



Centro Irpino per l'innovazione nel Monitoraggio Ambientale (CIMA)



Via Petrile (edificio Regione Campania)
83054 Sant'Angelo dei Lombardi (AV)
Tel. e fax. 0827 23753
cima@amracenter.com
www.cima.amracenter.com

AMRA scarl

amra

■ analysis and monitoring of environmental risk

Corso di aggiornamento professionale
"Gestione e mitigazione dei rischi naturali"

I RISCHI NATURALI

Prof. ing. Gianfranco Urciuoli
Università degli Studi di Napoli Federico II



Sant'Angelo dei
Lombardi: il castello

Sant'Angelo dei Lombardi, 11 aprile – 23 maggio 2008





Concetto di rischio

Il rischio consiste nella **minaccia ad un qualsiasi bene**:

- vite umane,
- manufatti,
- attività produttive,

conseguente alla possibilità che un **evento disastroso** si verifichi. Quindi il rischio è nullo se su una data parte di territorio non esistono beni a rischio.

Per effetto dello sviluppo economico i rischi, di qualsiasi natura, sono cresciuti enormemente in quanto si sono moltiplicati i beni a rischio. Contemporaneamente è diminuita la tolleranza della comunità rispetto ai danni gravi, soprattutto alle persone.

Devono essere assunti provvedimenti idonei a contenere il rischio: gli sforzi tecnici e scientifici della comunità devono essere rivolti a rendere più sicuri i beni già esistenti e ad evitare che nuovi insediamenti occupino aree esposte a rischio.





I rischi ed il mercato professionale

Una comunità, nel corso della sua evoluzione storica e socio-economica, **usa in modo progressivamente diverso il territorio**, in dipendenza del proprio status culturale ed economico.

Il mercato delle professioni tecniche deve modificare la sua sensibilità ed il suo bagaglio culturale per dare risposte ai mutamenti della domanda.

AMRA scarl



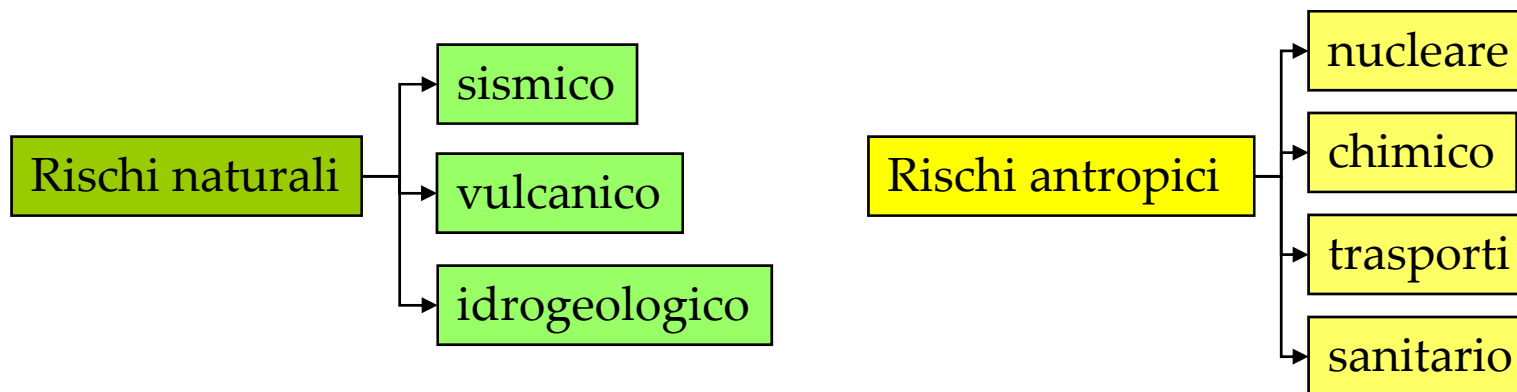


I grandi rischi definiti dalla legislazione italiana

Il Ministro per il coordinamento della Protezione Civile col D.M. 21/10/92 individuò i seguenti “**Grandi Rischi**”:

1. