delle possibili protezioni (se ci si trova all'aperto o al chiuso, ad esempio) (Amendola, 2001).

fig. 19 Esempi di scale per la valutazione del rischio individuale e sociale



Fonte: Amendola, 2001

Per entrambe le misure di rischio, è possibile individuare tre regioni: quella del rischio accettabile, quella del rischio non accettabile e, tra di esse, quella del rischio ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*), ossia l'area dove il rischio può essere accettato anche se comunque ne è fortemente consigliata la riduzione (fig. 19).

I due metodi rappresentano, in definitiva, due approcci totalmente differenti per lo studio delle condizioni di rischio sul territorio, ciascuno contraddistinto da vantaggi e svantaggi.

Ad esempio, per taluni aspetti, il metodo deterministico sembra più compatibile con le esigenze di governo delle trasformazioni urbane e territoriali che necessita “di definire in modo certo, e dunque non probabilistico, le possibilità e le modalità di trasformazione del territorio. Le norme urbanistiche, sia pure in modo diverso, sono in tutti i Paesi l'equivalente di un contratto fra pubblico e privato per definire diritti e doveri delle due parti. Dunque è auspicabile governare il territorio non sulla base di probabilità ma di certezze in merito alle possibilità di uso del suolo: lo richiedono tanto il mercato di suoli, che da queste norme è fortemente condizionato, quanto le politiche locali, che devono decidere investimenti ed azioni” (Spaziante e Gabardi, 2002).

D'altro canto, l'approccio probabilistico permette “una maggiore flessibilità, nel tempo e nelle modalità applicative, al complesso processo per adeguare gli strumenti urbanistici alle nuove disposizioni” (Spaziante e Gabardi, 2002).

tab. 9 Gli scenari incidentali

<i>Definizione</i>	<i>Caratteristiche dell'evento</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Impatto</i>
Radiazione termica stazionaria – POOL FIRE, JET FIRE – Incendio	BLEVE su acqua che da luogo ad un incendio galleggiante (pool)	Si calcola in potenza termica d'impatto per unità di superficie esposta (kW/m <sup>2</sup> )	Persone: prive di protezione, all'aperto, vista diretta della fiamma, possibilità di allontanamento spontaneo Manufatti: obiettivi vulnerabili (ad es. serbatoi e materiale plastico) con esposizione prolungata
Radiazione termica variabile – BLEVE, FIREBALL	Fuoriuscita istantanea di un liquido (o gas liquefatto) in pressione (o liquefatto a basse temperature) con possibile formazione di una sfera di fuoco (fireball). Il fenomeno è causato dalla rottura dei recipienti di stoccaggio e l'istantanea vaporizzazione della sostanza con rilevante aumento di volume.	Dose termica assorbita (kJ/m <sup>2</sup> =kW/m <sup>2</sup> *durata del fireball) (a differenza della radiazione termica stazionaria la durata del fenomeno, circa 10-40 sec., influisce molto sul danno)	Persone: prive di protezione Manufatti: ai fini dell'effetto domino sono considerate le distanze massime di proiezione dei frammenti di dimensioni significativa che variano tra gli 800 e i 200 m secondo la tipologia del serbatoio
Radiazione termica istantanea – FLASH FIRE	Passaggio su di un obiettivo del fronte di fiamma che transita in una nube	Limiti di infiammabilità della nube (LFL)	Persone: prive di protezione
Onda di pressione - VCE	La nube di gas infiammabile si miscela con l'aria prima di raggiungere l'innesco a seguito del quale si ha una vera e propria esplosione con creazione di sovrappressione che raggiunge distanze superiori a quelle del danno termico	Valore della pressione (bar)	Persone: danni diretti (0.3 bar) all'organismo; danni indiretti (0.6 bar) per proiezione di frammenti e crolli Manufatti: proiezione di frammenti capaci di danneggiare altre attrezzature
Proiezione di frammenti – VCE	Generata dall'onda di sovrappressione del VCE	Valore della pressione (bar)	Persone: trascurabile rispetto alle altre pericolosità Manufatti: proiezione di frammenti capaci di danneggiare altre attrezzature
Rilascio tossico	Diffusione di un agente tossico nell'aria	Prove sperimentali (IDLH, LC50)	Persone: valori calcolati su individui sani

Fonte: D.M. 9/5/2001

tab. 10 –Le soglie di danno per ciascuno scenario incidentale

<i>Scenario incidentale</i>	<i>Elevata letalità</i>	<i>Inizio letalità</i>	<i>Lesioni irreversibili</i>	<i>Lesioni reversibili</i>	<i>Danni alle strutture/ Effetti domino</i>
Incendio (radiazione termica stazionaria)	12,5 kW/m <sup>2</sup>	7 kW/m <sup>2</sup>	5 kW/m <sup>2</sup>	3 kW/m <sup>2</sup>	12,5 kW/m <sup>2</sup>
BLEVE/Fireball (radiazione termica variabile)	Raggio fireball	350 kJ/m <sup>2</sup>	200 kJ/m <sup>2</sup>	125 kJ/m <sup>2</sup>	200-800 m
Flash-fire (radiazione termica istantanea)	LFL	1/2 LFL			
VCE (sovrapressione di picco)	0,3 bar (0,6 spazi aperti)	0,14 bar	0,07 bar	0,03 bar	0,3 bar
Rilascio tossico (dose assorbita)	LC50 (30min,hmn)		IDLH		

Fonte: D.M. 9/5/2001

In base a tali considerazioni e seppure con i limiti descritti in precedenza, in Italia è stato adottato un approccio misto (Colletta et al., 2002). La procedura che oggi è a disposizione del decisore pubblico per la determinazione della compatibilità del territorio circostante un impianto a rischio di incidente rilevante è descritta nel D.M. 9/5/2001 che fornisce “requisiti minimi di sicurezza in materia pianificazione urbanistica e territoriale per le zone interessate da stabilimenti a rischio di incidente rilevante”.

Tale Decreto è stato emanato a seguito delle indicazioni contenute nell’art.14 del Decreto Legislativo 334/99 di recepimento della Direttiva 96/82/EC.

Il D.M. 9/5/2001, in particolare, indica che ciascuna Stato Membro “...stabilisce, per le zone interessate da stabilimenti a rischio di incidente rilevante che rientrano nel campo di applicazione del presente Decreto, requisiti minimi di sicurezza in materia di pianificazione territoriale, con riferimento alla destinazione e utilizzazione dei suoli che tengano conto della necessità di mantenere le opportune distanze tra stabilimenti e zone residenziali nonché degli obiettivi di prevenire gli incidenti rilevanti o di limitarne le conseguenze (...)”.

Come detto, il metodo proposto può essere considerato misto. Infatti, rispetto al metodo deterministico, il Decreto definisce cinque livelli di impatto (dalla letalità ai danni strutturali) usando soglie fisiche quantitative per gli effetti degli scenari descritti in tabella 9.

Basandosi sulla quantità e sulla tipologia delle sostanze trattate, i livelli di soglia (tab. 10) sono quindi tradotti in cinque aree concentriche di danno con centro nel punto di innesco dell'incidente per ciascuno scenario.

Inoltre, come nell'approccio probabilistico, il gestore dell'impianto deve indicare nel Rapporto di Sicurezza la probabilità di accadimento per ciascuno scenario.

Gli elementi appartenenti al territorio esposto sono classificati in sei categorie di vulnerabilità denominate con lettere che vanno dalla A, la categoria più vulnerabile, alla F (tab. 11).

Le categorie vulnerabili sono state definite tenendo conto di alcuni criteri di vulnerabilità:

- la difficoltà di evacuare soggetti deboli e bisognosi di aiuto, quali bambini, anziani e malati, e il personale che li assiste;
- la difficoltà di evacuare i soggetti residenti in edifici a più di cinque piani e grandi aggregazioni di persone in luoghi pubblici (per tali soggetti, anche se abili nel muoversi autonomamente, la fuga sarebbe condizionata dalla minore facilità di accesso alle uscite di emergenza o agli idonei rifugi);
- la minore difficoltà di evacuare i soggetti residenti in edifici bassi o isolati, con vie di fuga accessibili e una migliore autogestione dei dispositivi di sicurezza;
- la minore vulnerabilità delle attività caratterizzate da una bassa permanenza temporale di persone, cioè di una minore esposizione, rispetto alle analoghe attività più frequentate;
- la generale maggiore vulnerabilità delle attività all'aperto rispetto a quelle al chiuso.

L'involuppo delle aree relative a ciascuno scenario di danno, tenendo conto delle probabilità di accadimento di ciascuno di essi, consente la suddivisione dell'area esterna all'impianto in zone differenti per combinazione di livello di danno e di probabilità di accadimento (fig. 20).

La compatibilità tra elementi territoriali e combinazioni di livelli di danno e probabilità è valutata tramite una tabella di confronto predefinita (tab. 12).

tab. 11 Le categorie di elementi territoriali vulnerabili

<i>Categoria</i>	<i>Descrizione</i>
A	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aree con destinazione prevalentemente residenziale, per le quali l'indice fondiario di edificazione sia superiore a 4,5 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.</li> <li>- Luoghi di concentrazione di persone con limitata capacità di mobilità - ad esempio ospedali, case di cura, ospizi, asili, scuole inferiori, etc. (oltre 25 posti letto o 100 persone presenti).</li> <li>- Luoghi soggetti ad affollamento rilevante all'aperto - ad esempio mercati stabili o altre destinazioni commerciali, etc. (oltre 500 persone presenti).</li> </ul>
B	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aree con destinazione prevalentemente residenziale, per le quali l'indice fondiario di edificazione sia compreso tra 4,5 e 1,5 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.</li> <li>- Luoghi di concentrazione di persone con limitata capacità di mobilità - ad esempio ospedali, case di cura, ospizi, asili, scuole inferiori, etc. (fino a 25 posti letto o 100 persone presenti).</li> <li>- Luoghi soggetti ad affollamento rilevante all'aperto - ad esempio mercati stabili o altre destinazioni commerciali, etc. (fino a 500 persone presenti).</li> <li>- Luoghi soggetti ad affollamento rilevante al chiuso - ad esempio centri commerciali, terziari e direzionali, per servizi, strutture ricettive, scuole superiori, università, etc. (oltre 500 persone presenti).</li> <li>- Luoghi soggetti ad affollamento rilevante con limitati periodi di esposizione al rischio - ad esempio luoghi di pubblico spettacolo, destinati ad attività ricreative, sportive, culturali, religiose, etc. (oltre 100 persone presenti se si tratta di luogo all'aperto, oltre 1000 al chiuso).</li> <li>- Stazioni ferroviarie ed altri nodi di trasporto (movimento passeggeri superiore a 1000 persone/giorno).</li> </ul>
C	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aree con destinazione prevalentemente residenziale, per le quali l'indice fondiario di edificazione sia compreso tra 1,5 e 1 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.</li> <li>- Luoghi soggetti ad affollamento rilevante al chiuso - ad esempio centri commerciali, terziari e direzionali, per servizi, strutture ricettive, scuole superiori, università, etc. (fino a 500 persone presenti).</li> <li>- Luoghi soggetti ad affollamento rilevante con limitati periodi di esposizione al rischio - ad esempio luoghi di pubblico spettacolo, destinati ad attività ricreative, sportive, culturali, religiose, etc. (fino a 100 persone presenti se si tratta di luogo all'aperto, fino a 1000 al chiuso; di qualunque dimensione se la frequentazione è al massimo settimanale).</li> <li>- Stazioni ferroviarie ed altri nodi di trasporto (movimento passeggeri fino a 1000 persone/giorno).</li> </ul>
D	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aree con destinazione prevalentemente residenziale, per le quali l'indice fondiario di edificazione sia compreso tra 1 e 0,5 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.</li> <li>- Luoghi soggetti ad affollamento rilevante, con frequentazione al massimo mensile - ad esempio fiere, mercatini o altri eventi periodici, cimiteri, etc.</li> </ul>
E	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aree con destinazione prevalentemente residenziale, per le quali l'indice fondiario di edificazione sia inferiore a 0,5 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.</li> <li>- Insediamenti industriali, artigianali, agricoli, e zootecnici.</li> </ul>
F	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Area entro i confini dello stabilimento.</li> <li>- Area limitrofa allo stabilimento, entro la quale non sono presenti manufatti o strutture in cui sia prevista l'ordinaria presenza di gruppi di persone</li> </ul>

Fonte: D.M. 9/5/2001

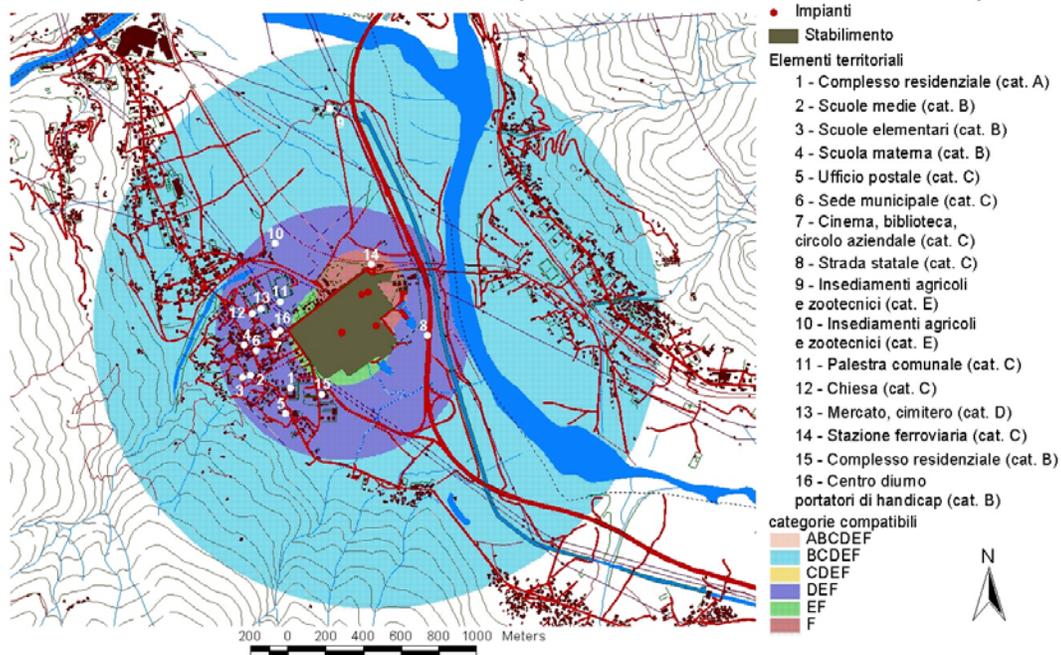
tab. 12 Tabella di compatibilità tra elementi territoriali e scenari di danno (\*)

Classe di probabilità degli eventi	Categoria di effetti			
	Elevata letalità	Inizio letalità	Lesioni irreversibili	Lesioni reversibili
< 10 <sup>-6</sup>	(D)EF	(C)DEF	(B)CDEF	(A)BCDEF
10 <sup>-4</sup> - 10 <sup>-6</sup>	(E)F	(D)EF	(C)DEF	(B)CDEF
10 <sup>-3</sup> - 10 <sup>-4</sup>	F	(E)F	(D)EF	(C)DEF
> 10 <sup>-3</sup>	F	F	(E)F	(D)EF

(\*) Tra parentesi sono riportate le categorie non ammesse per il rilascio di concessioni e autorizzazioni edilizie in assenza di variante urbanistica per il rispetto dei criteri minimi di sicurezza per il controllo dell'urbanizzazione

Fonte: D.M. 9/5/2001

fig. 20 Esempio di inviluppo geometrico delle aree di danno per categorie territoriali compatibili



Fonte: Robotto et al., 2002

Il metodo per la valutazione di compatibilità tiene conto, però, esclusivamente della vulnerabilità diretta di singoli elementi; del tutto trascurabili risultano gli aspetti relativi alla vulnerabilità del sistema territoriale investito inteso come “unicum”. Del tutto assente è, ad esempio, la considerazione del ruolo che ciascun elemento esposto ha all'interno del contesto investito. Tale informazione, ad esempio, potrebbe rappresentare un utile parametro di gerarchizzazione aggiuntivo, al fine di mettere in evidenza quali

siano i possibili bersagli (un'industria, un'area commerciale, un'attrezzatura di interesse generale, etc.) il cui danneggiamento può avere riflessi a medio e lungo termine sui livelli di vivibilità dell'area o sulla sua economia.

Inoltre, la rigida matrice di confronto su cui è basata la procedura descritta nel Decreto considera i soli manufatti puntuali; non sono considerati né le reti, né gli elementi di pregio storico-architettonico, né le risorse naturali.

Per questi ultimi, però, è almeno indicata una procedura semplificata di valutazione di compatibilità. Sono considerati elementi ambientali vulnerabili i beni paesaggistici e ambientali (Decreto Legislativo 29 ottobre 1999, n. 490), le aree naturali protette (es. parchi e altre aree definite in base a disposizioni normative), le risorse idriche superficiali (es. acquifero superficiale; idrografia primaria e secondaria; corpi d'acqua estesi in relazione al tempo di ricambio ed al volume del bacino) e profonde (es. pozzi di captazione ad uso potabile o irriguo; acquifero profondo non protetto o protetto; zona di ricarica della falda acquifera) e l'uso del suolo (es. aree coltivate di pregio, aree boscate).

I livelli di danno ambientale considerati sono due:

- danno significativo: danno per il quale gli interventi di bonifica e di ripristino ambientale dei siti inquinati, a seguito dell'evento incidentale, possono essere portati a conclusione presumibilmente nell'arco di due anni dall'inizio degli interventi stessi;
- danno grave: danno per il quale gli interventi di bonifica e di ripristino ambientale dei siti inquinati, a seguito dell'evento incidentale, possono essere portati a conclusione presumibilmente in un periodo superiore a due anni dall'inizio degli interventi stessi.

È definita non compatibile la condizione di danno grave.

In caso di danno significativo devono essere introdotte nello strumento urbanistico prescrizioni edilizie e urbanistiche ovvero misure di prevenzione e di mitigazione con particolari accorgimenti e interventi di tipo territoriale, infrastrutturale e gestionale, per la protezione dell'ambiente circostante.

Per quanto riguarda le reti ed i beni di pregio storico-architettonico, il Decreto riporta

che “ad integrazione dei criteri sopra evidenziati, le Autorità preposte alla pianificazione territoriale e urbanistica, nell’ambito delle rispettive attribuzioni, tengono conto della presenza o della previsione di elementi aventi particolare rilevanza sotto il profilo sociale, economico, culturale e storico tra cui, a titolo di esempio, reti tecnologiche, infrastrutture di trasporto, beni culturali storico-architettonici”.

In definitiva, sebbene tale approccio possa essere comunque considerato come una valida griglia per determinare requisiti “minimi” di sicurezza, sembra tuttavia necessario spostare il focus dell’indagine dal singolo elemento all’insediamento nel suo complesso, esaminando la complessa trama di interrelazioni che ciascun elemento intesse con il territorio circostante.

Il D.M. del 9/5/2001 fornisce, infatti, una procedura di verifica della compatibilità del territorio con l’insediamento capace di fornire output di tipo booleano (si/no) e puntuali.

A partire dall’individuazione delle aree di danno vanno dunque attentamente valutate le caratteristiche di vulnerabilità degli elementi esposti, ma anche le possibili conseguenze sul decadimento degli standard di funzionamento ordinario del sistema insediativo che ciascuno scenario incidentale può determinare. Ciò al fine di delineare strategie urbanistiche di mitigazione del rischio in grado di ridurre i livelli di esposizione e di vulnerabilità, diretta e indotta, dell’insediamento. Tale analisi può portare ad una ridefinizione delle aree di danno diretto annettendo ad esse le aree di danno indotto.

In caso di eventi na-tech, una maturazione del metodo della valutazione della compatibilità degli impianti con il territorio circostanze in questa direzione è più che auspicabile.

Come già accennato in precedenza, la necessità di tenere conto di possibili fattori di pericolosità naturale nella valutazione di compatibilità è riferita solo agli elementi ambientali vulnerabili per la quale, comunque, nessun metodo è indicato.

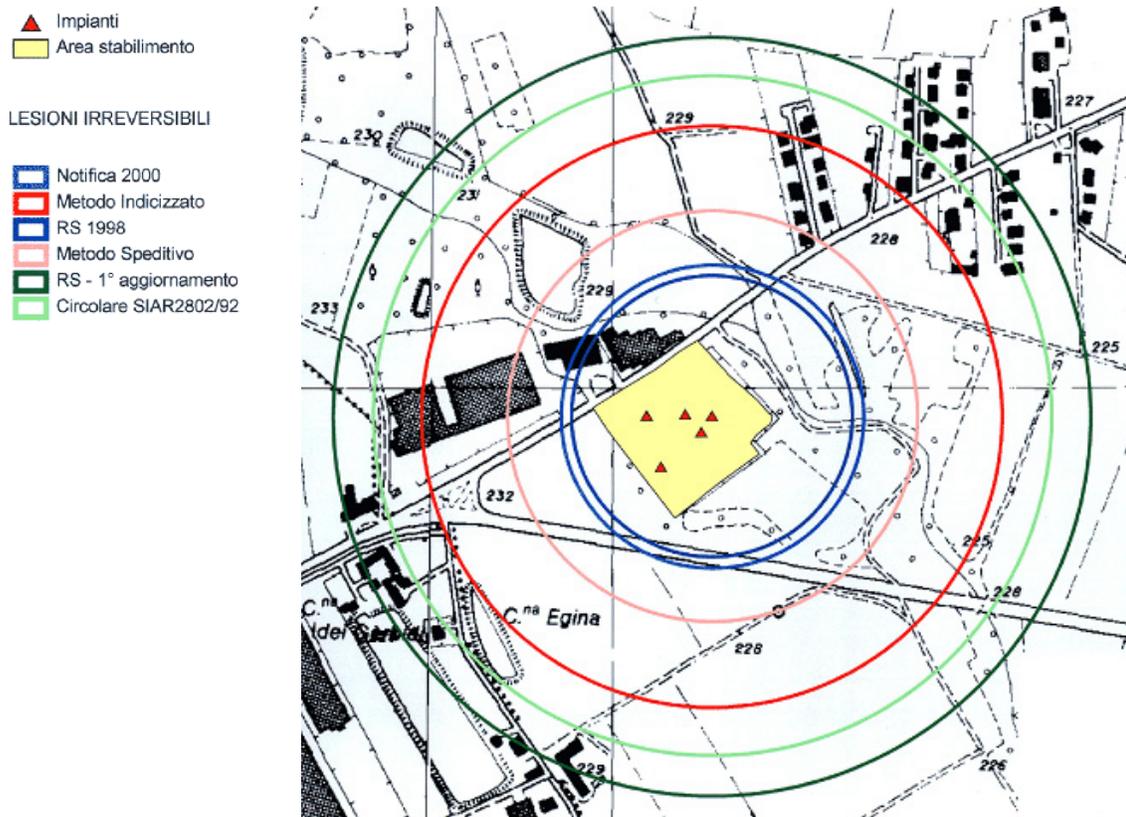
Un altro punto di debolezza del metodo illustrato nel Decreto è il sistema di soglie quantitative su cui è basato. Aree di danno e categorie di vulnerabilità sono separate da soglie numeriche che non forniscono informazioni sufficienti ai decisori. La verifica di compatibilità per gli elementi territoriali, anche se verificata dalle Autorità di controllo (di cui all’art. 21 del DLgs 334/1999), è basata su distanze di sicurezza calcolate dai

gestori delle industrie per mezzo di metodi matematici deterministici, spesso caratterizzati da una grande variabilità nei loro risultati.

Molti studi (Amendola, 2001; Lauridsen et al., 2002; Pignatta, 2002) mettono in luce che differenti modelli numerici possono dare risultati differenti a causa delle diverse ipotesi iniziali e di giudizi esperti che possono rientrare nella procedura di calcolo.

A tale proposito, in figura 21, è riportato uno studio condotto su deposito di GPL, nel Comune di Volpiano (TO) (Pignatta, 2002). Sono state raccolte le aree di danno stimate per l'impianto in riferimento ad uno stesso valore di soglia (corrispondente ad una situazione di elevata letalità in caso di incidente), negli ultimi dieci anni. Le aree sono stimate attraverso metodi differenti ed il loro confronto ha messo in evidenza una generale tendenza alla riduzione della loro ampiezza nel tempo che può dipendere sia dal miglioramento dei modelli di stima che dall'evoluzione della normativa.

fig. 21 Differenti valutazioni delle distanze di danno per un impianto in Provincia di Torino



Fonte: rielaborazione da Pignatta, 2002

Ciò che in questa sede si vuole sottolineare, comunque, è che, data la variabilità delle stime possibili delle soglie di danno, sembra azzardato far dipendere esclusivamente da esse la compatibilità o meno di un'attività con l'impianto. I calcoli delle soglie, inoltre, seppure successivamente verificati dalle Autorità di controllo attraverso metodi speditivi (D.P.C.M. 25 febbraio 2005), sono effettuati esclusivamente dai gestori degli impianti (Menoni, 2003) attraverso studi analitici (come, ad esempio, l'albero dei guasti) che richiedono l'impiego di risorse finanziarie, notoriamente scarse per investimenti sulla sicurezza, da parte del gestore stesso.

In aggiunta, il sistema di soglie utilizzato per definire le distanze di danno e le categorie di vulnerabilità può condurre a casi limite irreali: ad esempio, può accadere che, fissata una soglia di danno di 150 metri dalla fonte di pericolo, una scuola di 100 studenti può essere ritenuta del tutto compatibile, se situata ad una distanza di 151 metri, e totalmente incompatibile se posta a 149 metri.

*Un buon insediamento è quello dove non compaiono rischi, veleni e malattie o, se esistono, sono sotto controllo e dove è molto esiguo il pericolo di poterli incontrare. Il raggiungimento della sicurezza coinvolge problemi di inquinamento dell'aria e dell'acqua, di contaminazione dei cibi, di presenza di veleni, dell'eliminazione delle malattie e delle relative cause, di riduzione degli incidenti fisici, di difesa dalle inondazioni e dagli incendi, di resistenza ai terremoti*

KEVIN LYNCH

## 5 GOVERNO DELLE TRASFORMAZIONI URBANE E TERRITORIALI ED EVENTI NA-TECH: STRUMENTI E PRATICHE

- 5.1 Strumenti di governo delle trasformazioni urbane e territoriali e rischi naturali e tecnologici in Italia e in Francia
- 5.2 Pratiche di governo delle trasformazioni urbane e territoriali e rischi naturali in Italia e in Francia
- 5.3 Pratiche di governo delle trasformazioni urbane e territoriali e rischi tecnologici in Italia
- 5.4 La gestione dei rischi na-tech

Il quadro normativo delineato in riferimento ai rischi naturali e tecnologici in vigore in Europa ed in Italia mette in evidenza il perdurare di un approccio settoriale al tema dei rischi ed, in particolare, la mancanza di procedure per l'analisi e la mitigazione di rischi composti, quali i na-tech.

A ciò fa riscontro, ovviamente, l'assenza di strumenti di governo delle trasformazioni del territorio, sia a scala vasta che locale, che tengano conto delle interazioni tra più fattori di rischio. Alcuni strumenti orientano le trasformazioni alle diverse scale, sulla base di analisi multi-hazard o, nel migliore dei casi, multi-rischio.

In questo paragrafo, si intende fornire una panoramica degli strumenti sia di governo delle trasformazioni urbane e territoriali sia dei principali strumenti di Protezione Civile, evidenziando, da un lato, i compiti ad essi assegnati in materia di analisi, prevenzione e mitigazione dei rischi naturali e tecnologici; dall'altro, le carenze ed i potenziali punti di forza per una possibile integrazione delle problematiche relative ai na-tech.

Gli strumenti di governo delle trasformazioni territoriali che hanno competenze dirette o indirette in materia di rischi, a scala vasta, sono i Piani Territoriali di Coordinamento Provinciali (PTCP) ed i Piani di Bacino (PdB). Accanto a questi strumenti vanno considerati anche strumenti di Protezione Civile come i Programmi Provinciali di Previsione e Prevenzione (PPPP). Mentre i PTCP sono di tipo generale, i PdB ed i PPPP sono strumenti di tipo settoriale. A scala locale, invece, il compito principale della mitigazione dei rischi è attribuito ai Piani Regolatori Generali (PRG). Per quanto riguarda i rischi tecnologici, invece, si illustreranno i contenuti dell'Elaborato Tecnico "Rischio di incidenti rilevanti" descritto nel D.M. 9/5/2001 ed i suoi rapporti con il PTCP ed il PRG. Inoltre, viene proposto un approfondimento relativo all'esperienza francese dei Piani di Prevenzione dei Rischi (PPR).

Infine, saranno illustrati alcuni esempi di pratiche urbanistiche sviluppate in Italia e in Francia, con l'obiettivo di metterne in evidenza i punti di forza e di debolezza, in particolare, in riferimento alla problematica dei na-tech.

## 5.1 Strumenti di governo delle trasformazioni urbane e territoriali e rischi naturali e tecnologici in Italia e in Francia

A scala vasta, il principale strumento di governo delle trasformazioni del territorio con competenze in materia di rischi è il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP). Istituito nel 1942 con la Legge 1150, con la Legge 142/90 esso è diventato di competenza delle Province.

In particolare, nel PTCP devono essere riportati:

- le diverse destinazioni del territorio in relazione alla prevalente vocazione delle sue parti;
- la localizzazione di massima delle maggiori infrastrutture e delle principali linee di comunicazione;
- le linee di intervento per la sistemazione idrica, idrogeologica ed idraulico-forestale ed in genere per il consolidamento del suolo e la regimazione delle acque;
- le aree nelle quali sia opportuno istituire parchi o riserve naturali.

Successivamente, con l'approvazione del D.M. 9/5/2001 (sui "Requisiti minimi di sicurezza in materia di pianificazione urbanistica e territoriale per le zone interessate da stabilimenti a rischio di incidente rilevante"), il PTCP, ai sensi dell'articolo 20 del Decreto Legislativo 18 agosto 2000, n.267, nell'ambito della determinazione degli assetti generali del territorio, deve disciplinare la relazione tra stabilimenti a rischio di incidente rilevante ed il contesto urbano e territoriale in cui essi si sono localizzati, tenendo conto delle aree di criticità relativamente alle diverse ipotesi di rischio naturale cui il territorio è esposto (D.M. 9/5/2001, art.3). In particolare, le Province hanno il compito di individuare, all'interno dei PTCP e con il concorso dei Comuni interessati, le aree sulle quali ricadono i possibili impatti di incidenti tecnologici, acquisendo, laddove disponibili, le informazioni contenute, a livello comunale, nell'Elaborato Tecnico "Rischio di incidenti rilevanti", che verrà illustrato di seguito.

È quindi evidente come, il PTCP sia strettamente connesso alle tematiche dei rischi naturali e tecnologici, con particolari competenze sui rischi idrogeologici e sui rischi di incidente rilevante. In particolare, l'estensione areale ed i compiti attribuiti al PTCP

rendono, tale strumento il più idoneo a perseguire un'efficace integrazione tra obiettivi di sviluppo del territorio e obiettivi di prevenzione e mitigazione dei rischi naturali e tecnologici. In particolare, il PTCP può supportare, attraverso la definizione delle destinazioni d'uso del territorio e delle linee di intervento per la sistemazione idrica, idrogeologica ed idraulico-forestale ed in genere per il consolidamento del suolo e la regimazione delle acque, la definizione sia di azioni di prevenzione e mitigazione dei rischi sia di azioni mirate all'ottimizzazione della fase di emergenza, attraverso la localizzazione e la distribuzione delle principali attrezzature e infrastrutture viarie.

Sempre a scala vasta, per quanto riguarda i rischi idrogeologici, vanno menzionati anzitutto i Piani di Bacino (PdB), istituiti dalla Legge 183/89 sul "riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo". Essi interessano unità territoriali definite attraverso parametri fisici (bacino idrografico) e non sulla base di partizioni amministrative. I PdB possono essere approvati per stralci attraverso Piano stralcio per l'assetto idrogeologico (PAI). Tra le principali finalità del Piano di Bacino c'è l'individuazione e la quantificazione delle situazioni, in atto e potenziali, di degrado del sistema fisico, nonché delle relative cause, e l'elaborazione e valutazione delle politiche e delle azioni da implementare per la tutela del suolo, l'assetto idraulico ed idrogeologico del territorio e l'uso delle acque e dei suoli.

Tra gli altri, sono obiettivi di un PdB (art.17):

- la definizione del quadro conoscitivo organizzato ed aggiornato del sistema fisico, delle utilizzazioni del territorio previste dagli strumenti urbanistici comunali ed intercomunali, nonché dei vincoli, relativi al bacino;
- l'individuazione e la quantificazione delle situazioni, in atto e potenziali, di degrado del sistema fisico, nonché delle relative cause, e l'identificazione di politiche per la difesa dei suoli;
- la valutazione dell'assetto idraulico ed idrogeologico del territorio e gli usi del suolo e delle acque;
- la valutazione preventiva, anche al fine di scegliere tra ipotesi di governo e gestione tra loro diverse, del rapporto costi-benefici, dell'impatto ambientale e delle risorse finanziarie per i principali interventi previsti;

- la definizione delle priorità degli interventi ed il loro organico nel tempo, in relazione alla gravità del dissesto.

Sebbene quindi il PdB, come definito dalla normativa, sia lo strumento più idoneo a tenere conto della reciproca influenza tra fattori di pericolosità idraulica ed idrogeologica, la normativa non è esplicita per quanto riguarda la necessità di tenere conto della presenza di impianti produttivi pericolosi in aree a rischio idrogeologico. Come ha dimostrato l'uragano Katrina, i rischi na-tech innescati da alluvioni possono essere devastanti sia per le popolazioni che per l'ambiente e, quindi, possono costituire un fattore importante da considerare all'interno della valutazione di impatto ambientale (si veda l'obiettivo d) dei PdB).

A completare il quadro degli strumenti settoriali cui sono assegnate, a scala vasta, competenze in materia di rischi, vanno menzionati i Programmi Provinciali di Previsione e Prevenzione (PPPP). I PPPP sono strumenti di Protezione Civile, istituiti dalla Legge 225/92; tale Legge attribuisce alla Provincia la predisposizione e la realizzazione di tali Programmi, in armonia con i programmi nazionali e regionali. I PPPP devono includere le analisi e gli scenari relativi a tutti i rischi, naturali e tecnologici, cui è esposto il territorio provinciale. Inoltre, in esso devono essere indicate le azioni di prevenzione e mitigazione necessarie a limitarne i danni. I PPPP devono indicare anche le misure di controllo e monitoraggio dei fattori di pericolosità e definire le forme di informazione alla popolazione sia per quanto riguarda i rischi potenziali che per ciò che concerne i comportamenti da tenere in caso di emergenza.

Per quanto riguarda la scala urbana, il principale strumento di governo delle trasformazioni è il Piano Regolatore Generale (PRG). Tale strumento, introdotto dalla Legge Urbanistica Nazionale 1150/42, è stato interessato, soprattutto nel corso dell'ultimo ventennio, da rilevanti trasformazioni che ne hanno modificato sia i contenuti che le forme. Molte sono le leggi che hanno reso obbligatori, all'interno dei PRG, la predisposizione di analisi ed elaborati sulle condizioni di pericolosità cui è esposto il territorio comunale. In particolare, il D.M. 21/1/81 rese obbligatorio l'inserimento di studi geologici e geotecnici tra le analisi del PRG a supporto delle scelte di Piano. Inoltre, a seguito della colata di fango e detriti che colpì la città di Sarno in

Campania nel 1998, fu emanato il Decreto Legge 11 giugno 1998, n.180 (convertito in Legge 3 agosto 1998, n.267), che rese obbligatorio, per le Regioni e le Autorità di Bacino, l'individuazione delle aree a rischio idrogeologico e la perimetrazione delle aree da sottoporre a misure di salvaguardia, con conseguente influenza diretta sulla pianificazione a livello locale.

Per quanto riguarda la valutazione del rischio di incidente rilevante, inoltre, i PRG devono includere, in base al D.M. 9/5/2001, un Elaborato Tecnico "Rischio di incidenti rilevanti" (RIR) relativo al controllo dell'urbanizzazione. Come riportato al punto 3.1 dell'Allegato al Decreto, il RIR deve includere:

- le informazioni fornite dal gestore;
- l'individuazione e la rappresentazione su base cartografica tecnica e catastale aggiornate degli elementi territoriali e ambientali vulnerabili;
- la rappresentazione su base cartografica tecnica e catastale aggiornate dell'inviluppo geometrico delle aree di danno per ciascuna delle categorie di effetti e, per i casi previsti, per ciascuna classe di probabilità;
- l'individuazione e disciplina delle aree sottoposte a specifica regolamentazione risultanti dalla sovrapposizione cartografica degli inviluppi e degli elementi territoriali e ambientali vulnerabili di cui sopra;
- gli eventuali pareri delle Autorità competenti;
- le eventuali ulteriori misure che possono essere adottate sul territorio, tra cui gli specifici criteri di pianificazione territoriale, la creazione di infrastrutture e opere di protezione, la pianificazione della viabilità, i criteri progettuali per opere specifiche, nonché, ove necessario, gli elementi di correlazione con gli strumenti di pianificazione dell'emergenza e di protezione civile.

Il Decreto indica anche che l'adeguamento degli strumenti urbanistici vigenti alle indicazioni emerse dall'Elaborato Tecnico "Rischio di incidenti rilevanti" deve avvenire attraverso l'adozione di una Variante allo strumento urbanistico stesso.

Purtroppo, però, sia queste analisi riferite ai rischi di incidente rilevante che gli altri documenti menzionati riferiti alle analisi dei rischi naturali finiscono troppo spesso per essere dei semplici allegati ai PRG e le informazioni in essi contenute non sono

utilizzate quale supporto effettivo alla definizione delle scelte di piano.

Dal quadro degli strumenti fin qui delineato, emergono alcune riflessioni sulla struttura dei piani esaminati e sui loro rapporti di dipendenza.

In primo luogo, in riferimento alla scala vasta, è da sottolineare la stretta relazione tra il PTCP ed il PdB. Il primo deve riportare “le linee di intervento per la sistemazione idrica, idrogeologica ed idraulico-forestale ed in genere per il consolidamento del suolo e la regimazione delle acque”, mentre il secondo deve, tra i suoi obiettivi “valutare l’assetto idraulico ed idrogeologico del territorio e gli usi del suolo e delle acque”. Sebbene sia evidente la sovrapposizione delle competenze tra i due strumenti, sembra necessario chiarire che i contenuti del PdB, di tipo strettamente tecnico, dovrebbero essere inclusi nel PTCP sia come supporto alle scelte di uso del suolo a scala provinciale che per la predisposizione di linee guida per la pianificazione locale in tali aree (Galderisi et al., 2006).

Abbastanza evidenti risultano, inoltre, le sovrapposizioni tra i compiti degli strumenti descritti e quelli attribuiti ai PPPP, di competenza delle stesse Province. Pertanto, in alcune Regioni si tende ad una maggiore integrazione tra strumenti di pianificazione territoriale e strumenti di Protezione Civile. Ad esempio, nel PTCP di Bologna si afferma che il PPPP, sebbene non possa essere considerato un piano, rappresenta uno strumento di conoscenza e programmazione settoriale che deve essere incluso nel PTCP stesso (Galderisi et al., 2006). In Calabria, al contrario, è il PTCP ad essere uno strumento di supporto alla definizione dei PPPP. Infatti, la Legge Urbanistica Regionale 19/2002 attribuisce al PTCP il compito, tra gli altri, di individuare, ai fini della predisposizione dei programmi di previsione e prevenzione dei rischi, le aree da sottoporre a speciale misura di conservazione, di attesa e ricovero per le popolazioni colpite da eventi calamitosi e le aree di ammassamento dei soccorritori e delle risorse (art.18, comma 4). Inoltre, il PTCP deve contenere il quadro conoscitivo dei rischi.

Per quanto riguarda la scala urbana, invece, si sono già citate le leggi che hanno obbligato gli strumenti ordinari di governo delle trasformazioni urbane ad includere analisi di rischio. Come già notato, però, non sempre a tale obbligo corrisponde una messa a punto di regole di trasformazione del territorio che tengano conto delle

pericolosità cui il territorio è esposto. Alcune Regioni, però, hanno introdotto norme più vincolanti per l'integrazione delle valutazioni di rischio all'interno dei PRG. Questo è il caso, ad esempi, delle Regioni Piemonte e Lombardia in cui, in osservanza del D.M. 21/1/81, gli studi geologici e geotecnici sono stati resi da leggi regionali vincolanti per la redazione delle NTA del PRG. La Regione Lombardia, in particolare, richiede delle "mappe di fattibilità" (Legge regionale 41/1997). In tali mappe il territorio comunale deve essere diviso in quattro zone in funzione del livello di pericolosità presente e per ciascuna di esse devono essere indicati gli usi del suolo ammissibili e le misure di mitigazione da implementare. Attraverso tali mappe, quindi, si è voluto fornire uno strumento che favorisse la traduzione delle analisi di pericolosità in norme di governo del territorio.

Sembra inoltre opportuno fare cenno ad alcuni strumenti sviluppati in altri Paesi e, in particolare, all'esperienza francese dei Piani di Prevenzione dei Rischi Naturali, (Plan de prevention des risques naturels - PPRN) e degli strumenti di comunicazione dei rischi alla popolazione da parte delle Autorità. Ci si sofferma su tali esempi in quanto la Francia sembra essere la nazione europea che più di altre ha privilegiato un approccio multi-rischio (Wanczura, 2006).

La Francia ha una grande tradizione in termini di mappatura dei rischi. I PPRN sono stati introdotti come Piani di Esposizione ai Rischi con una Legge del 1982, modificata nel 1995. I PPRN sono, ad oggi, inclusi nel Codice dell'Ambiente (Code de l'Environnement) all'art. 562-1, introdotto dalla Legge n°2003-699 del 30 Luglio 2003 (Fleischhauer, 2006), e rappresentano il principale strumento in tema di analisi dei rischi naturali in Francia; esso è uno strumento settoriale di livello locale emesso dal Governo centrale a seguito della consultazione con le Autorità locali. Il PPRN ha come obiettivo la sistematizzazione delle conoscenze sui rischi di un dato territorio al fine di delimitare le zone esposte e supportare la messa a punto di norme urbanistiche, edilizie e amministrative nelle zone a rischio.

Esso, inoltre, deve indicare misure di prevenzione, protezione e salvaguardia per le costruzioni già presenti.

fig. 22 Carte des aléas

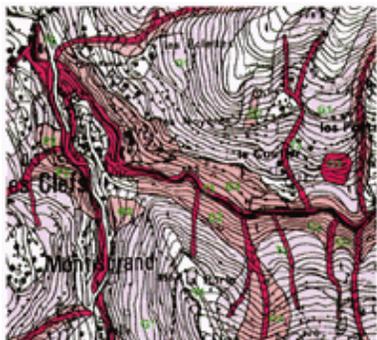


fig. 23 Carte des enjeux

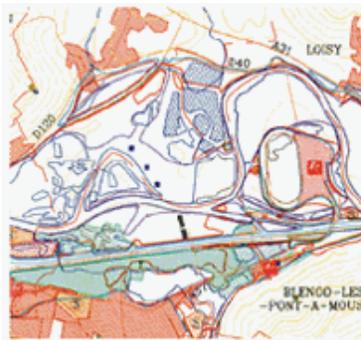
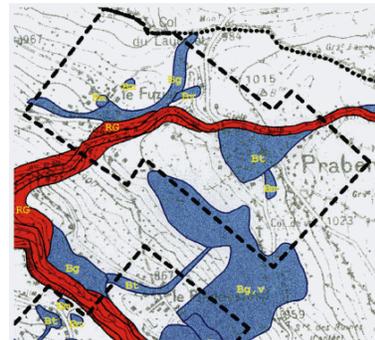


fig. 24 Carte du zonage réglementaire



Fonte: [www.prim.net](http://www.prim.net)

In questo modo si indirizza lo sviluppo verso le zone non interessate da fattori di pericolosità (Ministre de l'écologie et développement durable, 2006) e si tende ad una mitigazione dei danni nelle aree esposte già edificate.

I PPRN devono essere predisposti per alluvioni, incendi boschivi, frane, valanghe, terremoti ed eruzioni vulcaniche. Per alcuni di questi rischi esistono dei manuali per l'elaborazione dei PPR, messi a punto dal Governo francese ([www.prim.net](http://www.prim.net)).

Gli elaborati principali per la definizione di un PPRN sono la *carte des aléas* (fig. 22), relativa alla pericolosità, una *carte des enjeux* (fig. 23), relativa all'esposto vulnerabile, e una *carte du zonage réglementaire* (fig. 24). In quest'ultima, in particolare, sono riportati due tipi di zone:

- le “zone di pericolo” (in rosso) che sono definite in base all'intensità ed alla tipologia di pericolosità ed in cui qualsiasi nuova attività è vietata. Per quelle già esistenti, si rimanda alle norme per conoscerne le prescrizioni all'uso;
- le “zone di precauzione” (in blu), non direttamente esposte, ma in cui l'inserimento di alcune attività può aggravare le condizioni di rischio del territorio circostante.

Tale zonizzazione avviene anche attraverso una fase di concertazione con gli Enti locali. Il PPRN definitivo è costituito da tre parti principali (Ministre de l'écologie et développement durable, 2006):

- il rapporto introduttivo, che contiene l'analisi dei fattori di pericolosità considerati e lo studio dei loro effetti su popolazione e beni materiali, esistenti e futuri;

- la cartografia, in una scala che varia fra 1/10.000 e 1/5.000 generalmente, delle zone regolate dal PPRN;
- il regolamento, che precisa le norme da applicare in ogni zona.

Le norme del PPRN possono, quindi, includere limitazioni sia per le nuove attività che per quelle esistenti. Tali norme possono riguardare sia le tecniche di costruzione che l'uso del suolo (Ministre de l'écologie et développement durable, 2006).

Per quanto riguarda gli strumenti ordinari di governo del territorio, essi devono tenere conto dei rischi naturali (secondo l'art. L 121-10 del Code de l'Urbanisme) ed, in particolare, il PPRN deve essere allegato al "Plan Locaux d'urbanisme" (PLU) (Ministre de l'écologie et développement durable, 2006), paragonabile al PRG in Italia. La decisione di allegare il PPRN al PLU non corrisponde ad un'immediata integrazione, seppure il PPRN sia uno strumento vincolante ed i motivi sono sia di tipo politico, connessi alla competizione tra organi amministrativi diversi (Fleishhauer, 2006), che di tipo finanziario, legati alla possibilità di usufruire di fondi di solidarietà nazionale in caso di catastrofe (Barraquè, 2003). In casi estremi, comunque, il Prefetto può intervenire per ordinare l'esecuzione delle indicazioni del PPRN (Legge n° 2003-699).

I PPRN rappresentano un valido strumento per la prevenzione dei rischi naturali anche se emerge la necessità di prestare maggiore attenzione ai collegamenti tra PLU e PPR per pervenire ad una più efficace integrazione tra analisi di rischio e regole di trasformazione del territorio. Inoltre, alcuni ricercatori (Pigeon, 2005) sottolineano l'eccessiva rigidità dei PPR, che sebbene possa essere un punto di forza, in realtà si traduce talvolta in un ostacolo all'applicazione delle indicazioni in essi contenute.

Nel 2003, inoltre, la Legge n° 2003-699 introduce nel Codice dell'Ambiente francese i Piani di Prevenzione dei Rischi Tecnologici (PPRT) che, nel rispetto delle indicazioni della Direttiva Seveso II, hanno la stessa posizione e rapporto con gli strumenti ordinari di governo delle trasformazioni urbane e territoriali dei PPRN. I PPRT, in particolare, definiscono l'esposizione ai rischi, tenendo conto del tipo e dell'intensità dei rischi tecnologici riportati nei rapporti di sicurezza. Essi indicano, inoltre, le misure di prevenzione necessarie a ridurre le condizioni di rischio.

PPRN e PPRT costituiscono un completo insieme di strumenti separati, ma comunque

redatti entrambi dall'Autorità centrale (Prefettura). Un tale insieme di strumenti può rappresentare un utile supporto per lo sviluppo di forme integrate di governo del territorio che tengano conto di più rischi contemporaneamente e delle loro interazioni.

Oltre all'elaborazione dei PPRN, la legge francese impone la comunicazione dei rischi presenti su un territorio alle comunità. Tale diffusione di informazioni avviene attraverso il "Dossier Dipartimentale dei Rischi Principali" (DDRM), a livello regionale, e il "Dossier di informazione comunale sui rischi maggiori" (DICRIM), a livello comunale. Inoltre, la Prefettura redige un "Dossier Comunale Sintetico" (DCS).

Le cartografie appartenenti a questi strumenti riportano, specialmente a livello comunale, le aree esposte a tutte le tipologie di pericolosità sia naturali che tecnologiche seppure tale tipo di documento non ha influenza sugli strumenti di governo del territorio. In definitiva, sulla base del quadro degli strumenti illustrato, è possibile affermare che in Italia, piuttosto ampio è il panorama di strumenti e di leggi a disposizione degli amministratori per la prevenzione e mitigazione dei rischi.

Purtroppo, non sembra esserci una struttura unitaria e organica in riferimento alla trattazione dei rischi alle diverse scale. Sarebbe auspicabile la riduzione della sovrapposizione di compiti di analisi (si vedano i rapporti tra PTCP, PdB e PPPP) a favore della messa a punto di una dialettica più snella tra i vari strumenti settoriali e quelli generali di governo delle trasformazioni urbane e territoriali. A tale proposito, l'esperienza francese dei PPR riguarda un insieme di strumenti dalle grandi potenzialità per l'implementazione di analisi multi-rischio, permettendo agevolmente la sovrapposizione dei dati per una certa area.

Uno degli ostacoli che tali strumenti, comunque, incontrano nella loro implementazione è identificabile nei rigidi vincoli che impongono all'uso dei suoli. La perdita di valore dei terreni fa sì che anche le stesse Amministrazioni non incentivino, anzi ritardino, tali pratiche (Kerjan, 2001), sebbene obbligatorie.

È necessario sottolineare quindi che, anche nel nostro Paese, le indicazioni prodotte all'interno di studi settoriali non vengono immediatamente e automaticamente considerate all'interno degli strumenti ordinari di governo delle trasformazioni urbane e territoriali (PLU, PRG, PTCP).

Tra questi, il PTCP sembra avere le potenzialità per ricoprire una posizione di rilievo nella prevenzione e mitigazione dei rischi sia per quanto riguarda la messa a punto di strategie di prevenzione e mitigazione che per l'organizzazione e l'ottimizzazione della fase di emergenza. A tale strumento è però necessario affiancare, specialmente nell'analisi di eventi concatenati, quali i na-tech, uno strumento di scala locale, sull'esempio dei PPR, che dialoghi con gli strumenti di scala vasta, ma al contempo permetta lo studio delle dinamiche dell'evento e delle possibili catene di eventi, impatti e danni.

## 5.2 Pratiche di governo delle trasformazioni urbane e territoriali e rischi naturali in Italia e in Francia

In questo paragrafo sono illustrate alcuni esempi di pratiche urbanistiche, sviluppate in Italia e in Francia, relative al quadro degli strumenti delineato nel paragrafo precedente. Per alcuni di essi verranno messe in evidenza le potenzialità e le criticità in riferimento alla problematica dei na-tech.

La Legge Urbanistica della Regione Calabria richiede che i PTCP includano un quadro di conoscenza dei possibili fattori di rischio della Provincia. Il PTCP di Cosenza, ad esempio, risulta articolato in quattro “strutture” principali di cui quella ambientale riguarda l'integrità fisica del territorio, il sistema delle risorse naturali e paesaggistiche, il sistema delle risorse storico-culturali e il sistema della tutela paesaggistica. In particolare, l'analisi dell'integrità fisica include l'analisi del rischio che riguarda:

- inondazioni;
- aspetti inerenti la sicurezza idraulica e l'uso dei suoli a valle delle dighe;
- normativa di interesse;
- aree soggette all'allagamento conseguente all'ipotetico collasso delle dighe;
- frane;
- incendi boschivi;
- mareggiate ed erosione costiera;
- terremoti;

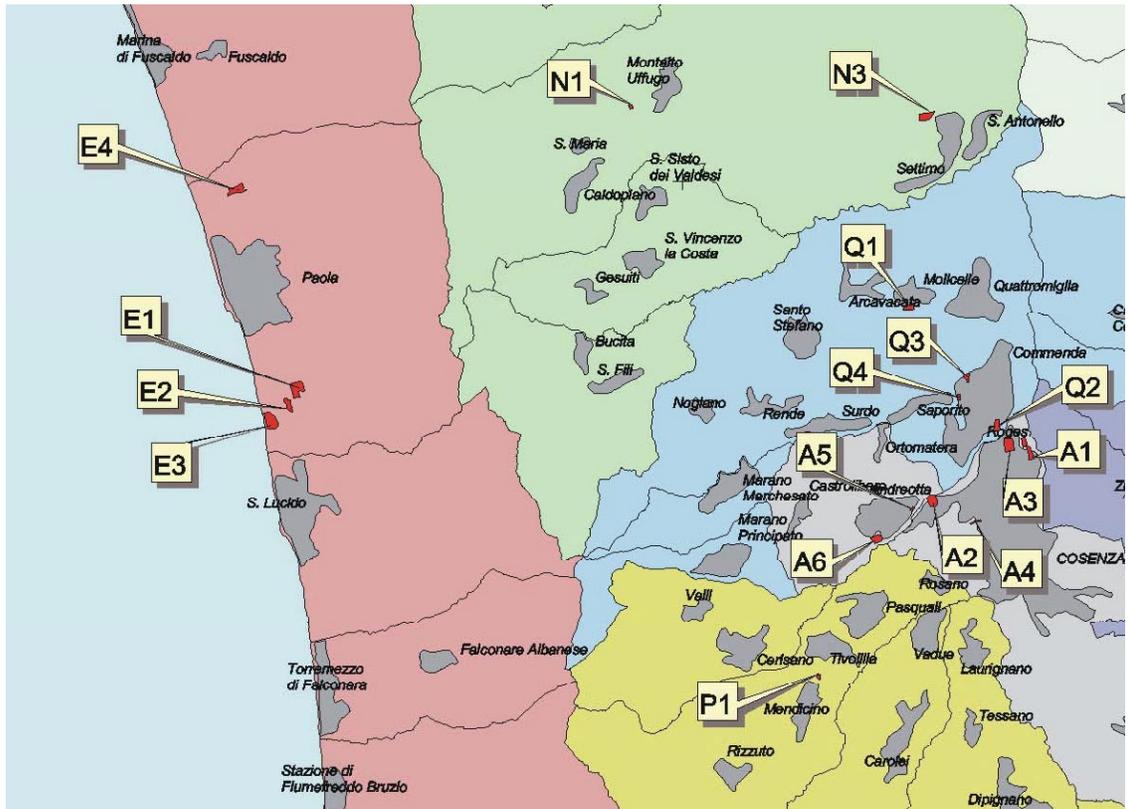
- aree di ammassamento;
- zonizzazione geologico tecnica in prospettiva sismica;
- specifiche tecniche per la redazione di un piano per la gestione del rischio di esposizione ai campi elettromagnetici.

In figura 25 è riportata la Carta delle aree di ammassamento del PTCP di Cosenza. I Comuni sono raggruppati in Centri Operativi Misti (COM) della Protezione Civile e per ciascun Comune sono riportati i dati su tutte le aree di ammassamento disponibili (localizzazione, dati sul proprietario, estensione dell'area, natura della superficie e vie di accesso).

Un altro esempio di PTCP che affronta le tematiche del rischio è il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale di Macerata, nelle Marche. In accordo con le leggi sovraordinate, il PTCP definisce le linee di intervento per la sistemazione idrica, idrogeologica, idraulico-forestale e per il consolidamento del suolo e la regimazione delle acque. Tra gli elaborati di maggior rilievo a supporto della definizione di tali linee, sono state elaborate tre carte relative alle aree dei dissesti e dei fenomeni gravitativi, alle aree di dissesto relative ad infrastrutture e centri abitati e alle aree di versante con dissesti attivi. Tali carte sono state poi sintetizzate nello schema di riferimento per la prevenzione dei grandi rischi (fig. 26). Lo schema individua le principali aree di dissesto e le situazioni altamente critiche presenti sul territorio provinciale, tenendo conto del livello di pericolosità e/o dall'alta probabilità di coinvolgimento di popolazione, insediamenti e infrastrutture. Nel suddetto elaborato, sono individuati gli scenari di rischio attendibili cui fare riferimento sia per la pianificazione comunale sia per i piani di Protezione Civile di competenza comunale. Vale la pena di sottolineare come tra gli scenari si tenga in conto anche di possibili catene e reciproche influenze tra fattori di pericolosità eterogenei. Il caso di Camerino riportato in figura 26, ad esempio, mette in luce che il PTC per l'individuazione di un corpo di frana tiene conto anche degli eventi sismici che lo hanno attivato o che ne possono modificare la cinematica.

Inoltre, per quanto riguarda le catene di eventi, sono indicate anche le aree che possono essere alluvionate in seguito ad un fenomeno di rottura delle dighe presenti nell'area.

fig. 25 Le aree di ammassamento individuate dal PTCP di Cosenza



 COM1 - Cosenza	 COM7 - Rogliano	 COM13 - Roggiano Gravina
 COM2 - Trebisacce	 COM8 - Spezzano della Sila	 COM14 - Mendicino
 COM3 - Castrovillari	 COM9 - Rossano	 COM15 - Rende
 COM4 - Scalea	 COM10 - Acri	 COM16 - S. Giovanni in Fiore
 COM5 - Paola	 COM11 - Cassano alla Ionio	 COM17 - Bisignano
 COM6 - Amantea	 COM12 - Montalto Uffugo	 COM18 - Cariati

Fonte: [http://web.provincia.cs.it/ptcp/intro\\_1.htm](http://web.provincia.cs.it/ptcp/intro_1.htm)

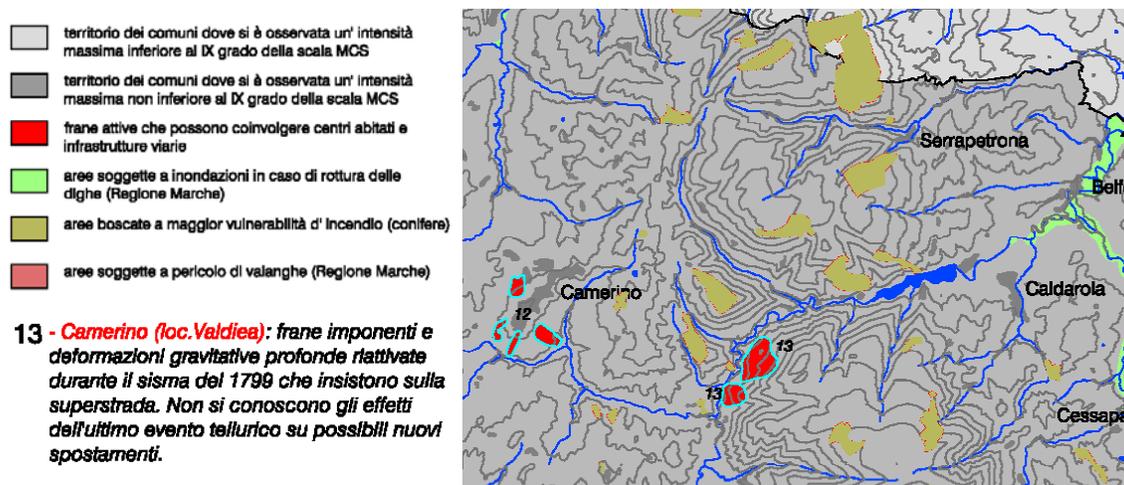
Tale fenomeno non rappresenta un caso di evento na-tech ma, secondo le definizioni riscontrate in letteratura e illustrate in precedenza, può essere classificato come un na-tech a spirale, ossia un disastro “naturale” (l’alluvione che segue la rottura della diga) causato da un incidente tecnologico che potenzialmente può innescare altri incidenti tecnologici (in caso, ad esempio, di industrie pericolose nelle suddette aree alluvionali). Rispetto agli scenari di rischio rilevati sul territorio provinciale, il PTC fornisce il

quadro sintetico delle attrezzature disponibili sul territorio provinciale per la costruzione di una rete provinciale di Protezione Civile nell'elaborato "Quadro di riferimento per l'organizzazione delle strutture di presidio e di controllo del territorio provinciale" (fig. 27).

Al riguardo, sono individuate le aree già disponibili o sulle quali risulta più agevole predisporre attrezzature di accoglienza o logistiche. Si tratta, in particolare, di centri logistici di raccolta e smistamento dei soccorsi di livello provinciale; aree (e relativa classe dimensionale) rese disponibili dai Comuni quali centri logistici del soccorso a livello comunale; campi di accoglienza già approntati e dotati di servizi (approntati in occasione dei recenti eventi sismici); attrezzature ospedaliere nonché strutture di presidio e controllo del territorio provinciale ed in particolare aviosuperfici, punti di avvistamento antincendio, punti di approvvigionamento idrico antincendio e dei comandi dei Vigili del Fuoco. Al fine di costituire un'appropriata rete di collegamento e di integrazione tra tali impianti, la Provincia, inoltre, cura e promuove l'adeguamento della viabilità, per rendere agevole e sollecito il transito dei mezzi di soccorso.

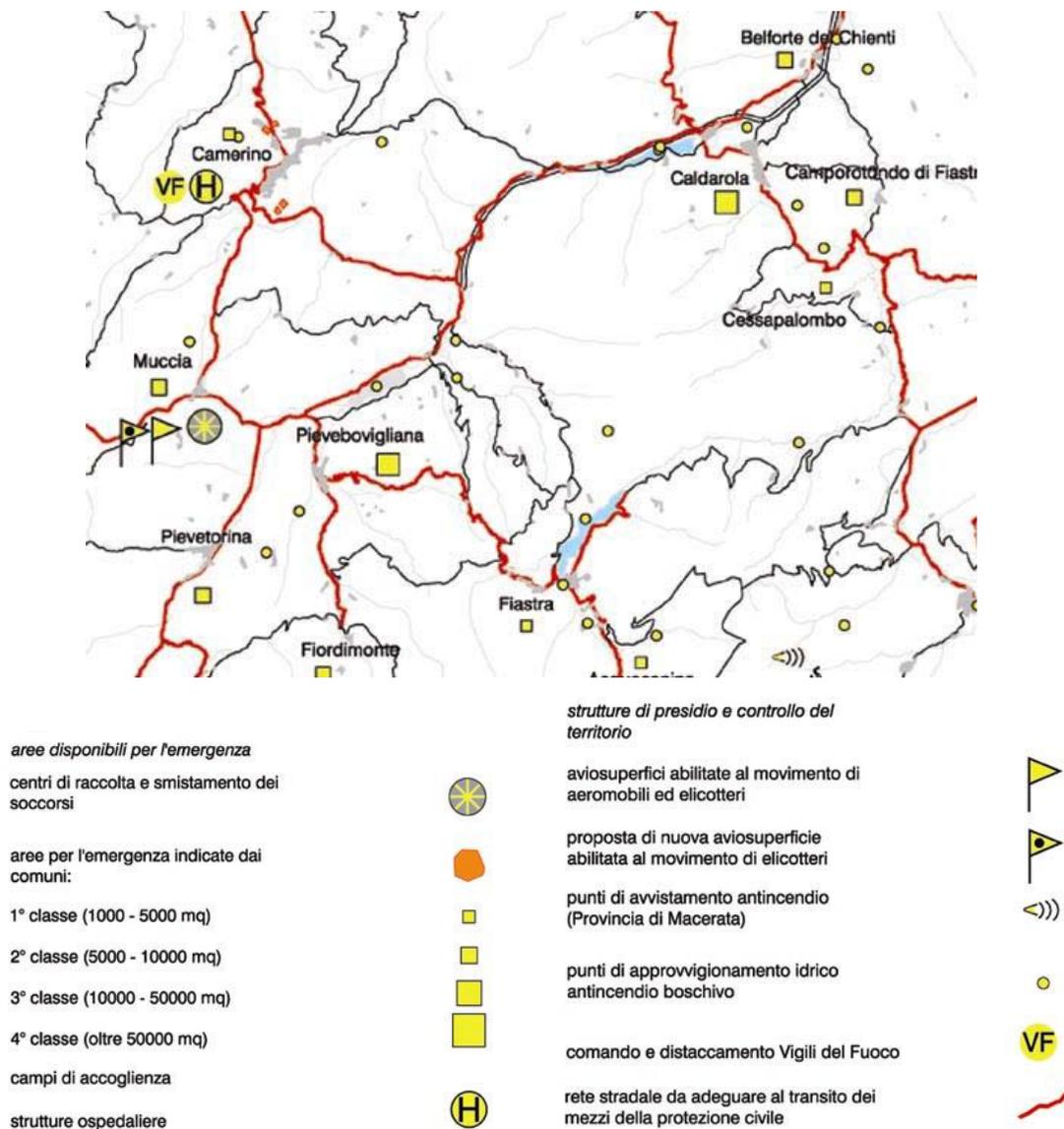
I PTCP illustrati rappresentano alcuni degli esempi di integrazione tra analisi di pericolosità e strumenti di governo del territorio mirati a garantire uno sviluppo compatibile con le minacce presenti e in grado di minimizzarne i potenziali impatti.

fig. 26 Stralcio dello Schema di riferimento per la prevenzione dei grandi rischi del PTC di Macerata



Fonte: <http://urbanistica.provincia.mc.it/>

fig. 27 Quadro di riferimento per l'organizzazione delle strutture di presidio e di controllo del territorio provinciale di Macerata



Fonte: <http://urbanistica.provincia.mc.it/>

Per quanto riguarda i Piani settoriali, invece, si riportano di seguito alcuni aspetti relativi alle esperienze del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) dei bacini di rilievo regionale dell'Autorità di Bacino regionale delle Marche ed il Programma Provinciale di Previsione e Prevenzione della Provincia di Milano.

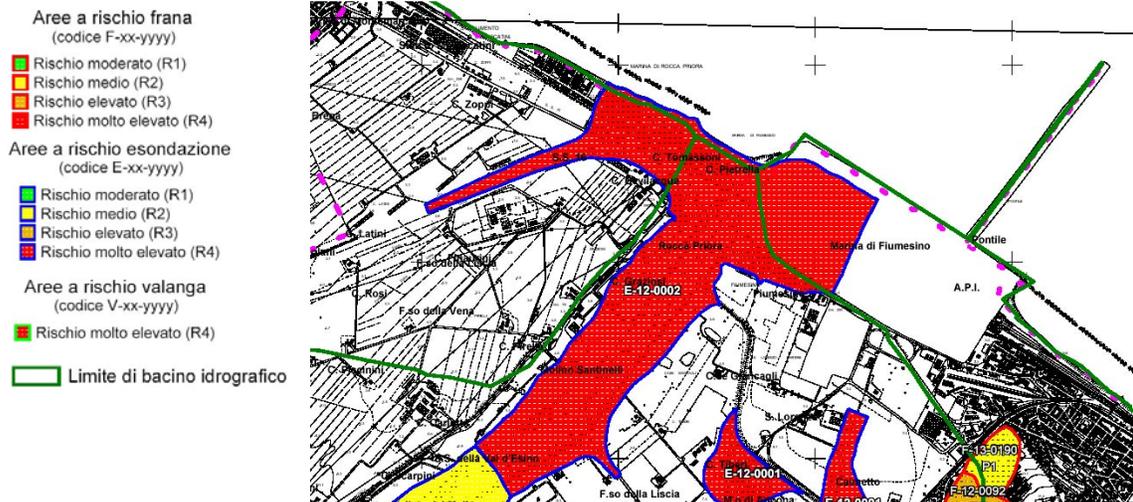
Il primo interessa una delle aree industriali petrolifere più importanti d'Italia, ossia le raffinerie di Falconara, in Provincia di Ancona.

fig. 28 L'area delle raffinerie di Falconara negli anni Sessanta e nel 1972



Fonte: [www.greensite.it](http://www.greensite.it)

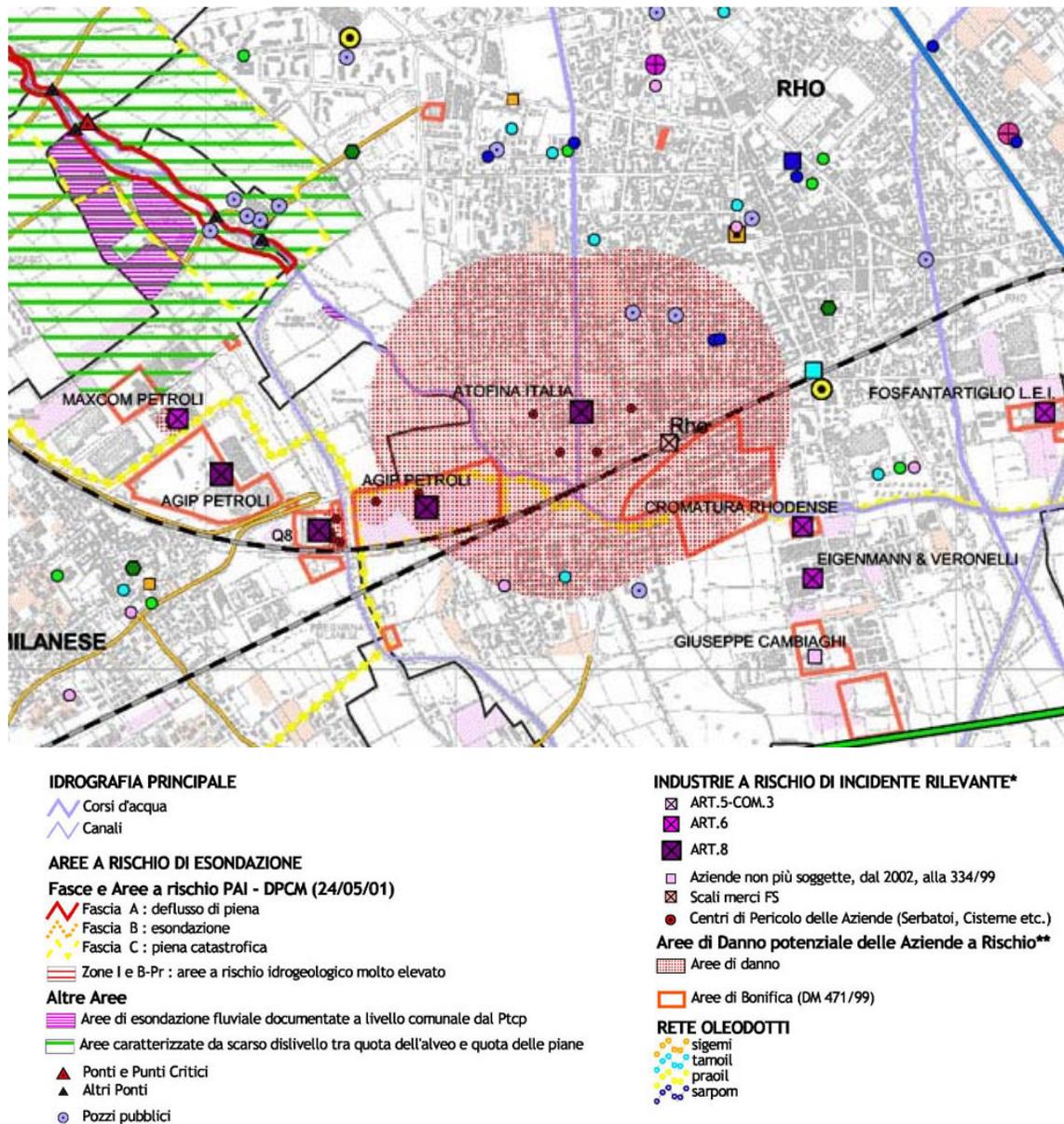
fig. 29 Estratto dalla tavola RI22 della Carta del rischio idrogeologico del PAI dell'AdB delle Marche



Fonte: [www.autoritabacino.marche.it](http://www.autoritabacino.marche.it)

Gli impianti sono posti su una colmata alla foce del fiume Esino (fig. 28). Tutte le aree alluvionabili perimetrata dal PAI sono costituite dalla fascia di territorio con probabilità di inondazione corrispondente a piene con tempi di ritorno fino a 200 anni. Ad esse è associato un unico livello di pericolosità elevata- molto elevata

fig. 30 Stralcio della “Carta dei rischi territoriali a scala di dettaglio” del PPPP della Provincia di Milano



Fonte: [http://temi.provincia.milano.it/protezionecivile/prog\\_prov\\_prev.htm](http://temi.provincia.milano.it/protezionecivile/prog_prov_prev.htm)

La foce del fiume Esino, sede delle raffinerie, è classificata dalla zonizzazione del PAI come area AIN\_R4 “Inondabile a Rischio molto elevato” (fig. 29), ovvero il livello massimo di rischio. La normativa del Piano, per tali aree, non prevede interventi particolari in riferimento alle industrie. È, comunque, indicata la possibilità di incentivi per la delocalizzazione delle infrastrutture e dei fabbricati realizzati in conformità alla

normativa urbanistica o condonati che si trovano in particolari condizioni di rischio dovute alle specifiche caratteristiche di esposizione o vulnerabilità e che non risultino efficacemente difendibili.

Tra gli strumenti di Protezione Civile, invece, va menzionato il PPPP di Milano che tiene conto esplicitamente dei rischi na-tech considerando, nella relazione, le situazioni di “pericolosità mista chimica-idrogeologica”. Nel documento sono riportate tutte le aziende a rischio di incidente rilevante ubicate in prossimità dei corsi d’acqua o ricadenti nelle fasce alluvionabili descritte dai PAI vigenti nella Provincia e tali informazioni sono anche riportate nella “Carta dei rischi territoriali a scala di dettaglio”(fig. 30). Su tale base, è stato possibile attribuire un livello di rischio da basso a molto alto a tutti gli impianti presenti lungo i corsi d’acqua.

Per quanto riguarda esempi di pratiche a scala locale, il caso del PRG del Comune di Bergamo del 2000 rappresenta un’esperienza da menzionare soprattutto per la produzione della “Carta della fattibilità geologica”, in osservanza della LR 41/1997.

A supporto della definizione di tale carta, sono stati prodotti quattro elaborati cartografici di base: la “Carta geolitologica”, la “Carta clivometrica”, la “Carta geomorfologica” e la “Carta del sistema idrografico”. In aggiunta, è stata elaborata anche una “Carta della capacità d’uso del suolo” nella quale il territorio comunale è stato suddiviso in quattro categorie differenti in funzione delle caratteristiche chimico-fisiche del terreno e delle condizioni climatiche.

Queste carte vengono sintetizzate nella “Carta della pericolosità” in cui il territorio è suddiviso in sette tipologie di ambiti omogenei per i quali le caratteristiche fisiche e geomorfologiche possono produrre diversi scenari di pericolosità al variare delle caratteristiche litologiche e clivometriche del terreno ritenute quelle determinanti per l’insorgere di eventi calamitosi (Tomei, 2000).

La mappa finale di tale processo di analisi è la “Carta di fattibilità geologica per le azioni di Piano” che suddivide il territorio comunale in quattro classi in base al confronto tra la tipologia ed il dimensionamento della porzione di territorio considerata e alla tipologia espressa nella “Carta della pericolosità”.

Le quattro classi, che rappresentano quattro diversi livelli di limitazione alla trasformazione, sono (Tomei, 2000):

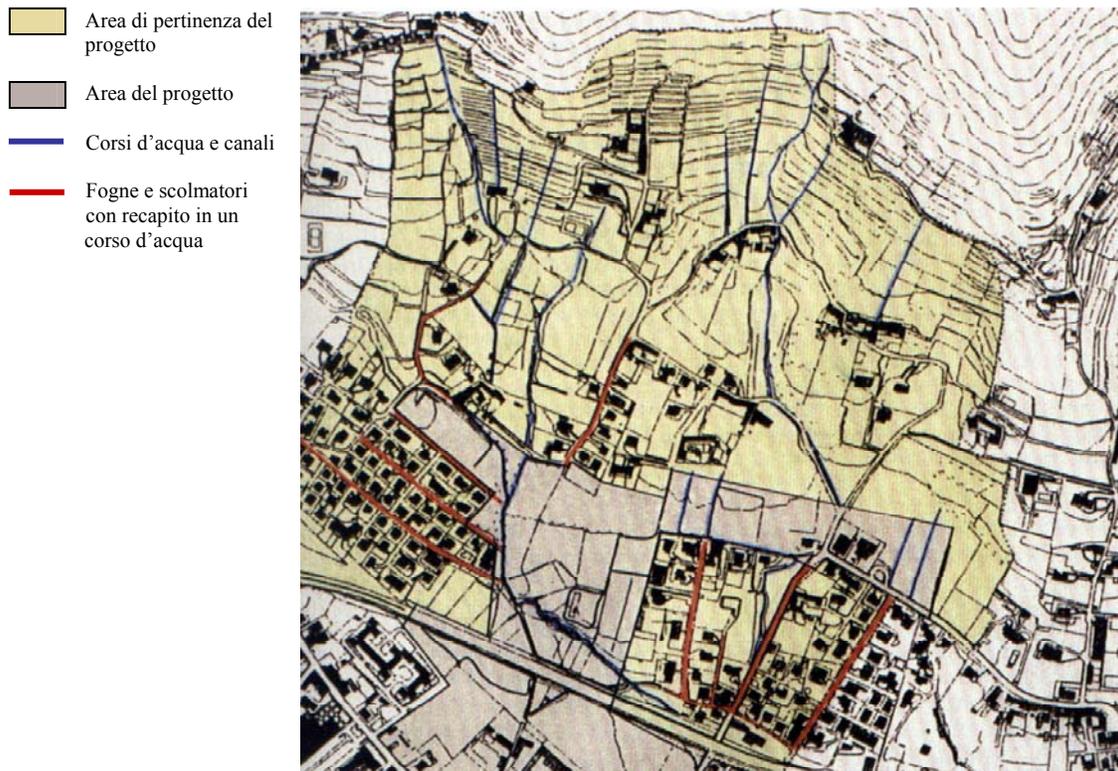
- la classe 1, con fattibilità senza limitazioni, che indica le aree in cui non ci sono limiti all'urbanizzazione per quanto riguarda le caratteristiche geologiche del suolo;
- la classe 2, con fattibilità con modeste limitazioni, che è assegnata a quelle aree per trasformare le quali è necessario fare prima degli approfondimenti di carattere geologico ed idrogeologico;
- la classe 3, con fattibilità con consistenti limitazioni, che indica le aree dove, oltre alle indagini previste per la classe, 2 sono necessarie indagini in laboratorio e *in situ* su temi specifici (ambientali, podologiche, etc.);
- la classe 4, con fattibilità con gravi limitazioni, per le aree ricadenti nella quale è esclusa qualsiasi nuova edificazione e sono ammesse solo azioni di consolidamento e risistemazione idrogeologica.

Il PRG di Bergamo si attua attraverso “Progetti Norma” di trasformazione riferiti ad ambiti sub-comunali. La “Carta di fattibilità geologica per le azioni di Piano”, quindi, assegna ad ogni Progetto Norma una classe di fattibilità. Quindi, per l'area relativa a ciascun progetto viene prodotta una scheda (fig. 31) in cui si indica sia l'area propria del Progetto che un' “area di pertinenza” per la quale sono indicate le indagini necessarie.

Per quanto riguarda, invece, il *Plan de prevention des risques naturelles* (PPRN) francese, va sottolineato che, nella maggior parte dei casi, tale piano è l'insieme dei PPRN relativi a ciascun fattore di pericolosità cui una determinata area è esposta e non tiene conto delle possibili interazioni tra di essi.

Ci sono però alcune esperienze di documenti che si riferiscono a più tipi di rischio contemporaneamente e che dimostrano come, la possibilità di lavorare attraverso strumenti simili su tipologie di rischio differenti rappresenti, comunque, un buon punto di partenza verso la valutazione integrata dei rischi. Un PPRN di questo tipo è il Piano di Prevenzione dei Rischi della municipalità di Saint Denis nell'isola di Reunion, esposta sia al rischio inondazioni che al rischio frane. Il PPRN suddivide il territorio in zone di prescrizione e d'interdizione (fig. 32) graduate in modo da tener conto di entrambi i fattori di pericolosità (fig. 33).

fig. 31 Stralcio dalla Carta della fattibilità geologica del PRG di Bergamo



Fonte: Tomei, 2000

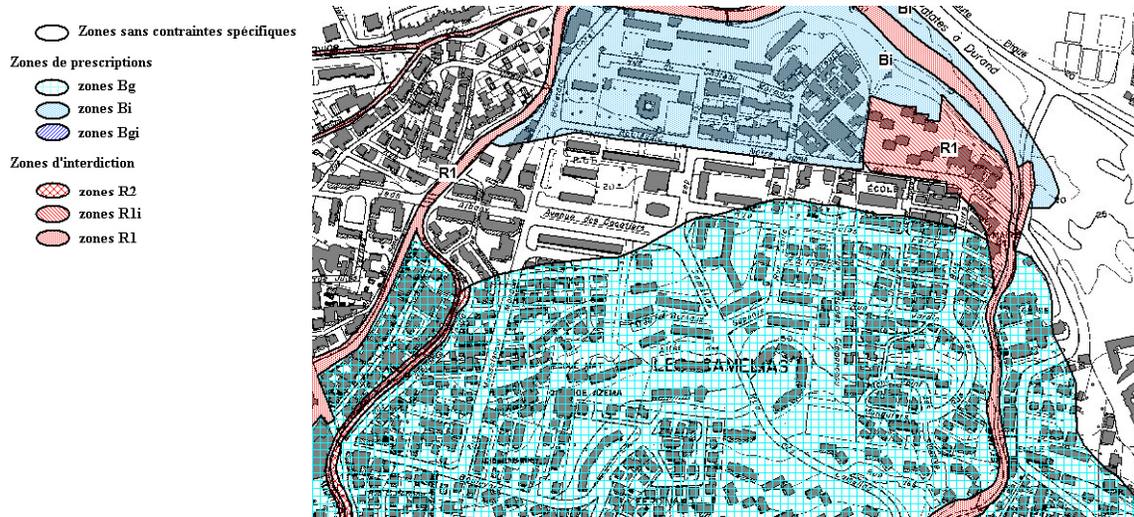
Gli articoli della normativa per le zone esposte a più fattori di pericolosità riportano indicazioni separate per ciascuno di essi. Sebbene non ci sia un'esplicita integrazione tra gli impatti e le loro reciproche influenze, il PPRN di Saint Denis rappresenta comunque un passo avanti rispetto alla trattazione di singoli rischi e mostra le potenzialità dei PPRN quali possibili strumenti di supporto alla definizione di azioni urbanistiche di mitigazione integrata di più tipologie di rischi.

Oltre all'elaborazione dei PPRN, la Legge francese impone la comunicazione alle comunità dei rischi presenti su un territorio. Tale diffusione di informazioni avviene attraverso il "Dossier Dipartimentale dei Rischi Principali" (DDRM), a livello regionale, e il "Dossier di informazione comunale sui rischi maggiori" (DICRIM), a livello comunale. Inoltre, la prefettura redige un "Dossier Comunale Sintetico" (DCS). Le cartografie appartenenti a questi strumenti riportano, specialmente a livello comunale, le aree esposte a tutte le tipologie di pericolosità sia naturali che tecnologiche seppure tale

tipo di documento non ha influenza sugli strumenti di governo del territorio.

Il DCS della Prefettura de l’Aude permette la visualizzazione della distribuzione dei fattori di pericolosità sia naturale che industriale sovrapposti (fig. 34) e fornisce una carta di sintesi in cui le aree sono classificate per numero di eventi naturali cui sono esposte (fig. 35).

fig. 32 Il PPR “Inondazione e movimenti del terreno” dell’isola di Reunion



Fonte: www.prim.net

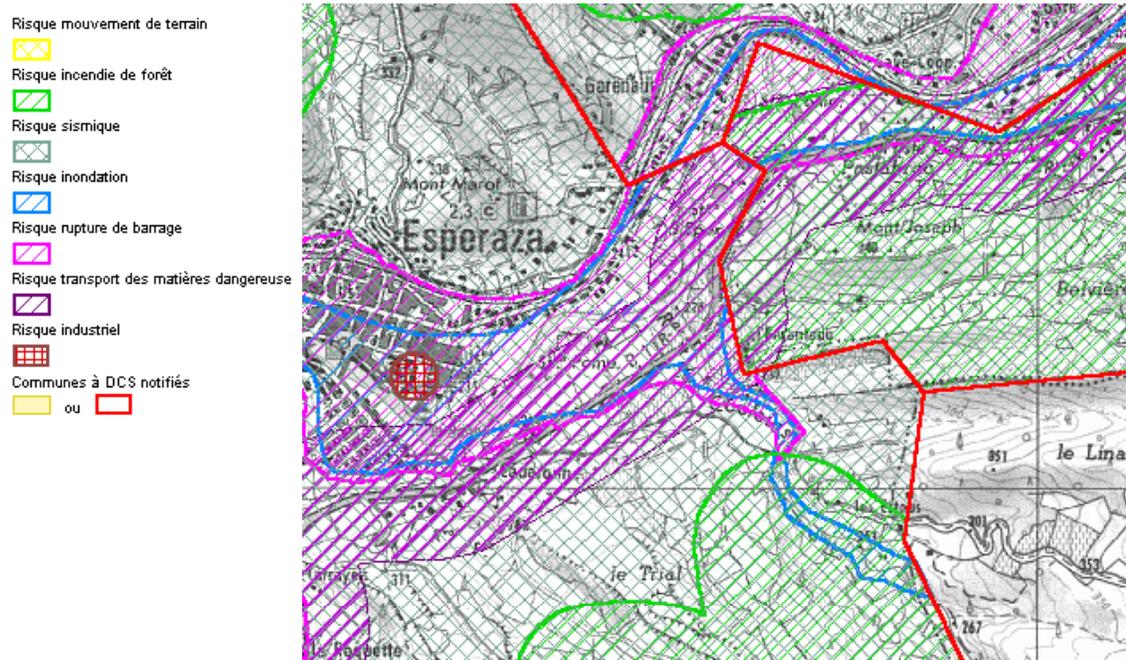
fig. 33 La griglia per la classificazione delle zone multi-rischio

GRILLE REGLEMENTAIRE MULTIRISQUES

		Aléa mouvements de terrain = $G_{\text{géologique}}$			
		Nul ou pas de données	Faible à modéré	Moyen	Elevé à très élevé
Aléa inondations = I	G \ I				
	Faible ou pas de données		Bg	R2	R1
	Moyen	Bi	Bgi		R1
	Fort	R1i	R1i	R1i	R1 (et ponctuellement R1i)

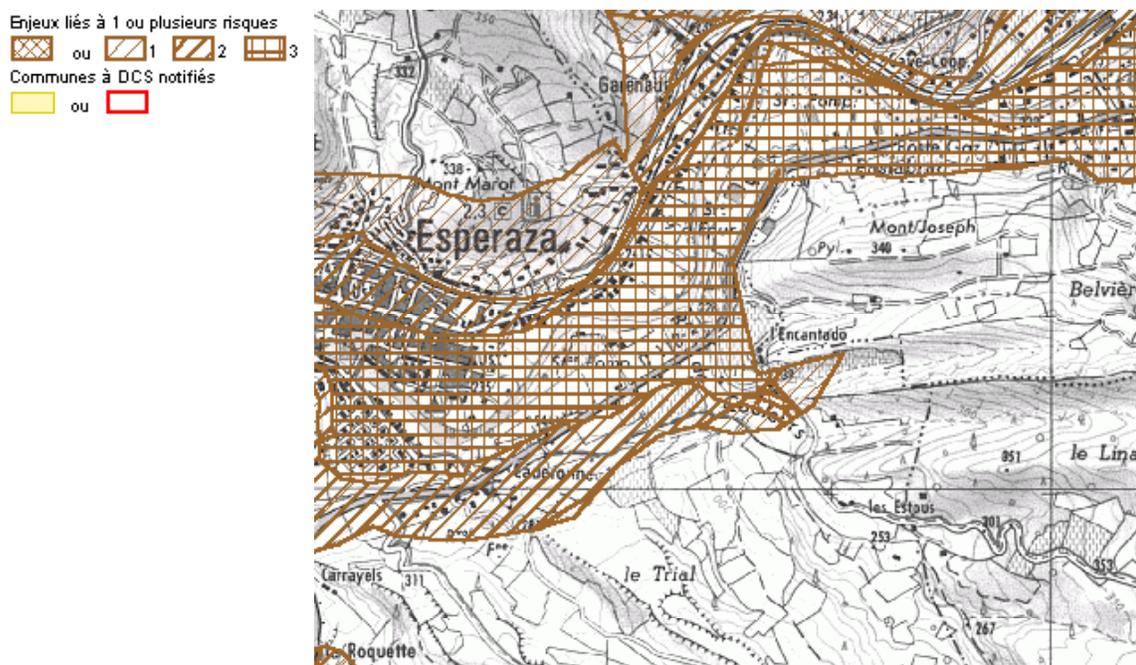
Fonte: www.prim.net

fig. 34 Stralcio della carta “Synthese des risques” del DCS della Prefettura de l’Aude



Fonte: [www.aude.pref.gouv.fr/dcs2000/index.htm](http://www.aude.pref.gouv.fr/dcs2000/index.htm)

fig. 35 Stralcio della carta “Risques et enjeux humains” del DCS della Prefettura de l’Aude



Fonte: [www.aude.pref.gouv.fr/dcs2000/index.htm](http://www.aude.pref.gouv.fr/dcs2000/index.htm)

### 5.3 Pratiche di governo delle trasformazioni urbane e territoriali e rischi tecnologici in Italia

Di seguito sono illustrate alcune esperienze sviluppate in Italia in materia di rischio di incidente rilevante sia a scala vasta che a scala locale. In particolare, sono illustrati i contenuti dei PTCP di Modena e Milano, per quanto riguarda la scala vasta, e gli “Elaborati Tecnici RIR” dei Comuni di Grugliasco, Cologne e Rho, per la scala locale.

La variante al PTCP di Modena inerente le zone interessate da stabilimenti a rischio di incidente rilevante, approvata nel 2003, adotta una procedura più articolata di quella del Decreto per la valutazione di compatibilità ambientale. Gli stabilimenti a rischio di incidente rilevante che comportano un “danno significativo” per il Decreto sono classificati per livelli di pericolosità ambientale elevata, media e bassa in funzione delle sostanze pericolose presenti/prodotte nello stabilimento. Per gli stabilimenti che comportano un “danno grave”, l’incompatibilità con lo scenario incidentale è totale per qualsiasi elemento ambientale. Ai tre livelli di pericolosità ambientale corrispondono le tre distanze di 200-150-100 metri dall’impianto rispetto alle quali deve essere verificata la compatibilità ambientale con gli elementi vulnerabili. L’ampiezza di queste fasce non trova conferma nel quadro legislativo vigente; tuttavia, essa costituisce un elemento di riferimento per conoscere quali e quanti elementi vulnerabili ambientali debbano essere assoggettati a verifica di compatibilità rispetto alla classe di pericolosità dello stabilimento. Su tutto il territorio provinciale vengono censiti gli elementi vulnerabili per ottenere così una base dati con cui è possibile sia individuare le incompatibilità attuali che quelle future in caso di installazione di nuovi stabilimenti (fig. 36).

Il PTCP di Modena tenta di sopperire anche ad un’altra mancanza del D.M. 9/5/2001 con l’introduzione di criteri per verificare la compatibilità degli stabilimenti con le infrastrutture di trasporto di interesse sovra-comunale e le reti tecnologiche. Le infrastrutture di trasporto sono compatibili se non interessano le aree di danno con compatibilità F ed EF per il D.M. 9/5/2001. In caso di incompatibilità, invece, occorre garantire il coordinamento tra il Piano di Emergenza Interno dello stabilimento e le società di gestione delle infrastrutture (es. Società Autostrade, Ferrovie dello Stato, etc.)

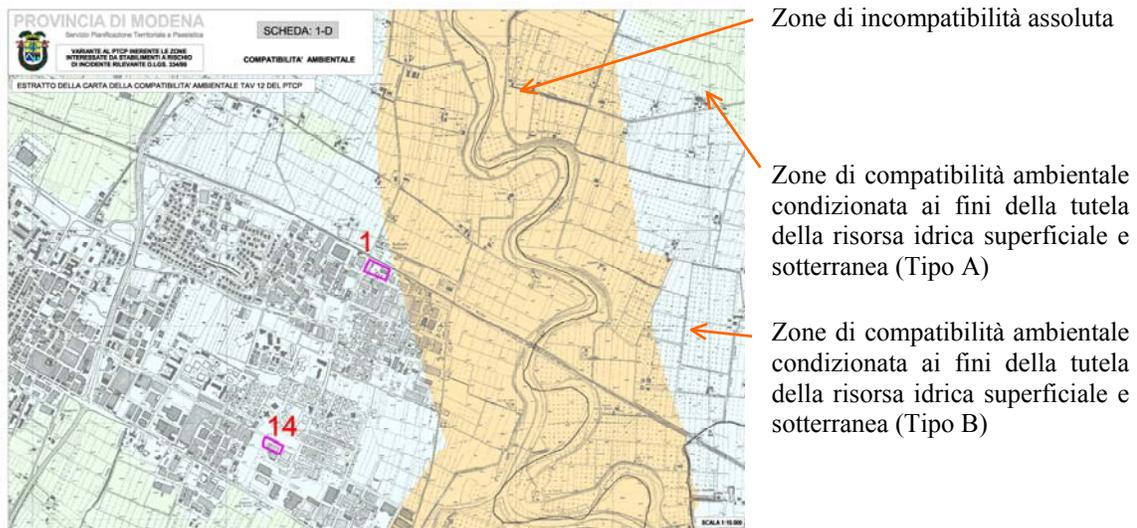
ove non sia già in atto un Piano di Emergenza Esterno che affronti specificamente l'argomento. Dove l'infrastruttura interseca aree di danno con compatibilità F, è necessario che il gestore intervenga per ridurre tale esposizione.

Per le reti tecnologiche si applicano le medesime considerazioni, ma solo per gli eventi di Incendio di pozza, Bleve, Fireball, Flash fire, UVCE, e non per “rilascio tossico”. Seppure tale criterio non sembri molto elaborato, esso rappresenta comunque un passo in avanti rispetto alla totale assenza di indicazioni del Decreto.

Non è chiaro, comunque, perché dalla valutazione di compatibilità delle infrastrutture di trasporto si escluda lo scenario di “rilascio tossico”. Tale scenario, sebbene possa non comportare un danno immediato fisico alle persone (che con molta probabilità si trovano schermate all'interno delle proprie vetture), comporta comunque rallentamenti e complicanze aggiuntive durante la fase di emergenza per l'evacuazione della popolazione. A causa della potenziale presenza di una nube tossica, infatti, tale operazione richiederebbe la preventiva fornitura agli sfollati di indumenti di protezione ed, inoltre, se la nube interessasse una via di accesso ad attrezzature sanitarie, renderebbe pericoloso il ricovero autonomo della popolazione.

La Lombardia è una delle Regioni con più alta concentrazione di impianti pericolosi in Italia. In particolare, molte di queste si concentrano nella Provincia di Milano. Il PTCP del capoluogo lombardo, approvato nel 2003, proprio a causa di tale concentrazione, si occupa tra l'altro della presenza di impianti nelle prossimità dei confini comunali introducendo l'obbligo, per i Comuni, di prevedere adeguate forme di partecipazione tra Comuni confinanti interessati dai potenziali effetti di un incidente. Sono classificate cinque tipologie di aree ad elevata concentrazione di stabilimenti. Si va dalle aree in cui sono presenti, nel medesimo Comune, almeno due stabilimenti a rischio dislocate in luoghi diversi e senza possibilità di reciproca influenza in caso di incidente, alle aree, anche intercomunali, in cui sono presenti più di tre aziende a rischio con possibilità di reciproca influenza. Per la prima tipologia di aree si propone una campagna informativa unica e la messa in comune delle risorse per la predisposizione del Piano di Emergenza Esterno (PEE). Per la più complessa, si propone uno studio di sicurezza integrato, un piano di sicurezza intercomunale e una campagna informativa congiunta.

fig. 36 Una scheda di studio della compatibilità ambientale del PTCP di Modena.



Fonte: [www.provincia.modena.it](http://www.provincia.modena.it)

Oltre che della distanza diretta tra gli impianti, nella valutazione delle aree ad elevata concentrazione, è necessario tenere conto del tipo di influenza reciproca tra gli impianti che può essere diretta, se da luogo ad un'estensione di un incendio o alla messa in contatto di sostanze pericolose che possono interagire tra loro, e indiretta, come ad esempio una nube tossica che può limitare la capacità operativa degli operatori di un impianto vicino riducendone la capacità di controllo stesso sull'impianto.

Queste considerazioni, sebbene siano maturate rispetto ad un contesto di disastro puramente tecnologico, sembrano essere particolarmente utili in caso di evento na-tech sia in aree dove c'è un'alta concentrazione di impianti che nello stesso istante possono essere danneggiati da un evento naturale innescante, ma anche in aree dove è presente un solo impianto, ma gli operai sono "distratti" dall'evento naturale (si pensi al terremoto di Izmit in Turchia, nel 1999, dove molti operai abbandonarono l'impianto dove lavoravano per recarsi a soccorrere i propri familiari).

Per quanto riguarda le esperienze alla scala urbana, si illustrano di seguito alcuni esempi di Elaborati Tecnici "Rischio di incidente rilevante" integrati all'interno dei PRG.

In alcuni Comuni, sono state introdotte procedure di valutazione di compatibilità diverse da quella standard richiesta dalla normativa, seppure sempre congruente con essa.

fig. 37 Un'area di danno nell'Elaborato Tecnico "RIR" del Comune di Grugliasco (TO)



Fonte: [www.comune.grugliasco.to.it](http://www.comune.grugliasco.to.it)

Il Comune di Grugliasco in Provincia di Torino, ad esempio, adotta delle distanze fisse per la valutazione della compatibilità territoriale.

Per tutti gli impianti è stata considerata un'area di indagine di raggio pari a 150 m dal baricentro del sito industriale (fig. 37).

L'estensione dell'area di indagine è stata determinata facendo in modo di comprendere i cerchi di danno derivanti dallo scenario più dannoso ipotizzato per il deposito più un margine di sicurezza che permetta di considerare l'aleatorietà delle ipotesi assunte per l'analisi dei rischi.

Questo approccio mette in luce la problematica dell'affidabilità dei calcoli sulle distanze di danno già menzionato. Sembra però una soluzione debole per due motivi:

- la distanza è presa dal baricentro dell'impianto. In questo modo, il margine di

distanza è maggiore quanto minori sono le dimensioni dell'impianto e tale approccio non corrisponde ad un trattamento egualitario sia dei gestori degli impianti che del territorio circostante;

- la distanza di 150 metri consente un margine differente al variare dell'impianto e degli scenari di danno che possono avere luogo. Nel caso di un impianto con uno scenario con area massima di danno pari a 145 metri, l'uso della soglia 150 metri non consentirebbe lo stesso margine di sicurezza di altri impianti.

Da queste considerazioni, sembra spontaneo concludere che sebbene sia necessario non affidarsi esclusivamente ai risultati dei calcoli sulle distanze di sicurezza, è necessario individuare algoritmi che leghino i margini di sicurezza aggiuntivi alle dimensioni dell'impianto e degli scenari di danno. Questo problema potrebbe essere molto amplificato nel caso di evento na-tech dove la sollecitazione di una catastrofe naturale potrebbe indurre variazioni imprevedibili sia sulla localizzazione del punto di innesco di un incidente rispetto alle condizioni ordinarie di funzionamento dell'impianto sia sull'intensità del fenomeno fisico (esplosione, incendio, rilascio tossico) e conseguentemente sulla dimensione dell'area di danno.

Il Comune di Cologne (BR) ha redatto l'Elaborato RIR nel 2003. Cologne non rappresenta un caso di particolare pericolosità dal punto di vista del rischio di incidente rilevante. Sul territorio comunale è presente, infatti, un solo impianto a rischio di incidente rilevante, un deposito di GPL che ricade nel campo di applicazione degli artt. 6 e 7 del D.Lgs.334/99.

Per quanto riguarda i nuovi insediamenti, all'art. 51 delle norme di attuazione del PRG (modificate a seguito dell'accoglimento delle osservazioni e deliberate dal Consiglio Comunale il 26/01/2001) è stata definita un'area di protezione circostante l'industria a rischio con un raggio di 200 m, entro la quale non potrà essere edificato alcun insediamento che comporti permanenza o transito di persone. Tale provvedimento è molto più restrittivo dei risultati espressi dal RIR. Per gli elementi esistenti si applica il D.M. 9/5/2001.

L'unica peculiarità di questa esperienza è la considerazione dei possibili effetti domino. Tra la prima e la seconda fascia di danno, infatti, si trova una cabina di decompressione

del gas metano di alimentazione della rete cittadina. Data la ridotta distanza e l'assenza di manufatti tra l'impianto e la cabina, non è escludibile un effetto domino indotto dal Bleve (che da letteratura può raggiungere anche 800 m).

Anche se tale evento è molto improbabile, si consiglia l'adozione di idonei sistemi di contenimento (frapposizione di muri di schermo in cemento armato).

Specialmente in caso di eventi na-tech accorgimenti del genere possono rivelarsi decisivi nella mitigazione dei danni. Tali tipi di azioni, inoltre, andrebbero previste anche per i manufatti relativi alle altre reti civili (elettricità e acqua) che durante un evento na-tech sono minacciate contemporaneamente da più eventi e la cui rottura determina l'interruzione di erogazione di servizi determinanti per la risposta in fase di emergenza del sistema colpito.

Un'altra esperienza da menzionare è quella del Comune di Rho, in provincia di Milano. L'Elaborato RIR prodotto è stato approvato nel 2002. Rho è uno dei Comuni con la più alta presenza di impianti a rischio di incidente rilevante in Italia.

Il RIR, oltre a contenere le analisi richieste dalla normativa vigente, include anche un Programma Integrato di Interventi (cap.4 dell'allegato al D.M. 9/5/2001) per un'area del Comune con un'alta densità di impianti a rischio di incidente rilevante.

Tale procedura viene indicata nel D.M. 9/5/2001 all'art.4: "Nei casi previsti dal presente Decreto, gli enti territoriali competenti possono promuovere, anche su richiesta del gestore, un programma integrato di intervento, o altro strumento equivalente, per definire un insieme coordinato di interventi concordati tra il gestore ed i soggetti pubblici e privati coinvolti, finalizzato al conseguimento di migliori livelli di sicurezza."

In particolare, si tratta di quattro interventi:

- la costruzione del nuovo Polo Fieristico, che sorgerà nel settore nord-ovest alle porte di Milano, in un'area in precedenza occupata dalla ex raffineria AgipPetroli, ora dismessa, e vicina agli stabilimenti della RhodenGas e dall'AgipGas;
- il piano di sviluppo residenziale sull'area identificata dal Piano Regolatore con la dicitura PL C4 e PEEP 2RH24, che si verrebbe a trovare nelle vicinanze dello stabilimento Atofina;
- il piano di sviluppo industriale per due lotti adiacenti allo stabilimento

Fosfantartiglio, che prevede la costruzione e l'avvio di due attività industriali genericamente intese, che pertanto non si configureranno come stabilimenti a rischio di incidente rilevante;

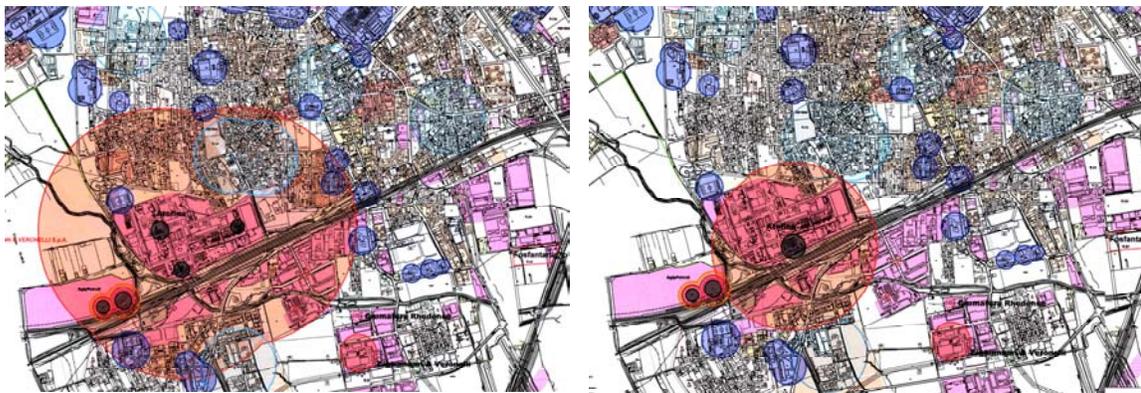
- l'ampliamento della Società Eigenmann & Veronelli, senza variazioni del livello di rischio.

Le modalità attraverso cui si è intervenuti sono state di diverso tipo (Romano, 2004):

- accordi di programma con le Società direttamente interessate nell'ambito di piani di intervento già previsti;
- migliorie agli impianti per ridurre le conseguenze degli incidenti verso l'esterno;
- revisione degli accordi di programma già in essere per ridurre i tempi di messa in sicurezza delle aree interessate dall'inquinamento delle falde;
- dismissione di impianti;
- per le aziende risultate compatibili, mantenimento del livello di sicurezza attuale attraverso sistemi di gestione della sicurezza;
- pianificazione territoriale.

In particolare, alla base dell'implementazione del Programma Integrato, sono riportate nel RIR le azioni che le aziende devono intraprendere per ridurre le loro aree di danno (fig. 38) e superare le incompatibilità territoriali e ambientali, ove presenti.

fig. 38 Dettaglio delle aree di danno di uno stabilimento RIR nel Comune di Rho prima e dopo il Programma Integrato degli Interventi (PII)



Fonte: Romano, 2004

Le pratiche illustrate evidenziano l'esigenza delle Amministrazioni di superare le indicazioni del metodo descritto nel D.M. 9/5/2001. Gli amministratori, infatti, affrontando concretamente le problematiche e dovendo confrontarsi direttamente con i diversi portatori di interessi (gestori degli impianti, popolazione, gruppi ambientalisti, etc.) hanno bisogno di strumenti più articolati e , soprattutto, più flessibili per governare tale insieme di relazioni, come dimostra la valida esperienza del Programma Integrato di Interventi del Comune di Rho.

#### 5.4 La gestione dei rischi na-tech

Fin qui sono state illustrate le norme e le pratiche volte alla conoscenza, alla prevenzione e alla mitigazione dei diversi rischi, naturali e tecnologici. Si è tentato, inoltre, di evidenziare i punti in cui norme e pratiche tengano conto delle possibili interazioni tra fattori di pericolosità eterogenei ed, in particolar modo, tra disastri naturali e incidenti tecnologici.

Purtroppo, è risultato palese che tali tentativi costituiscono ancora dei flebili accenni al problema che, in realtà, non è mai stato affrontato in maniera diretta e concreta.

Se la normativa stenta ad aggiornarsi in tale direzione, nonostante le catastrofi dovute ad eventi concatenati costituiscano una minaccia sempre più rilevante per le popolazioni, la ricerca sembra avere difficoltà ad addentrarsi in un campo tanto complesso, forse anche per le barriere esistenti tra settori disciplinari differenti che dovrebbero invece strettamente dialogare e interagire per conoscere e fronteggiare gli eventi na-tech.

Accanto agli strumenti per la conoscenza, la prevenzione e la mitigazione dei rischi naturali e tecnologici, un altro importante aspetto da tenere in conto è la loro gestione. Questa si concretizza in special modo nella predisposizione di Piani di Emergenza, ma anche in strumenti di tipo finanziario per incentivare la messa in sicurezza dell'esposto.

Per quanto riguarda i primi, essi sono di competenza della Protezione Civile secondo la Legge 225/92. Successivamente, la decentralizzazione dei poteri ha fatto sì che tali strumenti fossero affidati alla Provincia ed ai Comuni. In particolare, sulla base del Programma Provinciale di Previsione e Prevenzione, il Piano di Emergenza è

predisposto al fine di fronteggiare l'emergenza su tutto il territorio della Provincia che, inoltre, ne cura l'attuazione.

I compiti della Provincia, coerentemente con le competenze di questo Ente, sono l'individuazione e la predisposizione di tutte le risorse, i servizi e le procedure necessarie in caso di emergenza, tra cui figurano anche le infrastrutture stradali, ad esempio, di accesso all'area della Provincia. Inoltre, le Province devono definire le linee guida per i Piani di Emergenza Comunali. Questi, redatti dall'Amministrazione Comunale, secondo la Legge n. 225/92, definiscono le operazioni da attuare onde minimizzare le conseguenze a persone, servizi, beni materiali. Il Piano di Emergenza Comunale, sulla base di scenari di evento, individua le diverse procedure finalizzate a ridurre il danno o a superare l'emergenza.

Per quanto riguarda gli strumenti finanziari per la gestione dei rischi, il meccanismo più diffusamente utilizzato è quello delle assicurazioni. In Francia, esso costituisce un importante incentivo alla protezione contro i rischi presenti sul territorio. La compensazione per le vittime dei disastri sia naturali che tecnologici è governata, in particolare, dalla Legge sulle assicurazioni aggiornata dalla Legge del 30/7/2003 in cui si afferma che tutti i contratti di assicurazione a persone o cose devono coprire gli assicurati anche contro gli effetti dei disastri naturali e tecnologici. Tale obbligo può non essere esteso alle aree in cui non è permessa l'edificazione dai PPR, ad eccezione delle proprietà esistenti prima della pubblicazione del PPR stesso. Inoltre, non devono essere obbligatoriamente assicurate neanche le proprietà costruite e le attività esercitate in difformità dalle normative amministrative quando queste sono state emesse per mitigare i danni di disastri. Le assicurazioni che rifiutano di fornire la copertura economica contro gli effetti dei disastri naturali e tecnologici dei rischi dovranno ritirarsi dal mercato.

Per quanto riguarda i rischi tecnologici, l'idea è di evitare che le vittime citino direttamente le industrie causa dell'incidente, poiché è l'assicurazione che lo fa per loro (Republic of France, 2003).

Le assicurazioni rappresentano sicuramente un valido incentivo sia per l'adeguamento dell'assetto del territorio alle indicazioni dei PPR (poiché altrimenti, non sarebbe

possibile essere assicurati) e sia per ridurre i tempi della ricostruzione post-evento. Le assicurazioni sono tenute a pagare in determinati limiti di tempo e permettendo così alla popolazione di avviare autonomamente la ripresa delle normali attività, ove possibile.

Non essendoci, inoltre, una differenziazione tra disastro naturale e tecnologico, il metodo sembra essere idoneo anche per casi di eventi na-tech. Sarà poi l'assicurazione a investigare per definire la responsabilità delle industrie per i danni ai suoi clienti.

Leggi come questa delle assicurazioni in Francia, che non fanno distinzione tra tipologie di rischio a priori trattandoli in maniera unitaria, sono il sintomo che la sensibilità comune si sta orientando, in maniera propositiva, verso una trattazione integrata di più tipologie di rischio contemporaneamente.

Tuttavia, molti sono i passi che ancora restano da fare per pervenire ad un'efficace prevenzione e mitigazione e gestione degli eventi na-tech.

*As far as the laws of mathematics refer to reality, they are not certain; as far as they are certain, they do not refer to reality*

ALBERT EINSTEIN

## 6 DALLA CONOSCENZA ALLA MITIGAZIONE DEGLI EVENTI NA-TECH: UNA PROPOSTA DI METODO

- 6.1 La selezione delle “aree di priorità”
- 6.2 La prefigurazione delle catene di eventi, impatti e danni
- 6.3 Le strategie urbanistiche per la prevenzione e la mitigazione dei fenomeni na-tech

Le conoscenze maturate nella prima fase del lavoro, hanno messo in luce alcune questioni che hanno guidato l'impostazione del metodo di lavoro finalizzato alla conoscenza, alla prevenzione e alla mitigazione degli eventi na-tech.

In primo luogo, la sistematizzazione delle catene di eventi, impatti e danni effettuata sui casi di Kobe, Northridge e Izmit, limitatamente ad un arco temporale individuato come quello a più elevata criticità in caso di eventi na-tech, le prime 24 ore, ha consentito di evidenziare l'elevata complessità di tali catene dovute alla molteplicità delle interazioni tra i numerosi bersagli potenzialmente interessati dall'evento, tra danni fisici e danni funzionali, tra danni a singoli elementi e danni di sistema.

Inoltre, in riferimento allo stato dell'arte della ricerca scientifica, è apparso chiaro che a fronte di approfondite analisi degli eventi accaduti o della rilevanza di tali eventi, si riscontra a tutt'oggi una quasi totale carenza di studi volti alla prefigurazione delle catene di eventi, impatti e danni che contraddistinguono i fenomeni na-tech.

Ancora, dall'analisi dei casi è emerso che tali catene di eventi e impatti, pur interessando generalmente areali prossimi all'impianto tecnologico, si estendono in taluni casi ad aree anche molto distanti dal punto di innesco dell'evento. Si pensi, ad esempio, al caso dell'alluvione in Egitto nel 1994 o allo tsunami del 2004: in questi casi, l'evento na-tech è stato caratterizzato da impatti che hanno investito territori molto distanti dal punto di innesco del fenomeno, con conseguenze difficilmente prevedibili a priori. Sia l'analisi dei casi che la letteratura scientifica evidenziano, inoltre, che un rilevante incremento dei danni indotti da un evento na-tech è conseguenza di una "crisi" della capacità di risposta dei sistemi territoriali: generalmente, infatti, la capacità di tali sistemi di fronteggiare un'emergenza è "dimensionata" in relazione a singoli eventi calamitosi e risulta gravemente compromessa dall'insorgere di eventi multipli.

Infine, i casi esaminati mettono in luce che gli impianti RIR, pur essendo sorti originariamente in aree distanti dai centri abitati, risultano oggi in molti casi localizzati in aree ad elevata urbanizzazione o in prossimità di attrezzature o infrastrutture strategiche.

Appare quindi chiaro, sia dall'analisi dei casi che dall'esame della letteratura scientifica, che le catene di eventi, impatti e danni che contraddistinguono i fenomeni

na-tech richiedono indagini che dalla scala locale (relativa all'areale immediatamente circostante l'impianto tecnologico) si estendono alla scala territoriale, sia per indagare eventuali "effetti a distanza" dell'evento sia per indagare sulle dotazioni (in genere di livello sovracomunale) necessarie a garantire la capacità di risposta del sistema colpito all'evento.

Sulla base delle considerazioni esposte, si è delineata un'ipotesi di metodo per l'individuazione e la gerarchizzazione delle aree potenzialmente interessate da eventi na-tech e per la prefigurazione di catene di eventi, impatti e danni a supporto di strategie urbanistiche volte alla prevenzione e alla mitigazione di tali eventi. Il percorso di lavoro è stato strutturato in relazione a due scale territoriali:

- una scala provinciale o regionale, rispetto alla quale fornire criteri per l'individuazione e la gerarchizzazione delle aree in ragione del potenziale di innesco di un evento na-tech e delle caratteristiche di esposizione del territorio potenzialmente investito;
- una scala locale, rispetto alla quale delineare tecniche e strumenti per la prefigurazione di scenari di evento na-tech.

Il percorso proposto perviene alla messa a punto di criteri per l'individuazione e la gerarchizzazione di strategie urbanistiche per la prevenzione e mitigazione di eventi na-tech, con riferimento ad entrambe le scale territoriali considerate.

È evidente però che, anche in relazione a quanto in precedenza accennato, la prefigurazione di catene di evento na-tech ha richiesto l'approfondimento di aspetti difficilmente indagabili ad una scala locale (dalla distribuzione delle attrezzature strategiche per fronteggiare l'emergenza quali ospedali, caserme dei vigili del fuoco all'individuazione delle principali vie di comunicazione per l'accesso e l'esodo da una data area): lo sviluppo del percorso di lavoro ha richiesto, dunque, una costante interazione tra le due scale territoriali di riferimento.

Va inoltre sottolineato che la strutturazione del percorso di lavoro in relazione alle due scale territoriali risulta strettamente interrelata con l'articolazione e gli obiettivi degli strumenti di pianificazione. Infatti, l'individuazione di aree di priorità a scala provinciale e/o regionale costituisce un utile supporto per la pianificazione di area vasta al fine sia di delineare strategie di sviluppo del territorio provinciale o regionale

mirate a prevenire futuri eventi che di fornire indirizzi per l'approfondimento delle conoscenze per la pianificazione di scala locale.

L'approfondimento conoscitivo a scala locale, finalizzato alla prefigurazione delle possibili catene di eventi, impatti e danni, costituisce un indispensabile supporto alla messa a punto di strategie urbanistiche di prevenzione e mitigazione dei fenomeni na-tech non solo alla scala locale (delocalizzazione di impianti a rischio, riduzione dell'intensità d'uso nelle aree a più elevato potenziale di innesco di eventi na-tech, miglioramento delle condizioni di percorribilità delle aree potenzialmente investite, etc.), ma anche alla scala territoriale (miglioramento dell'accessibilità alle aree potenzialmente interessate da eventi na-tech, miglioramento delle connessioni dell'area con le principali attrezzature strategiche per fronteggiare l'emergenza, etc.).

#### 6.1 La selezione delle “aree di priorità”

La selezione delle aree di “priorità” a scala territoriale è stata condotta attraverso:

- l'individuazione delle aree in cui sussistono le condizioni per l'innesco di eventi na-tech attraverso la sovrapposizione di mappe di pericolosità naturale e localizzazione di elementi capaci di innescare incidenti rilevanti (elementi RIR);
- l'analisi delle caratteristiche di esposizione delle aree potenzialmente interessate da eventi na-tech a partire dall'individuazione dei principali elementi esposti e dalla definizione di opportuni parametri di misura;
- la gerarchizzazione delle aree in ragione del potenziale di innesco di eventi na-tech e delle caratteristiche di esposizione del territorio interessato, attraverso l'impiego di matrici di confronto.

I criteri per l'individuazione delle aree potenzialmente interessate da eventi na-tech sono stati definiti a partire dalla considerazione che essi si verificano quando un evento calamitoso di origine naturale colpisce bersagli capaci di innescare incidenti rilevanti provocandone l'innesco.

L'individuazione delle aree in cui sussistono le condizioni per l'innesco di eventi na-tech richiede, quindi, la conoscenza sia delle caratteristiche di pericolosità naturale del territorio considerato, con riferimento agli eventi naturali che possono costituire fattori di innesco di incidenti rilevanti, che della conoscenza, in termini di localizzazione, distribuzione e rilevanza degli elementi RIR.

Ai fini dell'individuazione degli eventi naturali che possono investire gli elementi RIR provocando l'innescò di un incidente tecnologico, si può fare riferimento alle interazioni tra fattori di pericolosità individuate nel Progetto Europeo "European Spatial Planning Observation Network" 2000-2006 (ESPON) nella sezione "1.3.1 - The spatial effects and management of natural and technological hazards in general and in relation to climate change". Questa sezione del progetto è finalizzata alla rappresentazione della distribuzione dei fattori di pericolosità naturale e tecnologica in Europa. In particolare, il progetto ESPON definisce, sulla base di una ricognizione della letteratura di settore, una tabella di interazione tra fattori di pericolosità naturali e tecnologici (tab. 13), con interazioni, di tipo booleano (0-1).

Sulla base di quanto emerge dal progetto ESPON dunque, i fattori di pericolosità naturale da considerare maggiormente rilevanti ai fini del potenziale innescò di un evento na-tech risultano: le valanghe, i terremoti, le alluvioni, gli incendi boschivi, le frane, i moti ondosi causati da tempeste, le tempeste, gli tsunami, le eruzioni vulcaniche e le tempeste invernali. Non hanno invece influenza sugli impianti tecnologici considerati nel progetto (industrie chimiche, impianti nucleari, infrastrutture di stoccaggio e trasporto del petrolio) la siccità e le temperature estreme.

tab. 13 Interazioni tra fattori di pericolosità naturale e tecnologica

causer (x-axis) □		Avalanches	Droughts	Earthquakes	Extreme temperatures	Floods	Forest fires	Landslides	Storm surges	Tsunamis	Volcanic eruptions	Winter storms	Air traffic hazards	Chemical plants	Nuclear power plants	Oil processing, transport & storage	Sum (most sensitive hazards to other hazards)	
		□ result (y-axis)																
Natural hazards	Avalanches	X	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	5	
	Droughts	0	X	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
	Earthquakes	0	0	X	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	
	Extreme temperature	0	0	0	X	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	
	Floods	0	0	0	0	X	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	3	
	Forest Fires	0	1	0	1	0	X	0	0	0	1	0	1	1	1	1	7	
	Landslides	0	0	1	0	0	0	X	1	0	1	0	0	0	0	1	4	
	Storm surges	0	0	0	0	0	0	0	X	0	0	1	0	0	0	0	1	
	Tsunamis	0	0	1	0	0	0	1	0	X	1	0	0	0	0	0	3	
	Volcanic eruptions	0	0	1	0	0	0	0	0	0	X	0	0	0	0	0	1	
	Winter storms	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	0	0	0	0	0	
	Air traffic hazards	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	X	0	0	0	2	
	Chemical plants	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	X	1	1	9	
	Nuclear Power Plants	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	X	1	9	
	Oil processing, etc	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	X	12
	Sum (most influencing hazards on other hazards)		1	1	7	3	4	3	2	5	3	11	5	4	3	3	3	

Fonte: Schmidt-Thomé, 2006

Per quanto riguarda gli elementi RIR, ai fini dell'individuazione di aree di priorità a scala territoriale, regionale o provinciale, si ritiene opportuno considerare almeno gli impianti a rischio di incidente rilevante, così come definiti dal D.Lgs. 334/99 (art. 6 e art. 8) e le principali reti di distribuzione di sostanze pericolose (oleodotti, gasdotti). La scelta di tralasciare gli impianti nucleari è determinata dall'assenza di tali impianti nel nostro Paese, mentre le reti di distribuzione locale del gas e le attività che trattano sostanze pericolose, ma in quantità ridotte (laboratori, rivenditori di materiali per piscine, etc.), si ritiene possano essere oggetto di indagini più dettagliate a scala comunale.

La sovrapposizione tra mappe di pericolosità, in relazione agli eventi naturali innescanti, e distribuzione sul territorio di elementi RIR a diversa rilevanza, consente una prima individuazione delle aree in cui sussistono le condizioni per l'innescò di un evento na-tech. Tale indicazione, sia pure già rilevante per prevenire futuri sviluppi insediativi in aree potenzialmente interessate da eventi na-tech, non sembra tuttavia sufficiente ai fini dell'individuazione di aree prioritarie verso cui indirizzare approfondimenti conoscitivi a scala locale e delineare adeguate strategie di prevenzione e mitigazione degli impatti. Va infatti considerato che, come emerge anche dall'analisi dei casi, gli impianti RIR sono spesso localizzati in aree interessate da urbanizzazioni consolidate o in aree interessate dalla presenza di elementi naturali di pregio: pertanto, l'individuazione delle aree di priorità richiede la conoscenza delle caratteristiche di esposizione del territorio potenzialmente investito.

A tal fine risulta necessario, in primo luogo, definire i criteri per l'individuazione delle tipologie di elementi esposti ad eventi na-tech, in secondo luogo, stabilire i possibili criteri per la delimitazione dei possibili areali di impatto dell'evento na-tech rispetto ai quali procedere alla misura delle caratteristiche di esposizione.

Per quanto riguarda l'individuazione degli elementi esposti va sottolineato che essi dipendono, evidentemente, dalla tipologia di eventi naturali innescanti e dai possibili scenari incidentali dell'elemento RIR. Pertanto, non sembra ipotizzabile una loro definizione a priori, anche se, una volta identificati i fattori di pericolosità presenti, l'individuazione dei bersagli potenzialmente investiti può essere condotta anche in riferimento ai numerosi progetti di ricerca esistenti che trattano singoli rischi.

Per quanto riguarda i rischi naturali, ad esempio, il Progetto di ricerca Europeo “Applied multi Risk Mapping of Natural Hazards for Impact Assessment” (ARMONIA), finalizzato alla messa a punto di una metodologia armonizzata per produrre mappe integrate di rischio a supporto della definizione di più efficaci procedure di governo delle trasformazioni del territorio in aree esposte a disastri naturali, propone un elenco di bersagli per ciascun fattore di pericolosità considerato. Per quanto riguarda i rischi tecnologici, invece, molti studi sono principalmente incentrati sulla definizione degli scenari di impatto; va però segnalato il Progetto di ricerca “Accidental Risk Assessment Methodology for Industries in the context of the Seveso II Directive” (ARAMIS), finalizzato alla valutazione del rischio tecnologico, che riporta un elenco di possibili bersagli in caso di incidente tecnologico (ARAMIS, 2004). Inoltre, in assenza di studi specificamente rivolti alla definizione dei possibili bersagli di eventi na-tech, un utile riferimento può essere costituito dalla casistica, sia pure non esaustiva, esaminata nella prima parte del presente studio.

Va inoltre sottolineato che, in taluni casi, può verificarsi che alcuni bersagli risultino esposti solo ad alcuni dei fattori di pericolosità naturale presenti e/o scenari incidentali ipotizzabili. Si rende pertanto necessario, per determinare le caratteristiche di esposizione dell’area, attribuire pesi differenti alle diverse tipologie di elementi esposti, in ragione del numero di fattori di pericolosità cui gli elementi stessi risultano esposti.

Per quanto riguarda i criteri per la delimitazione dei possibili areali di impatto dell’evento na-tech, va sottolineato che tale aspetto si configura come uno dei più problematici: tali eventi, infatti, pur essendo in molti casi definiti come fenomeni localizzati, possono tuttavia investire ambiti territoriali molto distanti dal punto di innesco dell’evento stesso.

Ciononostante, si ritiene possa costituire una semplificazione accettabile l’individuazione dei possibili areali di impatto attraverso l’intersezione tra gli areali potenzialmente interessati dai differenti fattori di pericolosità naturale innescanti, definiti sulla base delle mappe di pericolosità, e gli areali di impatto connessi ai diversi scenari incidentali di un impianto RIR, individuate sulla base delle normative vigenti, rimandando ad analisi di maggiore dettaglio l’individuazione di fattori di

criticità, quali, ad esempio, la presenza di corsi d'acqua, in grado di estendere o trasferire le conseguenze dell'evento in ambiti territoriali distanti dal punto di innesco dell'evento stesso.

Si ritiene opportuno segnalare, inoltre, che le distanze massime per le aree di danno vengono fornite dai Rapporti di Sicurezza solo per impianti RIR individuati in sede normativa come art.8; per gli impianti individuati come art.6, tali distanze possono essere calcolate attraverso il metodo speditivo della Protezione Civile (D.P.C.M. 25 febbraio 2005) sulla base delle informazioni fornite dai gestori dell'impianto alle Autorità competenti in sede di Notifica, che costituisce un documento di gran lunga più semplificato rispetto al Rapporto di Sicurezza.

Per quanto riguarda gli elementi RIR a carattere lineare, gasdotti e oleodotti, va segnalato che, contrariamente a quanto avviene per gli impianti, non è richiesta dalle norme vigenti l'individuazione dei possibili areali di impatto conseguenti ad eventuali scenari incidentali. Inoltre, la localizzazione interrata o in superficie di tali elementi, risulta altamente incidente sia sulle potenzialità di innesco di un evento na-tech che sulle sue possibili conseguenze. La determinazione degli eventuali areali d'impatto è da effettuarsi in ragione delle specifiche caratteristiche dell'elemento e della disponibilità di studi di settore. A tal proposito, sono disponibili in letteratura alcuni studi che delineano il possibile areale d'impatto di specifici eventi. È il caso, ad esempio, dello studio condotto nel 2004 per valutare il rischio nelle condotte che trasportano idrocarburi (Madhu, 2004). Tale studio, in riferimento ad un approccio basato sulle conseguenze (di tipo deterministico e non probabilistico, quindi) ha condotto all'individuazione della rottura del collegamento con una pompa di scarico quale scenario più grave, seppure in realtà raro. L'esplosione della nube di vapori da esso sprigionata può avere conseguenze che investono un areale di un chilometro dal punto d'innesco.

Ovviamente la scelta di fare riferimento, almeno per gli impianti art. 6 e art. 8, agli areali di impatto definiti dai Rapporti di Sicurezza o con metodo speditivo costituisce, evidentemente, una risposta parziale al problema della definizione degli areali potenzialmente investiti da un evento na-tech. Le dimensioni degli areali di impatto individuati per gli elementi RIR tengono conto, infatti, dei possibili scenari incidentali che possono occorrere in tempi ordinari. In caso di sollecitazione a

seguito di un evento naturale, tali scenari possono essere molto diversi sia per tipologia che per intensità comportando areali di impatto di dimensioni diverse. Sarebbe quindi auspicabile che tali areali fossero delimitati, per tutti gli elementi RIR presenti su un dato territorio, sulla base di indagini specifiche volte a definire i possibili scenari incidentali innescati dai diversi fattori di pericolosità naturale, come richiesto, ad esempio, del programma “California Accidental Release Program” (CalARP) in California (California Office of Emergency Services, 1998).

Sulla base di tali indagini, l’area di impatto potrebbe essere considerata pari alla massima tra quelle calcolate.

L’individuazione di tali areali è finalizzata alla misura delle caratteristiche di esposizione delle aree potenzialmente interessate dall’evento na-tech. Pertanto, all’interno dell’areale individuato andranno identificate le delimitazioni amministrative minime del territorio, le sezioni censuarie, cui è possibile associare i dati relativi alla popolazione, agli edifici, etc. che costituiscono, per la maggior parte degli eventi calamitosi di matrice naturale o antropica, i principali elementi esposti. A tal fine, sarà possibile ridisegnare l’areale di impatto sui limiti delle partizioni amministrative del territorio, qualora tale approssimazione risultasse accettabile, oppure quantificare le percentuali di superfici appartenenti a ciascuna sezione censuaria ed effettivamente ricadenti nell’areale delimitato.

Una volta definiti gli elementi esposti e delimitati gli areali potenzialmente investiti dall’evento na-tech, è possibile effettuare una misura delle caratteristiche di esposizione mediante opportuni parametri di misura definiti in ragione delle differenti tipologie di elementi esposti ai differenti fattori di pericolosità. A tal fine, sembra possibile fare riferimento a quelli proposti al Progetto di ricerca Europeo “Applied multi Risk Mapping of Natural Hazards for Impact Assessment” (ARMONIA).

Per quanto riguarda i parametri di misura dell’esposizione ai rischi di incidente rilevante, non risultano esplicitati in nessuna delle esperienze esaminate; in esse, la misura dell’esposizione è implicita nel calcolo della vulnerabilità ai fenomeni fisici derivanti dall’incidente tecnologico (ARAMIS, 2004).

Si è scelto quindi di estrarre tali indici dai parametri di valutazione di compatibilità degli elementi territoriali esposti ad incidenti rilevanti descritti nel D.M. 9/5/2001 sul

governo del territorio in aree sede di impianti RIR. Nel Decreto, sono elementi territoriali e ambientali vulnerabili agli incidenti rilevanti gli edifici residenziali, le strutture per l'emergenza, le aree commerciali, le attrezzature di interesse generale, le stazioni ferroviarie e altri nodi di trasporto, le aree industriali, le aree agricole, i beni paesaggistici e ambientali, le aree naturali protette, le aree coltivate di pregio e le aree boscate che coincidono con gli elementi considerati nel Progetto ARMONIA. Si è scelto quindi di utilizzare gli stessi metodi di misura di tale progetto anche per quantificare l'esposizione agli incidenti rilevanti. In questo modo, rispetto al Decreto, si tiene conto anche della presenza delle infrastrutture a rete che nella normativa italiana sul rischio di incidente rilevante non sono considerate.

A scala territoriale, specie per le aree dove più elevati risultano sia il potenziale di innesco di un evento na-tech che le caratteristiche di esposizione del territorio, alla misura delle caratteristiche di esposizione per gli areali potenzialmente interessati da eventi na-tech, potrebbero essere utilmente associate delle "schede di approfondimento", finalizzate a fornire, sia pure in chiave descrittiva, indicazioni sui possibili fattori di criticità che potrebbero determinare un'estensione dell'areale di impatto dell'evento na-tech. A scopo esemplificativo si può citare l'esempio di un impianto chimico in zona sismica, collegato attraverso un canale ad un fiume e situato esternamente alla fascia alluvionale. Ciò porterebbe ad escludere connessioni tra rilascio chimico e alluvione. In realtà, a causa del terremoto può verificarsi un rilascio tossico nel canale che, se si riversasse nel fiume, potrebbe essere trasportato dalla corrente anche a lunga distanza.

Tali schede consentirebbero, inoltre, di evidenziare la sovrapposizione tra più areali d'impatto corrispondenti a diversi elementi RIR, evidenziando possibili interazioni in termini di effetto domino o di innesco contemporaneo di incidenti tecnologici, a seguito della sollecitazione di un evento naturale, con conseguente amplificazione dei danni, anche in termini di sovraccarico del sistema di risposta all'emergenza.

La predisposizione di schede di approfondimento consente, quindi, di segnalare la possibilità di innesco di catene di danno estese ad ambiti territoriali più ampi rispetto a quelli considerati, da indagare più in dettaglio a scala locale.

Infine, è possibile procedere alla gerarchizzazione degli areali esposti e alla conseguente individuazione delle aree di priorità.

Tale gerarchizzazione può essere effettuata attraverso l'impiego di matrici di confronto tra i livelli di potenziale di innesco e i livelli di esposizione degli areali interessati.

L'individuazione delle aree di priorità, unitamente alle indicazioni fornite attraverso le schede di approfondimento, consente quindi di indirizzare i necessari approfondimenti conoscitivi da effettuarsi a scala locale per la prefigurazione delle possibili catene di eventi, impatti e danni.

## 6.2 La prefigurazione delle catene di eventi, impatti e danni

A scala locale, il lavoro è stato indirizzato alla messa a punto di tecniche di scenario per la prefigurazione di catene di eventi, impatti e danni. Più specificamente, il percorso di lavoro è stato orientato alla:

- strutturazione e rappresentazione dei molteplici elementi e relazioni che caratterizzano un evento na-tech;
- individuazione di elementi e catene principali e loro riarticolazione in chiave temporale;
- definizione di scenari di danno, quali-quantitativi, correlati alle catene di eventi e impatti prefigurate.

Nello studio di eventi calamitosi su sistemi complessi, la stima del rischio in termini di danno atteso (espresso in termini di danno economico o di indici adimensionali), sebbene costituisca un'indicazione rilevante, difficilmente e soprattutto a scala locale, può supportare la definizione di efficaci strategie urbanistiche di prevenzione e mitigazione. Sembra, invece, più adeguato l'uso di tecniche che permettano di descrivere, sia pure solo qualitativamente, il comportamento dei diversi elementi del sistema urbano a seguito dell'evento. In particolare, per i sistemi colpiti da eventi na-tech, caratterizzati da un'elevata complessità in termini di bersagli colpiti e relazioni tra essi, un simile approccio sembra essere più efficace per l'individuazione delle relazioni di dipendenza tra i bersagli e tra questi ed i fattori di pericolosità naturale e tecnologica. La prefigurazione delle principali catene di eventi, impatti e danni può rappresentare uno strumento utile per comprendere come tali eventi si sviluppano e per supportare la definizione di strategie di mitigazione atte a interrompere tale sviluppo.

Tale prefigurazione può essere effettuata attraverso l'adozione di tecniche di scenario. Uno scenario è "una rappresentazione coerente degli ipotetici sviluppi di un sistema dato uno stato iniziale a esiti finali attesi e/o desiderati; analiticamente può essere concepito come un percorso in un albero di decisioni" (Jungermann, 1985).

In riferimento ad un approccio urbanistico al tema dei rischi, lo scenario è stato definito come uno strumento di esplorazione dei fattori di pericolosità e vulnerabilità di un sistema urbano al fine di supportare le decisioni del pianificatore (The Institution of Civil Engineers, 1985, cit. in Menoni, 2005). In particolare, per questo fine, lo scenario deve soddisfare tre requisiti: avere una dimensione territoriale, tenere conto della dimensione temporale, adottare un approccio sistemico. Quest'ultimo requisito, in particolare, sembra essere essenziale per la prefigurazione di eventi altamente complessi.

Rispetto alle analisi di rischio, che restituiscono solo un'immagine statica dei danni attesi sul territorio, le tecniche di scenario sembrano quindi essere più adatte allo studio e alla conoscenza di fenomeni dinamici quali i na-tech che, per loro definizione, sono il risultato di concatenazioni di eventi.

Uno scenario si basa sulla preventiva definizione delle possibili relazioni tra gli elementi in esso coinvolti. Stabilito quindi un input deterministico, è possibile indagare come variano le altre variabili di sistema (Menoni, 2005).

Gli scenari hanno anche la proprietà di costituire la struttura per la connessione di elementi elaborati in settori disciplinari differenti all'interno di un quadro unitario di interdipendenze. Tale caratteristica rende le tecniche di scenario particolarmente utili allo studio di eventi na-tech, contraddistinti dall'interazione tra fattori di pericolosità (naturale e tecnologica) e tipologie di bersagli eterogenee.

Alcuni autori (Parisi, 2001; Menoni, 2005) evidenziano due limiti principali delle pratiche d'uso degli scenari: la maggiore attenzione che di solito si presta alla coerenza interna del modello di scenario piuttosto che alla verifica tra i dati desunti e quelli reali; la dipendenza della scelta degli elementi da inserire nello scenario dalla possibilità di formalizzarli in algoritmi.

Per quest'ultima categoria di problemi esistono scenari basati non su procedure quantitative, ma su tecniche qualitative di racconto degli eventi.

Alcuni studi sono stati incentrati sul calcolo del numero dei feriti a supporto dell'ottimizzazione delle operazioni di soccorso post-impatto. In particolare, alcuni ricercatori giapponesi (Kajitani, Okada, Tatano e Motohisa, 2002) hanno messo a punto un modello di scenario su base GIS per la quantificazione del danno fisico e della popolazione coinvolta in un evento sismico tenendo conto dei comportamenti post-impatto della popolazione, sia rispetto alle classi di età che alle attività presenti sul territorio (in termini di localizzazione spaziale e di orari di apertura).

Nel nostro Paese, una rilevante esperienza in termini di messa a punto di scenari di danno è rappresentata dal Progetto Terremoto in Garfagnana e Lunigiana e le Province di Lucca e Massa della Regione Toscana (Ferrini, 2003). L'esperienza, finalizzata a supportare la pianificazione di emergenza, prefigura i danni al patrimonio residenziale e le conseguenze attese sulla popolazione per l'area di studio. Sono inoltre analizzate le criticità della rete dell'accessibilità alle aree colpite e la disposizione sul territorio delle attrezzature ospedaliere.

Un'ulteriore esperienza in tal senso è stata sviluppata nell'ambito del Progetto di ricerca di Rilevante Interesse Nazionale (PRIN) "La salvaguardia di valori storici, culturali e paesistici nelle zone sismiche italiane", terminato nel 2004. Il Progetto, sviluppato da un team interdisciplinare (restauratori, ingegneri sismici, urbanisti e geologi), ha prodotto un Manuale per la salvaguardia dei centri storici ispirato dal principio che tali elementi non sono la sommatoria di singoli edifici (anche di pregio), ma sono un complesso di insiemi urbani e territoriali costituiti, tra l'altro, "dalle infrastrutture a rete e di accessibilità, dagli spazi aperti e da quelli pubblici, dalle grandi strutture collettive e che devono la loro vita alla comunità che li abita" (Menoni, 2006). Sulla base di tale assunto e con l'apporto delle differenti discipline coinvolte, il Manuale parte dalla definizione delle variabili per la definizione della pericolosità (ossia l'intensità del fenomeno sismico) per un dato sito e propone metodi e tecniche per la stima sia della vulnerabilità fisica del singolo edificio che della vulnerabilità sistemica del centro storico. Pericolosità e vulnerabilità così definite vengono quindi fatte confluire nella messa a punto di uno scenario dei danni. Per quanto riguarda il metodo proposto in questo lavoro, al fine di definire uno scenario di eventi, impatti e danni, si è proceduto in primo luogo alla strutturazione e alla rappresentazione dei molteplici elementi e relazioni che caratterizzano un evento

na-tech. L'area di studio da considerare per l'individuazione degli elementi coinvolti dall'impatto e delle loro relazioni è una delle aree di priorità, identificate a scala vasta, in ragione della combinazione tra livelli di potenziale d'innescamento e livelli di esposizione.

Come già accennato, gli eventi na-tech risultano dall'interazione di più fattori di pericolosità e coinvolgono generalmente un numero elevato e di elementi di relazioni tra essi. Conseguentemente, sono possibili molteplici catene di impatto dipendenti da eventi simultanei, calamità naturali e tecnologiche, totalmente differenti in termini di modalità d'impatto.

Per quanto riguarda l'orizzonte temporale all'interno del quale investigare tali catene, in questo studio si è scelto di circoscrivere il campo di attenzione all'intervallo temporale delle prime 24 ore dopo l'evento innescante che risulta, sulla base della letteratura di settore, la fase più critica per un evento na-tech.

Si rende quindi necessario individuare uno strumento capace di strutturare le catene di eventi, impatti e danni suddivise nelle loro componenti elementari: fattori di pericolosità, bersagli, danni e relazioni.

Le mappe cognitive appartengono alle tecniche visive prevalentemente finalizzate all'organizzazione della conoscenza (Bianchi, Briganti, 2006) di cui fanno parte anche le mappe mentali (introdotte dallo psicologo inglese Tony Buzan intorno agli anni Sessanta) e le mappe concettuali (sviluppate negli anni Settanta alla Cornell University negli USA da J. Novak e D.B. Godwin). Le mappe sono state utilizzate diffusamente in psicologia, nella didattica, nei processi decisionali e nella ricerca, a supporto della strutturazione di problemi complessi, per guidare lo studio dei risultati di questionari e per organizzare grandi quantità di dati qualitativi ricavati da documenti (Ackermann et al., 1992). Esse hanno trovato applicazione, inoltre, nelle grandi aziende e corporazioni a supporto dell'analisi delle strategie di sviluppo (Ozen e Ulengin, 2001). Dagli anni Settanta, tali mappe sono state applicate come strumenti per interpretare le dinamiche dei processi decisionali e per confrontare i punti di vista di differenti esperti sui principali argomenti di politica.

Solo recentemente, il campo di applicazione delle mappe cognitive si sta spostando verso le problematiche di pianificazione (Hjorstø, 2004). In particolare, alcuni studiosi italiani (Borri et al., 2004) hanno sviluppato interessanti applicazioni a

supporto delle interazioni all'interno di processi di partecipazione in ambienti multi agente, attraverso lo svolgimento di esercizi su processi strategici per la definizione di scenari futuri.

Sempre in campo urbanistico, nel nostro Paese le mappe cognitive sono state utilizzate in alcune applicazioni nella periferia di Napoli, a supporto della definizione di strategie di trasformazione partecipate (Cerreta e Torre, 2003).

Le esperienze illustrate mettono in evidenza, quindi, che le mappe cognitive possono contribuire efficacemente alla strutturazione e alla rappresentazione di problemi complessi a supporto sia della conoscenza che della definizione di azioni.

Le mappe sono costituite da un insieme di concetti collegati da legami causali. Tale struttura risulta particolarmente adeguata ai nostri fini, in quanto permette la rappresentazione della successione causale di eventi calamitosi e danni che inducono altri danni.

La snellezza dell'idea alla base della mappa cognitiva permette di strutturare una grande quantità di informazioni e, in particolare, permette di strutturare le relazioni di dipendenza e influenza degli elementi appartenenti a sistemi complessi.

Per quanto riguarda i fenomeni na-tech, quindi, le mappe cognitive hanno fornito il supporto, a partire dalla sistematizzazione delle informazioni raccolte dall'approfondimento dei casi di Izmit, Kobe e Northridge, per l'individuazione dei concetti rappresentativi e delle relazioni tra essi. La mappa include, infatti, fattori di pericolosità naturale e tecnologica, danni alla popolazione, ai manufatti, alle reti ed agli elementi naturali, oltre che alcuni concetti rappresentativi degli effetti che tali danni hanno avuto sul sistema di risposta all'emergenza.

Una mappa cognitiva, oltre a permettere di visualizzare le connessioni tra i concetti, ha la proprietà di poter essere ampliata con nuovi concetti. La mappa costruita a partire da quanto desunto dai casi studio, è stata integrata sulla base di conoscenze derivate dalla letteratura di settore e di pareri esperti, al fine di renderla il più possibile generale e slegata dai contesti dei casi studio da cui è stata dedotta. Ovviamente, tale proprietà delle mappe permette anche di adattarle, di volta in volta, alle specificità del contesto di applicazione eliminando, in particolare, eventuali concetti o collegamenti che non figurano nel caso reale o, se necessario, aggiungerne altri.

Quindi, le matrici elaborate per la descrizione degli eventi na-tech di Izmit, Northridge e Kobe sono state riassunte in una mappa cognitiva (fig. 39).

In tale mappa, si individuano cinque settori in cui sono raggruppate differenti tipologie di elementi, indicati in figura 39 con colori differenti:

- fattori di pericolosità naturale e tecnologica indotta (rosso);
- danni ad edifici (blu);
- danni alle reti (viola);
- danni agli elementi naturali (verde chiaro);
- effetti sul sistema di risposta all'emergenza (verde scuro);
- danni alla popolazione (campitura blu).

Successivamente, sfruttando le proprietà delle mappe cognitive, sono stati integrati alla mappa di partenza, desunta dai casi studio, altri collegamenti di dipendenza causale non rilevati durante gli eventi studiati, ma che in altri contesti potrebbero risultare possibili.

Ad esempio, è stato introdotto il collegamento tra i danni agli edifici pubblici e i danni alla popolazione; la mancanza di tale collegamento nella mappa cognitiva derivata dai casi è dovuta all'ora dell'impatto dei terremoti, avvenuti durante le ore notturne, condizione questa che caratterizza tutti e tre gli eventi. I danni strutturali riportati dalle scuole, seppure severi, non hanno, quindi, comportato conseguenze sugli occupanti.

Inoltre, è stato necessario aggiungere i collegamenti relativi alle conseguenze che i danni agli elementi naturali possono avere sulle persone e che gli incidenti tecnologici possono avere sugli edifici. Il risultato delle integrazioni effettuate è illustrato in figura 40. La mappa cognitiva, così composta, ha un carattere generale e racchiude sinteticamente tutte le catene che possono verificarsi in caso di evento na-tech innescato da un sisma: essa è frutto sia delle informazioni provenienti dai casi studio che di considerazioni generali derivate dalla letteratura sugli eventi na-tech e dal confronto con esperti nel settore della gestione dei rischi na-tech.

Ovviamente, passando da un'applicazione ad un caso reale, la mappa dovrà essere adattata alle condizioni di contesto attraverso ulteriori modifiche, che potranno consistere nell'eliminazione di alcuni concetti, relativi a bersagli non presenti nel contesto in esame, e delle relative connessioni con altri concetti della mappa

fig. 39 Mappa cognitiva derivata dai casi-studio

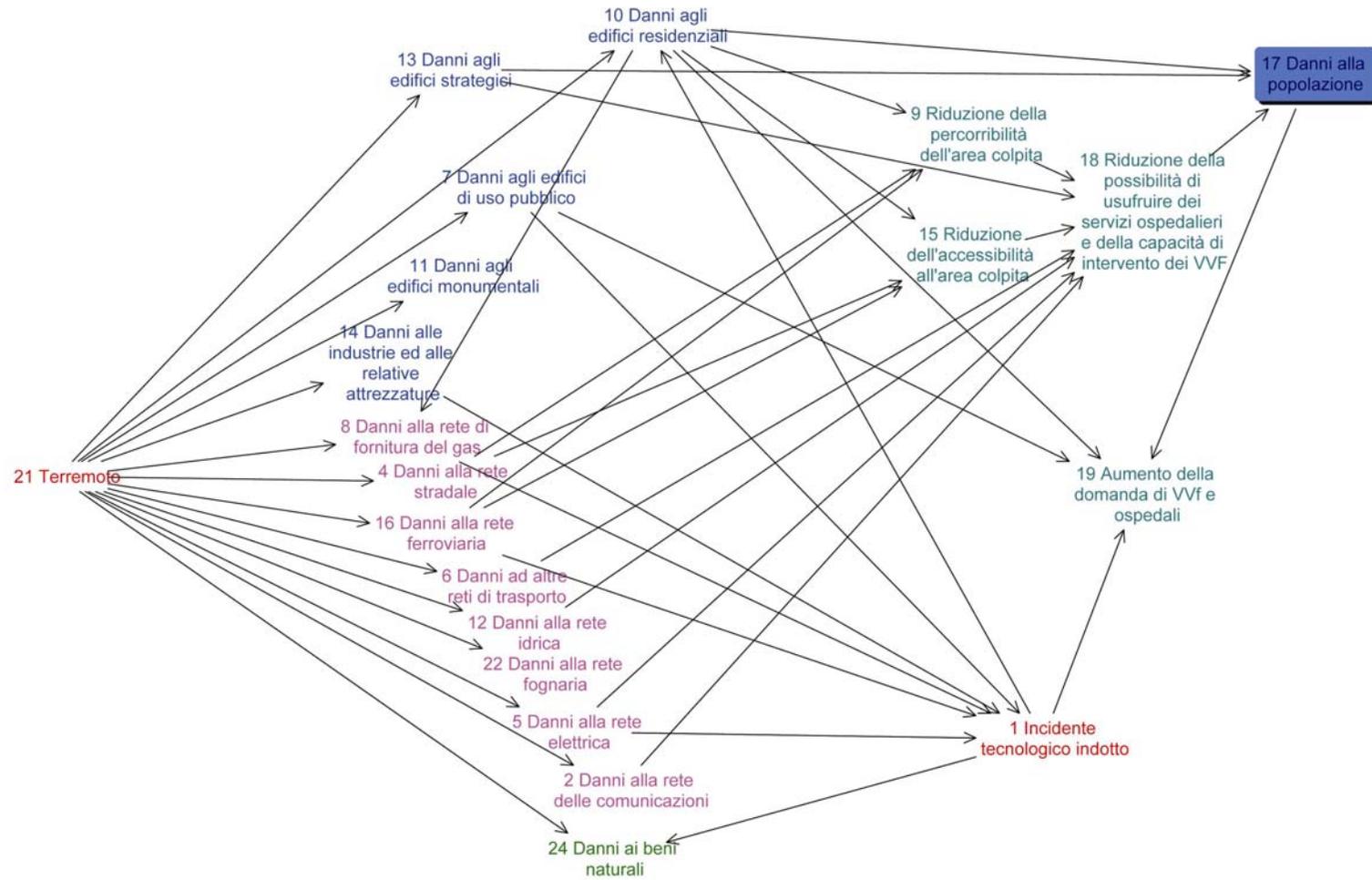
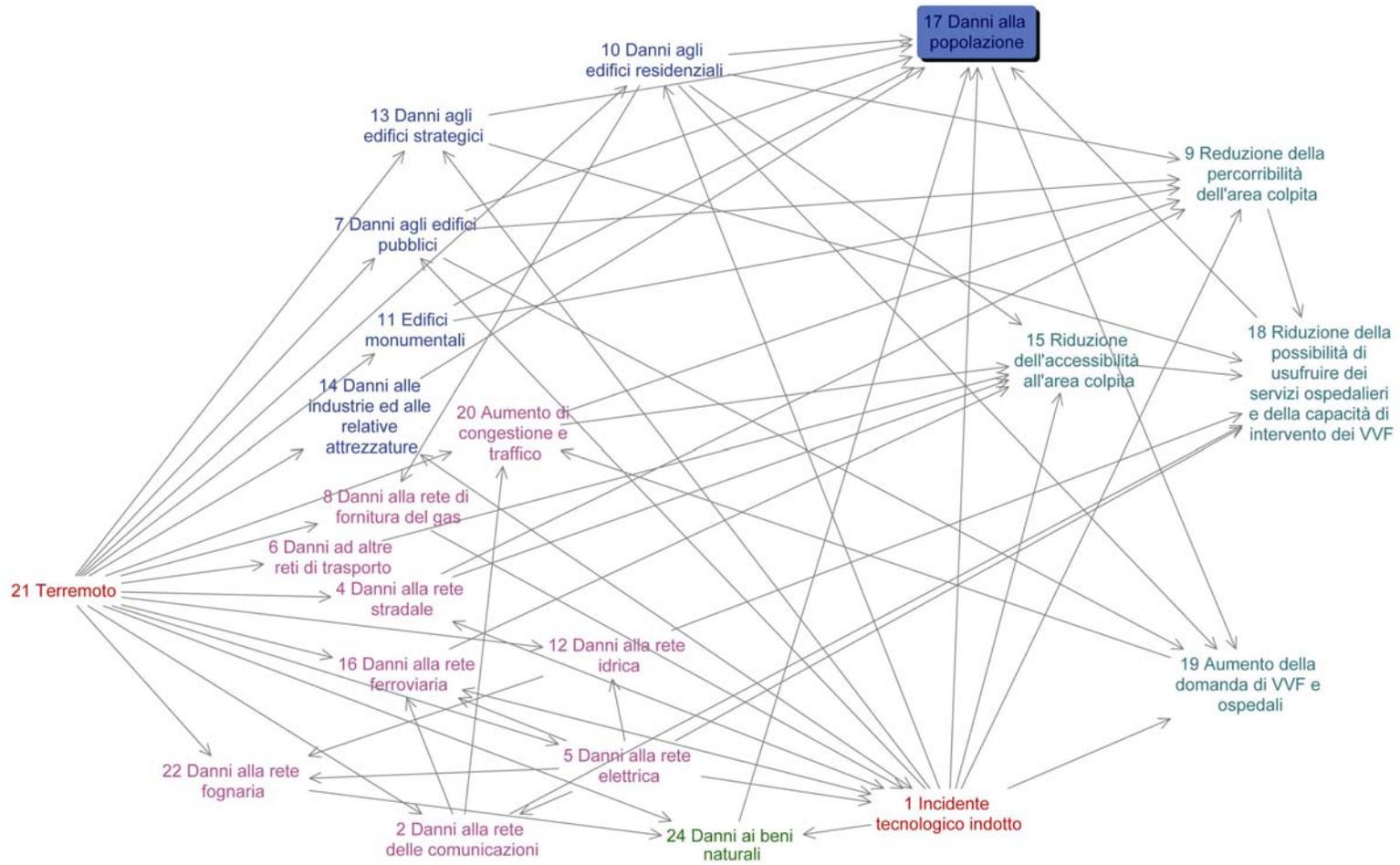


fig. 40 Mappa cognitiva generale per eventi na-tech



Inoltre, potrebbe essere necessario eliminare alcune connessioni poco probabili nel contesto in cui il metodo viene applicato.

Attraverso l'uso delle mappe cognitive è quindi possibile definire un modello di rappresentazione ed interpretazione delle catene di eventi, impatti e danni durante un evento na-tech.

Un'ulteriore caratteristica delle mappe cognitive risiede nella possibilità di effettuare vari tipi di analisi (Bianchi e Briganti, 2006) ed è attraverso tali analisi che è possibile individuare i concetti chiave all'interno della mappa e le principali catene di eventi e danni. In particolare, definita la mappa cognitiva è possibile effettuare analisi mirate a misurare il livello di connessione di ciascun concetto.

Tali analisi sono rivolte alla valutazione delle dimensioni del dominio di ogni concetto, inteso come l'insieme dei concetti che sono collegati ad esso direttamente, e alla valutazione della centralità di ciascun concetto rispetto al resto della mappa, ovvero della sua posizione (interna o periferica) rispetto all'insieme degli elementi e delle relazioni.

Tali analisi, quindi, consentono di individuare i concetti che, all'interno della mappa, hanno un ruolo preponderante nello svolgimento di un evento na-tech. Conseguentemente, le catene di danno che connettono tali elementi rappresentano le sequenze principali di eventi, impatti e danni su cui concentrare le risorse volte alla prevenzione e mitigazione dei fenomeni na-tech.

A fronte dei vantaggi derivanti dalla semplicità strutturale delle mappe cognitive, esse non forniscono alcuna informazione sulla natura delle connessioni e non permettono una temporalizzazione degli eventi che descrivono. In particolare, queste due caratteristiche sono però fondamentali per la prefigurazione di uno scenario.

Definito l'insieme degli elementi e delle loro relazioni, quindi, si è proceduto ad una riorganizzazione di tali elementi disponendoli in sequenza temporale. Solo in questo modo è possibile, infatti, studiare lo sviluppo degli eventi successivamente all'impatto e studiare l'evolversi di impatti e di danni.

Per quanto riguarda la natura delle connessioni, è evidente che in una mappa cognitiva i collegamenti sono considerati solo in senso booleano (c'è-non c'è, acceso-spento). Non c'è nessuna indicazione su come tale collegamento avviene e sul perché si attiva. Se per definire la sola struttura di un modello di scenario in

termini di influenze e dipendenze tra fattori di pericolosità e danni questa mancanza può essere accettabile, per la definizione di uno scenario completo che prefiguri le catene di eventi, impatti e danni è necessario esplicitare i fattori da cui i diversi collegamenti dipendono.

Nello studio di un caso reale, si ha un evento impattante che implica conseguentemente un danno. Parallelamente, nel caso di uno scenario, si deve parlare di un fattore di pericolosità e di un danno atteso. La caratteristica che trasforma un fattore di pericolosità impattante in danno è la vulnerabilità dell'esposto.

Il modello di scenario per un evento na-tech deve tenere conto di tale grandezza che è, inoltre, quella su cui maggiormente può operare l'urbanistica agendo sia sulla distribuzione e l'intensità d'uso delle attività (l'esposto) che sulle condizioni di vulnerabilità.

Tale vulnerabilità deve essere però valutata in ragione della "storia di danno" che il bersaglio cui si riferisce ha subito. Se si parla di catene di eventi, impatti e danni, infatti, non si può prescindere dal considerare che l'impatto di un fattore di pericolosità, potendo danneggiare un dato elemento, può cambiarne le condizioni di vulnerabilità ad un secondo fattore di pericolosità indotto dal primo. Si deve parlare, quindi, di vulnerabilità composte che tengano conto anche dei danni già subiti.

Tale cambiamento delle condizioni di vulnerabilità, inoltre, dipende anche da fattori comportamentali che non vanno trascurati. Si pensi, ad esempio, alla popolazione che si trova in casa: in caso di alluvione, essi avrebbero una certa vulnerabilità ( $V_a$ ) (che a sua volta, comunque, è funzione anche della vulnerabilità fisica dell'edificio in cui si trovano); in caso di rilascio di gas tossici da un'industria, la stessa popolazione avrebbe una vulnerabilità all'evento tecnologico ( $V_t$ ) minima, supponendo che sia nulla per l'effetto schermante della casa. Se il rilascio tossico fosse stato causato dall'alluvione, attraverso un approccio multi-rischio, che si limita a sommare le condizioni di vulnerabilità come se i disastri avvenissero separatamente, si è portati a dire che la vulnerabilità della popolazione è  $V_a + 0$ , quindi  $V_a$ . In questo modo, non si sarebbe tenuto conto della concatenazione degli eventi. La popolazione, se sopravvissuta all'alluvione, ha probabilmente cambiato il suo stato, portandosi sul tetto dell'edificio in cerca di un riparo sicuro dalle acque ed esponendosi completamente ai gas tossici cui è vulnerabile.

La stima di impatti e danni per ciascun bersaglio è da valutarsi, quindi, in ragione delle concatenazioni di eventi relativi a ciascun bersaglio. In special modo in caso di eventi na-tech, non si può prescindere dal considerare che l'impatto del fattore di pericolosità innescante modifica in modo sostanziale le condizioni di vulnerabilità di un elemento esposto al fattore di pericolosità indotto.

Il tener conto, quindi, di tali vulnerabilità composte nella valutazione dei danni degli elementi inclusi nelle catene principali rappresenta un elemento fondamentale ai fini della messa a punto di strategie di prevenzione e mitigazione dei rischi, in particolare dei rischi na-tech.

Le catene di eventi, impatti e danni coinvolgono fattori di pericolosità differenti e tipologie di danni a bersagli eterogenei per la valutazione dei quali sono necessari metodi e procedure provenienti da differenti ambiti disciplinari.

Molti sono gli studi eseguiti sullo studio della vulnerabilità fisica diretta di alcuni obiettivi al terremoto e, in particolare, degli edifici (Benedetti, Petrini, 1984), della popolazione (Granger et al., 1999), degli edifici monumentali (Lagomarsino et al., 1997; Menoni, 2006), delle reti elettriche (Vanzi, 2005) e di alcune tipologie di impianti industriali (Fabbrocino et al., 2005).

Pochi sono gli studi mirati a valutare la vulnerabilità fisica indotta (che permetterebbe, ad esempio, di stimare la possibilità di crollo di un edificio a seguito di danneggiamenti dovuti ad un evento sismico e al successivo impatto sul medesimo edificio di un'onda d'urto provocata dall'esplosione all'interno di un impianto RIR determinata a sua volta dal sisma stesso).

Alcuni studi hanno riguardato la vulnerabilità sistemica, con particolare riferimento all'accessibilità delle zone esposte, all'autonomia dei servizi a rete, alla funzionalità delle attrezzature per l'emergenza (Menoni, 2005; Menoni et al., 2002).

Lo studio dei danni indotti assume un ruolo cardine se si vogliono trattare eventi di tipo na-tech; la natura stessa di tali fenomeni, infatti, rende indispensabile un approccio interdisciplinare nella prefigurazione delle catene di eventi, impatti e danni eterogenei che li caratterizzano.

### 6.3 Le strategie urbanistiche per la prevenzione e la mitigazione dei fenomeni na-tech

L'ultima fase del percorso di lavoro proposto è finalizzata alla messa a punto di strategie urbanistiche (sistemi di azioni) per la prevenzione e la mitigazione dei fenomeni na-tech.

Sebbene sia le strategie di prevenzione che quelle di mitigazione siano orientate alla riduzione dei rischi, esse sono riconducibili a due concetti differenti.

La prevenzione comprende le attività orientate ad evitare direttamente gli impatti negativi dei fattori di pericolosità ed i mezzi per minimizzare i conseguenti disastri ambientali, tecnologici e biologici (UNISDR, 2003); la mitigazione, invece, comprende strategie di azioni e interventi riferiti a obiettivi a lungo termine per evitare gli effetti negativi dei fattori di pericolosità [...] e/o di processi potenzialmente nocivi (ARMONIA, 2006).

In generale, si può affermare che le azioni di prevenzione siano finalizzate ad evitare che insorga il fenomeno calamitoso o che si verifichino conseguenze, mentre le azioni mitigative mirano al contenimento dei danni. In particolare, i processi di governo delle trasformazioni urbane e territoriali possono e devono tendere a coniugare entrambi gli approcci in ragione del fattore di pericolosità e delle caratteristiche del territorio. È evidente, infatti, che la possibilità di adottare strategie di prevenzione mirate all'insorgere di eventi calamitosi, dipende in primo luogo dal tipo di fattori di pericolosità presenti in un dato territorio. I fattori di pericolosità naturali, ad esempio, possono essere solo in alcuni casi assoggettati a misure di prevenzione (stabilizzazione dei fronti a frana, predisposizione di casse di espansione per abbassare i livelli di piena, etc.); in altri, è impossibile intervenire sul fenomeno (terremoti, tsunami, etc.).

Nel caso di fattori di pericolosità tecnologica, invece, è sempre possibile intervenire sulla fonte di pericolo, aumentando la resistenza strutturale interna dell'impianto a rischio di incidente rilevante, modificando o riducendo il tipo o la quantità di sostanza pericolosa trattata in modo da ridurre i potenziali areali d'impatto, etc.

È evidente, inoltre, che strategie preventive possono essere efficacemente adottate nella prefigurazione di nuovi sviluppi insediativi, mentre le strategie di mitigazione risultano più rispondenti ad obiettivi di riqualificazione di insediamenti esistenti.

Infatti, nella localizzazione di nuove attività o di nuove aree di sviluppo produttivo o residenziale si possono effettuare scelte che rendono nulla l'esposizione ai fattori di pericolosità naturale o tecnologica esistenti. Operando su contesti urbani consolidati si può, al più, mirare ad una riduzione dell'esposizione o alla conversione di attività maggiormente vulnerabili (scuole, asili, ospedali in aree sismiche) con altre (attività con minore frequenza d'uso e non riguardanti popolazione vulnerabile, ad esempio). Non tutte le azioni possibili, però, sono effettivamente attivabili. La scelta delle strategie di prevenzione e mitigazione deve tener conto di fattori economici, sociali e urbanistici.

Ad esempio, la delocalizzazione di un impianto a rischio di incidente rilevante in un'area non interessata da fattori di pericolosità naturale, mirata a prevenire l'innescio di fenomeni na-tech, sebbene da un lato possa rappresentare una soluzione ottimale, eliminando la sorgente di pericolo per la popolazione, dall'altro potrebbe comportare un danno in termini economici a medio-lungo termine per la comunità, ma potrebbe anche costituire un'opportunità di sviluppo per la stessa comunità, qualora si ipotizzasse la localizzazione, nell'area dismessa, di un'attività compatibile e più redditizia.

La scelta delle possibili azioni di prevenzione e mitigazione, quindi, va fatta tenendo conto delle condizioni di contesto anche attraverso processi di concertazione con la popolazione locale.

Alcune misure di prevenzione possono, inoltre, comportare costi (economici, sociali, ma anche ambientali) per i quali è necessaria un'attenta valutazione: la realizzazione di casse di espansione per ridurre l'altezza della potenziale piena a monte di un centro abitato, ad esempio, riduce al minimo la possibilità di alluvione se ben dimensionato, ma sottrae estese porzioni di suolo (risorsa sempre più limitata) che avrebbero potuto essere impiegate in maniera differente e più compatibile con un evento potenziale.

Uno stato dell'arte in materia di prevenzione e mitigazione dei fenomeni na-tech è stato messo a punto nel 2004 dal Joint Research Centre della Comunità Europea e l'International Strategy for Disaster Reduction delle Nazioni Unite (Cruz et al., 2004). Tale rapporto, con riferimento ad alcune Nazioni europee e agli Stati Uniti, evidenziava che in quasi tutti i Paesi esaminati nessuna specifica misura per far

fronte a eventi di tipo na-tech era stata messa in campo e che l'approccio ai rischi, naturali e tecnologici, risultava ancora prevalentemente settoriale.

Solo in pochi Paesi erano stati emanati norme e regolamenti esplicitamente rivolti alla prevenzione e mitigazione dei rischi na-tech. L'Association of Bay Area Governments (ABAG) della California propose nel 1990 un prontuario di azioni per la mitigazione dei rilasci di materiale tossico durante i terremoti (Cruz et al., 2004). Tali misure erano rivolte, però, principalmente ad interventi sulle componenti strutturali e tecnologiche degli elementi RIR (criteri progettuali più restrittivi, ancoraggi, valvole di sicurezza, sistemi di allertamento, esercitazioni, etc.).

Tra i Paesi europei che hanno messo in campo azioni di prevenzione e mitigazione figurano il Portogallo e la Svezia. Il primo sembra aver sviluppato una maggiore sensibilità alle problematiche dei na-tech, definendo un sistema di misure di prevenzione degli stessi. Ad esempio, alcune zone ad alto rischio di frane e smottamenti sono state stabilizzate attraverso interventi di piantumazione di nuova vegetazione, mentre, in altri casi, sono stati edificati muri di sostegno a difesa degli elementi RIR. In altre zone, è stata costruita una rete di drenaggio per le piogge al fine di evitare l'erosione del terreno. Inoltre, per impedire danni dovuti a sismi e frane sono state rinforzate le fondazioni di alcuni serbatoi di GPL.

In Svezia, invece, la mitigazione è principalmente affidata alla preparazione dei team di soccorso al fine di aumentare l'efficacia degli interventi in fase di emergenza.

tab. 14 Misure per la prevenzione e mitigazione di eventi na-tech

<i>Misure pre-evento:</i>	<i>Misure post-evento:</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- predisposizione di atti normativi e regolamenti (zonizzazioni, leggi, ordinanze, etc.);</li> <li>- implementazione di piani, progetti e programmi di mitigazione;</li> <li>- sviluppo di analisi di vulnerabilità;</li> <li>- incentivazione di campagne di educazione e informazione;</li> <li>- messa a punto di codici per la progettazione strutturale;</li> <li>- messa a punto di regole per il trasporto di sostanze pericolose;</li> <li>- scelte di uso del suolo in aree esposte a fattori di pericolosità naturale (delocalizzazione degli elementi RIR).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- preparazione alla risposta (formazione dei soccorritori, allocazione strategica di mezzi ed equipaggiamenti specifici, etc.);</li> <li>- predisposizione di efficaci sistemi di comunicazioni.</li> </ul>

Fonte: Showalter e Myers, 1992

In generale, si può affermare che le azioni fino ad oggi implementate hanno mirato prioritariamente ad accrescere la resistenza degli impianti RIR all'impatto di eventi naturali calamitosi, a prevenire l'insorgere di eventi innescanti ed a migliorare la capacità di organizzazione dei soccorsi in fase di emergenza.

Showalter e Myers (1992), riferendosi a fenomeni na-tech innescati da eventi sismici, sulla base di un questionario diffuso tra gli organi amministrativi preposti alla gestione dell'emergenza, individuano 9 categorie di misure volte alla prevenzione ed alla mitigazione di eventi na-tech, suddivise in azioni da effettuarsi pre-evento e post-evento (tab. 14).

Un quadro delle possibili azioni di prevenzione e mitigazione implementabili attraverso il governo delle trasformazioni urbane e territoriali, sia pure con esclusivo riferimento ai rischi naturali, è stato sviluppato all'interno del Progetto di ricerca Europeo "Applied multi Risk Mapping Of Natural hazards for Impact Assessment" (ARMONIA).

Il Progetto propone una strutturazione delle possibili azioni per la prevenzione e la mitigazione, in ragione delle diverse componenti del rischio. Si hanno quindi azioni rivolte a prevenire o mitigare le condizioni di pericolosità; azioni volte a ridurre la quantità dell'esposto; azioni volte a ridurre la vulnerabilità fisica e sistemica dell'esposto. Sono proposte anche misure per la riduzione del rischio in termini di danno atteso (i meccanismi assicurativi, ad esempio). Per ciascuna azione, inoltre, viene individuata la scala a cui essa può essere più efficacemente definita ed il tipo di strumento di piano attraverso cui è possibile implementare tale azione.

Le problematiche evidenziate e la carenza di esperienze in materia di prevenzione e mitigazione degli eventi na-tech rendono palese la difficoltà di individuazione di strategie efficaci e, soprattutto, di una definizione a priori di scelte ottimali. Il compito dell'urbanistica, e delle scienze del territorio in generale, deve essere quello di individuare e gerarchizzare possibili alternative a supporto di processi decisionali che vedono il diretto coinvolgimento delle comunità interessate.

In riferimento a tali premesse ed alla finalità esposta, si è dunque proceduto, da un lato, alla messa a punto di criteri per l'individuazione delle possibili strategie urbanistiche volte alla prevenzione e alla mitigazione dei fenomeni na-tech;

dall'altro, all'individuazione di criteri per la gerarchizzazione di tali azioni e la selezione delle priorità di intervento.

Come più volte sottolineato, i fenomeni na-tech sono caratterizzati da un'elevata complessità. Le catene di eventi, impatti e danni ad essi conseguenti coinvolgono fattori di pericolosità eterogenei, un numero elevato di bersagli fisici e la capacità di risposta del sistema in fase di emergenza.

Pertanto, a partire dalla prefigurazione delle principali catene di eventi, impatti e danni attraverso l'impiego di mappe cognitive, possono essere delineate le azioni di prevenzione e mitigazione in relazione alle tre tipologie principali di concetti individuati dalla mappa: i fattori di pericolosità (naturale e tecnologica indotta), i bersagli (popolazione, edifici, beni ambientali) e gli elementi del sistema di risposta in fase di emergenza (accessibilità e servizi di soccorso sanitari e dei VVF). Per ciascun elemento appartenente a questi gruppi, è possibile definire azioni di prevenzione e mitigazione finalizzate al contenimento dei danni o delle criticità emerse dalla prefigurazione dello scenario. Inoltre, la strutturazione delle catene di eventi, impatti e danni attraverso la mappa cognitiva consente di comprendere gli effetti che ciascuna azione implementata su un elemento può generare su altri elementi, direttamente o indirettamente connessi al primo. L'insieme delle azioni possibili può essere organizzato in una matrice come quella illustrata in tabella 15, in cui, a scopo esemplificativo, sono riportate, per alcuni elementi delle catene principali, alcune delle azioni di prevenzione e mitigazione possibili. Sulle righe sono riportate le azioni, di prevenzione o di mitigazione, relative agli elementi delle catene principali di eventi, impatti e danni. Inoltre, è specificata la scala a cui quell'azione va definita e lo strumento, generale o settoriale, di pianificazione urbana o territoriale attraverso il quale ciascuna azione può essere implementata.

La riqualificazione delle cortine edilizie prospicienti una determinata strada, ad esempio, è una azione che può essere definita a scala locale e implementata attraverso Piani di Recupero, mentre la messa in sicurezza di un pendio collinare instabile va valutata a scala locale o territoriale e indicata all'interno di un Piano settoriale di 1° livello (ad esempio, un Piano di Bacino).

Per quanto riguarda i fattori di pericolosità naturale, non per tutti sarà possibile individuare azioni di prevenzione o mitigazione.

tab. 15 Esempio di matrice delle possibili azioni di prevenzione e mitigazione

<i>Elementi delle catene principali di eventi, impatti e danni</i>	<i>Azioni di prevenzione</i>	<i>Azioni di mitigazione</i>	<i>Scala</i>	<i>Strumenti del governo delle trasformazioni urbane e territoriali</i>
Pericolosità sismica	--	--	--	--
Pericolosità idrogeologica	Messa in sicurezza dei fronti instabili		locale/territoriale	Piano di Bacino
Incidente rilevante	Delocalizzazione dell'impianto		locale/territoriale	Piano generale di 1° livello Piano generale di 2° livello
		Riduzione dei quantitativi di sostanza trattata	locale	Piano generale di 2° livello (attraverso l'Elaborato Tecnico RIR)
Danno alla popolazione	Delocalizzazione della popolazione		locale	Piano generale di 2° livello
		Riduzione delle intensità d'uso	locale	Piano generale di 2° livello Piani di 3° livello
Danno agli edifici residenziali		Messa in sicurezza strutturale	locale	Piani di 3° livello
	Delocalizzazione dell'area residenziale		locale	Piano generale di 2° livello
Riduzione della percorribilità dell'area		Messa in sicurezza delle cortine edilizie	locale	Piano settoriale di 2° livello Piani di 3° livello
Riduzione dell'accessibilità all'area colpita	Apertura di nuovi svincoli		locale	Piano settoriale di 1° livello Piano settoriale di 2° livello
		Potenziamento delle arterie esistenti		Piani di 3° livello
Riduzione dei servizi ospedalieri	Rilocalizzazione della struttura		territoriale/locale	Piano generale di 1° livello Piano generale di 2° livello
		Localizzazione di un nuovo ospedale	territoriale/locale	Piano generale di 1° livello Piano settoriale di 1° livello
Riduzione della capacità di intervento dei VVF	Rilocalizzazione della caserma		territoriale/locale	Piano generale di 1° livello Piano generale di 2° livello
		Localizzazione di una nuova caserma	territoriale/locale	Piano generale di 1° livello Piano generale di 2° livello

Se per i terremoti, ad esempio, nessuna azione può essere implementata, per altri fenomeni, come le frane o le alluvioni, è possibile intervenire in maniera preventiva, mettendo in sicurezza i pendii instabili o innalzando gli argini.

Per i fattori di pericolosità tecnologica, invece, è sempre possibile pensare ad un intervento preventivo di delocalizzazione di un impianto a rischio di incidente rilevante in un'area sicura oppure è possibile intervenire, in senso mitigativo, limitando la quantità e la tipologia di sostanze pericolose trattate.

Per quanto riguarda i bersagli, invece, è possibile individuare sia azioni volte alla riduzione dell'esposizione (delocalizzazioni) che azioni volte alla riduzione della vulnerabilità.

Una volta individuato l'insieme delle possibili azioni di prevenzione e mitigazione per ciascun elemento appartenente alle catene di eventi, impatti e danni si è ritenuto

opportuno delineare alcuni criteri per una loro gerarchizzazione, così da fornire ai decisori uno strumento per l'individuazione di priorità di intervento sulla base del quale definire l'allocazione delle risorse.

L'implementazione di tali azioni a scala urbana o territoriale infatti deve tener conto, nei casi reali, della scarsità delle risorse disponibili. In particolare, a fronte di eventi na-tech che, secondo molti studi (Cruz et al., 2006), non sono ancora percepiti come problemi prioritari, l'ottimizzazione dell'uso delle risorse sembra essere un requisito fondamentale. I criteri di gerarchizzazione, quindi, dovrebbero anche tenere conto della possibilità che attraverso l'implementazione di un'unica azione sia possibile ottenere sensibili vantaggi su più bersagli. La complessità del sistema urbano o territoriale su cui si vuole intervenire, unitamente alla complessità delle relazioni che si innescano tra i bersagli di un evento na-tech dopo l'impatto, comporta che alcune azioni, sebbene siano state definite per la prevenzione o la mitigazione di un solo bersaglio, possono avere influenze indirette anche su altri elementi appartenenti alle catene di eventi, impatti e danni individuate. La messa in sicurezza delle cortine di una via d'accesso per i mezzi di soccorso, ad esempio, può determinare sia un aumento dell'accessibilità all'area colpita che una riduzione dei feriti per danni fisici agli edifici.

L'utilizzo delle mappe cognitive può rappresentare, anche in questo caso, un utile supporto all'analisi di tali interazioni finalizzato alla gerarchizzazione delle azioni.

Attraverso la strutturazione delle azioni di prevenzione e mitigazione e degli elementi delle catene principali cui si riferiscono in una mappa cognitiva delle azioni (MCA), è possibile effettuare una loro gerarchizzazione in base al numero di elementi su cui esse hanno influenza. In particolare, per ogni elemento delle catene principali, è possibile individuare l'insieme di azioni che ad esso fanno riferimento. L'intersezione di tali insiemi consente di mettere in evidenza quelle azioni la cui implementazione consente di incidere su più bersagli contemporaneamente.

Si tratta, evidentemente, di un criterio di gerarchizzazione di natura esclusivamente tecnica che va affiancato da altri criteri, riconducibili alle più generali priorità di sviluppo di una collettività, da delineare nell'ambito di processi decisionali il più possibile trasparenti e condivisi.

*È luogo comune della moderna tecnologia che i problemi abbiano delle soluzioni prima che si sappia come debbano essere risolti*

BARRY COMMONER

## 7 LA VERIFICA DEL METODO: UN'APPLICAZIONE SPERIMENTALE NELLA PROVINCIA DI NAPOLI

- 7.1 Le “aree di priorità” nella Provincia di Napoli
- 7.2 Gli scenari di eventi, impatti e danni nel Comune di Casalnuovo
- 7.3 Le strategie urbanistiche per la prevenzione e la mitigazione di eventi na-tech nel Comune di Casalnuovo

## 7.1 Le “aree di priorità” nella Provincia di Napoli

La verifica sperimentale è mirata a testare sul territorio provinciale di Napoli l’ipotesi di metodo delineata per l’individuazione di “aree di priorità”, ovvero di aree in cui l’elevato potenziale di innesco di eventi na-tech si combina un alto livello di esposizione.

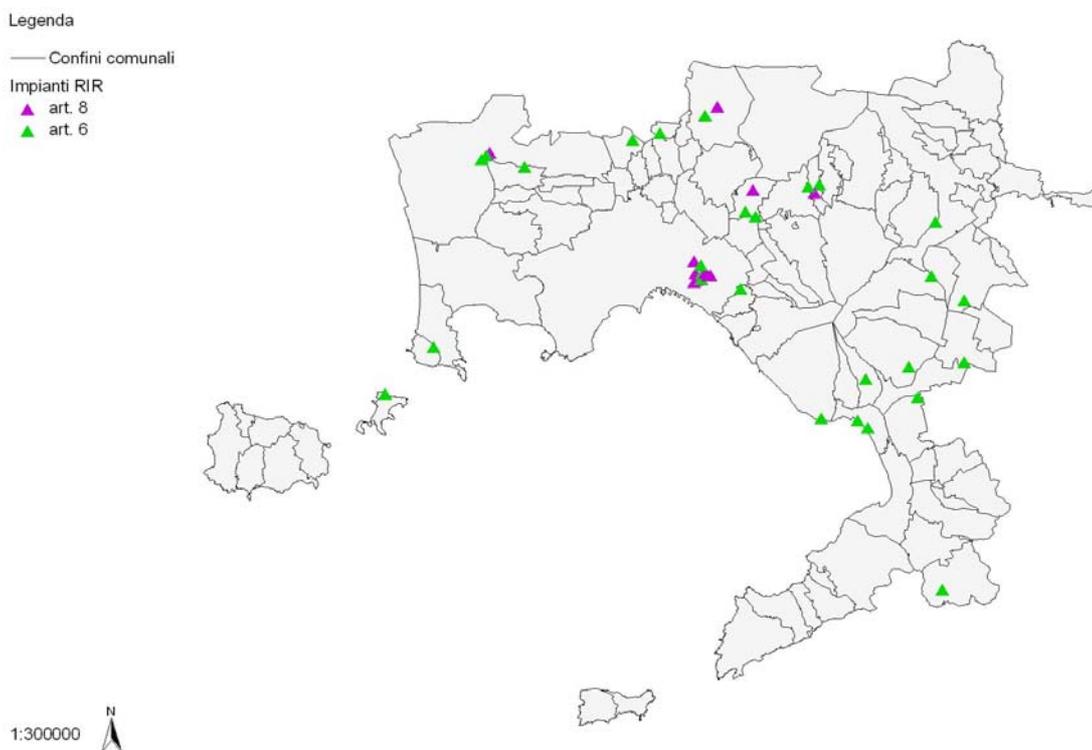
Al fine di stimare la distribuzione del potenziale d’innesco sul territorio della Provincia, si è, quindi, proceduto all’individuazione degli elementi RIR e dei fattori di pericolosità naturale. Successivamente, sono state identificate le caratteristiche di esposizione delle aree potenzialmente investite dall’evento na-tech. Attraverso matrici di confronto tra potenziali di innesco di eventi na-tech e livelli di esposizione è stato possibile individuare le “aree di priorità” rispetto alle quali andare ad approfondire le analisi a scala locale.

La Provincia di Napoli ha un’estensione di circa 120.000 ha e comprende 92 Comuni.

La popolazione residente è pari a circa 3 milioni di abitanti, concentrati principalmente nel Comune di Napoli (circa 1 milione di abitanti), nei Comuni ad esso limitrofi e lungo la costa che da Napoli si estende verso sud, fino alla penisola sorrentina.

Per quanto riguarda l’individuazione degli elementi RIR presenti sul territorio in esame, si è scelto di considerare i soli impianti a rischio di incidente rilevante, tralasciando le reti di oleodotti e gasdotti. Di questi ultimi, infatti, non è stato possibile reperire informazioni né sui tracciati né sulla loro tipologia, in superficie o in sotterraneo, dato necessario ad una corretta definizione del potenziale di innesco di eventi na-tech in ragione dei diversi fattori di pericolosità naturale. Nella provincia di Napoli sono presenti, secondo l’inventario nazionale degli stabilimenti suscettibili di causare incidenti rilevati redatto dal Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e aggiornato ad Ottobre 2006, 12 impianti classificati come art. 8 e 30 classificati come art.6 dal D.Lgs. 334/1999.

fig. 41 La distribuzione degli impianti a rischio di incidente rilevante nella Provincia di Napoli



Fonte: Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio, 2006

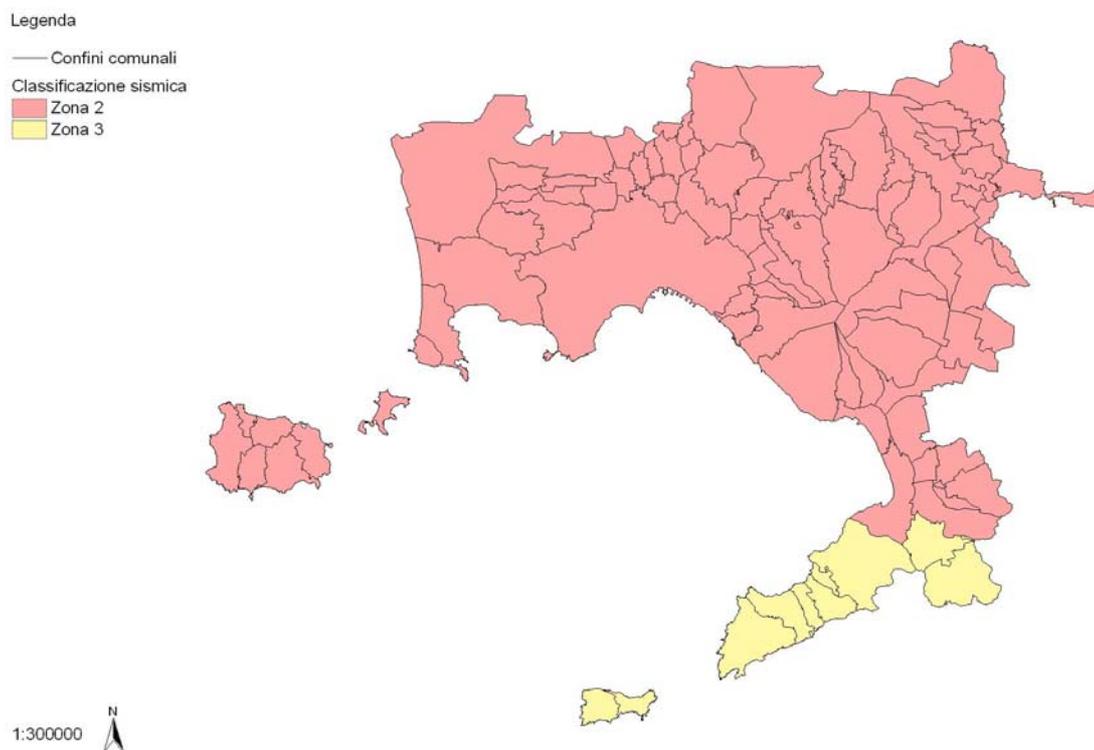
I primi, per i quali sono possibili scenari di danno più gravi, sono concentrati nell’area est del Comune di Napoli; i restanti quattro sono localizzati a nord di Napoli, nei Comuni di Caivano, Casalnuovo di Napoli e Castello di Cisterna, e ad ovest del capoluogo, nel Comune di Giugliano in Campania (fig. 41).

Gli impianti art. 6, sono distribuiti in maniera più uniforme sul territorio, sebbene molti siano localizzati alla falde del Vesuvio.

Il territorio della Provincia di Napoli è esposto a diversi fattori di pericolosità naturale. In particolare, l’area è interamente caratterizzata da una sismicità medio-alta; inoltre, in quest’area sono presenti due vulcani attivi: il Vesuvio e la caldera dei Campi Flegrei. Il potenziale danno che l’attività vulcanica potrebbe provocare è inestimabile a causa delle caratteristiche delle aree potenzialmente investite.

Un altro fattore di pericolosità naturale cui è esposto il territorio della Provincia di Napoli è quello idrogeologico, anche a causa della spessa coltre di ceneri di natura vulcanica che ricopre i versanti delle alture circostanti il Vesuvio.

fig. 42 La classificazione sismica dei Comuni della Provincia di Napoli



Fonte: Ordinanza PCM 3274/2003

I tre fattori di pericolosità naturale menzionati possono, in accordo con i risultati del Progetto Europeo “European Spatial Planning Observation Network” 2000-2006 (ESPON) illustrati nei paragrafi precedenti, avere possibili impatti sugli elementi RIR e quindi vanno tenuti in conto nella stima del potenziale d’innescio di eventi natech.

A causa della mancanza di dati omogenei relativi alla pericolosità idrogeologica, in particolare per l’area a nord di Napoli, la stima di tale potenziale è stata effettuata tenendo in conto solo dei fattori di pericolosità sismica e vulcanica.

Per quanto riguarda il primo, l’Ordinanza PCM 3274/2003 classifica tutto il territorio della Provincia di Napoli come sismico. In particolare, dei 92 Comuni della Provincia 82 appartengono alla seconda zona sismica e 10 alla terza. (fig. 42).

Secondo l’Ordinanza suddetta, la seconda zona sismica corrisponde ad un livello di pericolosità medio, caratterizzato da picchi di accelerazione al suolo compresi tra 0,15 e 0,25  $a_g/g$ , mentre la terza corrisponde ad un livello di pericolosità sismica basso con accelerazioni tra 0,05 e 0,15  $a_g/g$ . Le zone 1, 2 e 3 possono essere

suddivise, secondo le indicazioni dell'Ordinanza PCM 3519/2006, in sottozone caratterizzate da intervalli di accelerazione al suolo più piccoli rispetto a quelli citati, ma comunque non minori di 0,025g.

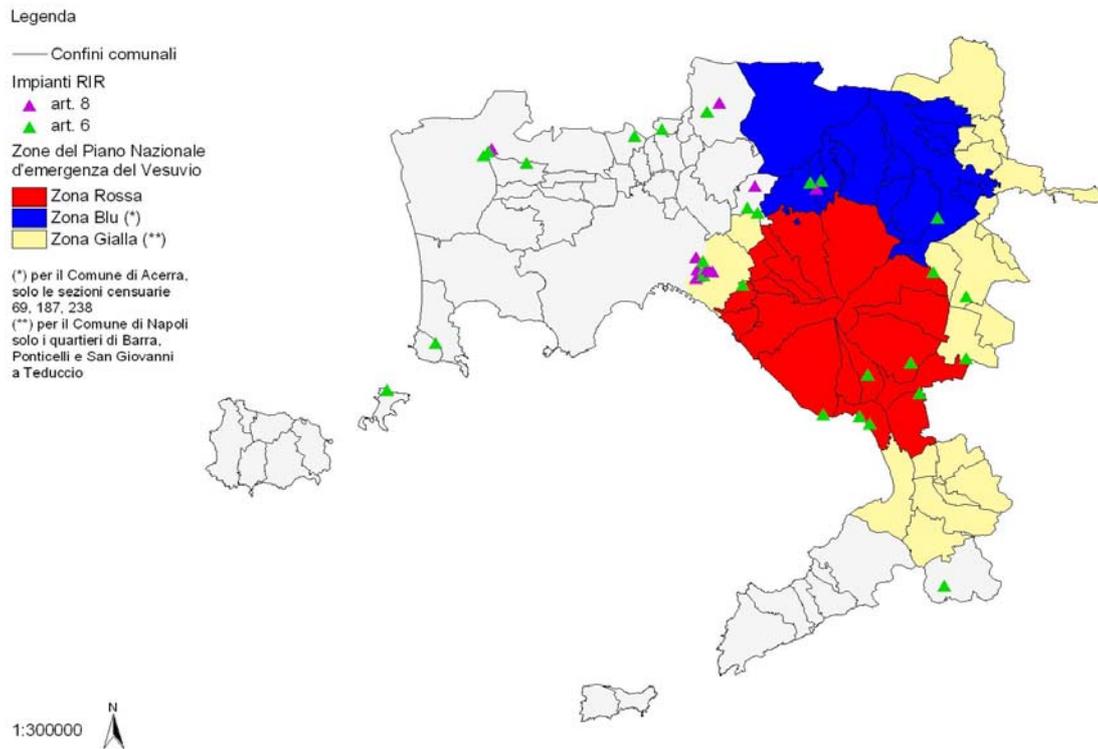
In riferimento ai livelli di pericolosità sismica dell'ODPCM 3274/2003, si può affermare che la quasi totalità degli impianti a rischio di incidente rilevante della Provincia sono localizzati in aree le cui accelerazioni al suolo in caso di sisma possono indurre l'innescio di eventi na-tech. A conferma di ciò, si ricorda che durante il terremoto di Northridge sono stati rilevati danni ad alcuni serbatoi con conseguente fuoriuscita di sostanze tossiche anche per lievi scuotimenti al suolo (Lindell e Perry, 1996).

Per quanto riguarda la pericolosità vulcanica, nella Provincia di Napoli sono presenti due vulcani: il Vesuvio e la caldera dei Campi Flegrei, che rappresentano tipologie di vulcani molto diverse e che possono, in caso di eruzione, produrre effetti molto differenti. In particolare, per quanto riguarda il Vesuvio, l'evento massimo atteso è "un'eruzione esplosiva di media intensità, definita dai vulcanologi "sub-pliniana", simile per energia, volume di magma emesso e fenomenologia eruttiva a quella verificatasi nel 1631 d.C." (Dipartimento della Protezione Civile, 2005). A seguito di tale evento, il Piano Nazionale di Emergenza del Vesuvio individua tre zone a differente pericolosità (fig. 43) che comprendono 51 Comuni dell'area attorno al vulcano. In particolare, la zona rossa è l'area immediatamente circostante il vulcano ed è quella a maggiore pericolosità in quanto potenzialmente investita dai flussi piroclastici che si dirigeranno in una o più direzioni preferenziali a partire dalla bocca centrale. Non è tuttavia possibile conoscere preventivamente quali zone saranno effettivamente interessate da tali flussi.

La zona gialla presenta una pericolosità minore rispetto alla prima e corrisponde a tutta l'area che potrebbe essere interessata dalla ricaduta di particelle piroclastiche (ceneri e lapilli) che possono, fra l'altro, provocare un sovraccarico eccessivo dei tetti degli edifici, fino a determinarne il crollo.

La zona blu ricade all'interno della zona gialla e corrisponde alla "conca di Nola" che, per le sue caratteristiche idrogeologiche e per la sua morfologia, potrebbe essere soggetta, oltre che alla ricaduta di ceneri e lapilli caratteristica della zona gialla, anche a inondazioni e alluvionamenti.

fig. 43 Le zone del Piano Nazionale di Emergenza del Vesuvio



Fonte: [www.protezionecivile.it](http://www.protezionecivile.it)

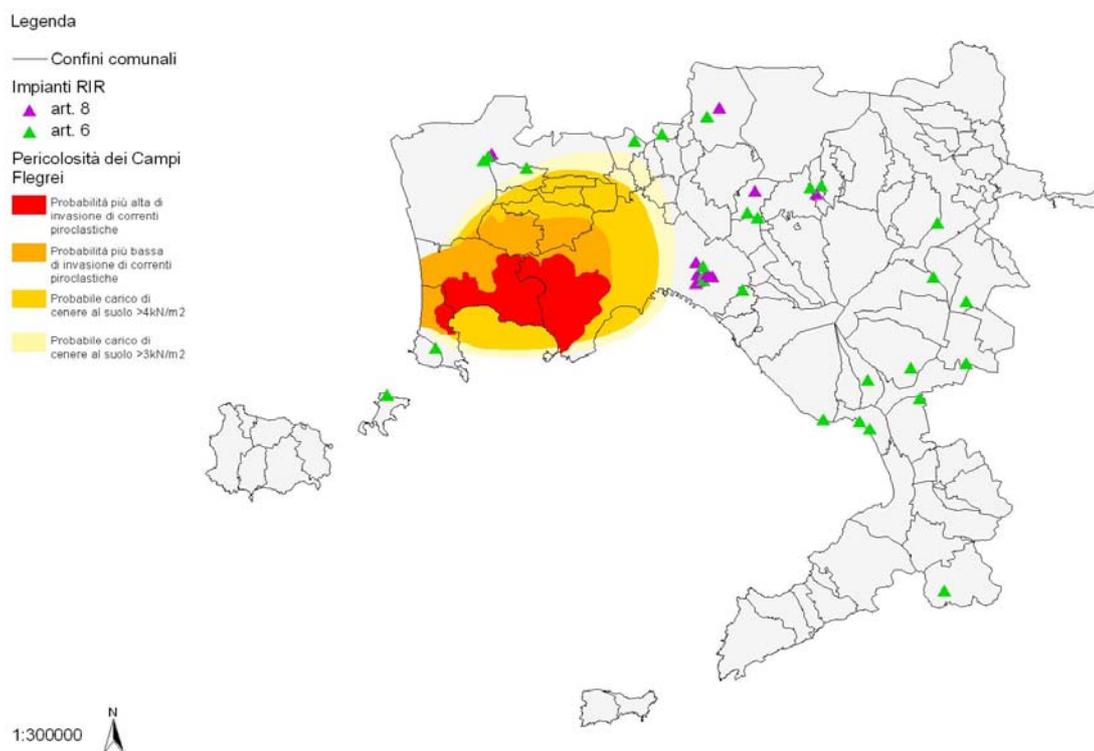
Le tre tipologie di fenomeni descritti possono comportare severi danni agli impianti RIR. Inoltre, tutte e tre le zone, anche se non interessate direttamente da flussi piroclastici, ricaduta di cenere e lapilli e inondazioni, saranno, con buona probabilità, interessate da sciame sismici capaci di innescare fenomeni di tipo na-tech. Nell'area interessata dal Piano Nazionale di Emergenza del Vesuvio sono presenti 14 impianti a rischio di incidente rilevante, di cui uno solo classificato come art. 8 (fig.43).

I Campi Flegrei, invece, sono una caldera vulcanica, ossia una vasta depressione che si forma in aree vulcaniche a seguito dell'espulsione di grandi quantità di magma da una camera magmatica superficiale. Tale vulcano si prevede "possa generare diverse fenomenologie, riassumibili essenzialmente nel lancio di bombe e blocchi di grosse dimensioni nell'immediato intorno del centro eruttivo, nello scorrimento di flussi piroclastici nel raggio di alcuni chilometri, nella ricaduta di ceneri e lapilli a distanza anche di molti chilometri. Per quanto concerne quest'ultimo fenomeno occorre considerare che, a differenza del Vesuvio, la città di Napoli si trova sottovento

rispetto alla direzione dei venti dominanti e sarebbe pertanto coinvolta” (Dipartimento di Protezione Civile, 2005).

Una mappatura della tipologia di fenomeni che potrebbero fare seguito ad un'eruzione dei Campi Flegrei è stata prodotta recentemente da alcuni ricercatori dell'Osservatorio Vesuviano (Orsi et al., 2004). Sono state individuate le aree in cui è più o meno alta la probabilità di invasione di correnti piroclastiche eruttate dalle bocche che potrebbero aprirsi e che ristagnerebbero nella caldera. Inoltre, è stata individuata l'area di possibile dispersione di particolato suddividendola in zone dove il carico al suolo potrebbe essere maggiore di  $4 \text{ kN/m}^2$  e zone dove invece potrebbe essere maggiore di  $3 \text{ kN/m}^2$ . Entrambi i fenomeni possono avere conseguenze catastrofiche sulla popolazione e sui manufatti. Per quanto riguarda le industrie RIR, l'invasione di flussi piroclastici comporta la totale distruzione degli impianti, mentre il carico di particolato sulle strutture potrebbe indurre danni fisici alle strutture e il conseguente innesco di incidenti rilevanti.

fig. 44 Le aree di pericolosità dei Campi Flegrei



Fonte: Orsi et al., 2004

tab. 16 Articolazione dei livelli di pericolosità naturale

<i>Livello di pericolosità naturale</i>	<i>Pericolosità sismica (da classificazione sismica nazionale)</i>	<i>Pericolosità vulcanica (sulla base delle zone del Piano di Emergenza del Vesuvio)</i>
Alto (4)	Zona 1	Zona Rossa
Medio (3)	Zona 2	Zona Blu
Basso (2)	Zona 3	Zona Gialla
Molto basso (1)	Zona 4	-

La localizzazione degli impianti a rischio di incidente rilevante rispetto ai possibili areali di impatto dei Campi Flegrei evidenzia però che nessun impianto è direttamente esposto a tali fenomeni. Data, comunque, l'incertezza connessa con le stime degli areali di impatto, sembra comunque opportuno segnalare la presenza di un deposito di GPL (art. 6), nel Comune di Qualiano, localizzato immediatamente all'esterno dell'area in cui è possibile un carico di particolato tra i 3 e i 4 kN/m<sup>2</sup>.

Dal confronto dei livelli di pericolosità sismica e vulcanica e della distribuzione sul territorio degli impianti a rischio di incidente rilevante è stato possibile procedere alla definizione del potenziale di innesco. A ciascun impianto RIR è stato attribuito un livello di rilevanza in funzione della tipologia di impianto: "Alto" per gli impianti classificati come art. 8 e "Basso" per quelli classificati come art.6.

Per quanto riguarda i fattori di pericolosità naturale, invece, le differenti fonti e modalità di rappresentazione e gerarchizzazione dei livelli di pericolosità relative a ciascuna tipologia di evento hanno richiesto un'omogeneizzazione dei dati al fine di renderli confrontabili. Si è quindi scelto di articolare le pericolosità naturali considerate in quattro livelli, come illustrato in tab. 16, variabili tra "Alto" e "Molto basso".

A ciascun livello è stato quindi attribuito un punteggio di pericolosità naturale compreso tra 4 e 1. Il valore 4 corrisponde ad un livello di pericolosità "Alto" mentre il valore 1 corrisponde a "Molto basso".

Per la pericolosità sismica, l'attribuzione delle quattro tipologie di zona sismica ai quattro livelli di pericolosità è stata immediata, data la corrispondenza del numero di classi in input ed in output.

Per quanto riguarda il rischio vulcanico, invece, caratterizzato da tre tipi di zone a differente pericolosità, si è scelto di assegnare alla zona rossa il livello Alto, alla zona gialla il livello basso ed alla zona blu, che è soggetta sia ai fenomeni

caratteristici della zona gialla che a fenomeni di inondazione ed alluvione, il livello medio di pericolosità.

Successivamente, per ciascun impianto, è stato calcolato il fattore di pericolosità naturale (PN) dato dalla somma dei punteggi relativi alle pericolosità cui esso è esposto. Tale fattore di pericolosità naturale è stato quindi articolato in tre livelli, Alto, Medio e Basso, secondo soglie individuate applicando il metodo dei “natural breaks” alla serie di valori che si è ottenuta per tutti gli impianti. In particolare, si attribuisce un livello “Basso” agli impianti il cui PN è minore o uguale a 3, “Medio” se il PN è compreso tra 4 e 5 e “Alto” se è maggiore o uguale a 6. È stato quindi possibile procedere alla stima del Potenziale d’Innesco (PI) di evento na-tech relativo a ciascun impianto attraverso l’uso della matrice di confronto illustrata in tab.17, in cui alla combinazione Alto-Alto è stato attribuito il livello “Molto alto” al fine di mettere in evidenza condizioni particolarmente critiche. In tab.18 sono indicati nel dettaglio i dati per la definizione del Potenziale d’Innesco degli impianti RIR della Provincia di Napoli. Naturalmente, gli impianti a rischio di incidente rilevante con Potenziale d’Innesco alto sono localizzati dove c’è una compresenza di entrambi i fattori di pericolosità considerati ed, in particolare, nella zona rossa del Vesuvio caratterizzata anche dal massimo livello di sismicità nella Provincia.

Si richiama, inoltre, l’attenzione sulla concentrazione di più impianti a potenziale d’Innesco medio-alto nell’area orientale di Napoli, che rientra nella zona gialla del Vesuvio.

Al fine di definire quali siano le aree su cui intervenire con priorità per evitare danni alla popolazione ed ai manufatti in caso di evento na-tech, si è proceduto alla misura delle caratteristiche di esposizione ad un potenziale evento na-tech nelle aree circostanti i punti di potenziale innesco.

L’estensione di tali aree andrebbe definita considerando almeno, per ciascun impianto, il massimo areale di danno tra quelli riportati nei Rapporti di Sicurezza o calcolabili, dai dati contenuti nelle Notifiche, attraverso il metodo speditivo della Protezione Civile (D.P.C.M. 25 febbraio 2005). Non disponendo di tali informazioni per tutti gli impianti, si è scelto di adottare un’area convenzionale di raggio 1000 metri dall’impianto (fig. 46).

tab. 17 Matrice di confronto per la definizione del Potenziale d'innescio

LR	PN		
	<i>Alto</i>	<i>Medio</i>	<i>Basso</i>
<i>Alto</i>	Molto Alto	Alto	Medio
<i>Medio</i>	Alto	Medio	Basso

tab. 18 Matrice dei dati per la definizione del Potenziale d'innescio per ciascun impianto

<i>Impianto</i>	<i>Tipo di attività</i>	<i>Comune</i>	<i>PNsism</i>	<i>PNvulc</i>	$\Sigma PN$	<i>PN</i>	<i>LR</i>	<i>PI</i>
Romana Chimici	Deposito di tossici	Castello di Cisterna	3	3	6	Alto	Medio	Alto
Samagas	Deposito di GPL	Castello di Cisterna	3	3	6	Alto	Alto	Molto Alto
I.SE.CO.L.D.	Deposito oli minerali	Torre Annunziata	3	4	7	Alto	Medio	Alto
Lumagas	Deposito GPL	Boscotrecase	3	4	7	Alto	Medio	Alto
Eni gpl	Deposito GPL	Napoli	3	2	5	Medio	Alto	Alto
Eni oil	Deposito oli minerali	Napoli	3	2	5	Medio	Alto	Alto
italcost	Deposito GPL	Napoli	3	2	5	Medio	Alto	Alto
Esso	Deposito oli minerali	Napoli	3	2	5	Medio	Alto	Alto
Kuwait	Deposito oli minerali	Napoli	3	2	5	Medio	Alto	Alto
Energas	Deposito GPL	Napoli	3	2	5	Medio	Alto	Alto
Petrolchimica Partenopea	Deposito GPL	Napoli	3	2	5	Medio	Alto	Alto
Farogas	Deposito GPL	Ottaviano	3	4	7	Alto	Medio	Alto
Avio	altro	Pomigliano d'Arco	3	3	6	Alto	Medio	Alto
Meridional GPL	Deposito GPL	Pompei	3	4	7	Alto	Medio	Alto
agripetroli	Deposito di oli minerali	San Giorgio a Cremano	3	4	7	Alto	Medio	Alto
Sovegas	Deposito GPL	Saviano	3	3	6	Alto	Medio	Alto
Gimgas	Deposito GPL	Terzigno	3	4	7	Alto	Medio	Alto
Metecno	Stabilimento chimico o petrolchimico	Torre Annunziata	3	4	7	Alto	Medio	Alto
Geagas	Deposito GPL	Torre del Greco	3	4	7	Alto	Medio	Alto
Ultragas	Deposito GPL	Caivano	3	0	3	Basso	Alto	Medio
Liquigas	Deposito di GPL	Casalnuovo di Napoli	3	0	3	Basso	Alto	Medio
Enel Produzione	Centrale termoelettrica	Giugliano in Campania	3	0	3	Basso	Alto	Medio
termobit	Deposito oli minerali	Napoli	3	2	5	Medio	Medio	Medio
Kuwait	Deposito oli minerali	Napoli	3	2	5	Medio	Medio	Medio
Lincargas	Deposito GPL	Palma Campania	3	2	5	Medio	Medio	Medio
Kuwait	Deposito di oli minerali	Napoli	3	2	5	Medio	Medio	Medio
Bifulco	Esplosivi	Poggioreale	3	2	5	Medio	Medio	Medio
Medaglia Matteo	Esplosivi	Agerola	2	0	2	Basso	Medio	Basso
Vingas	Deposito GPL	Bacoli	3	0	3	Basso	Medio	Basso
Ramoil	Stabilimento chimico o petrolchimico	Casalnuovo di Napoli	3	0	3	Basso	Medio	Basso
Italia combustibili	Deposito di oli minerali	Casalnuovo di Napoli	3	0	3	Basso	Medio	Basso
Vesuvio gas	Deposito di GPL	Frattamaggiore	3	0	3	Basso	Medio	Basso
Procida gas	Deposito GPL	Procida	3	0	3	Basso	Medio	Basso
Bacogas	Deposito GPL	Qualiano	3	0	3	Basso	Medio	Basso
Impe	Stabilimento chimico o petrolchimico	Qualiano	3	0	3	Basso	Medio	Basso
GRS	Stabilimento chimico o petrolchimico	Qualiano	3	0	3	Basso	Medio	Basso
Perfetto	Deposito di fitofarmaci	Sant'Antimo	3	0	3	Basso	Medio	Basso
PPG	Stabilimento chimico o petrolchimico	Caivano	3	0	3	Basso	Medio	Basso

fig. 45 Il Potenziale d'innescio per ciascun impianto a rischio di incidente rilevante

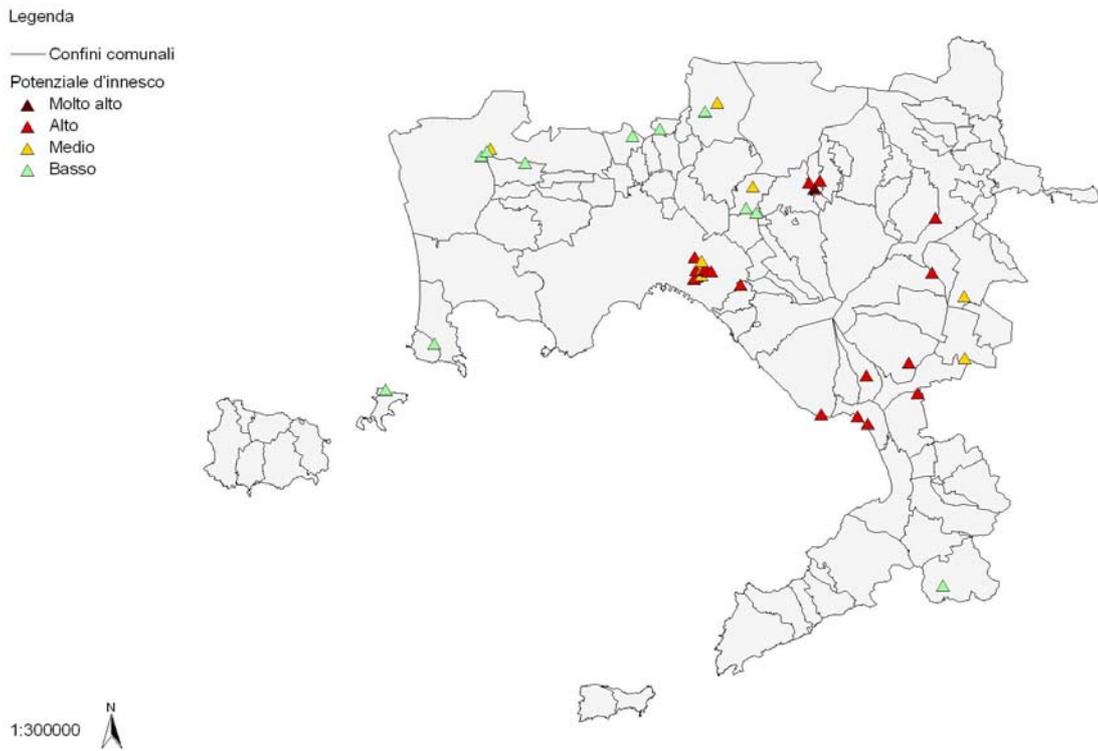
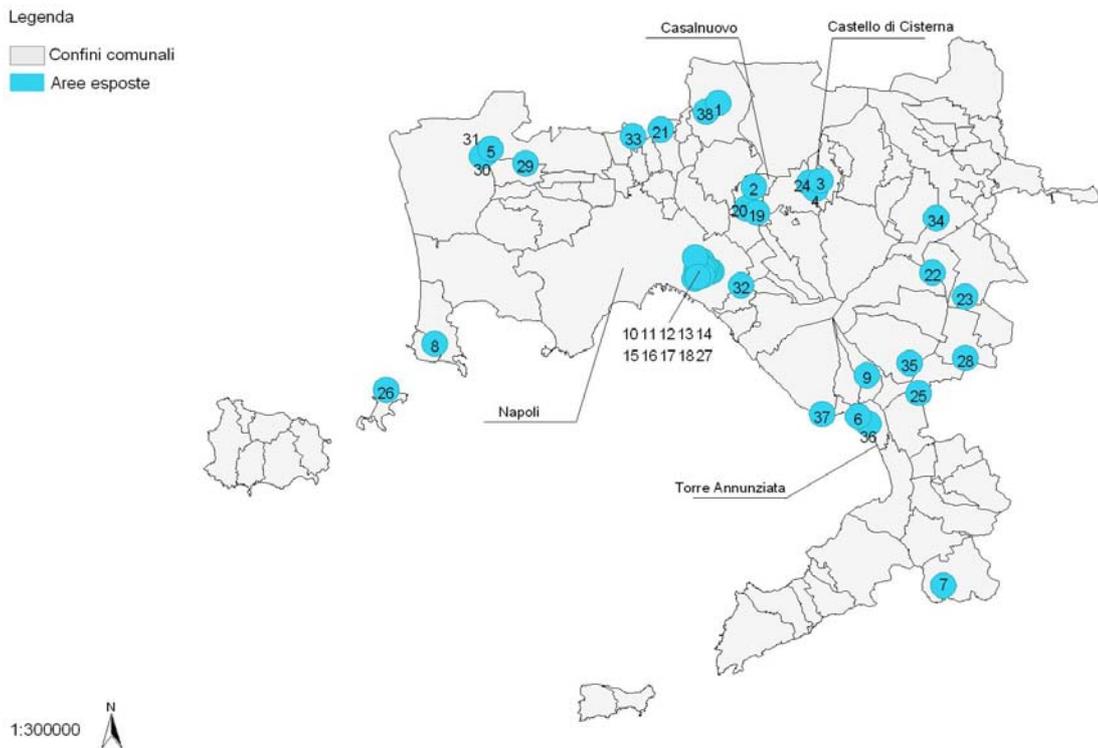


fig. 46 Aree di 1 km attorno agli impianti a rischio di incidente rilevante



tab. 19 Indicatori per la misura dell'esposizione

Elemento esposto	Popolazione	Edifici residenziali	Aree agricole	Culture permanenti	Foreste	Rete stradale	Strutture per l'emergenza	Infrastrutture puntuali	Aree commerciali e industriali
<i>Indice di Esposizione</i>	P	ED	AA	CP	F	RS	SE	IP	ACI
<i>Formula di calcolo</i>	n° residenti	n° edifici residenziali	Sup	Sup	$W_i * Sup_i$	$W_i * L_i$	$W_i * numero_i$	$W_i * numero_i$	Sup
<i>Spiegazione degli indici</i>			Sup = superficie di area agricola	Sup = superficie di area a colture permanenti	Sup = superficie di area forestale $W_i$ = punteggio relativo alla % di foresta in area protetta basato su 4 classi (0-25% $W = 1$ ; 25% - 50% $W = 2$ ; 50% - 75% $W = 3$ ; 75% - 100% $W = 4$ )	$L_i$ = lunghezza della strada di tipologia "i"; $W_i$ = peso (2,1,0) relativo a livello gerarchico della strada (regionale, comunale, locale)	"i" = tipologia (aeroporti, aree piazzali ferroviari, porti, etc.); $W_i$ = peso (2,1,0) relativo a livello gerarchico della struttura (regionale, comunale, locale)	"i" = tipologia (aeroporti, aree piazzali ferroviari, porti, etc.); $W_i$ = peso (2,1,0) relativo a livello gerarchico dell'infrastruttura (regionale, comunale, locale)	Sup = superficie di aree commerciali e industriali
<i>Fonte dati</i>	Dati ISTAT 2001	Dati ISTAT 2001	Database Progetto CORINE	Database Progetto CORINE	Database Progetto CORINE	Carta Tecnica Regionale	Sito del Ministero della Salute e del Corpo Nazionale dei VVF	Rilievo diretto	Database Progetto CORINE

In queste aree si è effettuato un calcolo sia dell'esposizione ai fattori di pericolosità naturale che al potenziale evento RIR. L'esposizione ai fattori di pericolosità naturale è stata misurata attraverso gli indicatori definiti dal Progetto di ricerca Europeo "Applied multi Risk Mapping of Natural Hazards for Impact Assessment" (ARMONIA) (cfr. cap. 3).

Indicatori, procedure di calcolo e fonti dati utilizzati per la misura dell'esposizione ai fattori di pericolosità sismica, vulcanica e tecnologica sono illustrati in tabella 19.

Ciascun indice è stato suddiviso in quattro livelli di esposizione (Molto Alto, Alto, Medio e Basso) cui sono associati dei punteggi variabili tra 4 e 1.

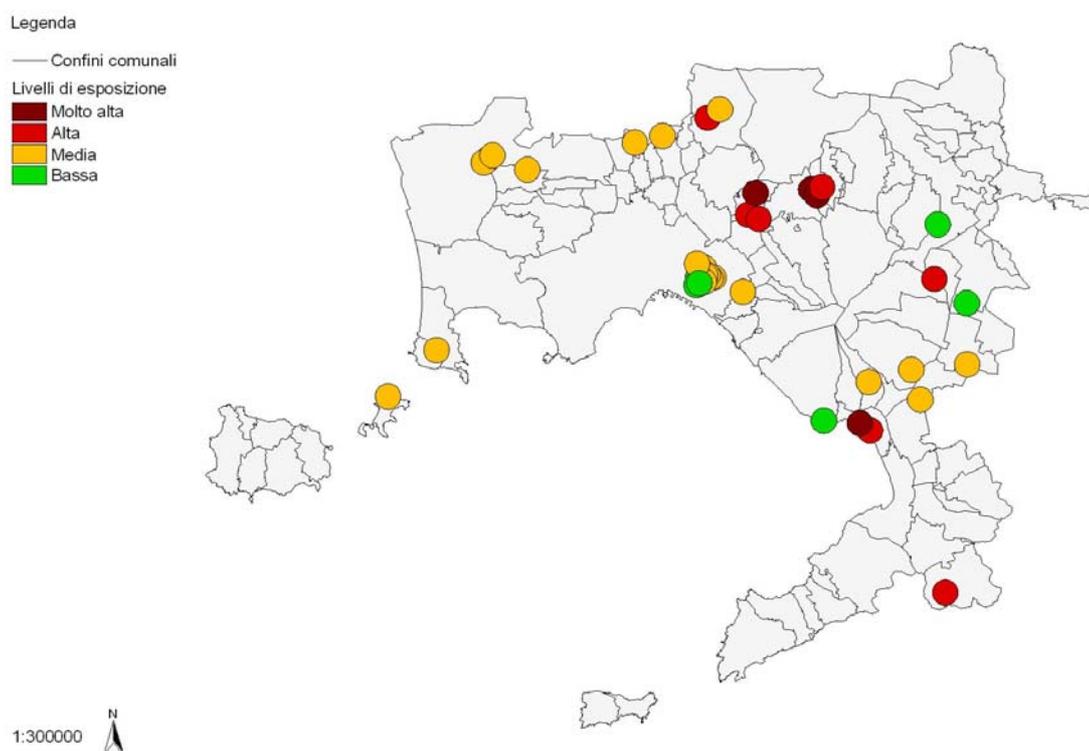
La somma di tali valori per ciascuna area è stata nuovamente suddivisa in quattro classi tramite il metodo dei "natural breaks" applicato alla serie dei valori ottenuti.

La misura dell'esposizione tiene conto che alcuni elementi possono essere bersagli per un fattore di pericolosità e non per un altro. Gli elementi naturali (aree agricole, foreste e colture permanenti), ad esempio, se possono essere danneggiati da incidenti rilevanti e eruzioni vulcaniche, non possono essere considerati elementi esposti ad un evento sismico. La misura degli indicatori relativi a tali elementi è stata quindi moltiplicata per un coefficiente riduttivo calcolato come la media tra il numero di fattori di pericolosità cui un elemento è da considerarsi esposto e il numero totale di fattori di pericolosità considerati (tab.20).

tab. 20 Calcolo dei coefficienti riduttivi di esposizione

Elemento esposto	Misura dell'indicatore	Pericolosità sismica	Pericolosità vulcanica	Pericolosità tecnologica	Coefficiente riduttivo	Misura ridotta dell'indicatore
Popolazione	p	1	1	1	1	1*p
Edifici residenziali	ed	1	1	1	1	1*ed
Aree agricole	aa	0	1	1	0.66	0.66*aa
Colture permanenti	cp	0	1	1	0.66	0.66*cp
Foreste	f	0	1	1	0.66	0.66*f
Rete stradale	rs	1	1	1	1	1*rs
Strutture per l'emergenza	se	1	1	1	1	1*se
Infrastrutture puntuali	ip	1	1	1	1	1*ip
Aree commerciali e industriali	aci	1	1	1	1	1*aci

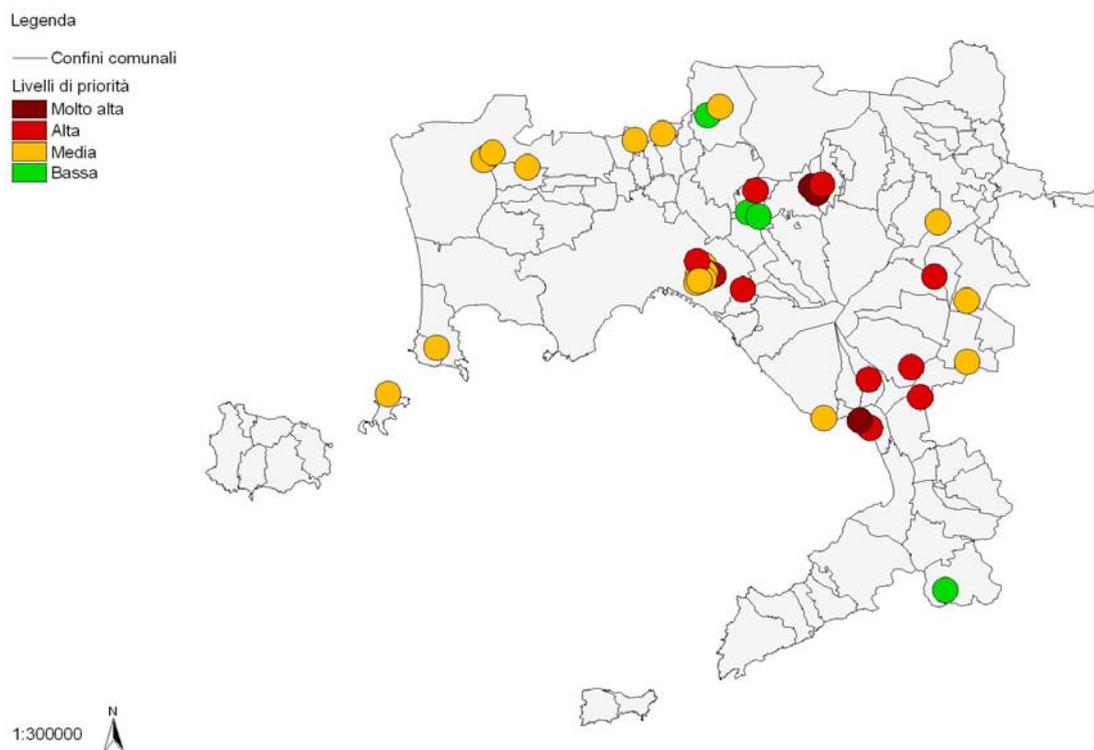
fig. 47 Livelli di esposizione



I livelli di esposizione così calcolati (fig. 47) evidenziano che nei Comuni di Casalnuovo e Castello di Cisterna a nord di Napoli e nel Comune di Torre Annunziata a sud di Napoli gli impianti sono localizzati in aree ad esposizione molto alta.

Dal confronto dei valori di potenziale d'innesco con quelli di esposizione è stato possibile gerarchizzare le aree esposte permettendo così l'individuazione delle aree di priorità.

fig. 48 Livelli di priorità



Il quadro di sintesi dei dati rilevati per ciascun areale considerato è riportato nella tabella 21. L'indagine rivela che le situazioni più gravi sono localizzate nei Comuni di Castello di Cisterna e di Torre Annunziata. In quest'ultimo caso, a fronte della presenza di un solo impianto classificato come art.6 nel D.Lgs. 334/99 si riscontra una priorità molto alta dovuta sia alle condizioni di esposizione che alla localizzazione dell'impianto in un'area a media sismicità all'interno della zona rossa del Vesuvio.

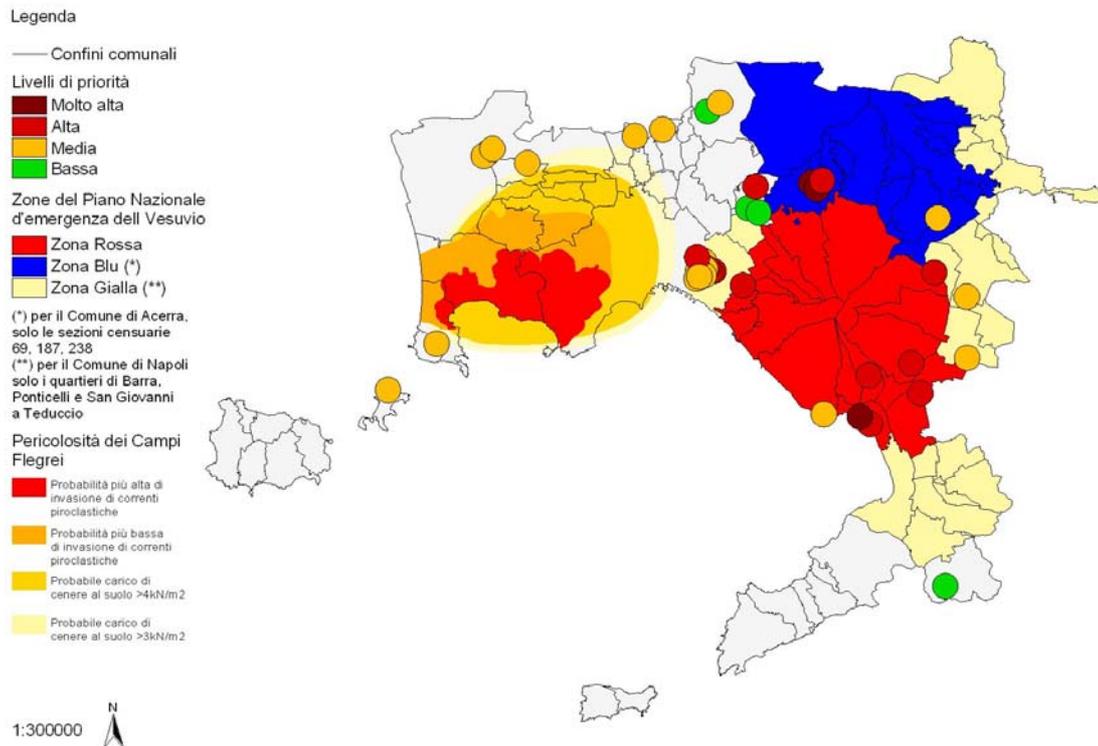
Rispetto a tale distribuzione dei livelli di priorità, sembra opportuno richiamare l'attenzione su uno degli areali del Comune di Casalnuovo. L'impianto a rischio di incidente rilevante qui localizzato (classificato come art.8 nel D.Lgs. 334/99) è l'unico tra quelli esterni alle aree di impatto dei due vulcani dell'area ad avere un livello di priorità alto (fig. 49).

Tale condizione è dovuta agli elevati valori di esposizione per almeno sei dei nove bersagli considerati. Tale impianto è infatti localizzato al centro di un'area densamente abitata. Proprio per questa peculiare condizione si è scelto di approfondire le indagini a scala locale su questo Comune.

tab. 21 Sintesi dei dati rilevati per ciascuna area

ID area	Indicatori di esposizione								Esposizione	Potenziale d'innescò	Livello di priorità	
	P	ED	AA	CP	F	RS	SE	I				ACI
38	Alta	Alta	Alta			Media			Alta	Alta	Basso	Basso
33	Molto alta	Molto alta	Alta							Media	Basso	Medio
31	Bassa	Bassa	Molto alta			Bassa				Alta	Basso	Medio
30	Bassa	Bassa	Molto alta			Bassa			Media	Media	Basso	Medio
29	Media	Media	Molto alta			Media				Media	Basso	Medio
26	Media	Alta	Media	Bassa			Media			Media	Basso	Medio
21	Molto alta	Molto alta	Alta							Media	Basso	Medio
20	Alta	Alta	Alta			Media			Media	Alta	Basso	Basso
19	Alta	Alta	Molto alta	Media		Bassa				Alta	Basso	Basso
8	Alta	Molto alta	Molto alta	Alta						Media	Basso	Medio
7	Bassa	Media	Media	Alta	Molto alta	Bassa				Alta	Basso	Basso
37	Bassa	Bassa	Media						Media	Bassa	Alto	Medio
36	Alta	Alta				Media		Media	Alta	Alta	Alto	Alto
35	Bassa	Bassa	Alta	Alta		Media				Media	Alto	Alto
34	Bassa	Bassa	Bassa	Molto alta		Bassa				Bassa	Alto	Medio
32	Molto alta	Media	Media			Bassa	Media			Media	Alto	Alto
28	Media	Alta	Alta	Bassa						Media	Medio	Medio
27	Bassa	Bassa	Bassa			Media				Molto alta	Medio	Medio
25	Media	Media	Molto alta	Bassa						Media	Alto	Alto
24	Alta	Alta	Media			Alta			Molto alta	Molto alta	Alto	Molto alto
23	Bassa		Bassa	Molto alta		Media				Bassa	Medio	Medio
22	Media	Alta	Media	Alta		Media				Alta	Alto	Alto
18	Bassa	Bassa	Media			Molto alta				Alta	Alto	Alto
17	Bassa	Bassa	Media			Molto alta				Alta	Alto	Alto
16	Bassa	Bassa	Bassa			Alta			Molto alta	Media	Alto	Alto
15	Bassa	Bassa	Bassa			Alta			Molto alta	Media	Medio	Medio
14	Media	Bassa				Bassa			Alta	Bassa	Alto	Medio
13	Bassa	Bassa	Bassa			Molto alta				Alta	Medio	Medio
12	Media	Bassa	Bassa			Alta			Molto alta	Media	Alto	Alto
11	Bassa	Bassa				Alta			Bassa	Bassa	Alto	Medio
10	Bassa	Bassa				Alta			Media	Bassa	Alto	Medio
9	Bassa	Media	Bassa	Molto alta	Alta					Media	Alto	Alto
6	Molto alta	Molto alta		Media		Alta		Media	Bassa	Molto alta	Alto	Molto alto
5	Bassa	Bassa	Molto alta			Bassa			Alta	Media	Medio	Medio
4	Alta	Alta	Alta			Molto alta			Media	Molto alta	Molto alto	Molto alto
3	Alta	Alta	Alta			Alta			Media	Alta	Alto	Alto
2	Molto alta	Alta	Alta			Alta	Alta		Media	Molto alta	Medio	Alto
1	Bassa		Molto alta			Molto alta				Media	Medio	Medio

fig. 49 Le aree di priorità rispetto alla distribuzione del rischio vulcanico

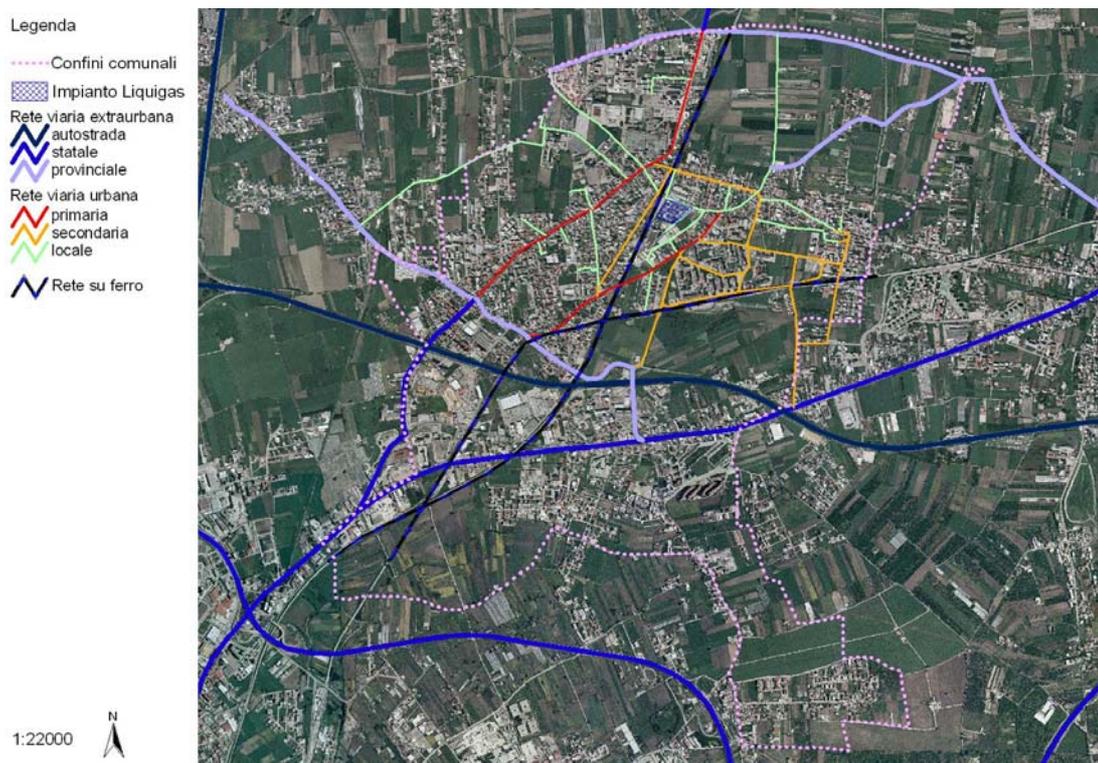


## 7.2 Gli scenari di eventi, impatti e danni nel Comune di Casalnuovo

L'area di priorità su cui si è scelto di effettuare la verifica sperimentale per la prefigurazione di scenari di eventi, impatti e danni è situata all'interno del Comune di Casalnuovo di Napoli, in provincia di Napoli, ed in particolare coincide con l'areale che circonda uno degli impianti a rischio di incidente rilevante presenti in questo Comune, lo stabilimento della Liguigas, ubicato in Via Comunale Cannello II tratto. Il Comune di Casalnuovo di Napoli è situato a circa 11 km a Nord-Ovest di Napoli ed ha una popolazione residente di 47.940 abitanti (ISTAT, 2001).

Il territorio comunale è attraversato dall'autostrada A16 Napoli-Bari, ma non è collegato ad essa attraverso alcuno svincolo; è comunque attraversato da altre due importanti arterie, la SS7bis e la SS162 che in questo Comune confluiscono rispettivamente da est e da nord in direzione di Napoli. Per quanto riguarda la rete del trasporto su ferro, il Comune di Casalnuovo è attraversato da due linee: la ferrovia FS Napoli-Benevento in direzione nord-sud e la ferrovia Circumvesuviana in direzione est-ovest.

fig. 50 Il territorio del Comune di Casalnuovo di Napoli



La zona residenziale è principalmente localizzata nell'area nord del territorio comunale a cavallo della ferrovia FS (fig. 50).

Il territorio di Casalnuovo è classificato, secondo la recente Ordinanza PCM 3724/2003, come zona sismica 2. In particolare, secondo la successiva Ordinanza PCM 3519/2006, quest'area è caratterizzata da accelerazioni al suolo comprese tra 0.150 e 0.175  $a_g/g$ .

Sebbene non rientri tra le aree del Piano di Emergenza Nazionale del Vesuvio, Casalnuovo è confinante con la zona blu di tale Piano che potrebbe, in caso di eruzione essere soggetta ad alluvioni e inondazioni e a pioggia di cenere e lapilli.

Per quanto riguarda il rischio di incidente rilevante, a Casalnuovo sono presenti tre impianti a rischio di cui uno classificato come art.8, la Liquigas appunto, e due come art. 6 del D.Lgs. 334/99.

Questi ultimi sono localizzati a sud del Comune in aree non densamente abitate, mentre la Liquigas si trova al centro della zona residenziale a nord (fig. 50).

Gli scenari di incidente rilevante ritenuti più credibili per quest'impianto, da quanto si evince dall'analisi del Rapporto di Sicurezza effettuata dall'ARPA Campania

(quale membro del Comitato tecnico regionale in materia di incidenti rilevanti secondo l'art. 19 del D.Lgs. 334/99), sono il BLEVE, durante le operazioni di travaso dalle autobotti che operano nell'impianto, e l'UVCE, a causa di un danno grave ai serbatoi dovuto al danneggiamento delle strutture di sostegno o per lo sfondamento di uno dei serbatoi (fig. 51a).

Il BLEVE è una fuoriuscita istantanea di un liquido (o gas liquefatto) in pressione (o liquefatto a basse temperature) con possibile formazione di una sfera di fuoco (fireball). Il fenomeno è causato dalla rottura dei recipienti di stoccaggio e l'istantanea vaporizzazione della sostanza con rilevante aumento di volume. Viene misurato come dose termica assorbita ( $\text{kJ/m}^2 = \text{kW/m}^2 \cdot \text{durata del fireball}$ ) ed i suoi bersagli sono persone prive di protezione e manufatti, principalmente interessati dal lancio di proiettili.

L'UVCE è, invece, una nube di gas infiammabile che si miscela con l'aria prima di raggiungere l'innesco a seguito del quale si ha una vera e propria esplosione con creazione di sovrappressione che raggiunge distanze superiori a quelle del danno termico (quello, cioè, relativo al BLEVE).

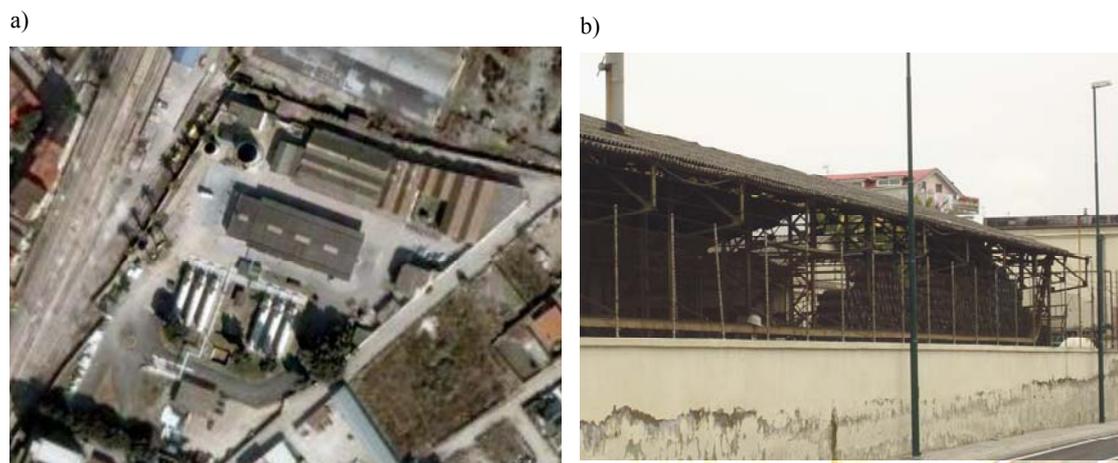
L'UVCE viene misurato attraverso il valore della pressione che genera in bar. Tra i bersagli principali di tale fenomeno ci sono le persone, sia per i danni diretti all'organismo (specialmente per pressioni superiori a 0.3 bar) che per i danni indiretti dovuti alla proiezione di frammenti. L'altro bersaglio è costituito, anche in questo caso, dai manufatti che possono subire danni fisici e crolli sia per sollecitazione diretta che per proiezione di frammenti.

L'evento scelto quale input deterministico per la prefigurazione di uno scenario di evento na-tech in quest'applicazione, è l'evento sismico massimo ipotizzabile per quest'area, corrispondente ad un'accelerazione al suolo di  $0.175 \text{ a}_g/\text{g}$ , che accade nella fascia oraria notturna innescando, entro un'ora dal sisma, un incidente UVCE nello stabilimento della Liquigas. La scelta dello scenario notturno, rende, ai fini dell'applicazione, più semplice il calcolo della popolazione coinvolta a seguito del sisma che viene effettuata esclusivamente in riferimento ai residenti. Inoltre, la scelta dello scenario notturno ha influenza anche sulla determinazione dello scenario incidentale. Nel caso in esame, ad esempio, si considera solo l'UVCE in quanto le operazioni di travaso che potrebbero dare luogo al BLEVE avvengono in orari diurni.

tab. 22 Distanze di danno relative allo scenario UVCE

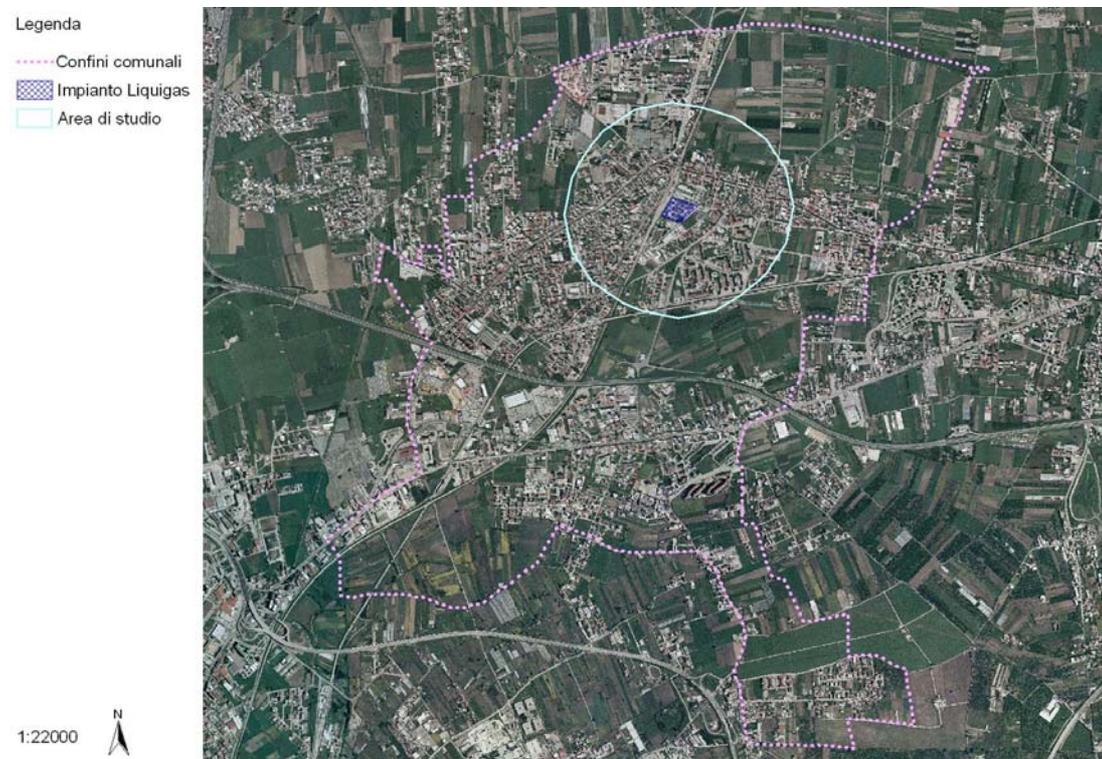
<i>Scenario</i>	<i>Raggio delle aree di danno (m.)</i>				<i>Danni alle strutture</i>
	<i>Alta letalità</i>	<i>Inizio letalità</i>	<i>Danni irreversibili</i>	<i>Danni reversibili</i>	
UVCE	95	130	240	550	95

fig. 51 Immagini della Liquigas di Casalnuovo di Napoli



Fonte: www.earthgoogle.com

fig. 52 L'area di studio



Il Rapporto di Sicurezza (RdS) riporta le distanze di danno relative allo scenario UVCE (tab.22).

Si è dunque delimitata un'area di studio coincidente con il territorio entro 550 metri dal confine dell'impianto di stoccaggio di GPL (fig. 52). Si è considerata tutta l'area dell'impianto quale possibile punto d'innescò in quanto non è possibile determinare con precisione il punto di innescò dell'evento. Rispetto alle condizioni ordinarie in cui possono verificarsi tali incidenti, infatti, sono molte le incertezze legate a quali possano essere le catene di danno all'interno dell'impianto in seguito ad un sisma. Il deposito analizzato, in particolare, ha al suo interno (vicino al muro perimetrale) (fig.51b), un deposito temporaneo di bombole di GPL. Se non correttamente assicurate, le bombole possono trasformarsi in missili pressurizzati capaci di attraversare spesse pareti di cemento. I meccanismi di ancoraggio dei serbatoi e delle attrezzature sono, infatti, una delle principali misure strutturali di mitigazione per gli eventi na-tech in aree sismiche (Cruz et al., 2004).

L'area di studio è composta da 24 sezioni censuarie (fig. 53); si è scelto di includere anche alcune sezioni che si estendono oltre i 550 metri dal confine dell'impianto ma la cui area edificata ricade per buona parte all'interno dell'area di studio.

All'interno di tale area, sono localizzate le principali attività presenti nel Comune di Casalnuovo (fig. 54): la sede comunale (a circa 100 m. dall'impianto), due stazioni ferroviarie, il palazzetto dello sport, cinque scuole dell'obbligo e sei chiese.

Immediatamente all'esterno dell'area, invece, sono localizzati lo stadio, un'estesa area mercatale all'aperto, il cimitero, la terza stazione ferroviaria del Comune ed altre due scuole.

In ragione delle caratteristiche dell'area di studio, della tipologia di impianto, del possibile scenario incidentale e delle attività presenti è possibile procedere ad una specificazione della mappa cognitiva generale (cfr. cap.6).

Alcuni dei bersagli individuati, infatti, non risultano presenti nel contesto di studio e quindi non possono essere considerati neppure i relativi collegamenti.

Per la contestualizzazione delle mappa sono stati esclusi sia i beni ambientali che gli edifici monumentali. Inoltre, l'assenza di nodi del trasporto, quali aeroporti o porti, ha condotto ad eliminare dalla mappa anche il concetto "danni ad altre reti di trasporto".

fig. 53 Le sezioni censuarie nell'area di studio

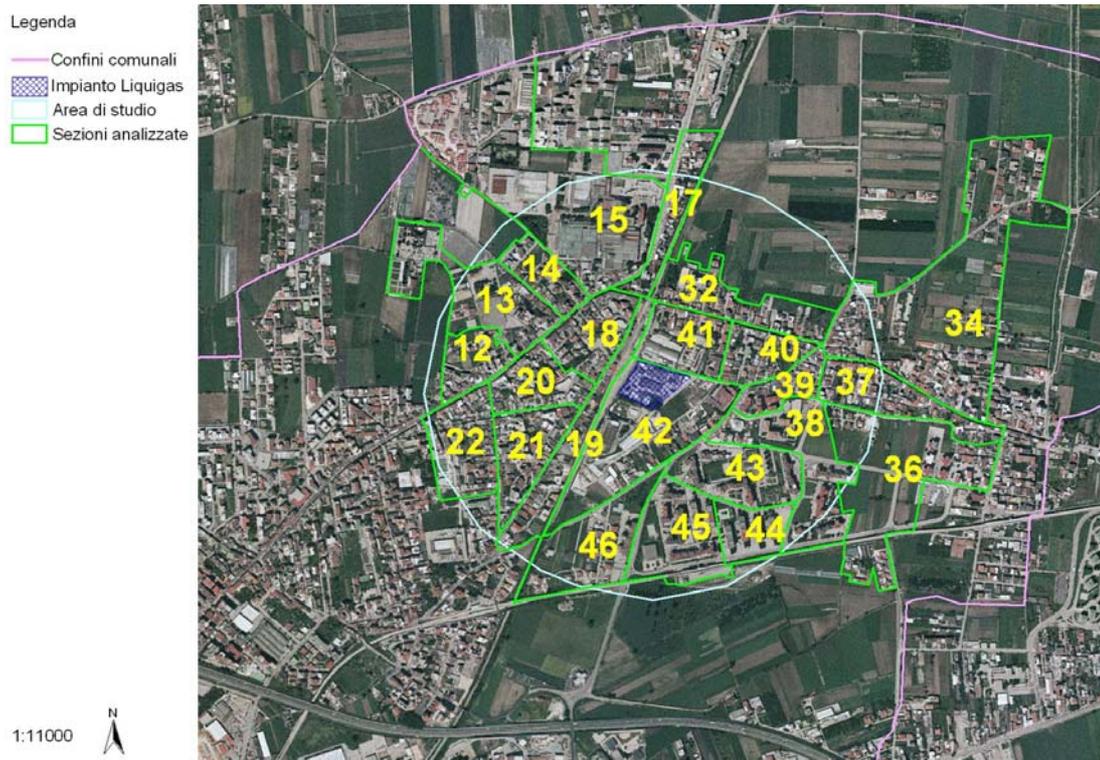
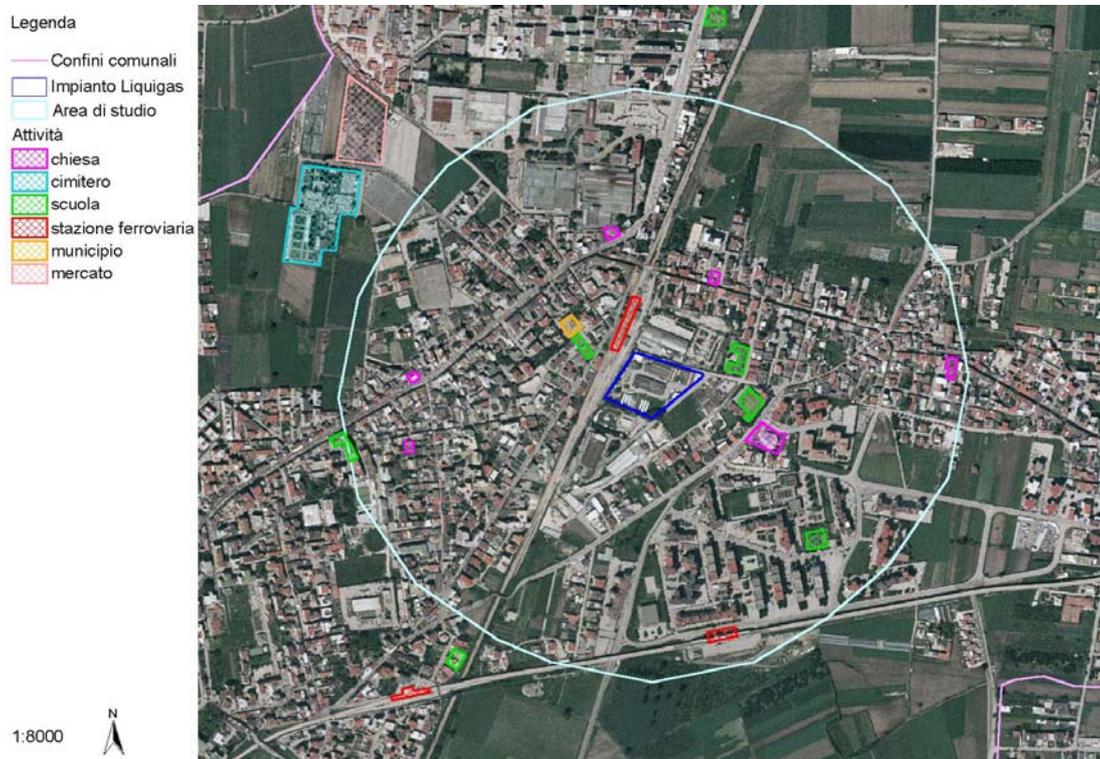


fig. 54 Principali attività presenti nell'area di studio



La loro presenza nel Comune di Napoli rende, per questioni di distanza, trascurabile l'influenza che un loro danneggiamento a causa del terremoto può avere sulla gestione dell'emergenza a Casalnuovo.

Altri concetti eliminati sono, inoltre, quelli relativi ai "Danni ad edifici pubblici" e agli "Incidenti tecnologici indotti" in quanto nell'area, prevalentemente residenziale, non sono presenti attrezzature pubbliche che trattino sostanze tossiche e pericolose capaci di innescare eventi dannosi, come è accaduto, ad esempio, a Northridge.

La mappa cognitiva descrittiva di un evento na-tech nel Comune di Casalnuovo di Napoli è riportata in figura 55.

In riferimento a tale mappa, sono state effettuate, attraverso il software Decision Explorer di Banxia, le analisi volte a definire il livello di connessione e centralità dei concetti.

Definire il livello di connessione dei concetti rappresentati nella mappa consente di rendere evidente quali tra essi inducono, o sono causati da, più tipologie di danni o fattori di pericolosità. Intervenendo su questi elementi con azioni di mitigazione, quindi, si aumenta l'efficacia dell'intervento.

In particolare, il livello di connessione lo si calcola come risultante di due analisi, la Domain e la Central.

L'analisi Domain consiste nel calcolare, per ciascun concetto, il numero di concetti direttamente entranti e uscenti da esso (fig. 56). Tale analisi fornisce una prima stima di quelli che possono essere i concetti chiave della mappa su cui approfondire le indagini. In dettaglio, l'analisi Domain è suddivisa in altre due analisi, la Domi e la Domo. La prima classifica ciascun concetto per numero di concetti in entrata, mentre la seconda per numero di concetti in uscita.

L'analisi Central è simile all'analisi Domain, ma non considera solo i concetti direttamente collegati a ciascun concetto, ma anche quelli collegati indirettamente. A quelli collegati direttamente si attribuisce un punteggio pari a 1, mentre a quelli indiretti si attribuiscono punteggi minori (0,5, 0,33 e così via fino al 7° livello) quanto più ci si allontana dal concetto investigato.

fig. 55 Mappa cognitiva per eventi na-tech del Comune di Casalnuovo

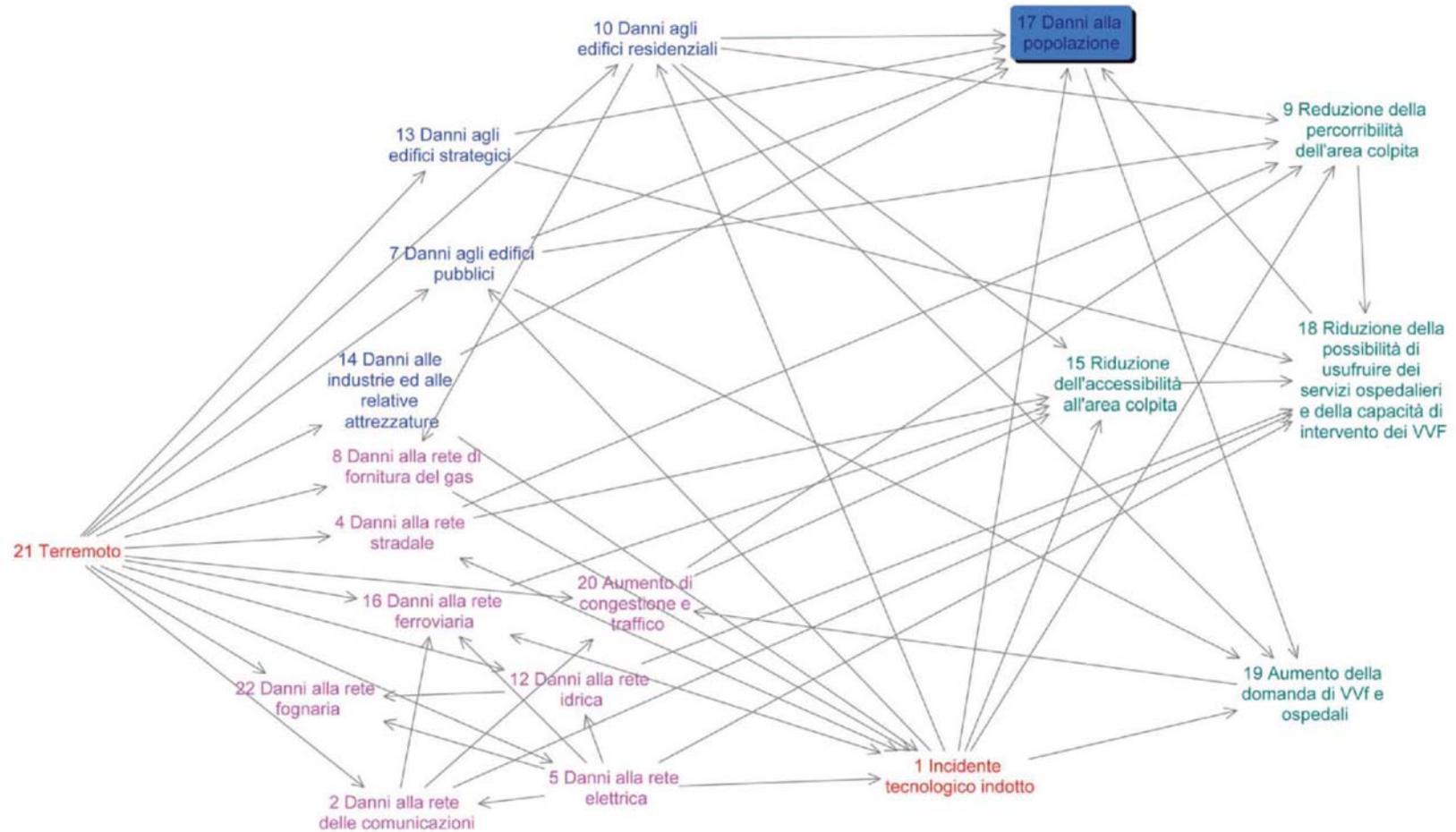
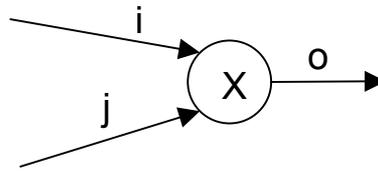


fig. 56 Concetti entranti e uscenti direttamente da un concetto X



I risultati delle analisi Domo, Domi e Central, normalizzati attraverso la formula

$$Y_{norm} = (y - \min(y)) / (\max(y) - \min(y))$$

sono sommati per ciascun concetto.

Tale somma viene di nuovo normalizzata utilizzando la stessa formula al fine di ottenere un punteggio compreso tra 0 e 1 per ciascun concetto.

Si ottiene in questo modo una gerarchizzazione dei concetti della mappa; il più connesso ha punteggio 1 e il meno connesso ha punteggio 0.

L'applicazione di tali analisi sulla mappa cognitiva applicata al caso-studio (tab.23) mette in luce che, oltre ai due fattori di pericolosità innescante e indotto, i concetti maggiormente connessi all'interno della mappa sono i danni alla popolazione, la riduzione della possibilità di usufruire dei servizi ospedalieri e della capacità di risposta dei Vigili del Fuoco. I danni agli edifici residenziali, la riduzione dell'accessibilità dall'esterno all'area colpita e la riduzione della percorribilità interna all'area rappresentano, inoltre, un altro gruppo di elementi che, con connessione pari al 41%, hanno un ruolo determinante all'interno della mappa.

Individuato, quindi, l'insieme dei concetti maggiormente connessi all'interno della mappa, è stata effettuata una estrapolazione, della mappa complessiva, delle catene che includono tali elementi (fig. 57).

Dall'esplorazione di tali catene sarà possibile individuare le criticità principali del sistema colpito per le quali definire strategie urbanistiche di prevenzione e mitigazione.

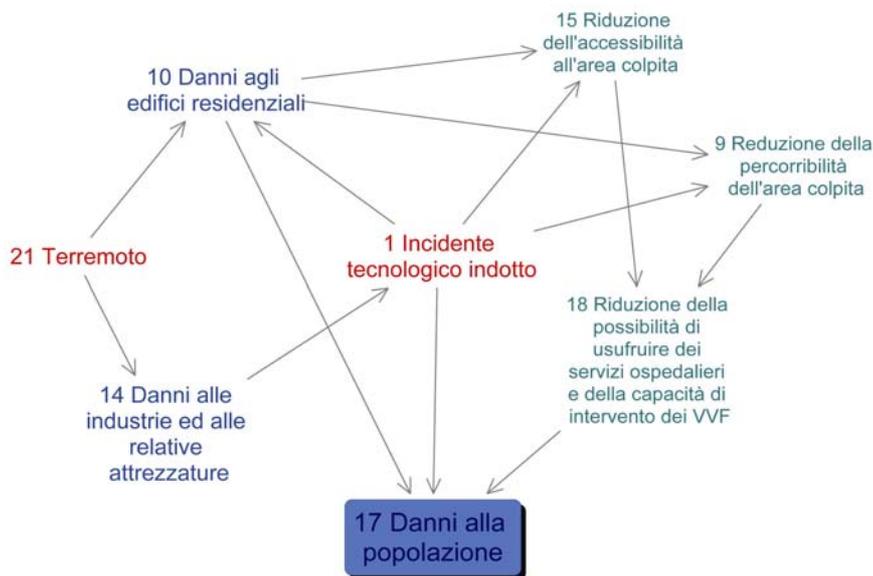
Si è riportato, per completezza, anche il concetto "Danni alle industrie ed alle relative attrezzature" che collega i due fattori di pericolosità, anche se, ai fini di quest'applicazione, non sono state indagate le condizioni di vulnerabilità al sisma dell'impianto RIR.

Le catene di evento, impatto e danno illustrate nella figura 57 sono in tutto 10. Esse sono state trascritte per esteso nella tab.24.

tab. 23 Analisi della connessione dei concetti nella mappa cognitiva

	<i>Domo</i>	<i>Domi</i>	<i>Central</i>	<i>Domo n</i>	<i>Domi n</i>	<i>Central n</i>	<i>Tot</i>	<i>Tot n</i>
1 Incidente tecnologico indotto	8	5	14	0,67	0,83	0,83	2,33	1,00
21 Terremoto	12	0	15	1,00	0,00	1,00	2,00	0,82
17 Danni alla popolazione	1	6	12	0,08	1,00	0,50	1,58	0,59
18 Riduzione della possibilità di usufruire di servizi ospedalieri e della capacità di risposta dei VVF	1	6	12	0,08	1,00	0,50	1,58	0,59
10 Danni agli edifici residenziali	5	2	12	0,42	0,33	0,50	1,25	0,41
15 Riduzione dell'accessibilità all'area colpita	1	5	11	0,08	0,83	0,33	1,25	0,41
9 Riduzione della percorribilità interna dell'area colpita	1	5	11	0,08	0,83	0,33	1,25	0,41
16 Danni alla rete ferroviaria	2	4	11	0,17	0,67	0,33	1,17	0,36
5 Danni alla rete elettrica	6	1	12	0,50	0,17	0,50	1,17	0,36
20 Aumento di congestione e traffico	2	3	11	0,17	0,50	0,33	1,00	0,27
19 Aumento della domanda di VVf e ospedali	1	4	10	0,08	0,67	0,17	0,92	0,23
2 Danni alla rete delle comunicazioni	3	2	11	0,25	0,33	0,33	0,92	0,23
4 Danni alla rete stradale	3	2	11	0,25	0,33	0,33	0,92	0,23
7 Danni agli edifici pubblici	3	2	11	0,25	0,33	0,33	0,92	0,23
12 Danni alla rete idrica	2	2	10	0,17	0,33	0,17	0,67	0,09
8 Danni alla rete di fornitura del gas	1	2	10	0,08	0,33	0,17	0,58	0,05
13 Danni agli edifici strategici	2	1	10	0,17	0,17	0,17	0,50	0,00
14 Danni alle industrie ed alle relative attrezzature	2	1	10	0,17	0,17	0,17	0,50	0,00
22 Danni alla rete fognaria	0	3	9	0,00	0,50	0,00	0,50	0,00

fig. 57 Estrapolazione dei concetti e delle catene principali



tab. 24 Le principali catene estratte dalla mappa cognitiva generale

<p><b>Catena 1</b>            21 Terremoto  <i>può indurre</i>            14 Danni alle industrie ed alle relative attrezzature  <i>può indurre</i>            1 Incidente tecnologico indotto  <i>può indurre</i>            15 Riduzione dell'accessibilità all'area colpita  <i>può indurre</i>            18 Riduzione della possibilità di usufruire dei servizi ospedalieri e della capacità di risposta dei VVF  <i>può indurre</i>            17 Danni alla popolazione</p>	<p><b>Catena 6</b>            21 Terremoto  <i>può indurre</i>            14 Danni alle industrie ed alle relative attrezzature  <i>può indurre</i>            1 Incidente tecnologico indotto  <i>può indurre</i>            10 Danni agli edifici residenziali  <i>può indurre</i>            17 Danni alla popolazione</p>
<p><b>Catena 2</b>            21 Terremoto  <i>può indurre</i>            14 Danni alle industrie ed alle relative attrezzature  <i>può indurre</i>            1 Incidente tecnologico indotto  <i>può indurre</i>            9 Riduzione della percorribilità dell'area colpita  <i>può indurre</i>            18 Riduzione della possibilità di usufruire dei servizi ospedalieri e della capacità di risposta dei VVF  <i>può indurre</i>            17 Danni alla popolazione</p>	<p><b>Catena 7</b>            21 Terremoto  <i>può indurre</i>            14 Danni alle industrie ed alle relative attrezzature  <i>può indurre</i>            17 Danni alla popolazione</p>
<p><b>Catena 3</b>            21 Terremoto  <i>può indurre</i>            14 Danni alle industrie ed alle relative attrezzature  <i>può indurre</i>            1 Incidente tecnologico indotto  <i>può indurre</i>            17 Danni alla popolazione</p>	<p><b>Catena 8</b>            21 Terremoto  <i>può indurre</i>            10 Danni agli edifici residenziali  <i>può indurre</i>            15 Riduzione dell'accessibilità all'area colpita  <i>può indurre</i>            18 Riduzione della possibilità di usufruire dei servizi ospedalieri e della capacità di risposta dei VVF  <i>può indurre</i>            17 Danni alla popolazione</p>
<p><b>Catena 4</b>            21 Terremoto  <i>può indurre</i>            14 Danni alle industrie ed alle relative attrezzature  <i>può indurre</i>            1 Incidente tecnologico indotto  <i>può indurre</i>            10 Danni agli edifici residenziali  <i>può indurre</i>            15 Riduzione dell'accessibilità all'area colpita  <i>può indurre</i>            18 Riduzione della possibilità di usufruire dei servizi ospedalieri e della capacità di risposta dei VVF  <i>può indurre</i>            17 Danni alla popolazione</p>	<p><b>Catena 9</b>            21 Terremoto  <i>può indurre</i>            10 Danni agli edifici residenziali  <i>può indurre</i>            9 Riduzione della percorribilità dell'area colpita  <i>può indurre</i>            18 Riduzione della possibilità di usufruire dei servizi ospedalieri e della capacità di risposta dei VVF  <i>può indurre</i>            17 Danni alla popolazione</p>
<p><b>Catena 5</b>            21 Terremoto  <i>può indurre</i>            14 Danni alle industrie ed alle relative attrezzature  <i>può indurre</i>            1 Incidente tecnologico indotto  <i>può indurre</i>            10 Danni agli edifici residenziali  <i>può indurre</i>            9 Riduzione della percorribilità dell'area colpita  <i>può indurre</i>            18 Riduzione della possibilità di usufruire dei servizi ospedalieri e della capacità di risposta dei VVF  <i>può indurre</i>            17 Danni alla popolazione</p>	<p><b>Catena 10</b>            21 Terremoto  <i>può indurre</i>            10 Danni agli edifici residenziali  <i>può indurre</i>            17 Danni alla popolazione</p>

La successione di eventi, impatti e danni relativi a tali catene sono stati quindi rielaborati secondo lo schema illustrato in tabella 25, al fine di esplicitare la sequenza temporale secondo cui i diversi elementi possono correlarsi. La struttura della matrice è un adattamento di quella utilizzata per la lettura dei casi di approfondimento di Kobe, Izmit e Northridge.

In particolare, sono riportati i danni fisici diretti provocati dal sisma, i danni secondari fisici e funzionali dovuti ai danni diretti, l'incidente rilevante indotto ed i danni fisici e funzionali indotti da quest'ultimo.

La presenza sulla stessa riga di più riquadri indica i diversi impatti che il bersaglio cui la riga si riferisce subisce. Tale rappresentazione rende esplicita la sequenza di impatti che deve essere tenuta in conto nella stima dei danni successivi che sono funzione sia dei danni già subiti dal bersaglio che dell'istante temporale in cui si verifica l'impatto.

Come già accennato, molti sono gli studi eseguiti sullo studio dei danni diretti che alcuni bersagli subiscono a seguito di un sisma, mentre pochi sono i modelli e le tecniche disponibili per la misura dei danni secondari e indotti, sia fisici che funzionali.

Nel caso della prefigurazione dello scenario di eventi, impatti e danni a seguito dell'evento na-tech ipotizzato (fig. 58) nell'area circostante l'impianto Liquigas di Casalnuovo ci si è posti, quindi, l'obiettivo di quantificare i possibili danni attesi per la popolazione dovuti sia ai danni strutturali agli edifici che all'impatto dell'incidente rilevante. Inoltre, sono state valutate le conseguenze di tali danni sulla percorribilità interna e sull'accessibilità dell'area di studio e sulla possibilità per la popolazione di ricevere soccorsi e portarsi in aree di attesa sicure.

In particolare, è stata effettuata una quantificazione dei danni agli edifici e, conseguentemente, dei danni subiti dalla popolazione a seguito del sisma in termini di morti, feriti gravi e feriti lievi.

In ragione dei danni subiti dagli edifici, sono stati quindi individuati gli assi viari che potrebbero potenzialmente risultare inutilizzabili a causa dei crolli.

Per i feriti gravi, che resterebbero nelle abitazioni, sono stati valutati i tempi di accesso a ciascuna sezione censuaria da parte dei soccorritori, tenendo conto delle possibili ostruzioni stradali.

tab. 25 La successione temporale delle catene di eventi, impatti e danni

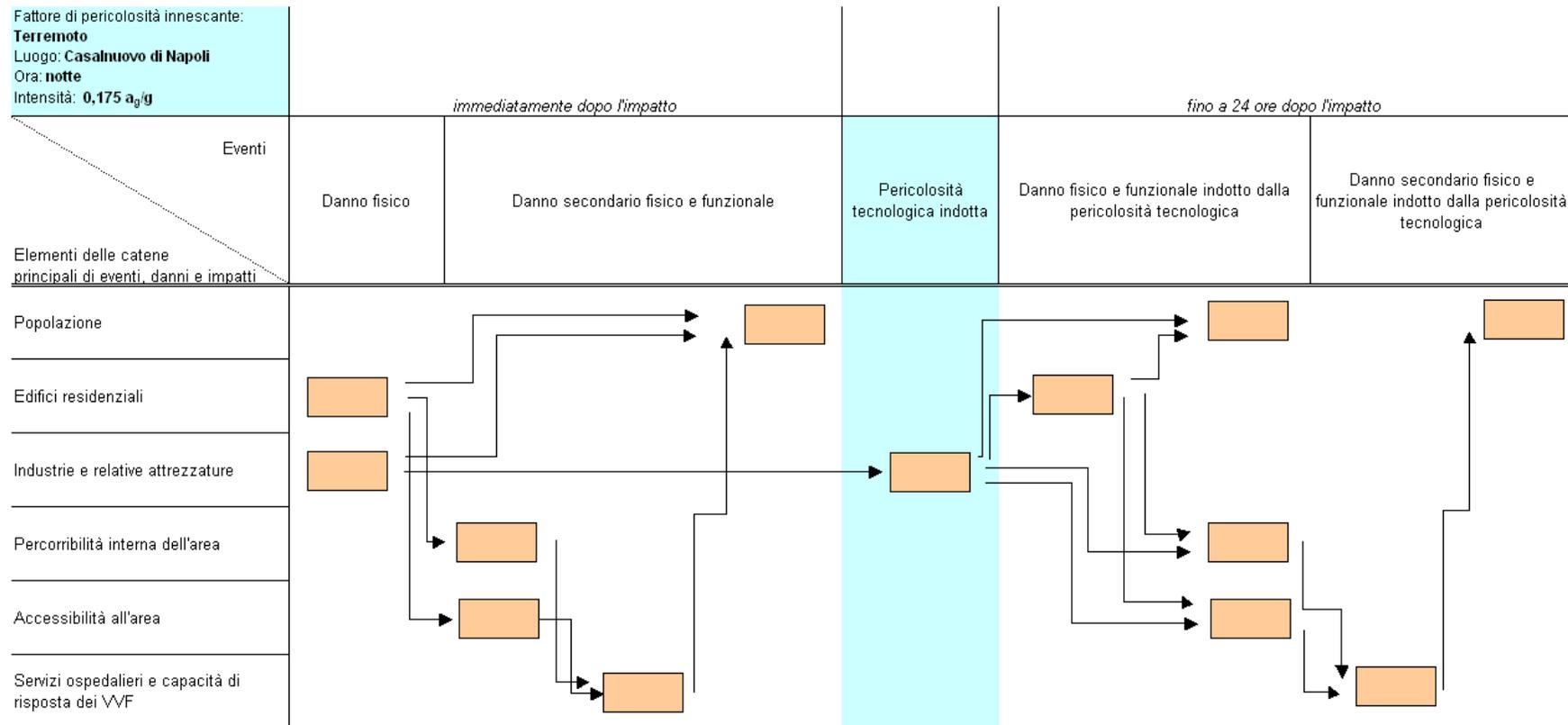
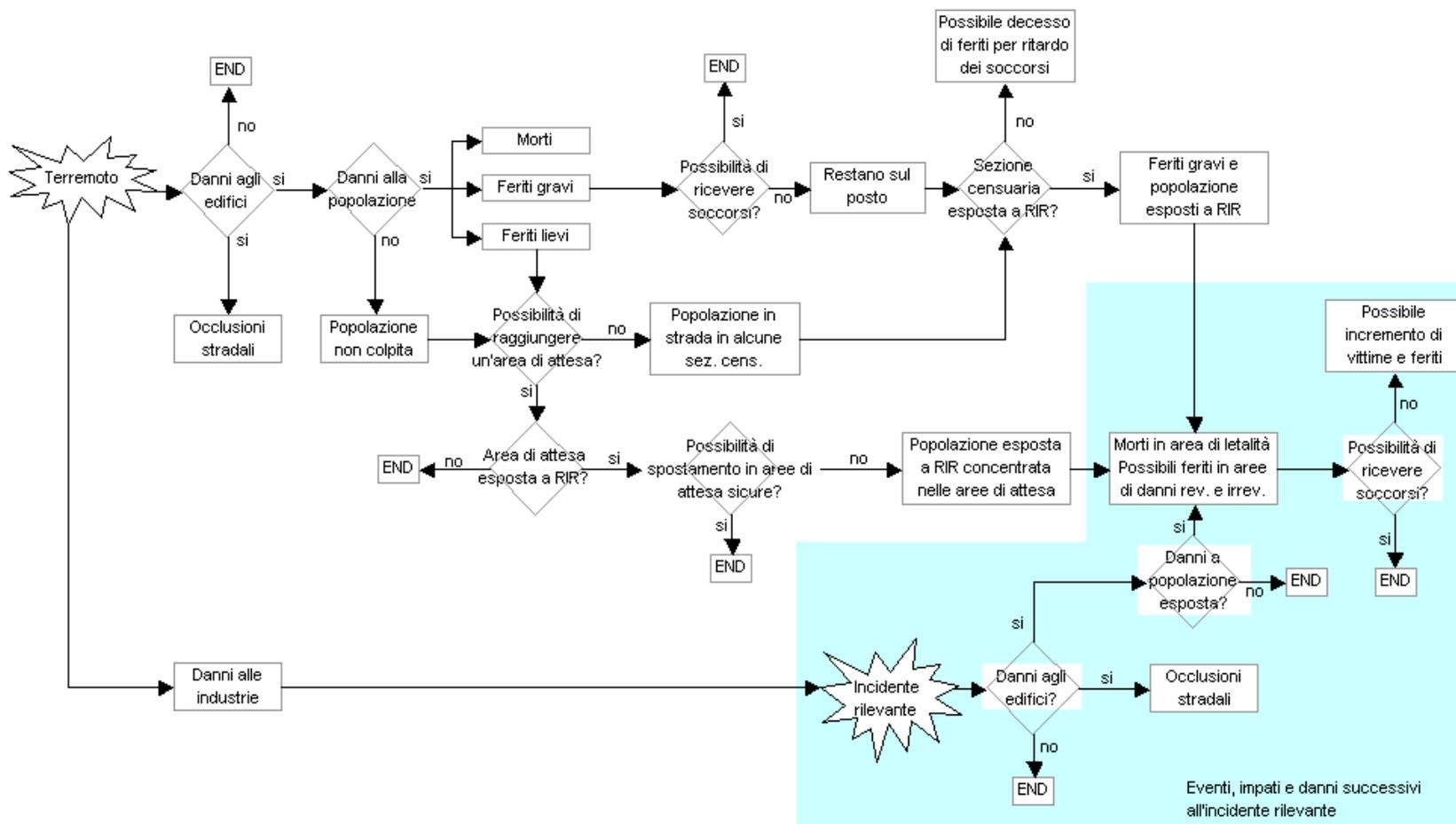


fig. 58 Dettaglio della sequenza delle catene di eventi, impatti e danni considerate



Inoltre, per i feriti lievi e per la popolazione non colpita è stata valutata la disponibilità di aree di attesa in cui essi possano trovare rifugio immediatamente dopo l'impatto del sisma in tempi rapidi, ipotizzando un tempo massimo di 5 minuti a piedi.

Le aree di attesa della popolazione sono definite dalla Protezione Civile ([www.protezionecivile.it](http://www.protezionecivile.it)) come “luoghi di prima accoglienza per la popolazione; si possono utilizzare piazze, slarghi, parcheggi, spazi pubblici o privati ritenuti idonei e non soggetti a rischio (frane, alluvioni, crollo di strutture attigue, etc..), raggiungibili attraverso un percorso sicuro possibilmente pedonale (...). Il numero delle aree da scegliere è funzione della capacità ricettiva degli spazi disponibili e del numero degli abitanti. In tali aree la popolazione riceverà le prime informazioni sull'evento e i primi generi di conforto, in attesa dell'allestimento delle aree di ricovero. Le aree di attesa della popolazione saranno utilizzate per un periodo di tempo compreso tra poche ore e qualche giorno.”

Quindi a ciascuna sezione censuaria è stata attribuita un'area di attesa in base al numero di persone da accogliere ed alla capienza dell'area di attesa stessa.

Successivamente, si è effettuata una valutazione del livello di sicurezza di ciascuna area di attesa rispetto al possibile incidente rilevante e sono state analizzate le possibilità di trasferimento della popolazione in aree sicure, evidenziando dove risulta necessario prevederne di nuove per insufficienza dell'offerta esistente rispetto alla quantità di popolazione da trasferire.

In assenza di un Piano di Emergenza di Protezione Civile, si è proceduto alla stima dei tempi di accesso a tutte le aree di attesa dei Carabinieri e dei Volontari della Protezione Civile presenti sul territorio per individuare le possibili aree in cui non risulterebbe possibile portarsi in tempi brevi per organizzare la messa in sicurezza della popolazione.

Ipotizzando che la popolazione, ignorando l'eventualità di un incidente tecnologico, rimanga nelle aree di attesa esposte ad esso, è stata stimata la possibilità che la popolazione in esse presente subisca ulteriori danni a seguito dell'impatto dell'incidente tecnologico.

Infine, a seguito dell'incidente rilevante, sono stati quantificati gli ulteriori danni agli edifici; in tal modo è possibile ottenere sia una quantificazione dei feriti gravi che,

non soccorsi in tempi brevi dopo il sisma, si trovano nell'area di letalità relativa all'incidente rilevate e possono diventare potenzialmente delle vittime, che individuare le possibili ostruzioni stradali aggiuntive dovute agli ulteriori crolli di edifici.

In ragione di tali ulteriori ostruzioni, sono stati nuovamente calcolati i tempi di accesso da e per le sezioni censuarie; ciò consente di valutare come l'impatto dell'incidente rilevante abbia modificato l'accessibilità e la percorribilità dell'area.

Non è stato possibile effettuare una stima quantitativa del numero di feriti gravi che, sia a causa del ritardo dei soccorsi dopo il sisma che per il fatto di trovarsi nelle aree di danni reversibili e irreversibili relative all'incidente rilevante, possono potenzialmente subire ulteriori impatti che potrebbero portarli al decesso.

I danni agli edifici dovuti al sisma sono stati calcolati, in maniera speditiva, utilizzando il metodo per l'analisi di vulnerabilità sismica dei manufatti edilizi proposto da Giovinazzi e Lagomarsino (2001).

Tale metodo è basato su un'aggregazione preliminare degli edifici sulla base dei dati ISTAT in gruppi omogenei ai quali è attribuito un indice di vulnerabilità  $I_v$  medio.

Data una certa intensità macrosismica ( $I$ ), è quindi possibile definire il danno medio attraverso la formula

$$d = 0.5 + 0.45 * \{ \arctan[0.55 * (I - 10.2 - 0.05 * I_v)] \} \quad 0 \leq d \leq 1$$

Se l'input sismico di cui si dispone è espresso in accelerazione al suolo (PGA), è possibile calcolare  $I$  attraverso la correlazione (Guarenti e Petrini, 1989):

$$\ln(PGA) = 0.602 * I - 7.073$$

Noto quindi il danno medio  $d$ , è stato possibile calcolare la distribuzione dei danni attraverso la distribuzione binomiale di probabilità:

$$p_k = [5! * d^k * (1-d)^{5-k}] / [k! * (5-k)!]$$

dove:

$p_k$  è la probabilità di avere un danno di livello  $k$  ( $k=0,1,2,3,4,5$ ) secondo la scala EMS-98 ed il simbolo "!" indica l'operatore fattoriale.

Al fine di stimare l'attendibilità di questo metodo, lo si è preventivamente testato sul Comune di Napoli considerando un sisma di intensità pari a quella del terremoto che colpì la città nel 1980. In tale applicazione speditiva è stato riscontrato un numero di

morti e feriti coerente, per ordine di grandezza, con quanto riportato dalle stime ufficiali dell'epoca.

Per ciascuna sezione censuaria, sono stati quindi calcolati i danni agli edifici con riferimento ai cinque livelli di danno della scala EMS-98: 1) danno trascurabile o lieve; 2) danno moderato; 3) danno grave; 4) danno molto grave; 5) distruzione.

A partire dalla stima dei danni è stato calcolato il numero dei morti e dei feriti, considerando i residenti in abitazioni interessate dalla classe di danno più elevata della scala MSK-76.

Si è tenuto conto che, sostanzialmente, le due scale, MSK-76 e la EMS-98, sono uguali (Giovinazzi e Lagomarsino 2001) (tab.26).

In particolare, secondo il metodo applicato per la costruzione di scenario di danno sismico della regione Lunigiana e Garfagnana (Ferrini, 2003) basato sul metodo elaborato da Bramerini et al. (1995), si considerano morti il 100% della popolazione residente negli edifici che hanno subito un danno di livello 5 poiché lo scenario che stiamo prefigurando è notturno e si presuppone, quindi, che tutti i residenti siano in casa.

I feriti, invece, sono stati calcolati come una percentuale variabile dallo 0 al 50% degli abitanti negli edifici il cui danno è maggiore del 30%, secondo una relazione lineare, ovvero, attraverso la seguente formula:

$$F = 5/7*(D-30)$$

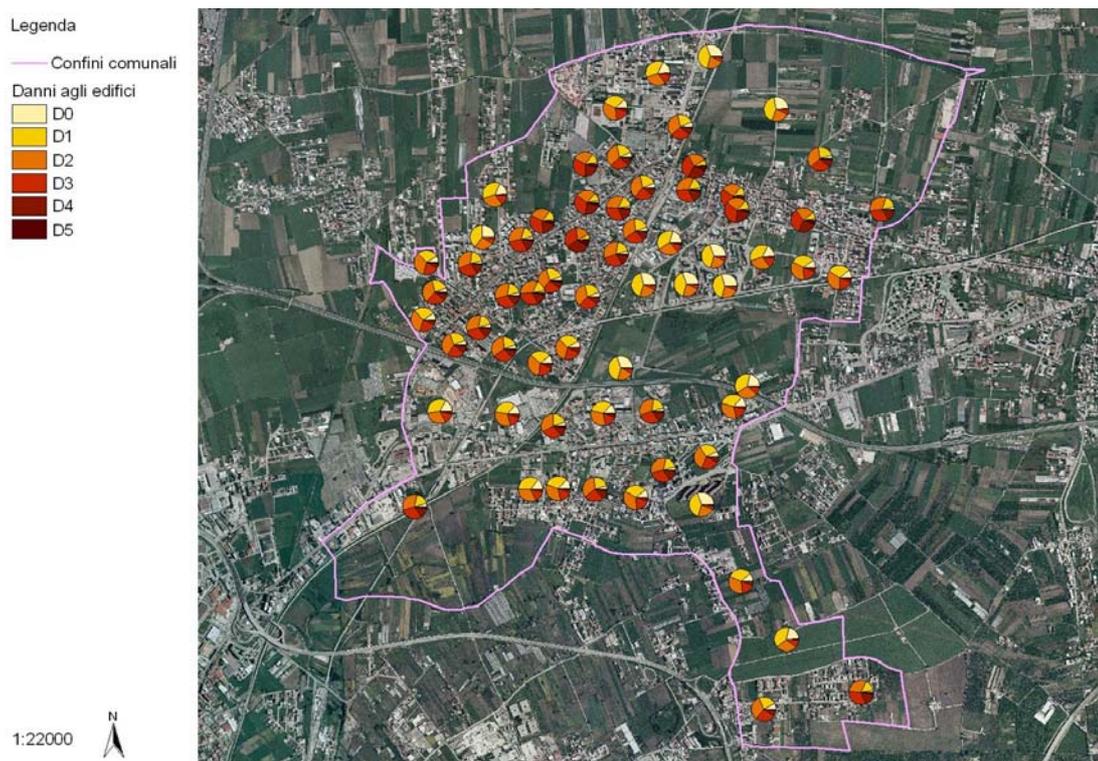
dove D è il danno medio (se >30%).

Si sono, inoltre, differenziati i feriti totali così calcolati in feriti gravi e lievi in proporzione al numero di edifici danneggiati per sezione censuaria con livelli di danno rispettivamente 4 e 3.

tab. 26 Confronto tra la scala EMS-98 e MSK-76

<b>Scala EMS-98</b>	<b>Scala MSK-76</b>
<i>Grado e descrizione</i>	<i>Grado e descrizione</i>
1) danno trascurabile o lieve	1) danno lieve: sottili fessure e caduta di piccole parti dell'intonaco
2) danno moderato	2) danno medio: piccole fessure nelle pareti, caduta di porzioni consistenti di intonaco, fessure nei camini parte dei quali cadono
3) danno grave	3) danno forte: formazione di ampie fessure nei muri, caduta dei camini
4) danno molto grave	4) distruzione: distacchi fra pareti, possibile collasso di porzioni di edifici, parti di edificio separate si sconnettono, collasso di parti interne
5) distruzione	5) danno totale: collasso totale dell'edificio

fig. 59 La distribuzione dei danni dovuti al sisma nel Comune di Casalnuovo



L'impatto del sisma scelto, con accelerazione al suolo pari a  $0,175 a_g/g$ , rivela la situazione critica dei manufatti presenti nel Comune di Casalnuovo. Si contano infatti circa 52 crolli, tutti in aree densamente abitate. Tali aree risultano concentrate principalmente all'interno dell'area di studio. Nel dettaglio, la distribuzione dei danni agli edifici (fig. 59) ed il numero di vittime e feriti (fig. 60) per sezione censuaria dell'area di studio sono riportati nella tabella 27. Su una popolazione residente in tale area di circa 18.000 abitanti, si hanno 346 morti dovuti a danni di quinto livello agli edifici, 632 feriti gravi e più di 1.000 feriti lievi. La distribuzione della popolazione coinvolta mette in evidenza che le sezioni censuarie dell'area di studio maggiormente colpite risultano essere quelle ad ovest della ferrovia FS, e la sezione censuaria immediatamente a nord dell'impianto della Liquigas.

Secondo la descrizione della classificazione EMS-98 illustrata, si considerano responsabili della riduzione della percorribilità dell'area a causa delle ostruzioni stradali, i danni di livello 4 e 5. Ovviamente, nel caso le aree con tale danno si trovino lungo le vie di accesso dall'esterno dell'area verso il suo interno o viceversa si avrebbe un impatto anche sull'accessibilità all'area.

tab. 27 Danni agli edifici ed alla popolazione

Codice sezione	Danno medio	Livelli di danno (scala EMS-98)						Popolazione residente	Danni alla popolazione		
	D	D0	D1	D2	D3	D4	D5		Morti	Feriti gravi	Feriti lievi
11	0,536	0,0215	0,1242	0,2869	0,3316	0,1916	0,0443	463	18	27	51
12	0,558	0,0168	0,1062	0,2685	0,3395	0,2147	0,0543	543	22	38	62
13	0,542	0,0203	0,1196	0,2826	0,3338	0,1971	0,0466	379	10	23	42
14	0,434	0,0580	0,2225	0,3415	0,2621	0,1006	0,0154	536	0	14	37
15	0,348	0,1176	0,3142	0,3358	0,1794	0,0479	0,0051	591	0	4	16
17	0,436	0,0571	0,2207	0,3411	0,2636	0,1018	0,0157	323	0	9	22
18	0,429	0,0607	0,2280	0,3426	0,2575	0,0967	0,0145	663	0	16	45
19	0,446	0,0520	0,2096	0,3381	0,2727	0,1100	0,0177	788	0	23	59
20	0,506	0,0295	0,1508	0,3088	0,3160	0,1617	0,0331	1076	24	54	104
21	0,474	0,0402	0,1813	0,3269	0,2947	0,1328	0,0240	1114	20	42	96
22	0,637	0,0063	0,0555	0,1944	0,3407	0,2985	0,1046	1033	96	116	132
32	0,598	0,0105	0,0781	0,2324	0,3456	0,2570	0,0764	927	56	83	114
34	0,441	0,0545	0,2152	0,3397	0,2681	0,1058	0,0167	1549	18	44	112
36	0,354	0,1123	0,3080	0,3379	0,1854	0,0509	0,0056	884	0	5	29
37	0,580	0,0130	0,0901	0,2491	0,3442	0,2378	0,0657	671	42	54	80
38	0,292	0,1773	0,3665	0,3030	0,1252	0,0259	0,0021	1418	0	0	0
39	0,560	0,0166	0,1053	0,2675	0,3399	0,2159	0,0549	371	16	27	41
40	0,552	0,0180	0,1110	0,2738	0,3377	0,2082	0,0514	622	24	43	69
41	0,494	0,0333	0,1623	0,3164	0,3084	0,1503	0,0293	225	0	10	21
42	0,269	0,2083	0,3839	0,2829	0,1043	0,0192	0,0014	161	0	0	0
43	0,213	0,3015	0,4085	0,2214	0,0600	0,0081	0,0004	957	0	0	0
44	0,213	0,3015	0,4085	0,2214	0,0600	0,0081	0,0004	1389	0	0	0
45	0,213	0,3015	0,4085	0,2214	0,0600	0,0081	0,0004	757	0	0	0
46	0,220	0,2883	0,4071	0,2300	0,0650	0,0092	0,0005	405	0	0	0

In particolare, sono stati considerati interrotti i tratti di strada interessati su almeno uno dei lati da sezioni censuarie con edifici a filo strada con la somma delle percentuali di danno di livello 4 e 5 superiore al 40%. Fatta un'indagine a campione su più sezioni censuarie con edifici a filo strada, infatti, è emerso che in media il 40% degli edifici sono prospicienti la strada, quindi se il livello di danno è uguale almeno al 40% su un lato della strada, è probabile che uno degli edifici prospicienti la strada sia crollato, ostruendola.

Le ostruzioni stradali risultate maggiormente probabili in riferimento a tale criterio corrispondono alle due strade che circondano la sezione censuaria 22 a sud-ovest dell'area di studio (fig. 61).

Tali ostruzioni quindi interessano una delle aree maggiormente colpite dal sisma in termini sia di danni agli edifici che di danni alla popolazione.

Per i feriti gravi dell'area di studio, impossibilitati a muoversi ed a mettersi al sicuro autonomamente, è stata valutata, in termini di accessibilità, la possibilità di ricevere soccorsi in tempi ridotti. Per definire tale tempistica, si è considerata una soglia di 8 minuti per l'arrivo dei soccorsi sul posto o per il trasporto da parte dei privati verso le attrezzature ospedaliere più vicine.

fig. 60 Distribuzione della popolazione coinvolta dal sisma

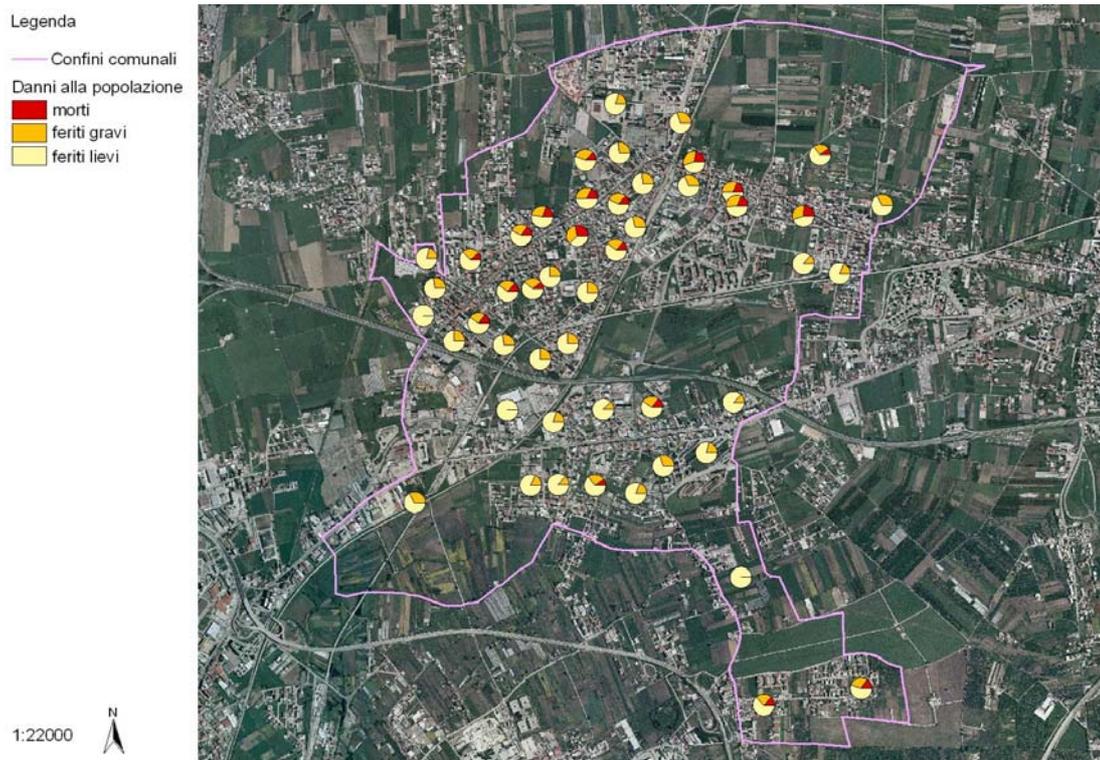


fig. 61 Possibili ostruzioni della viabilità nell'area di studio

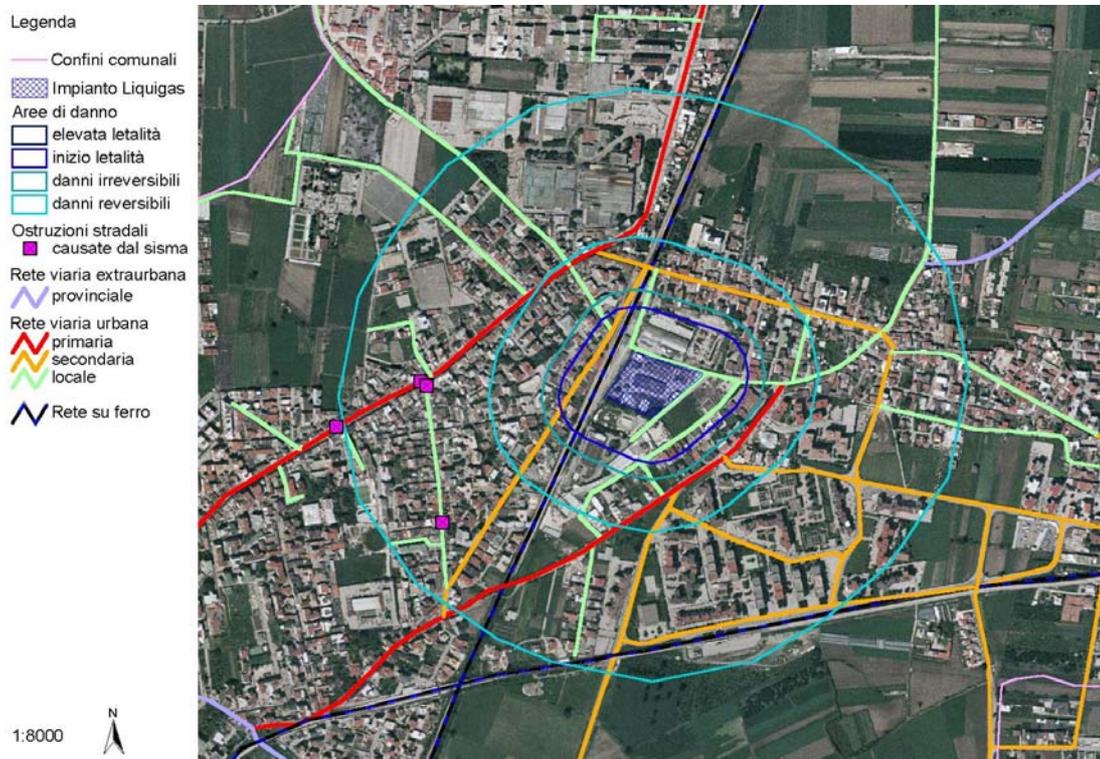


fig. 62 Una delle strade che potenzialmente possono ostruirsi a causa del sisma



La soglia degli 8 minuti quale parametro di confronto per la valutazione della tempestività dei soccorsi è stata assunta in riferimento alla Carta dei servizi del servizio 118 della città di Milano ([www.118milano.it](http://www.118milano.it)) che assume tale intervallo di tempo quale ottimale per la prestazione dei soccorsi per le principali emergenze.

Sono stati valutati, quindi, i tempi per il collegamento delle sezioni censuarie con la caserma dei Vigili del Fuoco di Afragola, la più vicina all'area di studio, e con l'Ospedale di Pollena Trocchia, a sud. Quest'ultimo è stato scelto come unica attrezzatura ospedaliera di riferimento per la popolazione dell'area colpita in quanto è quella più vicina ed è quella in cui con maggiore probabilità si ha possibilità di avere soccorso, presupponendo la totale saturazione, in caso di un sisma che interessi contemporaneamente anche queste aree, delle attrezzature ospedaliere di Napoli, a ovest, e dell'Ospedale di Nola, ad est, data l'elevata densità abitativa dei contesti in cui sono collocati.

Ovviamente, per l'Ospedale di Pollena Trocchia, andrebbe effettuata una stima dettagliata del suo bacino di utenza, del carico totale che dovrebbe sostenere in caso di un sisma e della possibilità di potenziarne la capacità di risposta in fase di emergenza.

Si richiama l'attenzione su tale aspetto per sottolineare la non scindibilità delle analisi a scala vasta e a scala locale in caso di indagini relative agli eventi na-tech.

La localizzazione delle due attrezzature considerate rispetto all'area di studio e la rete primaria esistente sono riportate in figura 63.

Per quanto riguarda i principali varchi di accesso stradale all'area di studio ne sono stati individuati 11 (fig. 64). In particolare, data la disposizione delle attività considerate, è evidente che i VVF utilizzeranno prioritariamente i varchi di accesso a nord dell'area, mentre, per usufruire dei servizi ospedalieri è preferibile utilizzare quelli a sud. Due di questi rappresentano le uniche possibilità per arrivare direttamente nell'area ad est della ferrovia FS.

I tempi minimi di percorrenza tra Ospedale o Caserma dei VVF e i vari punti di accesso all'area di studio sono indicati in tabella 28.

tab. 28 Tempi di accesso ai varchi da parte dei VVF e dei soccorsi sanitari

Varco	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
VVF	7,2	6,4	7,1	6,6	6,4	4,9	6,5	7,2	8,1	7,9	5,6
Ospedale	12,8	13,5	9,4	8,5	7,8	12,6	7,6	8,3	9,1	9,0	11,9

fig. 63 Localizzazione delle principali attrezzature di emergenza

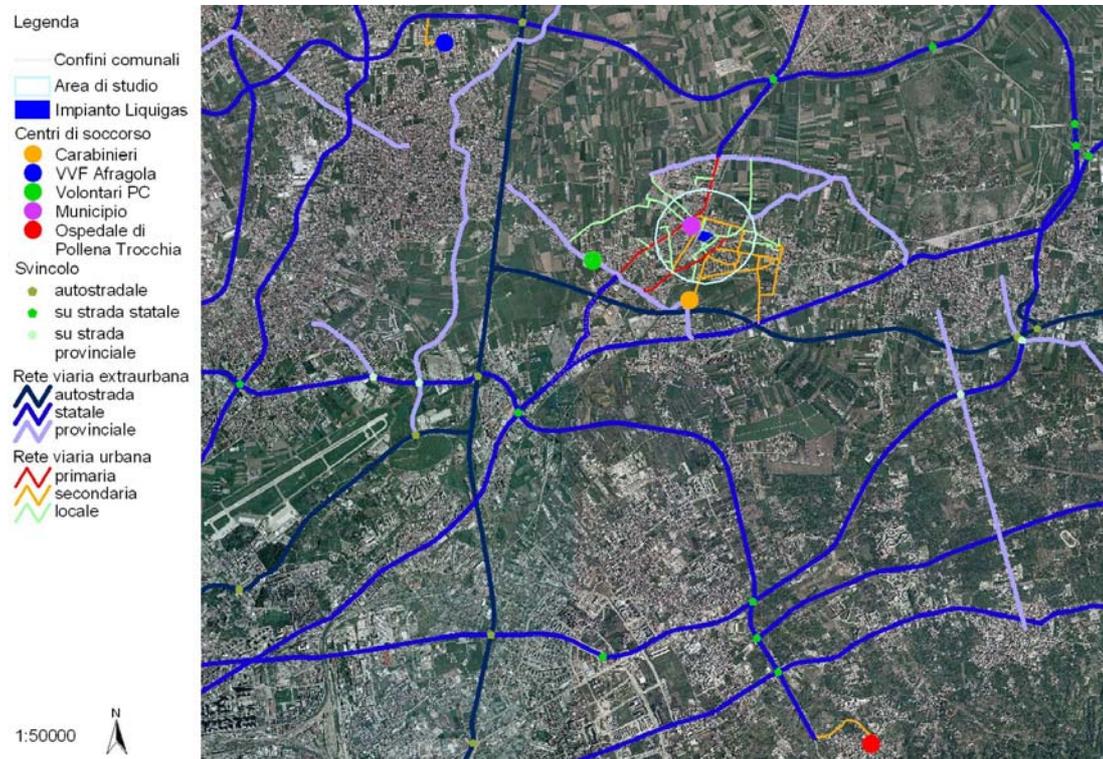
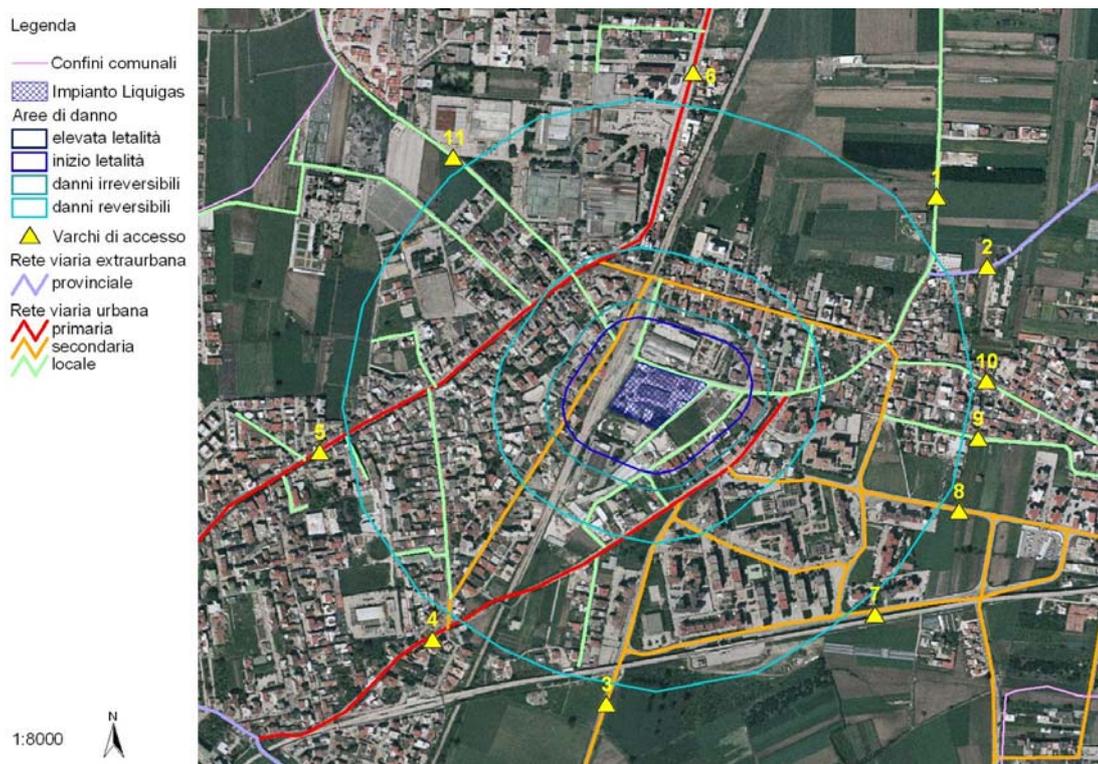


fig. 64 I varchi di accesso all'area di studio



Tali tempi sono stati calcolati tenendo conto di una velocità di percorrenza differente per ciascuna tipologia di asse stradale, in base alle indicazioni del Codice della Strada vigente: 130 km/h per le autostrade, 110 km/h per le statali, 90 km/h per le provinciali, 50 km/h per le strade urbane primarie, 30 km/h per le secondarie e 20 km/h per le locali.

È evidente come la situazione per usufruire dei servizi ospedalieri sia critica già solo per quanto riguarda il percorso tra la sede dell'attrezzatura e i confini dell'area di studio: tale distanza, infatti, richiede tempi di percorrenza superiori agli 8 minuti.

Inoltre, le ostruzioni dovute al sisma comportano la probabile non utilizzabilità del varco 5 che è il solo, assieme al 7, collegato all'Ospedale di Pollena Trocchia in meno di 8 minuti.

In figura 65, sono indicati i tempi di accesso dei VVF al baricentro di ciascuna sezione censuaria. Tutta l'area di studio risulta raggiungibile dai mezzi di soccorso in un tempo accettabile utilizzando uno dei dieci varchi disponibili a seguito delle ostruzioni. Come già prefigurato, la situazione risulta essere molto differente per quanto riguarda i collegamenti tra il baricentro delle singole sezioni censuarie e

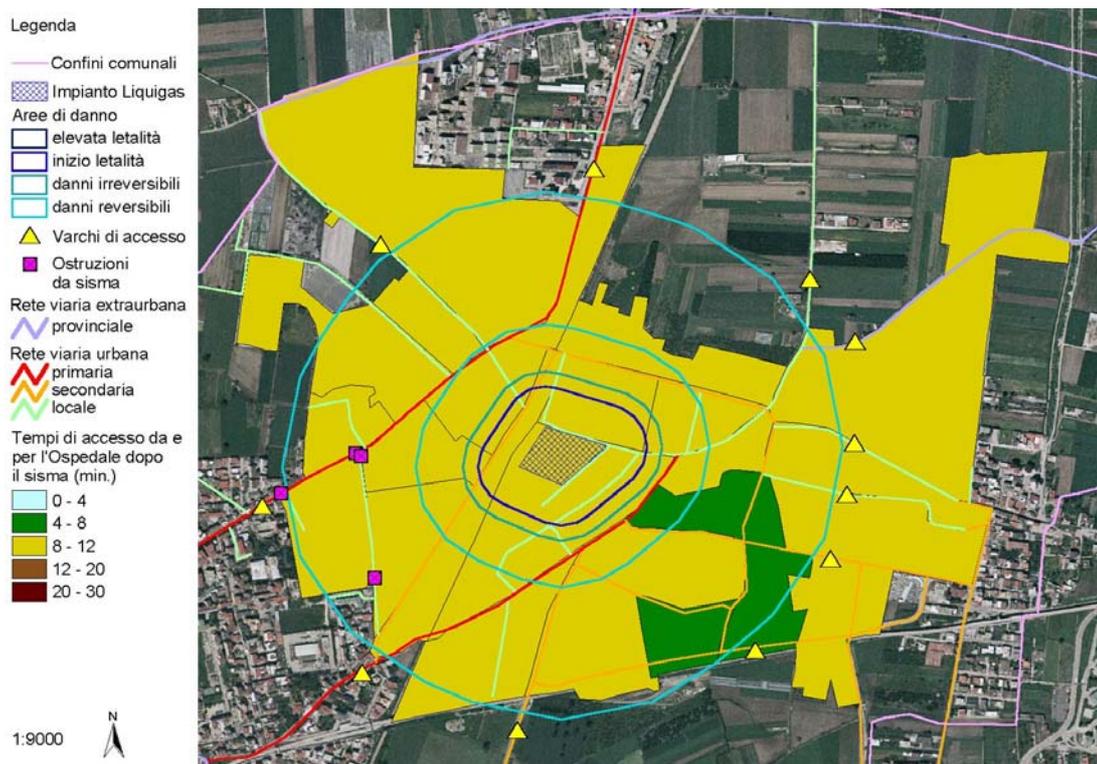
l’Ospedale di Pollena Trocchia. Solo in due sezioni censuarie a sud si rilevano tempi di percorrenza accettabili (fig. 65). Le restanti sezioni censuarie, invece, risultano raggiungibili con tempi superiori. Le due sezioni censuarie raggiungibili in tempi ridotti non corrispondono, però, ad aree in cui è prioritario l’intervento dei soccorritori, in quanto caratterizzate, rispetto ad altre sezioni censuarie, da un numero ridotto di danni agli edifici e, conseguentemente, di morti e feriti.

Da tale tipo di analisi, emergono alcune rilevanti criticità del Comune di Casalnuovo a seguito dell’impatto del sisma considerato. In primo luogo, va sottolineata la ridotta possibilità di accedere ai servizi sanitari in tempi brevi. Se da un lato ciò dipende dalla distanza dell’Ospedale di Pollena Trocchia dall’area di studio che rende difficoltosi i collegamenti specialmente con le aree a nord dell’impianto, dall’altro, i percorsi per accedere all’area di studio a sud risultano decisamente articolati e non comprendono tratti autostradali sui quali sarebbe possibile una velocità di percorrenza maggiore. Non esiste, infatti, uno svincolo dell’Autostrada A16 nel territorio comunale, sebbene questa attraversi il Comune in direzione est-ovest appena a sud dell’area di studio.

fig. 64 Tempi di accesso dei Vigili del Fuoco alle sezioni censuarie dopo il sisma



fig. 65 Tempi di accesso da e per l'Ospedale di Pollena Trocchia di ciascuna sezione censuaria



Inoltre, è evidente la scarsità di collegamenti tra zona est e zona ovest dell'area di studio che scavalchino la ferrovia FS.

Se i feriti gravi restano sul posto in attesa di soccorsi o vengono trasportati verso le attrezzature ospedaliere con mezzi privati, i feriti lievi e la popolazione non coinvolta tenderà autonomamente a portarsi presso le aree di attesa più vicine.

Tenendo conto che nel Comune di Casalnuovo non è stato ancora approvato un Piano di Emergenza di Protezione Civile che indichi le aree di attesa, sono state individuate, all'interno dell'area di studio e nelle aree ad essa limitrofe, le aree in cui la popolazione potrebbe spontaneamente recarsi in caso di sisma per sottrarsi a possibili crolli. In particolare, sono state identificate le principali piazze e slarghi e alcune aree libere prive di recinzioni all'interno dell'edificato e l'area mercatale a nord-est dell'area di studio. Inoltre, sono stati considerati come possibili aree di attesa anche le principali attrezzature sportive pubbliche, il palazzetto dello sport e lo stadio Comunale che, anche se chiuse e quindi non direttamente utilizzabili dalla popolazione, possono rappresentare una riserva di spazi in caso di necessità.

Le aree individuate sono illustrate in figura 66. Esse sono localizzate principalmente nella zona di edificazione recente, più rada, ad est dell'area di studio (fig. 67). All'interno del centro storico, ad ovest, più compatto (fig. 67), è stato possibile identificare solo due piccoli spazi corrispondenti alla piazza antistante il Municipio e ad un'area verde attrezzata ad essa adiacente.

In tutto le aree di attesa individuate sono 17 per una superficie totale di 75.340 m<sup>2</sup>.

Ipotizzando un indice di occupazione di 1,5 ab/m<sup>2</sup>, si ottiene una capienza totale di circa 113.000 persone (fig. 68). Tale offerta soddisfa sicuramente la domanda di spazi per accogliere la popolazione coinvolta nei danni strutturali ed i feriti lievi.

Oltre alla disponibilità fisica degli spazi, si è quindi proceduto alla verifica della distribuzione delle aree di attesa sul territorio in modo da permettere a ciascuna persona di portarsi in una di esse a piedi in un tempo breve. Fissando una velocità di percorrenza di 4km/h, sono state attribuite a ciascuna area di attesa le sezioni censuarie dal baricentro delle quali è possibile raggiungere il limite esterno dell'area di raccolta in meno di 5 minuti (circa 350 m.) (fig. 69).

Inoltre, è stato valutato anche il grado di saturazione di ciascuna area di attesa (fig.70) dopo lo spostamento della popolazione.

fig. 66 Le aree di attesa

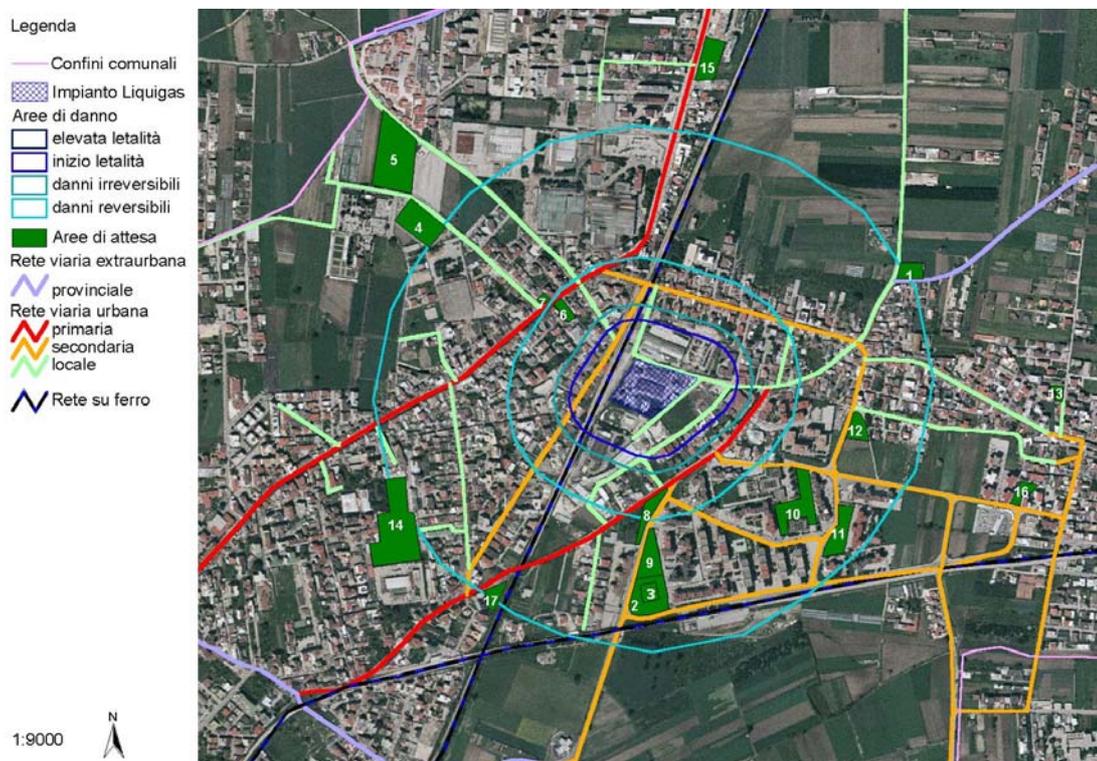


fig. 67 Tessuto rado e tessuto compatto all'interno dell'area di studio



Da tale indagine emerge che nessuna delle aree di attesa considerate raggiunge il suo limite di capienza, confermando così la sufficiente disponibilità di tali spazi nell'area di studio.

Le aree di attesa maggiormente saturate sono quelle interne al centro storico che si avvicinano alla loro capienza massima a causa dell'elevata densità residenziale dei tessuti urbani circostanti e delle loro ridotte dimensioni. Tutta la popolazione può, quindi, raggiungere un'area d'attesa in tempi accettabili.

Solo alla sezione censuaria che costeggia la ferrovia FS ad ovest non è stato possibile associare nessuna area di attesa perché tutte troppo distanti dal suo baricentro. In realtà, tale problema deriva dall'aver considerato il baricentro dell'intera sezione censuaria (di forma geometrica allungata) quale punto di partenza del percorso verso l'area di attesa più vicina. È comunque ipotizzabile, anche tenendo conto della capienza residua delle altre aree di attesa, che il totale della popolazione residente in quest'area possa dividersi raggiungendo agevolmente le aree a nord, vicino al Municipio, e immediatamente a sud della sezione censuaria stessa.

Inoltre, in figura 69, sono indicate le aree di attesa non considerate nella distribuzione della popolazione subito dopo il sisma. Queste aree corrispondono allo stadio comunale, al palazzetto dello sport e all'area ad esso circostante. Queste aree non sono liberamente accessibili, in quanto chiuse, ma rappresentano un'importante riserva di spazi da utilizzare se necessario.

C

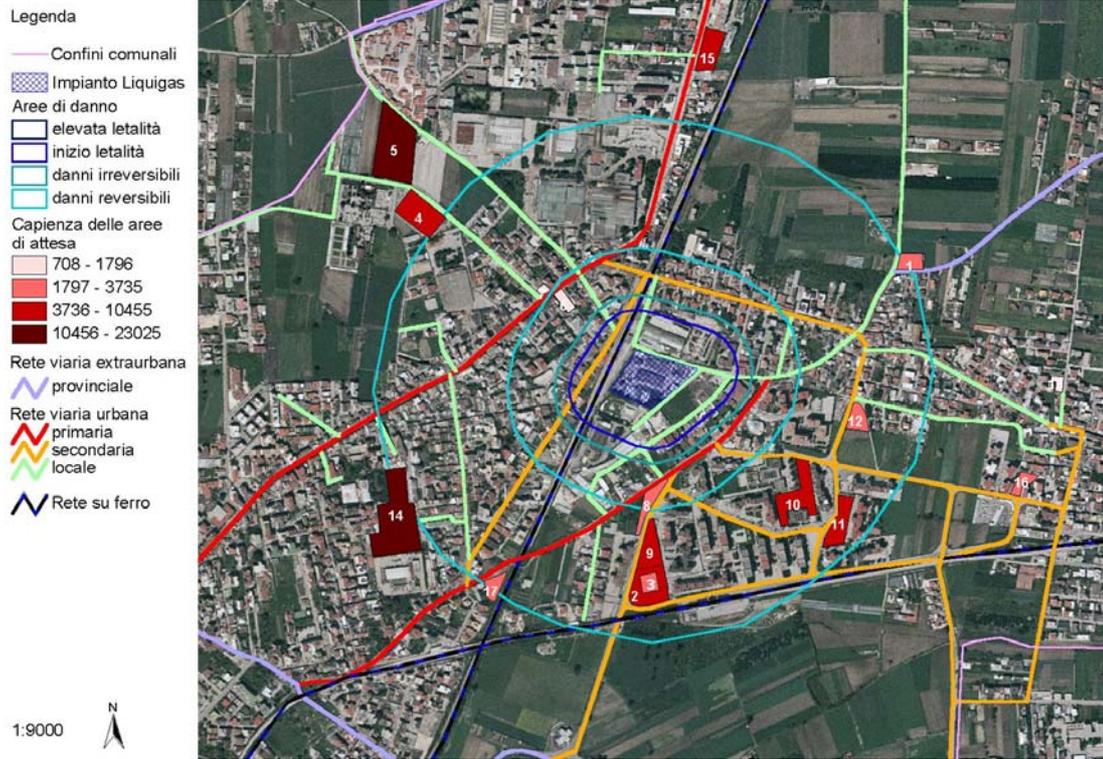
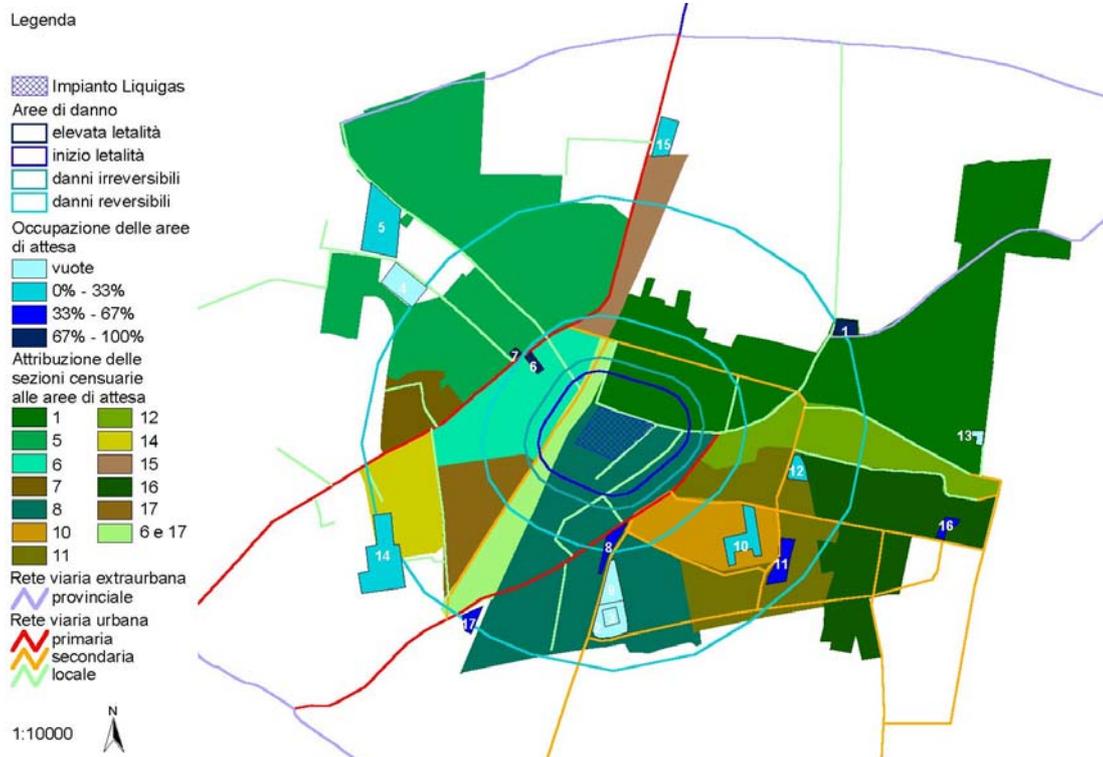


fig. 69 Attribuzione di ciascuna sezione censuaria ad un'area di attesa e grado di occupazione



In particolare, il palazzetto dello sport, in quanto attrezzatura coperta, può rappresentare un ricovero per una parte della popolazione in caso di incidente rilevante.

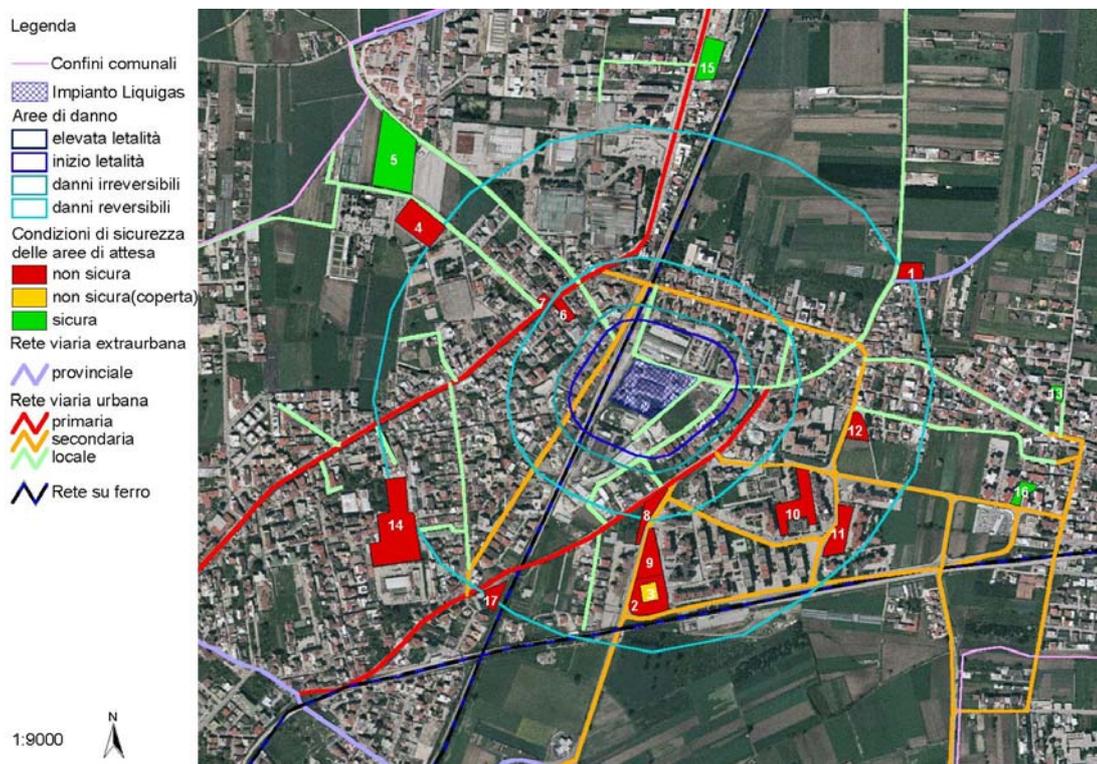
Entro un'ora dal sisma, secondo lo scenario ipotizzato, è possibile l'innesco di un'esplosione da nube di vapore non confinata (UVCE) all'interno dello stabilimento della Liquigas che impatta sull'area di studio.

Secondo le indagini condotte, la maggior parte della popolazione non colpita e dei feriti lievi si trovano concentrati nelle aree di attesa al momento dell'esplosione.

Focalizzando l'attenzione su questa categoria di cittadini, è stata quindi condotta una verifica per definire il grado di sicurezza delle aree di attesa rispetto all'incidente tecnologico (fig. 70). Tutte quelle ricadenti nel raggio di 550 m. dal confine della Liquigas sono da ritenersi non sicure.

Inoltre, a vantaggio di sicurezza, sono state classificate come non sicure anche quelle aree di attesa localizzate immediatamente oltre i confini dell'area di studio. Tale scelta è stata motivata dal voler tenere conto dell'incertezza legata alla definizione delle soglie di danno come dimostrano numerosi studi e progetti di ricerca (Lauridsen et al., 2002; Pignatta, 2002)

fig. 70 Condizioni di sicurezza di ciascuna area di attesa rispetto allo scenario incidentale



In particolare, possono considerarsi “sicure” solo l’area mercatale e le aree di attesa che non intersecano l’area di studio. Tutte le altre aree sono classificate come “non sicure”. Queste aree dovrebbero essere evacuate in tempi brevi per evitare che la popolazione in esse raccolta subisca gli effetti dell’incidente rilevante.

Date le sue caratteristiche, il palazzetto dello sport, è stato differenziato dalle altre aree “non sicure”, poiché, essendo una attrezzatura coperta e non localizzata nell’area in cui potrebbero aversi danni strutturali a seguito dell’esplosione, potrebbe essere indicata come area di attesa secondaria, in caso non si riuscisse ad evacuare tutta la popolazione dall’area di danno. In totale, le persone presenti nelle aree di attesa “non sicure” sono 13.037. Sarebbe quindi necessario disporre di una superficie libera fuori dall’area di danno di 8.691 m<sup>2</sup> (considerando un indice di affollamento di 1,5 ab/m<sup>2</sup>). È stato possibile, comunque, sfruttare la capacità residua delle aree di attesa “sicure” che ammonta a 28.000 persone per ospitare le persone esposte all’incidente rilevante. Gli spostamenti, a seconda della loro lunghezza, potrebbero essere effettuati a piedi o attraverso mezzi messi a disposizione dai soccorritori. È stata valutata la possibilità di trasferimento a piedi dalle aree di attesa “non sicure” a quelle “sicure” più vicine, in 5 minuti (fig. 71). La maggior parte della popolazione può recarsi in tempi ridotti in aree di attesa sicure. Solo per le 5.533 delle aree 8, 11, 14 e 17 è necessario individuare nuove superfici per un totale di circa 3.700 mq. da localizzare in direzione sud rispetto all’area di studio e raggiungibili a piedi in 5 minuti (circa 350 m.).

Per quanto riguarda le 3.045 persone che hanno trovato ricovero nell’area di attesa 1 “non sicura” non è ipotizzabile il ricovero nell’area “sicura” 15 che ha una capacità residua di 6.422 persone ampiamente sufficiente, ma richiede un tragitto di circa 1,5 km. per essere raggiunta evitando di passare in prossimità dell’impianto della Liquigas; si rende quindi necessaria l’individuazione di un area di circa 2.000 mq. a nord-est dell’area di studio.

Poiché la definizione delle aree di attesa indica che “in tali aree la popolazione riceverà le prime informazioni sull’evento e i primi generi di conforto, in attesa dell’allestimento delle aree di ricovero”, si è proceduto ad una stima dei tempi di accesso a tutte le aree di attesa da parte dei Carabinieri e dei Volontari della Protezione Civile presenti sul territorio.

fig. 71 Lo spostamento della popolazione in aree di attesa sicure

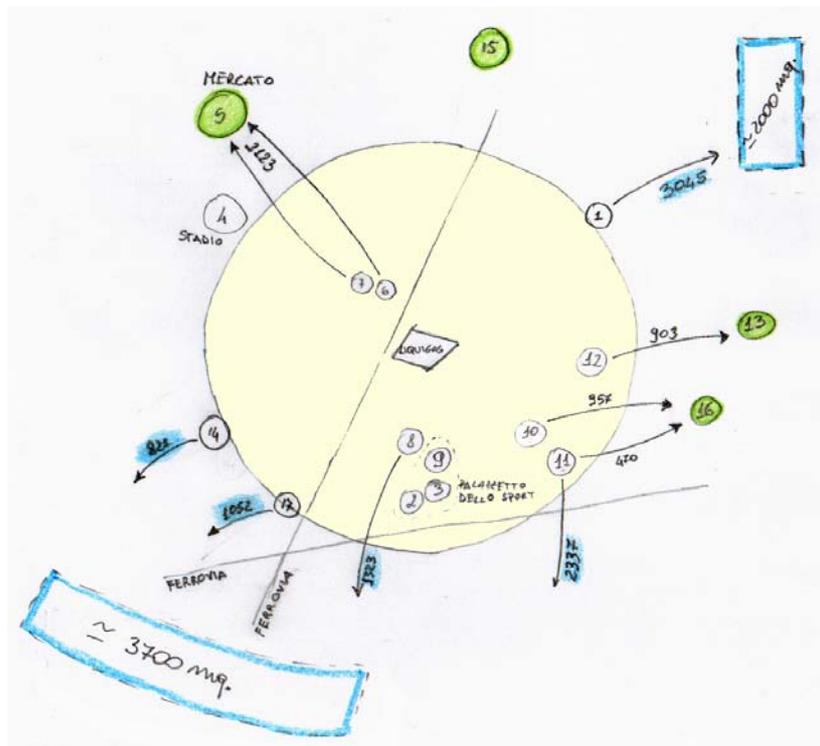


fig. 72 Tempi di accesso dei Carabinieri alle aree di attesa

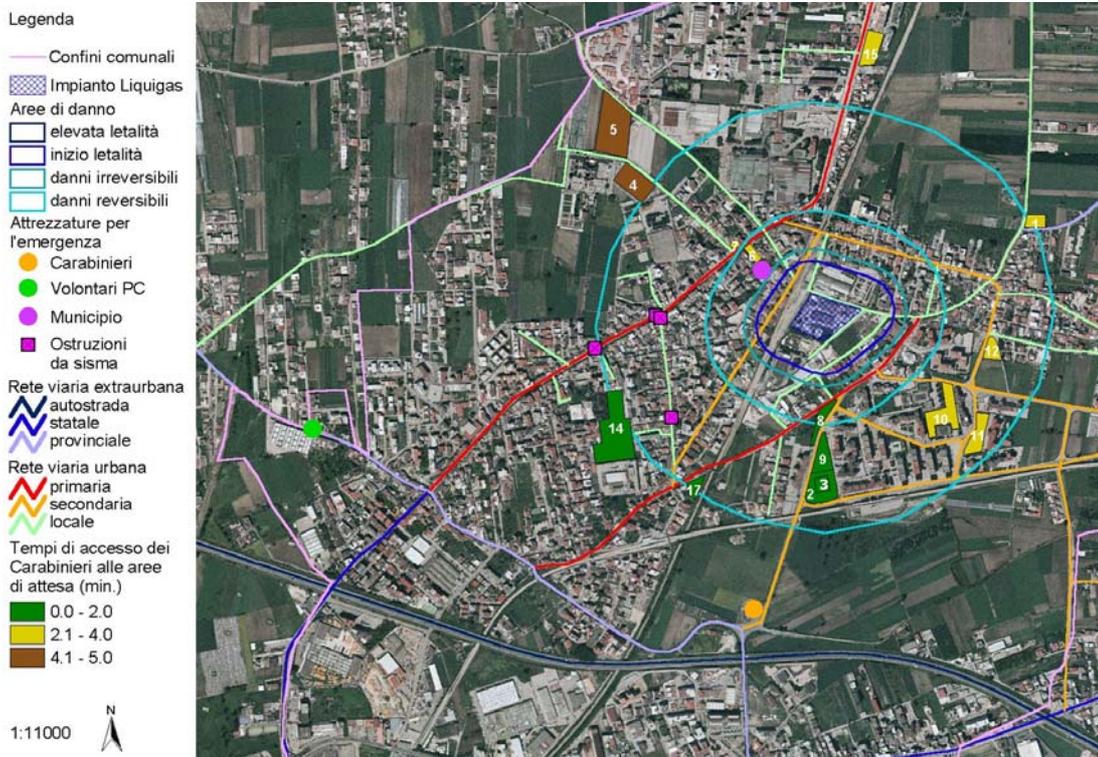
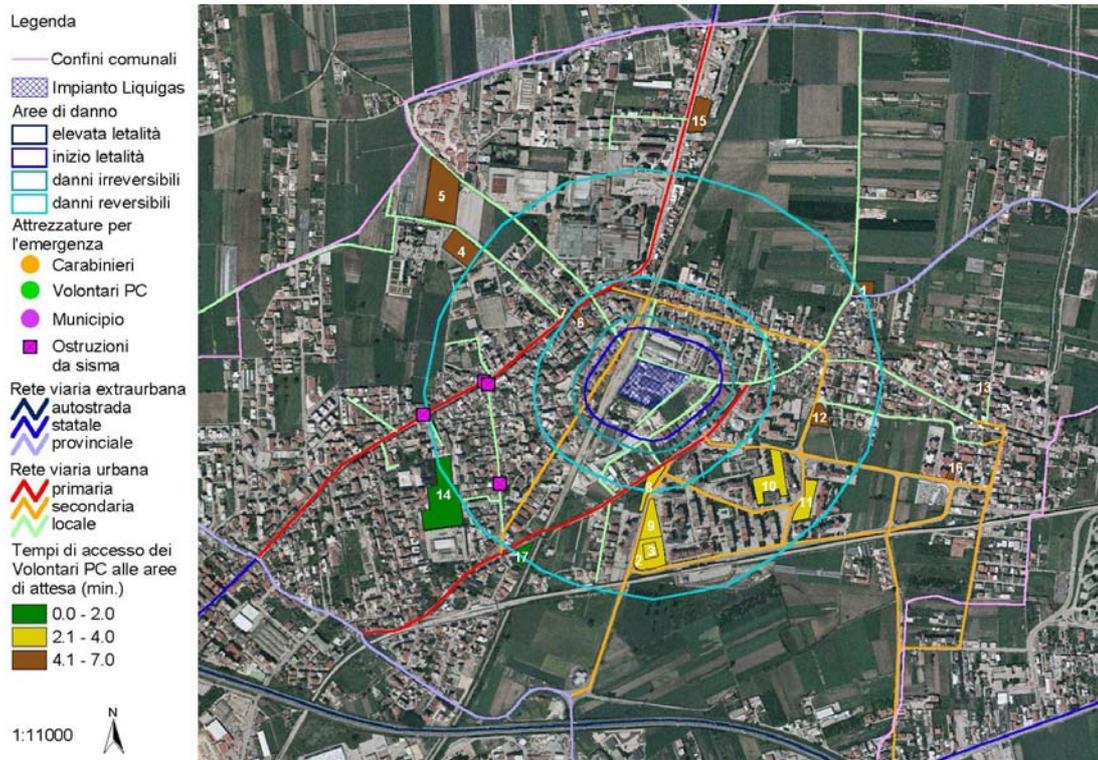


fig. 73 Tempi di accesso dei Volontari della Protezione Civile alle aree di attesa



A Casalsuovo è presente una caserma dei Carabinieri a sud dell'area di studio e un centro di Volontari della Protezione Civile a ovest. Dall'analisi dei percorsi minimi emerge che i mezzi di entrambi i corpi possono agevolmente raggiungere le aree di attesa non sicure in un tempo massimo di circa 5 minuti (fig. 72, fig. 73).

Data la posizione, i Carabinieri potrebbero occuparsi delle aree a est della ferrovia, mentre la PC potrebbe recarsi nelle aree a ovest e a nord.

Purtroppo data la possibile ostruzione di uno dei varchi a sud a causa dei danni conseguenti al terremoto, i volontari sono costretti ad aggirare il centro di Casalsuovo a ovest utilizzando una strada locale che diventerebbe quindi un asse strategico da potenziare, per evitarne la non agibilità (per allagamenti o cattiva manutenzione del manto stradale).

Successivamente all'esplosione UVCE, l'onda di pressione può investire chiunque si trovi in strada nell'area di inizio letalità ed elevata letalità, determinandone la morte a causa della compressione degli organi più sensibili (polmoni) e della possibilità di essere proiettati verso oggetti rigidi (pareti, manufatti, etc.). In particolare, i feriti gravi presenti in tali aree e quindi esposti maggiormente a tale impatto sono circa 18,

localizzati nell'area delimitata dalla ferrovia e dalla strada primaria che attraversa il centro storico.

Per quanto riguarda i danni reversibili e irreversibili alla popolazione a seguito dell'esplosione UVCE, il pericolo maggiore è rappresentato dalla possibile rottura dei timpani, dalle ferite a seguito del lancio di proiettili di grandi dimensioni (molto probabili per esplosioni di serbatoi di GPL) e della rottura di vetri. Se si pensa che i proiettili possono cadere in aree dove si trova ammassata la popolazione, è possibile immaginare quanto devastante possa essere tale eventualità. Come già detto, la popolazione presente in aree non sicure e quindi esposte al lancio di proiettili è di 13.037 persone di cui 3.451 si trovano in aree di attesa totalmente o parzialmente interne all'area di danni irreversibili.

In questo caso, nell'ipotesi che un singolo frammento colpisca ciascuna area di attesa, si è stimato il numero di persone in esse presenti per m<sup>2</sup> di superficie quale indicatore del danno potenziale che tale proiettile può provocare. Dove maggiore è la densità di persone presenti, maggiore sarà la probabilità che un singolo proiettile ferisca un numero maggiore di persone (fig. 74). Da tale dato, quindi è possibile individuare quali siano le aree di attesa su cui intervenire prioritariamente per la messa in sicurezza della popolazione. Le aree di attesa prossime al Municipio, ad esempio, sono quelle maggiormente vicine all'impianto della Liquigas ma anche quelle con una maggiore concentrazione di popolazione.

Inoltre, sarebbe preferibile intervenire prioritariamente per l'allontanamento della popolazione presente nell'area di attesa ai limiti dell'area di studio a nord-ovest, che sebbene sia la più lontana dall'impianto, tra le aree non sicure, è tra quelle con l'affollamento maggiore.

Oltre ai danni diretti alla popolazione, l'altra importante conseguenza dell'UVCE da tenere in conto per la stima degli impatti dell'evento na-tech sono i danni che l'onda di pressione può indurre sugli edifici. In particolare, si considera che tutti gli edifici che hanno subito un danno a causa del terremoto e che si trovano nell'area dove sono possibili danni alle strutture, passeranno al livello di danno superiore. Nel caso in esame, l'area all'interno della quale è possibile avere danni strutturali corrisponde a quella racchiusa in un raggio di 95 metri attorno al confine dell'impianto.

C

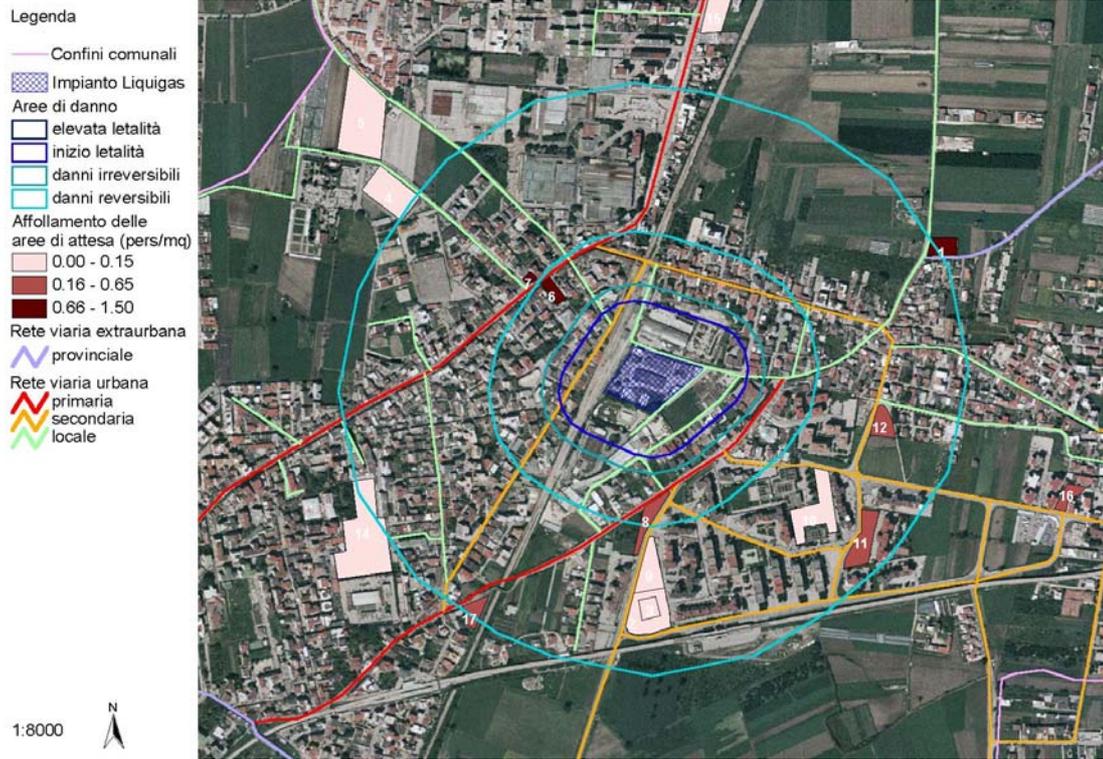
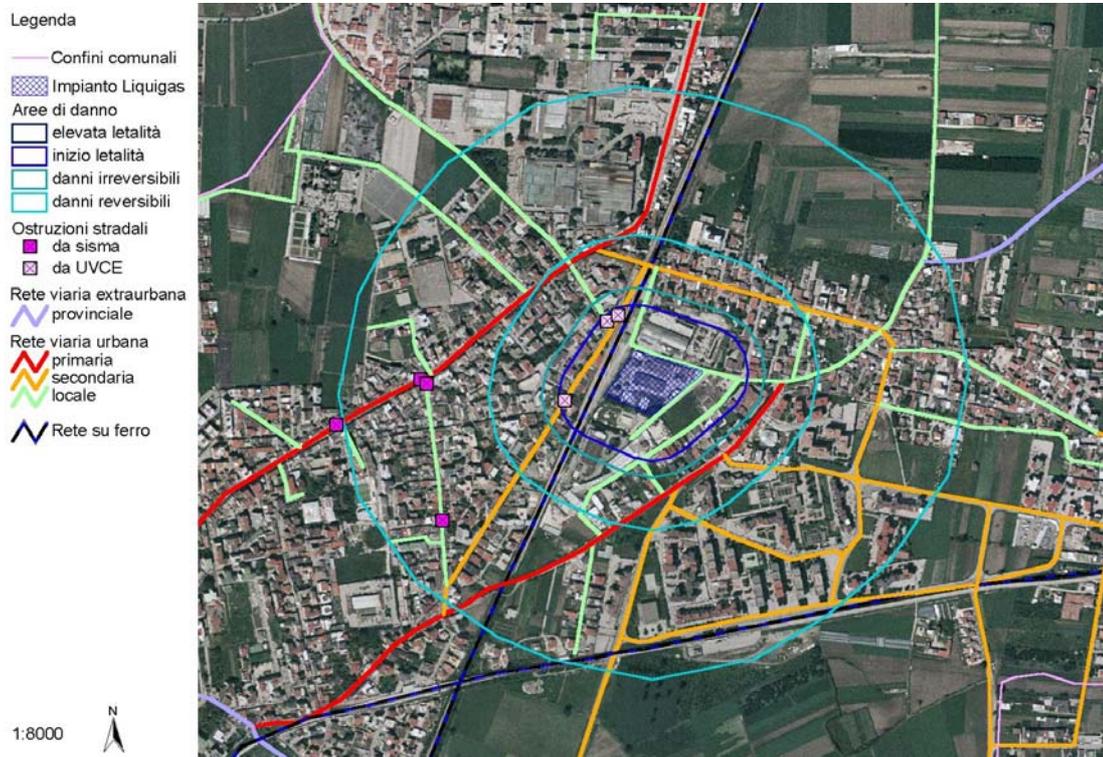


fig. 75 Possibili ostruzioni della viabilità dovute ai danni agli edifici causati dal sisma e dall'UVCE



Applicando lo stesso criterio adottato per definire le ostruzioni stradali a seguito dei crolli provocati dal sisma a tale area, sono stati identificati i tratti di strada in cui la somma dei danni di livello 4 e 5 (ossia i livelli 3 e 4 stimati per il sisma) supera il 40%. In particolare, potenzialmente si ostruisce la strada secondaria ad ovest dell'impianto (fig. 75).

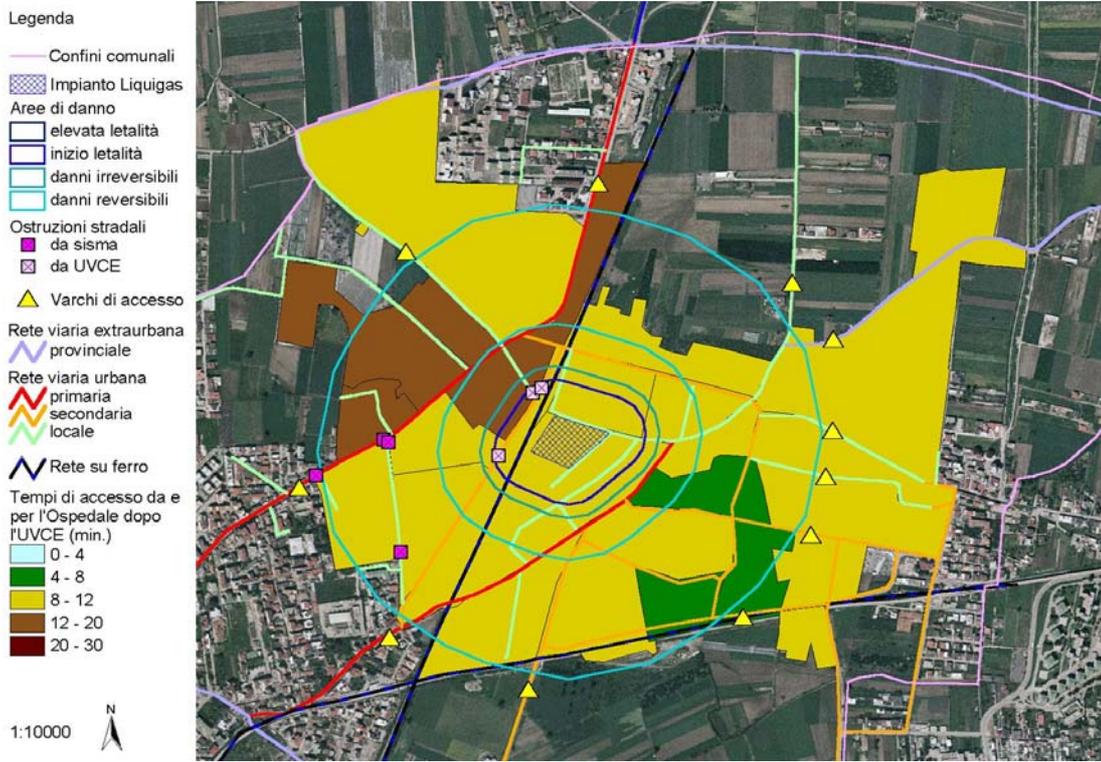
Le conseguenze sull'accessibilità, data quest'ostruzione aggiuntiva, sono rilevanti in particolar modo per le sezioni censuarie situate ad ovest della ferrovia. La maggior parte di queste che, a seguito del sisma devono utilizzare quale via più breve per usufruire dei servizi ospedalieri il solo varco 4, sono costrette ad utilizzare varchi alternativi con un conseguente aumento dei tempi di percorrenza. In particolare, partendo dalla constatazione che comunque i tempi di accesso a queste aree da parte dei soccorritori sono superiori agli 8 minuti, per alcune di esse (fig. 76) i tempi di accesso rispetto al solo impatto del sisma aumentano di circa 3 minuti (fig. 77). Il protrarsi dei tempi necessari per soccorrere i 101 feriti gravi presenti in queste sezioni censuarie aumenta la probabilità di avere decessi in tali aree.

La valutazione della variazione dei tempi di intervento dei Vigili del Fuoco nelle singole sezioni censuarie dell'area di studio conferma, invece, che tali tempi, anche dopo l'incidente rilevante, sono ancora al di sotto degli 8 minuti (fig. 78). Un incremento sensibile di circa un minuto di tali tempi riguarda due sezioni censuarie (fig. 79) in cui sono presenti in tutto 65 feriti gravi.

Lo scenario di evento na-tech prefigurato è riferito ad un arco temporale notturno; quindi non si è tenuto conto di alcune attrezzature presenti nell'area che potrebbero determinare un incremento dei danni e, conseguentemente, una domanda aggiuntiva di soccorsi.

In particolare, va evidenziata la distribuzione delle scuole nell'area di studio. L'area comprende ben 5 scuole e due sono localizzate immediatamente all'esterno (fig. 80). Si tratta di scuole materne, elementari e medie, caratterizzate quindi da un'utenza particolarmente vulnerabile sia ad un potenziale sisma che ad un incidente rilevante. Il numero di alunni totale che usufruisce di tali attrezzature è di 3.300 circa. Tre delle cinque scuole menzionate sono localizzate all'interno delle aree di inizio letalità ed elevata letalità (fig.81) per un totale di 1.500 bambini esposti. Un'esplosione UVCE induce morte per l'effetto dell'onda di pressione sugli organi interni più delicati.

fig. 76 Tempi di accesso da e per l'Ospedale di Pollena Trocchia dalle sezioni censuarie dopo l'UVCE



C

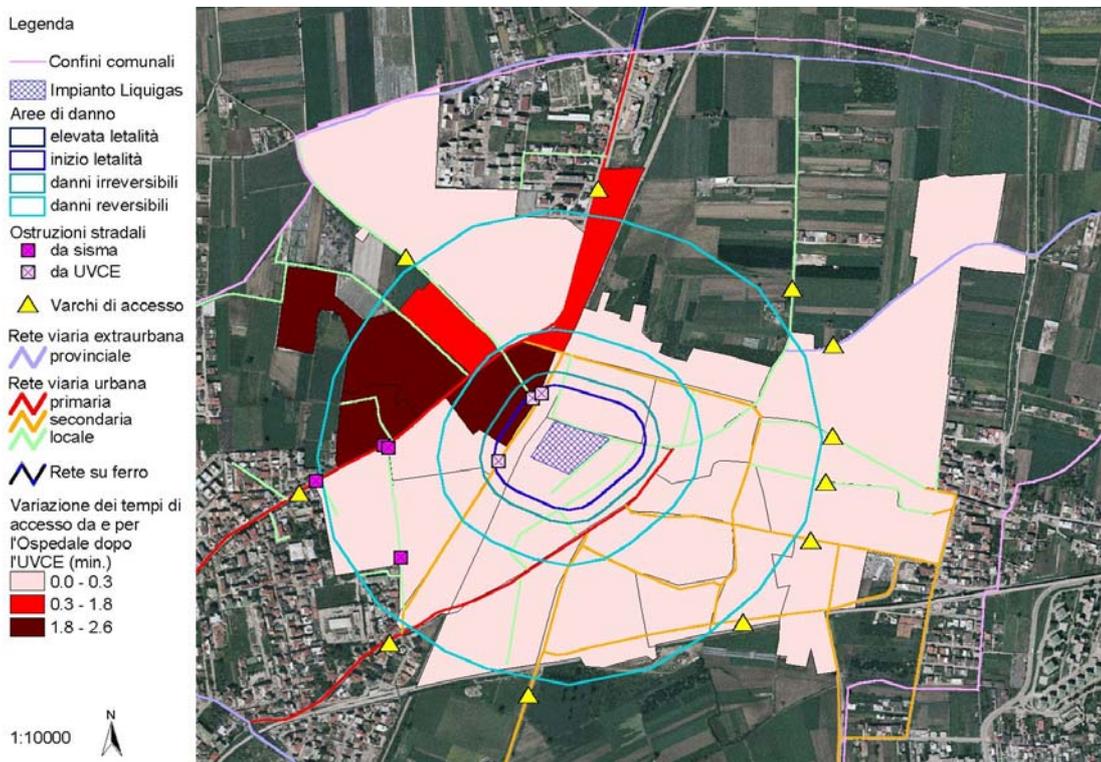


fig. 78 Tempi di accesso dei VVF alle sezioni censuarie dopo l'UVCE



fig. 79 Variazione dei tempi di accesso alle sezioni censuarie dei VVF dopo l'UVCE

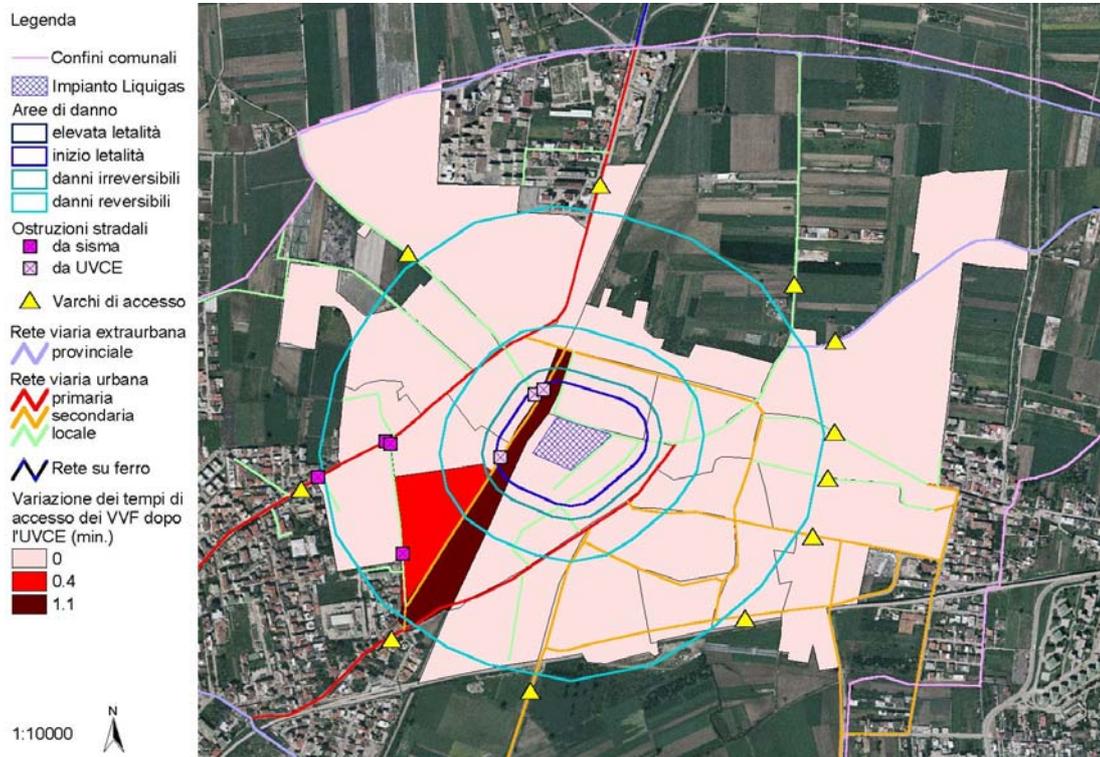


fig. 80 Localizzazione delle attività nell'area di letalità e danni irreversibili

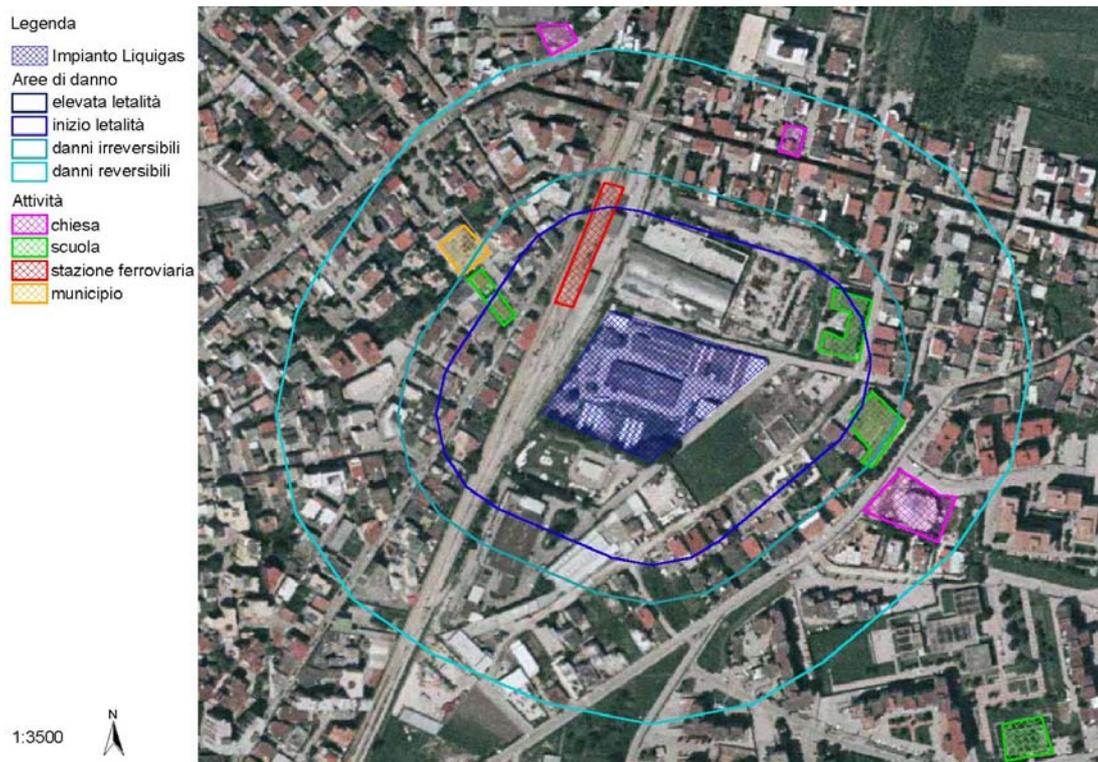


fig. 81 Scuola sita nell'area di alta letalità



È quindi immediato pensare che i bambini siano la categoria più vulnerabile rispetto a tali eventi. Inoltre, la presenza di una concentrazione tanto elevata di scuole potrebbe comportare con buona probabilità l'afflusso dei genitori all'area più vicina all'impianto, che dopo il sisma, ignorando la possibilità di un'esplosione, desiderano sincerarsi delle condizioni dei figli. Il numero delle vittime in caso di incidente tecnologico quindi potrebbe accrescersi sensibilmente e la congestione della rete viaria interna all'area potrebbe determinare ulteriori ritardi di eventuali soccorsi.

Ancora, va sottolineato che due delle scuole si trovano nell'area dei danni alle strutture (coincidente con l'area di elevata letalità): è quindi prioritaria una verifica delle caratteristiche strutturali di tali scuole e una particolare attenzione alla disposizione di finestre e aperture verso l'impianto che possono rappresentare un ulteriore fattore di letalità per il lancio di frammenti.

Il caso dei 653 alunni della scuola media a ovest della ferrovia, inoltre, presenta delle criticità aggiuntive in quanto è situato nella sezione censuaria che, nello scenario illustrato, presenta i tempi più alti di connessione con l'Ospedale, anche a causa delle ostruzioni dovute all'incidente rilevante.

### 7.3 Le strategie urbanistiche per la prevenzione e mitigazione di eventi na-tech nel Comune di Casalnuovo

La prefigurazione delle catene principali di eventi, impatti e danni illustrata nel paragrafo precedente ha consentito di evidenziare le principali problematiche connesse all'innescò di un evento na-tech nel Comune di Casalnuovo di Napoli.

In relazione ad esse, sono state definite le possibili strategie urbanistiche, intese come sistemi di azioni, per la prevenzione e la mitigazione delle criticità emerse. In particolare, sono state individuate le azioni di prevenzione e/o mitigazione per ciascun elemento appartenente alle catene principali, effettuando una successiva gerarchizzazione di tali azioni.

Poiché dedotte dall'analisi delle principali catene di eventi, danni e guasti, le azioni individuate, e che in seguito verranno illustrate, rappresentano già delle priorità per la messa in sicurezza dell'area interessata dall'evento na-tech.

Ciononostante, si ritenuta opportuna una gerarchizzazione di tali azioni al fine di fornire al decisore un ventaglio di possibili strategie da implementare, compatibilmente con le risorse disponibili.

A tal fine, si è proceduto alla strutturazione dell'insieme delle azioni individuate in una mappa cognitiva delle azioni (fig. 82). La mappa così ottenuta è stata oggetto di analisi volte a classificare le azioni sulla base del numero di elementi per i quali producessero effetti di prevenzione e/o mitigazione.

Gli elementi delle catene principali di eventi, impatti e danni considerati sono l'incidente tecnologico indotto, il terremoto, i danni alla popolazione, la riduzione della possibilità di usufruire di servizi ospedalieri e della capacità di risposta dei VVF, i danni agli edifici residenziali, la riduzione della percorribilità interna all'area colpita e dell'accessibilità all'area.

Inoltre, per completezza, si è tenuto conto, sia dei possibili danni alle scuole che della capacità di intervento delle forze di Protezione Civile presenti nel Comune di Casalnuovo, con particolare riferimento ai Volontari, ai Carabinieri e alla sede del Centro Operativo Comunale (COC) (centro operativo a supporto del Sindaco per la direzione ed il coordinamento degli interventi di soccorso in emergenza) che ha sede nel Municipio.

Se per il terremoto non è possibile individuare azioni di prevenzione o di mitigazione, per l'incidente tecnologico indotto, invece, è possibile ipotizzare sia una delocalizzazione dell'impianto che una riduzione della dimensione degli areali di danno attraverso la riduzione dei quantitativi di sostanza trattata.

Per quanto riguarda i danni alla popolazione, invece, una delle possibili azioni di prevenzione è la delocalizzazione della popolazione dall'area di letalità dell'incidente rilevante. Quest'area, infatti, che si estende per circa 4,2 ha comprende, nella parte ovest della ferrovia FS, una zona residenziale densamente abitata in cui risiedono circa 400 persone. Questa azione è principalmente volta alla riduzione dell'esposizione dei residenti all'incidente tecnologico.

Delocalizzare la popolazione contribuirebbe anche a ridurre l'intensità d'uso di tutta la parte ovest dell'area di studio.

Per quanto riguarda, invece, la riduzione dei danni alla popolazione attraverso azioni di mitigazione riferite all'ottimizzazione della fase di emergenza, dall'analisi è

emersa la necessità di prevedere due aree di attesa per la popolazione all'esterno dell'area di danno. In particolare, il computo della popolazione in cerca di aree sicure dopo il sisma, ha portato alla quantificazione di superficie necessaria: a sud, circa 3.700 mq., mentre ad est, circa 2.000 mq. Tali superfici potrebbero essere localizzate, data la disponibilità di una vasta area agricola a sud dell'area di studio, in prossimità della Caserma dei Carabinieri, agevolando anche l'intervento di questi ultimi. Per quanto riguarda la superficie necessaria ad est, invece, essa potrebbe essere individuata negli spazi liberi presenti all'interno della frazione ad est del Comune, situata lungo la strada provinciale.

Per prevenire il danno agli edifici residenziali, a seguito dell'impatto dell'incidente UVCE, si può intervenire delocalizzando gli edifici che ricadono nell'area di danno alle strutture (di raggio 95 m. dal confine dell'impianto della Liquigas). Per quanto riguarda l'impatto del terremoto, le aree su cui vanno prioritariamente concentrati gli sforzi di messa in sicurezza degli edifici sono quelle ad ovest della ferrovia e la sezione censuaria 32, a nord dell'impianto Liquigas.

Dalla valutazione dei possibili crolli a seguito del terremoto, emerge che una particolare attenzione deve essere rivolta alla messa in sicurezza degli edifici della sezione censuaria 22, caratterizzati da un'elevata vulnerabilità strutturale e da un'alta densità abitativa. Tale area ricopre, inoltre, una posizione strategica rispetto agli accessi all'area investigata.

Dalle valutazioni effettuate sui tempi di percorrenza da e per l'area di studio, al fine di mitigare gli effetti dell'evento na-tech sulla percorribilità interna dell'area, è necessario intervenire attraverso la messa in sicurezza delle cortine degli edifici della sezione 18, prospicienti la strada parallela alla ferrovia, ed in particolare quelli ricadenti nell'area di danno alle strutture a seguito dell'evento incidentale UVCE. Inoltre, sempre per lo stesso fine, è necessario intervenire prioritariamente sui manufatti localizzati lungo le strade perimetrali della sezione censuaria 22.

Ai fini, invece, del miglioramento della percorribilità interna all'area di studio, è ipotizzabile prevedere uno scavalco aggiuntivo della ferrovia FS rispetto ai due esistenti. In caso di evento na-tech, infatti, data l'ostruzione dei collegamenti verso nord, un passaggio in corrispondenza del baricentro della sezione 19 consentirebbe un più agevole deflusso della popolazione verso le aree di attesa della parte di

territorio ad est meno densamente abitata. Allo stesso fine, una soluzione più efficace, ma sicuramente più dispendiosa, sarebbe l'interramento della ferrovia FS che attraversa l'area di studio. Questa potrebbe sembrare la soluzione più onerosa, ma in questo modo si eliminerebbe la barriera fisica che taglia in due la principale zona residenziale del Comune, consentendo una comunicazione diretta tra le due parti di città e recuperando, allo stesso tempo, suoli strategici per la localizzazione di attività compatibili con la presenza dell'impianto.

Per quanto riguarda l'accessibilità all'area colpita, dalle valutazioni effettuate, risulta sicuramente prioritaria la messa in sicurezza degli edifici prospicienti il varco 5, che immette in maniera più diretta nell'area più densamente abitata.

Inoltre, per quanto riguarda i collegamenti con l'ospedale di Pollena Trocchia caratterizzati da tempi lunghi di percorrenza, lo studio dei percorsi minimi necessari a tale spostamento ha messo in evidenza la necessità di migliorare la viabilità a sud dell'area di studio. In particolare, potrebbe essere previsto un potenziamento della viabilità locale per permettere una percorrenza più rapida e diretta. Inoltre, si può ipotizzare l'apertura di uno svincolo lungo la A16, a sud dell'area di studio, per aumentare la ridondanza dei collegamenti sia con l'ospedale di Pollena Trocchia che con gli altri ospedali della Provincia (Napoli, Nola, etc.).

Inoltre, la localizzazione di una nuova attrezzatura ospedaliera più vicina al Comune di Casalnuovo, potrebbe contribuire ad aumentare l'accessibilità all'area colpita riducendo i tempi di percorrenza da e per la stessa. Tale struttura potrebbe essere localizzata, anche sulla scorta dei risultati delle analisi svolte a scala vasta, a nord-est del Comune di Casalnuovo, all'esterno della zona esposta ad un'eventuale eruzione del Vesuvio. In questo modo, essa potrebbe soddisfare anche la domanda di soccorsi che, in caso di emergenze simultanee, potrebbe generarsi nel Comune di Castello di Cisterna, caratterizzato anch'esso da un'alta propensione all'innescio di eventi natech. Per quanto riguarda le attrezzature scolastiche nel Comune di Casalnuovo, sembra prioritaria la delocalizzazione di tali attività al di fuori dell'area di letalità o, quantomeno, la messa in sicurezza delle scuole nell'area di danni alle strutture.

L'altro aspetto investigato nella prefigurazione di scenario è stato lo svolgimento delle operazioni di Protezione Civile. In particolare, sulla base delle valutazioni dei tempi con cui Carabinieri e Volontari della Protezione Civile si possono portare nelle

aree si attesa per prestare i primi soccorsi e dare le prime informazioni alla popolazione, è emerso che a causa delle ostruzioni stradali a seguito dei crolli, sarebbero necessari alcuni interventi per l'ottimizzazione di queste operazioni.

È stato infatti rilevato che i Volontari della Protezione Civile, per recarsi nella parte nord dell'area di studio in tempi brevi, devono utilizzare una strada locale (in parte esterna al Comune di Casalnuovo) che attraversa un'area agricola.

Il potenziamento di tale strada, oltre che permettere ai Volontari di raggiungere prima le aree di attesa, rappresenterebbe un utile elemento di ridondanza per l'accesso all'area colpita. In alternativa, è ipotizzabile la delocalizzazione della struttura dei Volontari della Protezione Civile vicino all'area mercatale, più direttamente collegata con il resto del tessuto urbano colpito.

Il quadro delle azioni di prevenzione e mitigazione descritte è illustrato in tabella 29. Per ciascuna di esse è, inoltre, indicata la scala cui è stata definita (o cui si dovrebbe fare riferimento per una sua definizione più dettagliata) e lo strumento di piano attraverso il quale può essere implementata.

Le azioni descritte sono state quindi strutturate nella mappa cognitiva illustrata in figura 79 al fine di mettere in relazione i vari interventi e individuare le azioni la cui implementazione può, sia pure in parte, contribuire alla realizzazione di altri interventi.

Data la complessità della struttura così ottenuta, al fine di identificare tali azioni e quindi di pervenire ad una gerarchizzazione dell'insieme degli interventi, si è proceduto ad analizzare la mappa cognitiva di figura 79 utilizzando il software Decision Explorer ([www.banxia.com](http://www.banxia.com)).

In particolare, sono state effettuate due analisi denominate HIESET e POTENT.

La prima è finalizzata alla definizione, per i concetti indicati dall'utente, di un insieme, detto gerarchico (HIErarchical SET), formato da tutti i concetti della mappa che hanno con questi relazioni dirette ed indirette. In particolare, a partire dal concetto indicato, il software esplora le catene di concetti che portano ad esso e li raggruppa. Se si indicherà al programma di effettuare l'analisi su tre concetti, ad esempio, esso creerà tre insiemi (raggruppamenti di concetti) uno per ciascun concetto indicato in input.

tab. 29 Le possibili azioni urbanistiche di prevenzione e mitigazione

<i>Elementi delle catene principali di eventi, impatti e danni</i>	<i>Azioni di prevenzione</i>	<i>Azioni di mitigazione</i>	<i>Scala</i>	<i>Strumenti del governo delle trasformazioni urbane e territoriali</i>
Incidente rilevante	Delocalizzazione dell'impianto		Territoriale/ locale	PTCP (1) PUC (2)
		Riduzione dei quantitativi di sostanza trattata	locale	PUC (attraverso l'Elaborato Tecnico RIR)
Danno alla popolazione	Delocalizzazione della popolazione dall'area di letalità		locale	PUC
		Riduzione dell'intensità d'uso della parte ovest dell'area di studio	locale	PUC PUA (3)
		Identificazione di una zona libera (parco, fiera, etc.) a sud dell'area di studio da utilizzare come area di attesa	locale	PUC
		Identificazione di una zona libera (parco, fiera, etc.) a est da utilizzare come area di attesa	locale	PUC
Danno agli edifici residenziali	Delocalizzazione delle residenze presenti nell'area di danno alle strutture		locale	PUC
		Messa in sicurezza degli edifici a ovest della ferrovia e a nord dell'impianto	locale	PUA
		Messa in sicurezza degli edifici della sezione censuaria 22	locale	PUA
Riduzione della percorribilità interna dell'area		Messa in sicurezza delle cortine prospicienti la strada nella sezione 18	locale	PUA
		Messa in sicurezza delle cortine prospicienti la strada nella sezione 22	locale	PUA
		Messa in sicurezza degli edifici in area di danno alle strutture	locale	PUC (attraverso l'Elaborato Tecnico RIR)
		Scalciamento della ferrovia FS vicino al baricentro della sezione 19	locale	PUM (4)
		Interramento della ferrovia FS	territoriale/ locale	Piano Regionale dei Trasporti PUM
Riduzione dell'accessibilità all'area colpita		Messa in sicurezza delle cortine prospicienti il varco 5	locale	Piani attuativi
		Ottimizzazione della viabilità a sud dell'area di studio per ridurre i tempi di percorrenza da e per l'ospedale di Pollena Trocchia	territoriale/ ocale	PTCP PUM
		Apertura di uno svincolo sulla A16 a sud per aumentare la ridondanza dei collegamenti con altri ospedali della Provincia	territoriale/ ocale	Piano Regionale dei Trasporti PUM
Riduzione dei servizi ospedalieri		Costruzione di un nuovo ospedale a nord-est	territoriale/ ocale	PTCP
Danni a edifici pubblici (scuole)	Delocalizzazione scuole dall'area di letalità		locale locale	PUC (attraverso l'Elaborato Tecnico RIR) PUC (attraverso l'Elaborato Tecnico RIR)
		Rinforzo strutturale delle scuole nell'area di danno alle strutture		

Nell'applicazione riferita al Comune di Casalnuovo, sono stati considerati quali concetti di input per l'analisi, gli elementi delle catene principali di eventi, impatti e danni; a questi sono stati aggiunti i danni agli edifici scolastici e la riduzione della capacità di intervento delle forze di PC locali.

In tutto sono stati quindi definiti otto HIESET che hanno dimensioni comprese tra i due e gli otto concetti.

L'analisi HIESET rappresenta il primo step per la gerarchizzazione delle azioni.

Gli otto set generati sono stati, infatti, successivamente elaborati attraverso un'analisi di tipo POTENT, effettuata sempre con il software Decision Explorer.

Tale analisi restituisce, per ciascuna concetto della mappa, il numero di HIESET cui esso appartiene. In questo modo è possibile pervenire ad una gerarchizzazione degli elementi, in funzione del loro contributo alla riduzione dei danni e degli impatti.

I risultati di tale analisi sono illustrati nella tabella 30.

La gerarchizzazione così ottenuta rappresenta solo una delle analisi ipotizzabili per gerarchizzare le possibili azioni di prevenzione e mitigazione. In particolare, si è voluto mettere in evidenza quali siano quelle azioni che possono contribuire al raggiungimento di più obiettivi di mitigazione contemporaneamente. A questa analisi, ovviamente, andranno affiancate altre valutazioni che tengano conto delle risorse disponibili, delle esigenze della comunità.

In particolare, le analisi effettuate indicano come prioritarie la messa in sicurezza degli edifici della sezione censuaria 22. L'implementazione di tale azione, infatti, avrebbe un'influenza positiva, data la posizione della sezione su cui si interviene rispetto all'area di studio, sul prevenire crolli che possano ridurre sensibilmente l'accessibilità all'area colpita; inoltre, il rinforzo strutturale degli edifici permetterebbe la riduzione del numero di vittime e feriti, che in questa sezione è tra i più alti tra quelli previsti per l'intero Comune di Casalnuovo, e comporterebbe la riduzione della possibilità di ostruzioni della strada perimetrale a nord della sezione, la cui fruibilità è strategica per l'accesso dei soccorritori nella parte più interna della zona a ovest della ferrovia FS.

Prioritario risulta anche il potenziamento della viabilità locale a ovest dell'area di studio per agevolare l'intervento dei volontari di PC.

tab. 30 – I risultati dell’analisi POTENT

*Elementi che appartengono a 3 HIESET:*

- messa in sicurezza degli edifici della sezione censuaria 22;
- potenziamento della viabilità locale a ovest per agevolare i volontari di PC.

*Elementi che appartengono a 2 HIESET:*

- delocalizzazione scuole dall'area di letalità;
- delocalizzazione della sede COC fuori dall'area di danno;
- delocalizzazione delle residenze presenti nell'area di danno alle strutture;
- messa in sicurezza delle cortine prospicienti la strada nella sezione 18;
- messa in sicurezza delle cortine prospicienti la strada nella sezione 22;
- costruzione di un nuovo ospedale a nord-est.

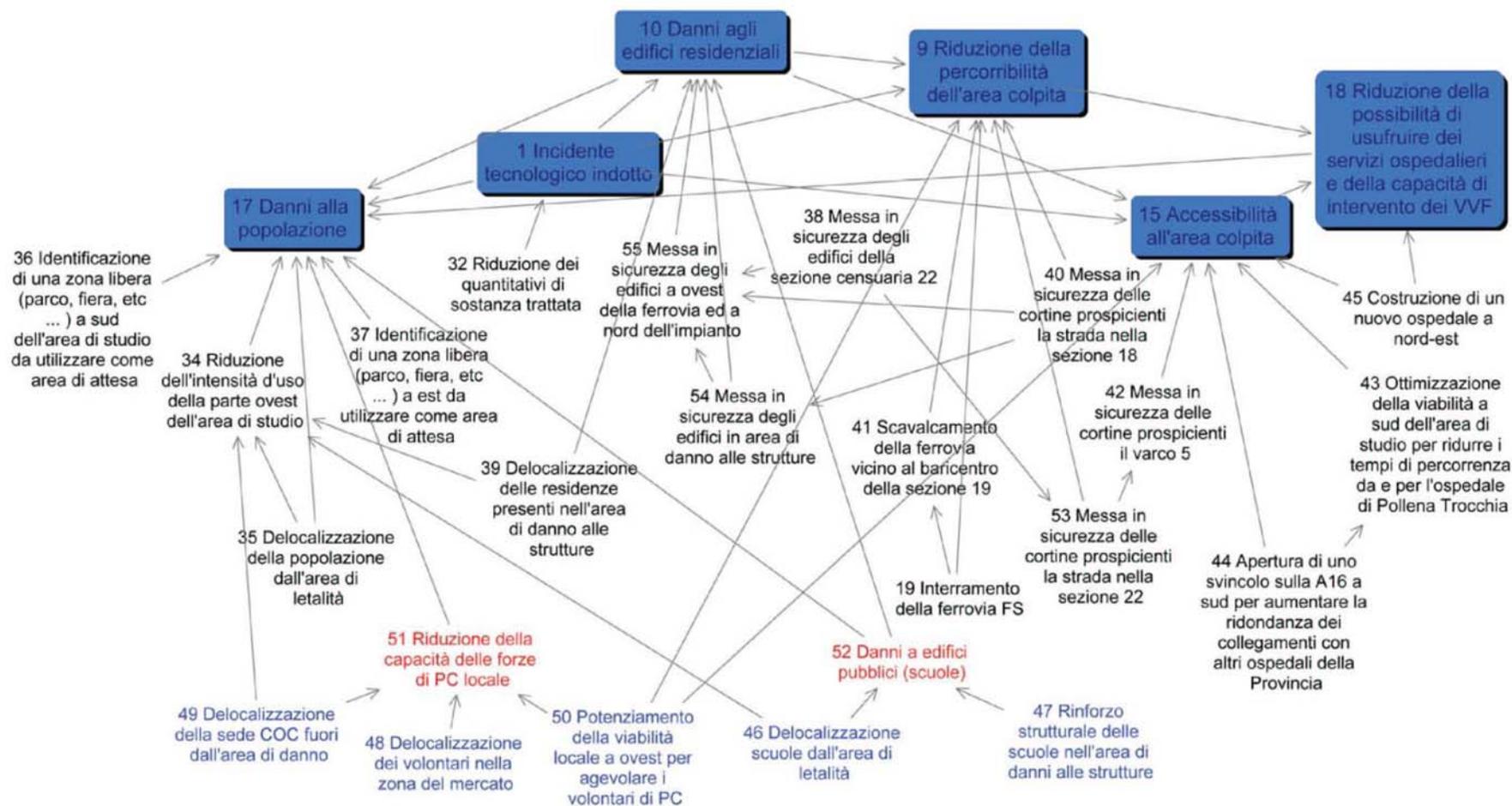
*Elementi che appartengono ad 1 HIESET:*

- messa in sicurezza delle cortine prospicienti il varco 5;
- messa in sicurezza degli edifici a ovest della ferrovia ed a nord dell'impianto;
- identificazione di una zona libera (parco, fiera, etc ... ) a est da utilizzare come area di attesa;
- riduzione dei quantitativi di sostanza trattata;
- identificazione di una zona libera (parco, fiera, etc ... ) a sud dell'area di studio da utilizzare come area di attesa;
- riduzione dell'intensità d'uso della parte ovest dell'area di studio;
- scavalco della ferrovia vicino al baricentro della sezione 19;
- ottimizzazione della viabilità a sud dell'area di studio per ridurre i tempi di percorrenza da e per l'ospedale di Tollena Trocchia;
- delocalizzazione della popolazione dall'area di letalità;
- messa in sicurezza degli edifici in area di danno alle strutture;
- delocalizzazione dei volontari nella zona del mercato;
- rinforzo strutturale delle scuole nell'area di danni alle strutture;
- apertura di uno svincolo sulla A16 a sud per aumentare la ridondanza dei collegamenti con altri ospedali della provincia;
- interrimento della ferrovia FS.

Ancora, tra le azioni ricadenti nel secondo raggruppamento emerso dall’analisi POTENT, vi è la messa in sicurezza degli edifici specialmente ove questi possano causare le ostruzioni alla viabilità (sezioni censuarie 18 e 22), la delocalizzazione degli edifici scolastici dalle aree di letalità ed inizio letalità, la realizzazione di una nuova sede della sede del Comando Operativo Comunale di Protezione Civile, attualmente localizzato a ridosso dell’area di letalità. Data la sua funzione di coordinamento dei soccorsi sul territorio e di cerniera con gli organi sovraordinati di Protezione Civile, l’operatività di tale centro è essenziale per la riuscita delle operazioni di soccorso. La mancata funzionalità di tale struttura potrebbe indurre ingenti danni aggiuntivi alla popolazione, a causa dell’assenza di coordinamento tra gli interventi di soccorso durante la prima emergenza.

Tra le priorità di intervento c’è, anche, la realizzazione di una nuova attrezzatura ospedaliera.

fig. 82 La mappa cognitive delle azioni urbanistica delle azioni di prevenzione e mitigazione individuate



Dalle analisi effettuate a scala vasta e locale, si ricavano indicazioni abbastanza nette sulla possibile localizzazione di quest'attrezzatura.

In particolare, escludendo i Comuni interessati dal Piano di Emergenza Nazionale del Vesuvio, la posizione più funzionale per un nuovo ospedale dovrebbe essere a nord del Comune di Casalnuovo in modo da permettere una ridondanza nei collegamenti con le strutture ospedaliere, che attualmente sono disposte solo a sud, ed una riduzione dei tempi di accesso da e per l'area di studio. La nuova attrezzatura contribuirebbe, inoltre, a soddisfare la domanda di soccorsi degli altri Comuni sedi di impianti RIR (Castello di Cisterna, ad esempio) in cui contemporaneamente, in caso di sisma, potrebbero innescarsi altri eventi na-tech.

Definite le possibili azioni di prevenzioni e mitigazione per lo scenario prefigurato, si è proceduto al confronto di queste con le principali scelte di trasformazione contenute negli strumenti di pianificazione urbana e territoriale vigenti.

In particolare, si è focalizzata l'attenzione sulle indicazioni del Progetto Preliminare del Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Napoli (2006) e sul Piano Regolatore Generale del Comune di Casalnuovo (1998).

Inoltre, per la particolare attinenza con le problematiche trattate e per l'entità delle trasformazioni previste per Casalnuovo, si è riportato il quadro delle azioni di trasformazione previste dallo studio urbanistico dei Comuni di Afragola, Acerra, Casoria, Casalnuovo e Caivano interessati dalla stazione Napoli-Afragola della linea ferroviaria Alta Velocità, redatto dalla Regione Campania e dalla Provincia di Napoli (2002).

Il Progetto Preliminare del PTCP ha tra i suoi obiettivi prioritari la riorganizzazione policentrica e reticolare del territorio provinciale al fine di razionalizzare un sistema metropolitano caratterizzato dalla funzione attrattiva del capoluogo e di alcune aree con alti livelli di specializzazione.

In particolare, Casalnuovo di Napoli è incluso nel "Sistema Pomiglianese" per il quale è prevista "la valorizzazione del ruolo legato alle attività di produzione e ricerca del triangolo Pomigliano-Acerra -Casalnuovo attraverso la "messa in rete" e l'integrazione dei servizi; incremento delle funzioni urbane di livello superiore in una logica di complementarietà tra i diversi centri/ambiti del sistema" ([www.provincia.napoli.it](http://www.provincia.napoli.it)).

Come si evince dalla Tavola di Progetto “Organizzazione complessiva del territorio”, Casalnuovo è classificato come “Ambito di centralità di livello sovracomunale” (contenente funzioni complementari a centralità superiori e con relazioni con il contesto locale) da potenziare.

Per quanto riguarda il confronto tra le trasformazioni previste dal Preliminare e quelle emerse dall’applicazione del metodo proposto, si sottolinea che il PTCP individua nel Comune di Acerra (a nord-est di Casalnuovo) la sede di una nuova attrezzatura ospedaliera.

Il Progetto Preliminare del PTCP raccoglie, inoltre, le indicazioni dello studio urbanistico redatto dalla Regione Campania e dalla Provincia di Napoli, pubblicato nel 2002, sull’Alta Velocità. Questo studio ha l’obiettivo “di cogliere tutte le opportunità correlate agli interventi infrastrutturali nel rispetto dei criteri di qualità ambientale e minimizzazione degli impatti sul territorio costruito” (Caputi et al., 2002).

Lo studio ha carattere intercomunale e potrà costituire variante dei Piani Regolatori Generali dei cinque Comuni interessati.

In particolare, per il Comune di Casalnuovo, si prevede la dismissione dell’impianto della Liquigas poiché incompatibile con le attività ad esso circostanti. Esso sarà, quindi delocalizzato in una nuova area destinata a PIP da definire col Comune. Anche le altre industrie, in parte dismesse, vicine all’impianto saranno delocalizzate. Le aree liberate dovranno essere interessate da un progetto unitario di ristrutturazione mirato alla localizzazione di nuove attrezzature urbane e parcheggi. È inoltre prevista la realizzazione di un “boulevard” attrezzato nell’area, in connessione con il costruendo parco lineare di Pomigliano d’Arco (aree dismesse dalla Circumvesuviana). Tale viale esso sarà caratterizzato da alberatura continua e da un percorso centrale destinato ad una nuova linea tramviaria che collegherà la stazione sotterranea FS, nel territorio comunale di Afragola, con il Comune di Casalnuovo e da qui ad Acerra.

Il boulevard occuperà i suoli attualmente impegnati dai binari della linea FS, per la quale è prevista la delocalizzazione, in direzione nord-sud per una fascia lunga circa 5 km e gli spazi annessi.

Inoltre, è previsto un nuovo svincolo della A16 ed uno studio di fattibilità dovrà verificare la possibilità di dotare l'attuale tracciato stradale che affianca l'autostrada a nord, di un percorso tramviario che staccandosi dal "boulevard" colleghi direttamente alla nuova stazione della circumvesuviana.

Per quanto riguarda il PRG, approvato nel 1998, non presenta decisioni che riguardino direttamente il territorio circostante l'impianto della Liquigas. Va però sottolineato che il Piano è antecedente al D.M. 9/5/2001 sul controllo dell'urbanizzazione attorno agli impianti a rischio di incidente rilevante e non è stato aggiornato attraverso la predisposizione di un "Elaborato Tecnico Rischio di Incidente Rilevante", come richiesto dallo stesso Decreto.

Nella normativa tecnica di attuazione (NTA) relativa alle zone omogenee produttive "D", si accenna che per gli impianti produttivi industriali e artigianali esistenti, riconosciuti come pericolosi e incompatibili con la residenza e le funzioni e i servizi ad essa connessi, potrà essere consentita solo la manutenzione ordinaria. Tale norma, sembra essere piuttosto semplicistica; non permettendo neanche interventi di manutenzione straordinaria, essa preclude al gestore dell'impianto la possibilità di effettuare qualsiasi intervento preventivo o orientato alla mitigazione al fine di ridurre la probabilità di innesco di un incidente rilevante o di mitigarne gli effetti sul territorio circostante.

Per quanto riguarda le azioni individuate in questo studio di messa in sicurezza delle cortine edilizie delle sezioni censuarie 18 e 22, va menzionato che queste sono classificate come Zone "A" nel PRG vigente per le quali è possibile intervenire attraverso la predisposizione di un Piano di Recupero secondo la Legge 457 del 1978.

Resta da menzionare, l'apertura, prevista nella tavola di zonizzazione del PRG, di un'asse stradale che scavalchi la ferrovia proprio in prossimità del baricentro della sezione censuaria 19.

In generale, gli interventi previsti dagli strumenti più recenti, sono orientati, seppure perseguendo altre finalità, alla riduzione del rischio di eventi na-tech nell'area di studio.

La delocalizzazione dell'impianto, come più volte detto, è la soluzione ottimale per l'eliminazione della pericolosità. Ovviamente tale intervento comporta lo

spostamento del pericolo in altre aree comunque sismiche. È evidentemente, comunque, che una delocalizzazione di un impianto a rischio di incidente rilevante, oggi, è vincolata da una normativa molto dettagliata finalizzata ad assicurare la sicurezza dei contesti urbani attorno agli impianti. È quindi impossibile il ripresentarsi di condizioni di rischio così elevate come quelle messe in evidenza nel caso di Casalnuovo dove la città si è sviluppata attorno all'impianto.

Va comunque sottolineato che, se l'impianto venisse delocalizzato all'interno del Comune di Casalnuovo stesso, esso sarebbe esposto alle medesime condizioni di sismicità e quindi non cambierebbero le potenzialità di innesco di un evento na-tech. Se da un lato la scelta di una nuova localizzazione verrà fatta in modo da minimizzare i possibili impatti diretti sulla popolazione e sui beni materiali, dall'altro, comunque, l'emergenza tecnologica richiederebbe l'impiego di risorse (i Vigili del Fuoco, ad esempio) che non verrebbero quindi utilizzate per prestare soccorso alla popolazione colpita dal sisma.

## CONCLUSIONI

Il percorso di ricerca documentato in queste pagine rappresenta una prima sistematizzazione delle conoscenze maturate sul tema degli eventi na-tech, intesi quali incidenti tecnologici innescati da disastri naturali.

La prevenzione e mitigazione di disastri risultanti dalla concatenazione di fattori di pericolosità naturale e tecnologica è un tema che occupa sempre maggiore spazio nel dibattito scientifico internazionale. L'aumento della frequenza di tali eventi e la stima degli ingenti danni ad essi conseguenti dimostrano come sia necessario lo sviluppo di metodi e tecniche volti alla loro conoscenza, prevenzione e mitigazione.

Purtroppo, ad oggi, pochi sono gli studi mirati alla messa a punto di metodi e tecniche per la prefigurazione di eventi composti, quali i na-tech. Nella maggior parte dei casi si privilegiano approcci fortemente settoriali o, nella migliore delle ipotesi, approcci multi-hazard o multi-rischio, orientati al più ad una sovrapposizione di eventi e/o danni, considerati separatamente. Pochi sono, inoltre, gli studi che, adottando un approccio urbanistico, hanno approfondito gli impatti sui sistemi urbani e/o territoriali colpiti da eventi na-tech e le principali caratteristiche di tali sistemi, in termini di distribuzione degli usi del suolo e di localizzazione e distribuzione di infrastrutture e attrezzature da cui dipendono, almeno in parte, i danni complessivi conseguenti all'evento.

Alla luce di tali riflessioni, il lavoro di ricerca presentato è stato quindi finalizzato alla messa a punto di metodi e tecniche per la conoscenza e la prefigurazione di eventi na-tech a supporto della definizione di strategie urbanistiche di prevenzione e mitigazione.

Dallo studio della letteratura di settore, dall'approfondimento di casi reali e delle norme esistenti in materia di governo dei rischi naturali e tecnologici, sono emersi alcuni nodi problematici prioritari relativi, soprattutto, alla complessità degli eventi na-tech, all'individuazione dell'area di impatto dell'evento ed alla capacità di risposta dei sistemi colpiti durante la fase di emergenza.

L'elevata complessità delle catene di eventi, impatti e danni che caratterizzano i na-tech è dovuta, come già accennato, non soltanto alle possibili interazioni tra differenti fattori di pericolosità ma anche alla molteplicità delle interazioni tra i

numerosi bersagli potenzialmente investiti dall'evento, tra danni fisici e danni funzionali, tra danni a singoli elementi e danni di sistema.

Per quanto riguarda l'individuazione dell'areale di impatto, dall'analisi dei casi è emerso che esso è difficilmente definibile a priori poiché le catene di eventi, impatti e danni che si innescano, pur interessando generalmente areali prossimi alla fonte dell'incidente tecnologico, possono estendersi in taluni casi ad aree anche molto distanti dal punto di innesco dell'evento.

Da tutti i documenti esaminati, inoltre, risulta evidente che una parte rilevante dei danni provocati da un evento na-tech sono da attribuirsi all'inefficienza del sistema di risposta all'emergenza che, solitamente "dimensionato" per far fronte a singoli eventi calamitosi, subisce un sovraccarico in caso di eventi multipli.

Nel lavoro proposto si è tentato di affrontare tali nodi problematici adottando un metodo strutturato in relazione ad una duplice scala territoriale (scala vasta e scala locale) e con particolare riferimento ad incidenti tecnologici innescati da terremoti.

Più specificamente, a scala vasta, sono stati forniti criteri per l'individuazione di aree di priorità in riferimento a possibili eventi na-tech, mentre a scala locale sono state delineate tecniche e strumenti per la prefigurazione di possibili catene di eventi, impatti e danni, con particolare riferimento ad eventi caratterizzati da incidenti tecnologici innescati da terremoti.

Infine, sono stati delineati alcuni criteri per l'individuazione e la gerarchizzazione di strategie urbanistiche volte alla prevenzione e alla mitigazione di eventi na-tech, con riferimento ad entrambe le scale territoriali considerate.

A scala vasta, le aree di priorità sono state individuate in ragione del potenziale di innesco di un evento na-tech (dato dalla presenza di possibili sorgenti di incidenti tecnologici in aree esposte a eventi naturali) e delle caratteristiche di esposizione del territorio potenzialmente coinvolto.

A scala locale, data la complessità degli eventi na-tech, per la prefigurazione delle catene di eventi, impatti e danni che possono verificarsi durante tali eventi, si è privilegiato l'utilizzo di tecniche di scenario. La strutturazione dello scenario è stata effettuata attraverso l'utilizzo delle mappe cognitive, strumenti altamente flessibili per strutturare e rappresentare problemi complessi. L'insieme di catene di eventi, impatti e danni desunte da casi di eventi na-tech reali è stato analizzato attraverso la

mappa cognitiva per metterne in luce gli elementi e le relazioni principali. Tali elementi sono stati riarticolati in chiave temporale per pervenire alla prefigurazione degli impatti e dei danni.

Sempre attraverso l'utilizzo delle mappe cognitive, è stato quindi messo a punto un metodo per la gerarchizzazione delle possibili strategie di prevenzione e mitigazione di tali danni basato su criteri di efficienza.

Per quanto riguarda lo studio della capacità di risposta del sistema territoriale colpito in fase di emergenza, le indagini sono state sviluppate con riferimento sia alla scala locale, per definire la localizzazione delle attrezzature per l'emergenza e la percorribilità dell'areale di impatto dell'evento na-tech, sia alla scala territoriale, per definire la localizzazione delle attrezzature per l'emergenza di livello sovracomunale e l'accessibilità sia all'area colpita che a tali attrezzature.

In sintesi, il lavoro di tesi si propone come un primo contributo all'approfondimento delle conoscenze su fenomeni, fino ad oggi scarsamente indagati soprattutto in ambito nazionale, quali gli eventi na-tech. Il percorso di ricerca consente, sulla base di un approccio deduttivo fondato sullo studio di evidenze empiriche, di pervenire alla messa a punto di tecniche di analisi dei fenomeni na-tech a diverse scale territoriali e di utili criteri per la selezione e la gerarchizzazione delle possibili strategie urbanistiche per la prevenzione e la mitigazione di tali fenomeni.

Tra i principali punti di debolezza del lavoro può essere individuato, da un lato, il limitato bagaglio di casi studio su cui si basano le successive elaborazioni metodologiche, dall'altro, alcune "semplificazioni" effettuate soprattutto in fase di verifica sperimentale del metodo. Ad esempio, per la stima dei danni alle strutture conseguenti alla sollecitazione sismica si è scelto di utilizzare un metodo speditivo, più adatto ad una stima a scala vasta; a prescindere dall'entità dei danni strutturali e, conseguentemente, della popolazione coinvolta, la scelta di utilizzare tale metodo non ha comunque alterato la prefigurazione delle catene di eventi, impatti e danni, oggetto principale del lavoro.

Sulla base di tali considerazioni, si ritengono indispensabili ulteriori sviluppi del lavoro di ricerca, con particolare riferimento a tre questioni ancora "aperte": l'identificazione, specie a scala locale, di fattori correttivi che consentano di applicare il metodo a casi di na-tech innescati da fattori di pericolosità naturale

diversi dal sisma; l'approfondimento delle variabili considerate nella prefigurazione di scenario e delle procedure utilizzate, anche sulla base di apporti interdisciplinari; l'estensione dello scenario con riferimento ad un intervallo temporale più ampio, non riferito solo all'immediato post-impatto, per una valutazione dei danni a medio e lungo termine (economici, sociali, ambientali) connessi con l'impatto di eventi natech.

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

### INTRODUZIONE

- Clerc A., Le Claire G. (1994), *The environmental impacts of natural and technological (na-tech) disasters*, Background discussion paper for The World Conference On Natural Disaster Reduction, 23-27 May 1994, Yokohama, Japan.
- Cruz, A. M., Steinberg, L. J., Vetere-Arellano, A. L., Nordvik, J. P., and Pisano, F. (2004), *State of the Art in Natech (Natural Hazard Triggering Technological Disasters) Risk Assessment in Europe*, Report EUR 21292 EN, DG Joint Research Centre, European Commission and United Nations International Strategy for Disaster Reduction, Ispra, Italy.
- Galderisi A. (2004), *Città e Terremoti. Metodi e tecniche per la mitigazione del rischio sismico*, Gangemi Editore, Roma.
- Lindell M. K., Perry R.W. (1996), "Identifying and managing conjoint threats: Earthquake induced hazardous materials releases in the US", *Journal of hazardous materials* 50 (1996), Elsevier.
- MAHB (Major Accident Hazards Bureau) (2003), *Major Accident Reporting System Database*, Major Accident Hazards Bureau, Institute for the Protection and Security of the Citizen, Joint Research Centre, European Commission, [online] <<http://mahbsrv.jrc.it>>.
- Marsh G.P. (1998), *L'uomo e la natura*, Franco Angeli Editore, Milano.
- McHarg I. (1971), *Design with Nature*, Natural Hystory Press, New York.
- Menoni S. (1997), *Pianificazione e incertezza. Elementi per la valutazione e la gestione dei rischi territoriali*, Franco Angeli, Milano.
- Papa R. (2004), "Introduzione", in Galderisi A., *Città e Terremoti. Metodi e tecniche per la mitigazione del rischio sismico*, Gangemi Editore, Roma.
- Steinberg L.J., Sengul H., Cruz A.M. (2006), "State of the Art in Natech Research and Natech Policy", *atti del Sixth DPRI-IIASA Forum on Integrated Disaster Risk Management*, Istanbul, Turchia, 13-17 agosto 2006, [online] <[www.iiasa.ac.at/Research/RAV/conf/IDRiM06/](http://www.iiasa.ac.at/Research/RAV/conf/IDRiM06/)>.
- Showalter, P.S., Myers, M.F. (1992), *Natural disasters as the cause of technological emergencies: a review of the decade 1980-1989*, Working Paper n°78, Natural Hazards Research and Applications Information Center–Institute of Behavioral Science, University of Colorado. [online] <<http://www.colorado.edu/hazards/wp/wp78/wp78.html>>.
- Treu M. (1997), "Introduzione", in Menoni S., *Pianificazione e incertezza. Elementi per la valutazione e la gestione dei rischi territoriali*, Franco Angeli, Milano.
- Young S. (2002), "Natural-technologic events: the frequency and severity of toxic releases during and after natural disasters with emphasis on wind and seismic events", *atti del UJNR 34th Joint Meeting Panel On Wind And Seismic Effects*, 13-18 May 2002.

### 1 GLI EVENTI NA-TECH: DEFINIZIONI

- Chester D.K., Degg M., Duncan A.M., Guest J.E. (2001), "The increasing exposure of cities to the effects of volcanic eruptions: a global survey", *Environmental Hazards* 2 (2001), Pergamon.
- Clerc A., Le Claire G. (1994), *The environmental impacts of natural and technological (na-tech) disasters*, Background discussion paper for The World Conference On Natural Disaster Reduction, 23-27 May 1994, Yokohama, Japan.
- Colorado Department of Public Safety (1991), *Lessons learned from Limon: A tornado after-action report*, Disaster Preparedness Improvement Grant Program, August. Golden, Colorado: Division of Disaster Emergency Services.
- Danielka P. (2006), "Lessons learned from industrial accidents triggered by natural events in Czech Republic", *atti del Sixth DPRI-IIASA Forum on Integrated Disaster Risk Management*, Istanbul, Turchia, 13-17 agosto 2006, [online] <[www.iiasa.ac.at/Research/RAV/conf/IDRiM06/](http://www.iiasa.ac.at/Research/RAV/conf/IDRiM06/)>.
- Dipartimento della Protezione Civile (1995), *Piano di Emergenza Nazionale del Vesuvio*, [online] <[www.protezionecivile.it](http://www.protezionecivile.it)>.

- APAT (Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici) (2006), *Debris flow in corrispondenza di un conoide alluvionale che raccorda il fondovalle ai versanti*, [online] <[http://www.apat.gov.it/site/it-IT/Temi/Suolo\\_e\\_Territorio/Rischio\\_idrogeologico](http://www.apat.gov.it/site/it-IT/Temi/Suolo_e_Territorio/Rischio_idrogeologico)>.
- Lindell M. K., Perry R.W. (1996), "Identifying and managing conjoint threats: Earthquake induced hazardous materials releases in the US", *Journal of hazardous materials* 50 (1996), Elsevier.
- MAHB (Major Accident Hazards Bureau) (2003), *Major Accident Reporting System Database*, Major Accident Hazards Bureau, Institute for the Protection and Security of the Citizen, Joint Research Centre, European Commission, [online] <<http://mahbsrv.jrc.it>>.
- Marsh J., McLennan H. (1998), *Large property damage losses in the hydrocarbon-chemical industries: A thirty-year review*. 18th edition. New York.
- Menoni S. (1997), *Pianificazione e incertezza. Elementi per la valutazione e la gestione dei rischi territoriali*, Franco Angeli, Milano.
- Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio (2006), *Inventario Nazionale degli stabilimenti suscettibili di causare incidenti rilevanti (aggiornato ad ottobre 2006)*, [online] <[http://www2.minambiente.it/sito/settori\\_azione/iar/Home\\_IAR.asp](http://www2.minambiente.it/sito/settori_azione/iar/Home_IAR.asp)>.
- OAS (Organization of American States, Departmento of Regional Development and Environment, Executive Secretariat for Economic and Social Affairs) (1990), *Disaster planning, and development: managing natural hazards to reduce loss*, Washington D.C..
- OECD (Organisation For Economic Cooperation And Development) (2006), *OECD Studies in risk management. Italy. Industrial hazard triggered by floods*, OECD Publications, [online] <<http://www.oecd.org/dataoecd/36/17/36099995.pdf>>.
- Prisutto P. (1992), *Il terremoto dei silenzi*, Dossier, Comitato "Augusta Vuole Vivere", [online] <<http://www.terremotodeisilenzi.it/index1.htm>>.
- Rasmussen K. (1995), "Natural events and accidents with hazardous materials", *Journal of hazardous materials* (40) 1995, Elsevier.
- Sengul H., Steinberg L.J., Cruz A.M. (2006), "Oil Spills and Hazardous Material Releases from Industrial Facilities due to Hurricane Katrina", *atti del Sixth DPRI-IIASA Forum on Integrated Disaster Risk Management*, Istanbul, Turchia, 13-17 agosto 2006 [online] <[www.iiasa.ac.at/Research/RAV/conf/IDRiM06/](http://www.iiasa.ac.at/Research/RAV/conf/IDRiM06/)>.
- Showalter, P.S., Myers, M.F. (1992), *Natural disasters as the cause of technological emergencies: a review of the decade 1980-1989*, Working Paper n°78, Natural Hazards Research and Applications Information Center—Institute of Behavioral Science, University of Colorado. [online] <<http://www.colorado.edu/hazards/wp/wp78/wp78.html>>.
- Sperling F. and Szekely F. (2005), "Disaster Risk Management in a Changing Climate", Discussion Paper preparato per la World Conference on Disaster Reduction on behalf of the Vulnerability and Adaptation Resource Group (VARG). Reprint with Addendum on Conference outcomes. Washington, D.C..
- Steinberg L.J., Cruz A.M., Vardar-Sukan F., Ersoz Y. (2001), "Risk Management Practices at Industrial Facilities during the Turkey Earthquake of August 17, 1999: Case Study Report", *atti del First Annual IIASA-DPRI meeting*, Laxenburg, Austria 1-4 agosto 2001, [online] <<http://www.iiasa.ac.at/Research/RMS/dpri2001>>.
- Steinberg L.J., Sengul H., Cruz A.M. (2006), "State of the Art in Natech Research and Natech Policy", *atti del Sixth DPRI-IIASA Forum on Integrated Disaster Risk Management*, Istanbul, Turchia, 13-17 agosto 2006 [online] <[www.iiasa.ac.at/Research/RAV/conf/IDRiM06/](http://www.iiasa.ac.at/Research/RAV/conf/IDRiM06/)>.
- Stucchi M., Albini P., Moroni A., Leschiutta I., Mirto C., Morelli G. (2000), "Il terremoto del 9 gennaio 1693", in L. Decanini e G. F. Panza (A cura di), *Scenari di pericolosità sismica ad Augusta, Siracusa e Noto*, CNR-Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti - Roma, [online] <[www.ingv.it/gndt/Pubblicazioni/Decanini\\_Panza/2\\_Stucchi.pdf](http://www.ingv.it/gndt/Pubblicazioni/Decanini_Panza/2_Stucchi.pdf)>.
- UN (United Nations) (2002), *Living with Risk: A Global Review of Disaster Reduction Initiatives*, Preliminary Version, United Nations, Inter-Agency Secretariat, International Strategy for Disaster Reduction, Geneva, Switzerland.
- Young S. (2002), "Natural-technologic events: the frequency and severity of toxic releases during and after natural disasters with emphasis on wind and seismic events", *atti del UJNR 34th Joint Meeting Panel On Wind And Seismic Effects*, 13-18 May 2002.
- Young S., Balluz L., Malilay J. (2004), "Natural and technologic hazardous material releases during and after natural disasters: a review", *Science of the Total Environment* 322 (2004), Elsevier.

## 2 IMPATTI DEI NA-TECH SUI SISTEMI URBANI E TERRITORIALI: I CASI DI STUDIO

- AA.VV. (1985), *Italia ventesimo Secolo*, Selezione del Reader's Digest, Milano.
- Danielka P. (2006), "Lessons learned from industrial accidents triggered by natural events in Czech Republic", *atti del Sixth DPRI-IIASA Forum on Integrated Disaster Risk Management*, Istanbul, Turchia, 13-17 agosto 2006, [online] <[www.iiasa.ac.at/Research/RAV/conf/IDRiM06/](http://www.iiasa.ac.at/Research/RAV/conf/IDRiM06/)>.
- Di Gennaro M. (2004), "Italy Blackout, 28 September, 2003", in Vetere Arellano A. et al. (a cura di), *Analysis of Natech (Natural Hazard Triggering Technological Disasters) Disaster Management*, atti del NEDIES Workshop, 20-21 ottobre 2003, Ispra, Italia.
- EmergencyNet News Service (1994), *Egypt Fire Disaster Worst Since 1942*, Emergency Response & Research Institute, [online] <[www.emergency.com/egyptfir.htm](http://www.emergency.com/egyptfir.htm)>.
- EQE (1994), *The January 17, 1994 Northridge California Earthquake – An EQE summary report*, EQE International, [online] <[www.absconsulting.com/resources/Catastrophe\\_Reports/1994%20Northridge%20EQ.pdf](http://www.absconsulting.com/resources/Catastrophe_Reports/1994%20Northridge%20EQ.pdf)>.
- EQE (1995), *The January 17, 1995 Kobe Earthquake – An EQE summary report*, EQE International, [online] <[www.absconsulting.com/resources/Catastrophe\\_Reports/Kobe,%20Japan%20EQ%201995.pdf](http://www.absconsulting.com/resources/Catastrophe_Reports/Kobe,%20Japan%20EQ%201995.pdf)>.
- EQE (1999), *Izmit, Turkey Earthquake of August 17, 1999 (M7.4). An EQE briefing*, EQE International, [online] <[www.absconsulting.com/resources/Catastrophe\\_Reports/Izmit-Turkey-1999.pdf](http://www.absconsulting.com/resources/Catastrophe_Reports/Izmit-Turkey-1999.pdf)>.
- EQE (2003), *The 2003 Tokachi-oki Earthquake of September 26*, EQE-ABS Consulting, [online] <[www.absconsulting.com](http://www.absconsulting.com)>.
- Esworthy R., Schierow L.J., Copeland C., Luther L. (2005), *Cleanup after Hurricane Katrina: Environmental Considerations*, National Council for Science and the Environment, Congressional Research Service, [online] <[www.ncseonline.org/nle/crsreports/05oct/RL33115.pdf](http://www.ncseonline.org/nle/crsreports/05oct/RL33115.pdf)>.
- Idemitsu Kosan Co., Ltd. (2003), *Report on the Fire at the Hokkaido Refinery*, [online] <[www.idemitsu.co.jp/e/kankyo/kankyo2004/pdf/06e.pdf](http://www.idemitsu.co.jp/e/kankyo/kankyo2004/pdf/06e.pdf)>.
- Lancaster J. (1994), "Floods and fire left tragedy in wake in Egyptian town", *World & Nation Newspaper*, 4 novembre 1994.
- La Repubblica (2003a), "L'Italia piomba nel buio. Black out da Nord a Sud", articolo del 28/06/2003, [online] <[www.repubblica.it](http://www.repubblica.it)>.
- La Repubblica (2003b), "Blackout, tre morti in Puglia. Sicilia ancora al buio", articolo del 28/06/2003, [online] <[www.repubblica.it](http://www.repubblica.it)>.
- Lindell M. K., Perry R.W. (1996), "Identifying and managing conjoint threats: Earthquake induced hazardous materials releases in the US", *Journal of hazardous materials* 50 (1996), Elsevier.
- Menoni S. (2001), "Chains of damages and failures in a metropolitan environment: some observations on the Kobe earthquake in 1995", *Journal of hazardous materials* 101 (2001), Elsevier.
- Ministero delle Attività Produttive (2003), *Black-out del sistema elettrico italiano del 28 settembre 2003. Rapporto della Commissione di Indagine*, [online] <<http://dgerm.attivitaproduttive.gov.it/dgerm/downloads/RapportoBlackout-28092003.pdf>>.
- Sengul H., Steinberg L.J., Cruz A.M. (2006), *Oil Spills and Hazardous Material Releases from Industrial Facilities due to Hurricane Katrina*, atti del Sixth DPRI-IIASA Forum on Integrated Disaster Risk Management, Istanbul, Turchia, 13-17 agosto 2006 [online] <[www.iiasa.ac.at/Research/RAV/conf/IDRiM06/](http://www.iiasa.ac.at/Research/RAV/conf/IDRiM06/)>.
- Squillaci M. (a cura di) (2006), *Tra i più disastrosi terremoti della storia*, [online] <<http://diamante.uniroma3.it/hipparcos/TerremotoSiciliaCalabria1908.htm>>.
- Steinberg L.J., Sengul H., Cruz A.M. (2006), "State of the Art in Natech Research and Natech Policy", *atti del Sixth DPRI-IIASA Forum on Integrated Disaster Risk Management*, Istanbul, Turchia, 13-17 agosto 2006, [online] <[www.iiasa.ac.at/Research/RAV/conf/IDRiM06/](http://www.iiasa.ac.at/Research/RAV/conf/IDRiM06/)>.
- Toothill J. (2002), *Central European flooding, August 2002 - An EQECAT Technical Report*, EQE International-ABS Consulting, [online] <[www.absconsulting.com/resources/Catastrophe\\_Reports/flood\\_rept.pdf](http://www.absconsulting.com/resources/Catastrophe_Reports/flood_rept.pdf)>.
- UNDHA (United Nations Department of Humanitarian Affairs) (1994), *Egypt - Floods/Fire*, DHA-Geneva Information Report N° 1, [online] <[www.reliefweb.int](http://www.reliefweb.int)>.

- UNEP (United Nations Environment Programme) (2005), *After the tsunami. Rapid environmental assessment*, United Nations Environment Programme, [online] <[www.unep.org/tsunami/reports/TSUNAMI\\_report\\_complete.pdf](http://www.unep.org/tsunami/reports/TSUNAMI_report_complete.pdf)>.
- UNJR (U.S.-Japan Cooperative Program in Natural Resources) (2003), "Report on the 26 september 2003 Tokachi-oki earthquake, Japan", *Panel Update* Volume 1, Numero 4, dicembre 2003, [online] <[www.pwri.go.jp/eng/ujnr/newnl/enl\\_4.pdf](http://www.pwri.go.jp/eng/ujnr/newnl/enl_4.pdf)>.
- Yildiz A., Bedri A., Sukru E., Yalciner C.A. (1999), "Tsunami Generation of the Kocaeli Earthquake of August 17, 1999 in Izmit Bay; coastal observations, bathymetry and seismic data", *Turkish Journal of Marine Sciences* 5 (3).
- World Bank (1999), *Turkey. Marmara earthquake assessment*, Europe and Central Asia Region of the World Bank, [online] <<http://siteresources.worldbank.org/INTDISMGMT/Resources/TurkeyEAM.pdf>>.

### 3 APPROCCI E APPROFONDIMENTI SCIENTIFICI: LO STATO DELL'ARTE DELLA RICERCA

- ARMONIA project (2006), *Deliverable 5.1. Harmonised hazard, vulnerability and risk assessment methods informing mitigation strategies addressing land-use planning and management*.
- Bankof G., Frerks G., Hilhorst D. (2004), *Mapping vulnerability. Disasters, Development & People*, Earthscan, UK.
- Burby R.J. (a cura di) (1998), *Cooperating with nature*, Joseph Henry Press, Washington DC.
- Clerc A., Le Claire G. (1994), "The environmental impacts of natural and technological (na-tech) disasters", *Background discussion paper for The World Conference On Natural Disaster Reduction, 23-27 May 1994, Yokohama, Japan*.
- Cruz A.M. (2005), "Natech Disasters: A Review of Practices, Lessons Learned and Future Research Needs", *atti del 5<sup>th</sup> Annual IIASA-DPRI Forum*, 14-18 September 2005 Beijing, [online] <[www.iiasa.ac.at/Research/RMS/dpri2005/proceedings.html](http://www.iiasa.ac.at/Research/RMS/dpri2005/proceedings.html)>.
- Cruz A.M., Matsuda Y., Okada N. (2006), "Awareness of Potential Natech Disasters among Households in a Japanese Community", *atti del Sixth DPRI-IIASA Forum on Integrated Disaster Risk Management*, Istanbul, Turchia, 13-17 agosto 2006, [online] <[www.iiasa.ac.at/Research/RAV/conf/IDRiM06/](http://www.iiasa.ac.at/Research/RAV/conf/IDRiM06/)>.
- Cruz A.M., Steinberg L.J. (2005), "Industry Preparedness for Earthquakes and Earthquake-Triggered Hazmat Accidents in the 1999 Kocaeli Earthquake", *Earthquake Spectra, Volume 21, No. 2*, May 2005, Earthquake Engineering Research Institute.
- Cruz, A. M., Steinberg, L. J., Vetere-Arellano, A. L., Nordvik, J. P., and Pisano, F. (2004), *State of the Art in Natech (Natural Hazard Triggering Technological Disasters) Risk Assessment in Europe*, Report EUR 21292 EN, DG Joint Research Centre, European Commission and United Nations International Strategy for Disaster Reduction, Ispra, Italy.
- European Commission (2006), *Instructions and Guidelines for ECHO potential partners wishing to submit proposals under the Fifth DIPECHO Action Plan for South East Asia*, [online] <[http://ec.europa.eu/echo/pdf\\_files/calls/dipecho\\_5\\_2006/guidelines\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/echo/pdf_files/calls/dipecho_5_2006/guidelines_en.pdf)>.
- Galderisi A, Ceudech A, Pistucci M (2005), "Integrated vulnerability assessment: the relevance "to" and "of" urban planning", *atti del 1<sup>st</sup> ARMONIA Project Conference "Multi-hazards: challenges for risk assessment, mapping and management"*, Barcellona, 5-6 Dicembre 2005, (CD format).
- Gunderson L.H., Holling C.S. (2002) (a cura di), *Panarchy: Understanding Transformations*, Human and Natural Systems. Island Press, Washington, DC.
- Hartmann J., Okada N., Levy J.K. (2004), "Integrated disaster risk management strategy to prevent exposure to hazardous substances due to inundation triggered releases: a concept for Japan", *Journal of Natural Disaster Science*, Volume 26, Number 2, 2004.
- Lindell M. K., Perry R.W. (1996), "Identifying and managing conjoint threats: Earthquake induced hazardous materials releases in the US", *Journal of hazardous materials* 50 (1996), Elsevier.
- Marsh J., McLennan H. (1998), *Large property damage losses in the hydrocarbon-chemical industries: A thirty-year review. 18th edition*, New York.
- Menoni S. (2001), "Chains of damages and failures in a metropolitan environment: some observations on the Kobe earthquake in 1995", *Journal of hazardous materials* 101 (2001), Elsevier.

- Mercuri A., Angelique M.H. (2004), "Brief Reports. Children's Responses to Natural, Technological, and Na-Tech Disasters", *Community Mental Health Journal*, Vol. 40, No. 2, April 2004, Human Sciences Press, Inc..
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) (2003), *Emerging Risks in the 21st Century. An agenda for action*, OECD Publications Service, [online] <[www.unisdr.org/eng/library/Literature/7754.pdf](http://www.unisdr.org/eng/library/Literature/7754.pdf)>.
- OECD (Organisation For Economic Cooperation And Development) (2006), *OECD Studies in risk management. Italy. Industrial hazard triggered by floods*, OECD Publications, [online] <<http://www.oecd.org/dataoecd/36/17/36099995.pdf>>.
- Petrova E. (2005), "Natural hazards and technological risk in Russia: the relation assessment", *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 5, European Geosciences Union, [online] <<http://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/5/459/2005/nhess-5-459-2005.pdf>>.
- Quarantelli E.L. (1993), "Technological and natural disasters and ecological problems: similarities and differences in planning for and managing them", *Background discussion paper for the Colloquium on Challenges of Technological and Ecological Disasters* on May 11, 1993 in Mexico City, Mexico.
- Schmidt-Thomé P. (2006) (ed.), *The Spatial Effects and Management of Natural and Technological Hazards in Europe - ESPON 1.3.1*, Geologian Tutkimuskeskus, Finland.
- Showalter, P.S., Myers, M.F. (1992), *Natural disasters as the cause of technological emergencies: a review of the decade 1980-1989*, Working Paper n°78, Natural Hazards Research and Applications Information Center—Institute of Behavioral Science, University of Colorado. [online] <<http://www.colorado.edu/hazards/wp/wp78/wp78.html>>.
- Steinberg L.J., Cruz A.M., Vardar-Sukan F., Ersoz Y. (2001), "Risk Management Practices at Industrial Facilities during the Turkey Earthquake of August 17, 1999: Case Study Report", *atti del First Annual IIASA-DPRI meeting* Laxenburg, Austria 1-4 agosto 2001, [online] <<http://www.iiasa.ac.at/Research/RMS/dpri2001>>.
- Steinberg L.J., Sengul H., Cruz A.M. (2006), "State of the Art in Natech Research and Natech Policy", *atti del Sixth DPRI-IIASA Forum on Integrated Disaster Risk Management*, Istanbul, Turchia, 13-17 agosto 2006, [online] <[www.iiasa.ac.at/Research/RAV/conf/IDRiM06/](http://www.iiasa.ac.at/Research/RAV/conf/IDRiM06/)>.
- Wisner B (2001), *Vulnerability in Disaster Theory and Practice: From Soup to Taxonomy, then to Analysis and finally Tool*, International Work-Conference Disaster Studies, Wageningen University and Research Centre, [online] <[http://faculty.kssp.upd.edu.ph/geog/gaillard\\_jean-christophe/syllabi/geog255/Wisner\\_Vuln\\_Concept.pdf](http://faculty.kssp.upd.edu.ph/geog/gaillard_jean-christophe/syllabi/geog255/Wisner_Vuln_Concept.pdf)>.
- World Bank (1999), *Turkey. Marmara earthquake assessment*, Europe and Central Asia Region of the World Bank, [online] <<http://siteresources.worldbank.org/INTDISMGMT/Resources/TurkeyEAM.pdf>>.
- Young S. (2002), "Natural-technologic events: the frequency and severity of toxic releases during and after natural disasters with emphasis on wind and seismic events", *atti del UJNR 34th Joint Meeting Panel On Wind And Seismic Effects*, 13-18 May 2002.
- Zhang J., Okada N., Tatano H. (2005), "Integrated Natural Disaster Risk Management: Comprehensive and Integrated Model and Chinese Strategy Choice", *atti del Fifth Annual IIASA-DPRI Meeting*, IAEC, Beijing Normal University, 14-18 September 2005, [online] <[www.iiasa.ac.at/Research/RMS/dpri2005/proceedings](http://www.iiasa.ac.at/Research/RMS/dpri2005/proceedings)>.

#### 4 EVENTI NA-TECH, RISCHI NATURALI E TECNOLOGICI: IL QUADRO NORMATIVO

- Amendola A. (2001), "Integrated Management of Technological Disasters", *atti del First Annual IIASA-DPRI meeting*, Laxenburg, Austria 1-4 August 2001, [online] <[www.iiasa.ac.at/Research/RMS/dpri2001](http://www.iiasa.ac.at/Research/RMS/dpri2001)>.
- Caragliano S. (2002), "Aspetti sociali, comunicativi e urbanistici del rischio chimico in area urbana", in Menoni S., (a cura di), "Città e impianti industriali", *Urbanistica* n°118, INU, Roma.
- Christou M.D., Porter S. (1999) (a cura di), *Guidance on land use planning as required by Council Directive 96/82/EC (Seveso II)*, Office for Official Publications of the European Communities.
- Colletta P., Manzo R., Spaziantè A. (a cura di) (2002), *Pianificazione del territorio e rischio tecnologico. Il D.M. 9 maggio 2001*, Celid, Torino.
- Cruz, A. M., Steinberg, L. J., Vetere-Arellano, A. L., Nordvik, J. P., and Pisano, F. (2004), *State of the Art in Natech (Natural Hazard Triggering Technological Disasters) Risk Assessment in Europe*, Report EUR

21292 EN, DG Joint Research Centre, European Commission and United Nations International Strategy for Disaster Reduction, Ispra, Italy.

- Godschalk D.R., Beatley T., Berke P., Brower D.J., Kaiser E.J. (1999), *Natural Hazard Mitigation. Recasting Disaster Policy and Planning*, Island Press, Washington D.C..
- Lagadec P. (1982), *Major Technological Risk - An assessment of Industrial Disasters*, Pergamon Press, Oxford.
- Lauridsen K., Kozina I., Markert F., Amendola A., Christou M., Fiori M. (2002), *The Assurance Project – Final summary Report*, RISØ National Laboratory, Roskilde, Denmark.
- Lindell M. K., Perry R.W. (1996), “Identifying and managing conjoint threats: Earthquake induced hazardous materials releases in the US”, *Journal of hazardous materials* 50 (1996), Elsevier.
- Menoni S. (2002), (a cura di), “Città e impianti industriali”, *Urbanistica* n°118, INU, Roma.
- Menoni S. (2003), “Come cambiano le strategie di prevenzione: dall’analisi di un rischio per volta al riconoscimento di mutui legami sistemici tra rischi diversi e territorio”, *Territorio* n°25, Franco Angeli, Milano.
- OECD (Organisation For Economic Cooperation And Development) (2006), *OECD Studies in risk management. Italy. Industrial hazard triggered by floods*, OECD Publications, [online] <<http://www.oecd.org/dataoecd/36/17/36099995.pdf>>.
- Pignatta G. (2002), “Un caso di studio: il Comune di Volpino”, in: Colletta P, Manzo R, Spaziante A (a cura di) *Pianificazione del territorio e rischio tecnologico. Il D.M. 9 maggio 2001*, Celid, Torino.
- Robotto A., Dibitonto C., Zonato C. (2002), “Il D.M. 9 maggio 2001. Un caso applicativo”, in Colletta P., Manzo R., Spaziante A. (a cura di), *Pianificazione del territorio e rischio tecnologico. Il D.M. 9 maggio 2001*, Celid, Torino.
- Spaziante A., Gabardi M.T. (2002), “Gli orientamenti della pianificazione nelle aree a rischio tecnologico in Italia e all’estero”, in Colletta P., Manzo R., Spaziante A. (a cura di), *Pianificazione del territorio e rischio tecnologico. Il D.M. 9 maggio 2001*, Celid, Torino.
- Steinberg L.J., Cruz A.M. (2004), “When Natural and Technological Disasters Collide: Lessons from the Turkey Earthquake of August 17, 1999”, *Natural Hazards Rev.*, Volume 5, Issue 3 (August 2004).
- UNEP (United Nations Environment Programme) (2002), *Ammonium Nitrate Explosion in Toulouse – France, 21 September 2001*, [online] <[www.uneptie.org/pc/apell/disasters/toulouse/home.html](http://www.uneptie.org/pc/apell/disasters/toulouse/home.html)>.
- Waugh W.L. (2000), *Living with hazards dealing with disasters. An introduction to emergency management*, M.E. Sharpe Inc..

## 5 GOVERNO DELLE TRASFORMAZIONI URBANE E TERRITORIALI ED EVENTI NA-TECH: STRUMENTI E PRATICHE

- Barraquè B. (2003), “Risk prevention plans in France”, *presentazione all’International Workshop “Precautionary flood protection in Europe”*, 5-6 February 2003, Bonn.
- Fleishhauer M. (2006), “Spatial planning and the prevention of natural risks in France”, in Fleishhauer M., Greiving S., Wankzura S. (a cura di), *Natural hazards and spatial planning in Europe*, ARMONIA.
- Galderisi A., Menoni S., Cozzi S. (2006), “Natural risk prevention and land-use planning in Italy: strengths and weaknesses of a system stretched between centralised and decentralised authorities”, in Fleishhauer M., Greiving S., Wankzura S. (a cura di), *Natural hazards and spatial planning in Europe*, ARMONIA.
- Kerjan E. M. (2001), *Insurance against natural disasters: do the french have the answer? strengths and limitations*, Working paper, Cahier n°2001-007, Laboratoire d’économétrie, Ecole Polytechnique, Paris.
- Ministre de l’écologie et développement durable (2006), *Guide pratique des Plans de Prévention des Risques Naturels (PPR)*, [online] <[www.prim.net/professionnel/procedures\\_regl/4pagesppr.html](http://www.prim.net/professionnel/procedures_regl/4pagesppr.html)>.
- Pigeon P. (2005), “Main problems and successes of the practice of natural risk assessment and related spatial planning in France according to the ARMONIA report: a preliminary overview”, *atti del ARMONIA Scientific Colloquium*, Dortmund, 4 - 5 April 2005.
- Republic de France (2003), *A new law on risk prevention*, [online] <<http://mahbsrv.jrc.it/french-legislation.html>>.
- Romano (2004), “La pianificazione territoriale e i rischi di incidenti rilevanti – Comune di Rho”. Presentazione dell’Ing. Angelo Romano, Convegno 3 ASI, Milano, marzo 2004”, in Colletta P., Manzo R., *Governo del*

territorio e rischio tecnologico. Metodologie di intervento ed esperienze di attuazione del D.M. 9 maggio 2001, Ministero delle infrastrutture e dei trasporti, [CD-ROM allegato].

Tomei A. (2000), "Il Piano di Fattibilità geologica", in *Comune di Bergamo. Il Progetto del nuovo Piano Regolatore, Urbanistica Quaderni* n. 27, INU Edizioni, Roma.

Wankzura S., (2006), "Assessment of spatial planning approaches to natural hazards in selected EU member States", in Fleishhauer M., Greiving S., Wankzura S. (a cura di), *Natural hazards and spatial planning in Europe*, ARMONIA.

## 6 DALLA CONOSCENZA ALLA MITIGAZIONE DEGLI EVENTI NATECH: UNA PROPOSTA DI METODO

Ackermann F., Eden C., Cropper S. (1992), "Getting started with cognitive mapping", *atti del 7<sup>th</sup> Young OR Conference*, University of Warwick, 13-15 aprile 1992, [online] <[www.banxia.com](http://www.banxia.com)>.

ARAMIS (Accidental Risk Assessment Methodology for Industries in the context of the Seveso II Directive) (2004), *User Guide*, [online] <<http://aramis.jrc.it>>.

ARMONIA project (2006), *Deliverable 5.2. Report: Functional and technical architectural design of a decision-support system for risk informed spatial planning*.

Benedetti D., Petrini V. (1984), "On seismic vulnerability of masonry buildings: proposal of an evaluation procedure", in *L'Industria delle Costruzioni*, vol. 18.

Bianchi M., Briganti S. (2006), *Mappe cognitive e mappe organizzative*, Materiale didattico, [online] <<http://ei.unibo.it/materie/pdf/matmap2.doc>>.

Borri D., Camarda D., De Liddo A. (2004), "Envisioning environmental futures: Multi-agent knowledge generation, frame problem, cognitive mapping", in Luo Y. (ed.), *Computer design, visualization and engineering*, Springer Verlag, Berlin.

California Office of Emergency Services (1998), *California Accidental Release Prevention Program. Final Regulations*, California Code of Regulations, Title 19, Division 2, Chapter 4.5. Governors Office of Emergency Services.

Cerreta M., Torre C.M. (2003), "Scenari di riqualificazione urbana: le valutazioni complesse come processo di apprendimento", in *Urbanistica* n. 122, INU Edizioni, Roma.

Cruz, A. M., Steinberg, L. J., Vetere-Arellano, A. L., Nordvik, J. P., and Pisano, F. (2004), *State of the Art in Natech (Natural Hazard Triggering Technological Disasters) Risk Assessment in Europe*, Report EUR 21292 EN, DG Joint Research Centre, European Commission and United Nations International Strategy for Disaster Reduction, Ispra, Italy.

Fabbrocino G., Iervolino I., Orlando F., Salzano E. (2005), "Quantitative risk analysis of oil storage facilities in seismic areas", *Journal of Hazardous Materials A123* (2005), Elsevier.

Giovinazzi S., Lagomarsino S. (2001), "Una metodologia per l'analisi di vulnerabilità sismica del costruito", *atti del X Congresso Nazionale "L'ingegneria Sismica in Italia"*, Potenza-Matera 9-13 settembre 2001, [online] <[http://adic.diseg.unige.it/7%20pubblicazioni/Pubblicazioni\\_pdf/ANIDIS-Potenza.pdf](http://adic.diseg.unige.it/7%20pubblicazioni/Pubblicazioni_pdf/ANIDIS-Potenza.pdf)>.

Granger K., Jones T., Leiba M., Scott G. (1999), *Community Risk in Cairns. A Multi-hazard Risk Assessment*, Commonwealth of Australia.

Hjorsto C.N. (2003), "Enhancing public participation in natural resource management using Soft OR. An application of strategic option development and analysis in tactical forest planning", *European Journal of Operational Research*, Volume 152, Issue 3, 1 February 2004.

Jungermann H. (1985), "Psychological aspects of scenarios", in Covelo V. et al., *Environmental impact assessment, technology assessment, and risk analysis*, Springer-Verlag, Nato ASI Series.

Kajitani Y., Okada N., Tatano H. e Motohisa H. (2002), "Statistical Analysis of Spatial Temporal Distributions of Human Activities after an Earthquake Disaster", *atti del Second Annual IIASA-DPRI Meeting for Integrated Disaster Risk Management*, 29-31 Luglio 2002, Laxenburg, Austria, [online] <[www.iiasa.ac.at/Research/RMS/dpri2002](http://www.iiasa.ac.at/Research/RMS/dpri2002)>.

Madhu G. (2004), "Risk assessment of a cross country pipeline transporting hydrocarbons", *atti dell'International Conference on the 20th Anniversary of the Bhopal Gas Tragedy*, Indian Institute of Technology, Kanpur, India, 1-3 dicembre 2004, [internet] <[www.iitk.ac.in/che/jpg/papersb/full%20papers/M-19.doc](http://www.iitk.ac.in/che/jpg/papersb/full%20papers/M-19.doc)>.

Menoni S. (2005), *Costruire la prevenzione*. Pitagora Editrice, Bologna.

- Menoni S. (2006), "Introduzione", in Menoni S. (a cura di), *La salvaguardia dei valori storici, culturali e paesistici nelle zone sismiche italiane. Proposte per un Manuale*, Gangemi Editore, Roma.
- Menoni S. (a cura di) (2006), *La salvaguardia dei valori storici, culturali e paesistici nelle zone sismiche italiane. Proposte per un Manuale*, Gangemi Editore, Roma.
- Menoni S., Pergalani F., Boni M.P., Petrini V. (2002), "Lifelines earthquake vulnerability assessment: a systemic approach", *Soil Dynamics and Earthquake Engineering* 22 (2002), Elsevier.
- Ozen U., Ulenghin F. (2006), *Analyzing strategic thoughts of corporations based on cognitive map*, [online] <[www.banxia.com](http://www.banxia.com)>.
- Parisi D. (2001), *Simulazioni. La realtà rifatta nel computer*, Il Mulino, Bologna.
- Schmidt-Thomé P. (2006) (ed.), *The Spatial Effects and Management of Natural and Technological Hazards in Europe -ESPON 1.3.1*, Geologian Tutkimuskeskus, Finland.
- Showalter, P.S., Myers, M.F. (1992), *Natural disasters as the cause of technological emergencies: a review of the decade 1980-1989*, Working Paper n°78, Natural Hazards Research and Applications Information Center—Institute of Behavioral Science, University of Colorado. [online] <<http://www.colorado.edu/hazards/wp/wp78/wp78.html>>.
- UNISDR (United Nations International Strategy for disaster reduction (2003), *Glossary*, [online] <[www.unisdr.org/eng/public\\_aware/world\\_camp/2003/english/5%20Glossary%20eng.pdf](http://www.unisdr.org/eng/public_aware/world_camp/2003/english/5%20Glossary%20eng.pdf)>.
- Vanzi I. (2005), "Sicurezza sismica delle reti elettriche", *atti del Congresso "Energia del vento e territorio"*, Università degli studi G. D'Annunzio di Chieti, [online] <[www.termofluido.univpm.it/materialecongressi/energia\\_del\\_vento/Vanzi.pdf](http://www.termofluido.univpm.it/materialecongressi/energia_del_vento/Vanzi.pdf)>.

## 7 LA VERIFICA DEL METODO: UN'APPLICAZIONE SPERIMENTALE NELLA PROVINCIA DI NAPOLI

- Caputi P.G., Carino S., Di Lucchio L., Faticati L., Formato E. (2002), *Studio Urbanistico dei Comuni di Afragola – Acerra – Casoria - Casalnuovo – Caivano interessati dalla stazione Napoli-Afragola della linea Alta Velocità. Relazione generale*, [online] <[www.provincia.napoli.it](http://www.provincia.napoli.it)>.
- Dipartimento della Protezione Civile (2005), *Il rischio vulcanico al Vesuvio*, [online] <[www.protezionecivile.it](http://www.protezionecivile.it)>.
- Lauridsen K., Kozina I., Markert F., Amendola A., Christou M., Fiori M. (2002), *The Assurance Project – Final summary Report*, RISØ National Laboratory, Roskilde, Denmark.
- Lindell M. K., Perry R.W. (1996), "Identifying and managing conjoint threats: Earthquake induced hazardous materials releases in the US", *Journal of hazardous materials* 50 (1996), Elsevier.
- Orsi G., Di Vito M.A., Isaia R. (2004), "Volcanic hazard assessment at the restless Campi Flegrei caldera", *Bull Volcanol* (2004) 66, Springer-Verlag.
- Pignatta G. (2002), "Un caso di studio: il Comune di Volpino", in: Colletta P, Manzo R, Spaziante A (a cura di) *Pianificazione del territorio e rischio tecnologico. Il D.M. 9 maggio 2001*, Celid, Torino.

# SISTEMI URBANI ED EVENTI NA-TECH. UN CONTRIBUTO URBANISTICO ALLA MESSA A PUNTO DI METODI E TECNICHE PER LA CONOSCENZA, LA PREVENZIONE E LA MITIGAZIONE

## INDICE

INTRODUZIONE	1
1 GLI EVENTI NA-TECH: DEFINIZIONI	8
1.1 Cos'è un evento na-tech?	9
1.2 Diffusione e rilevanza degli eventi na-tech	12
2 IMPATTI DEI NA-TECH SUI SISTEMI URBANI E TERRITORIALI: I CASI DI STUDIO	22
2.1 Descrizione dei casi-studio	23
2.2 Un approfondimento su tre eventi na-tech	35
2.3 La matrice per la lettura e il confronto dei casi	42
3 APPROCCI E APPROFONDIMENTI SCIENTIFICI: LO STATO DELL'ARTE DELLA RICERCA	49
3.1 Studi e ricerche sui na-tech	50
3.2 Studi e ricerche sul multi-rischio	56
3.3 I necessari avanzamenti	60
4 EVENTI NA-TECH, RISCHI NATURALI E TECNOLOGICI: IL QUADRO NORMATIVO	62
4.1 Il quadro normativo in materia di rischi naturali e tecnologici in Europa e in Italia	63
4.2 Le norme sui rischi di incidente rilevante	69
5 GOVERNO DELLE TRASFORMAZIONI URBANE E TERRITORIALI ED EVENTI NA-TECH: STRUMENTI E PRATICHE	86
5.1 Strumenti di governo delle trasformazioni urbane e territoriali e rischi naturali e tecnologici in Italia e in Francia	88
5.2 Pratiche di governo delle trasformazioni urbane e territoriali e rischi naturali in Italia e in Francia	97
5.3 Pratiche di governo delle trasformazioni urbane e territoriali e rischi tecnologici in Italia	109
5.4 La gestione dei rischi na-tech	116
6 DALLA CONOSCENZA ALLA MITIGAZIONE DEGLI EVENTI NA-TECH: UNA PROPOSTA DI METODO	119
6.1 La selezione delle "aree di priorità"	122
6.2 La prefigurazione delle catene di eventi, impatti e danni	129
6.3 Le strategie urbanistiche per la prevenzione e la mitigazione dei fenomeni na-tech	140

7	LA VERIFICA DEL METODO: UN'APPLICAZIONE SPERIMENTALE NELLA PROVINCIA DI NAPOLI	147
7.1	Le “aree di priorità” nella Provincia di Napoli	148
7.2	Gli scenari di eventi, impatti e danni nel Comune di Casalnuovo	162
7.3	Le strategie urbanistiche per la prevenzione e la mitigazione di eventi na-tech nel Comune di Casalnuovo	200
	CONCLUSIONI	213
	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	217
	INDICE	
	INDICE DELLE FIGURE	
	INDICE DELLE TABELLE	

## INDICE DELLE FIGURE

	pag.
fig. 1	11
fig. 2	17
fig. 3	18
fig. 4	24
fig. 5	25
fig. 6	26
fig. 7	27
fig. 8	29
fig. 9–	30
fig. 10	31
fig. 11–	32
fig. 12	33
fig. 13	35
fig. 14	46
fig. 15	47
fig. 16	48
fig. 17	57
fig. 18	58
fig. 19	76
fig. 20	81
fig. 21	84
fig. 22	94
fig. 23	94
fig. 24	94
fig. 25	99
fig. 26	100
fig. 27	101
fig. 28	102
fig. 29	102
fig. 30	103
fig. 31	106
fig. 32	107
fig. 33	107
fig. 34	108
fig. 35	108
fig. 36	111
fig. 37	112
fig. 38	115
fig. 39	135
fig. 40	136
fig. 41	149
fig. 42	150
fig. 43	152

fig. 44	Le aree di pericolosità dei Campi Flegrei	153
fig. 45	Il Potenziale d'innescio per ciascun impianto a rischio di incidente rilevante	157
fig. 46	Areali di 1 km attorno agli impianti a rischio di incidente rilevante	157
fig. 47	Livelli di esposizione	159
fig. 48	Livelli di priorità	160
fig. 49	Le aree di priorità rispetto alla distribuzione del rischio vulcanico	162
fig. 50	Il territorio del Comune di Casalnuovo di Napoli	163
fig. 51	Immagini della Liquigas di Casalnuovo di Napoli	165
fig. 52	L'area di studio	165
fig. 53	Le sezioni censuarie nell'area di studio	167
fig. 54	Principali attività presenti nell'area di studio	167
fig. 55	Mappa cognitiva per eventi na-tech del Comune di Casalnuovo	169
fig. 56	Concetti entranti e uscenti direttamente da un concetto X	170
fig. 57	Estrapolazione dei concetti e delle catene principali	171
fig. 58	Dettaglio della sequenza delle catene di eventi, impatti e danni considerate	175
fig. 59	La distribuzione dei danni dovuti al sisma nel Comune di Casalnuovo	179
fig. 60	Distribuzione della popolazione coinvolta dal sisma	181
fig. 61	Possibili ostruzioni della viabilità nell'area di studio	181
fig. 62	Una delle strade che potenzialmente possono ostruirsi a causa del sisma	182
fig. 63	Localizzazione delle principali attrezzature di emergenza	183
fig. 64	I varchi di accesso all'area di studio	184
fig. 64	Tempi di accesso dei Vigili del Fuoco alle sezioni censuarie dopo il sisma	185
fig. 65	Tempi di accesso da e per l'Ospedale di Pollena Trocchia di ciascuna sezione censuaria	186
fig. 66	Le aree di attesa	187
fig. 67	Tessuto rado e tessuto compatto all'interno dell'area di studio	188
fig. 68	Capienza delle aree di attesa	189
fig. 69	Attribuzione di ciascuna sezione censuaria ad un'area di attesa e grado di occupazione	189
fig. 70	Condizioni di sicurezza di ciascuna area di attesa rispetto allo scenario incidentale	190
fig. 71	Lo spostamento della popolazione in aree di attesa sicure	192
fig. 72	Tempi di accesso dei Carabinieri alle aree di attesa	192
fig. 73	Tempi di accesso dei Volontari della Protezione Civile alle aree di attesa	193
fig. 74	Numero di persone per m2 per ciascuna area di attesa	195
fig. 75	Possibili ostruzioni della viabilità dovute ai danni agli edifici causati dal sisma e dall'UVCE	195
fig. 76	Tempi di accesso da e per l'Ospedale di Pollena Trocchia dalle sezioni censuarie dopo l'UVCE	197
fig. 77	Variazione dei tempi di accesso da e per l'Ospedale di Pollena Trocchia dalle sezioni censuarie dopo l'UVCE	197
fig. 78	Tempi di accesso dei VVF alle sezioni censuarie dopo l'UVCE	198
fig. 79	Variazione dei tempi di accesso alle sezioni censuarie dei VVF dopo l'UVCE	198
fig. 80	Localizzazione delle attività nell'area di letalità e danni irreversibili	199
fig. 81	Scuola sita nell'area di alta letalità	199
fig. 82	La mappa cognitive delle azioni urbanistica delle azioni di prevenzione e mitigazione individuate	208

## INDICE DELLE TABELLE

	pag.	
tab. 1	Tabella riassuntiva delle principali definizioni di eventi na-tech	4
tab. 2	Principali disastri na-tech	15
tab. 3	Distribuzione degli impianti a rischio di incidente rilevante per Regione	16
tab. 4	Distribuzione dei fattori di pericolosità nelle Regioni italiane	19
tab. 5	La matrice di lettura dei casi di approfondimento	43
tab. 6	Principali caratteristiche dei disastri na-tech nelle varie fasi del ciclo del governo dei rischi	53
tab. 7	Le principali norme sui rischi in Europa ed in Italia	64
tab. 8	Approcci alla definizione delle distanze di sicurezza nei Paesi UE	74
tab. 9	Gli scenari incidentali	77
tab. 10	Le soglie di danno per ciascuno scenario incidentale	78
tab. 11	Le categorie di elementi territoriali vulnerabili	80
tab. 12	Tabella di compatibilità tra elementi territoriali e scenari di danno	81
tab. 13	Interazioni tra fattori di pericolosità naturale e tecnologica	123
tab. 14	Misure per la prevenzione e mitigazione di eventi na-tech	142
tab. 15	Esempio di matrice delle possibili azioni di prevenzione e mitigazione	145
tab. 16	Articolazione dei livelli di pericolosità naturale	154
tab. 17	Matrice di confronto per la definizione del Potenziale d'innesco	156
tab. 18	Matrice dei dati per la definizione del Potenziale d'innesco per ciascun impianto	156
tab. 19	Indicatori per la misura dell'esposizione	158
tab. 20	Calcolo dei coefficienti riduttivi di esposizione	159
tab. 21	Sintesi dei dati rilevati per ciascuna area	161
tab. 22	Distanze di danno relative allo scenario UVCE	165
tab. 23	Analisi della connessione dei concetti nella mappa cognitiva	171
tab. 24	Le principali catene estratte dalla mappa cognitiva generale	172
tab. 25	La successione temporale delle catene di eventi, impatti e danni	174
tab. 26	Confronto tra la scala EMS-98 e MSK-76	178
tab. 27	Danni agli edifici ed alla popolazione	180
tab. 28	Tempi di accesso ai varchi da parte dei VVF e dei soccorsi sanitari	183
tab. 29	Le possibili azioni urbanistiche di prevenzione e mitigazione	205
tab. 30	I risultati dell'analisi POTENT	207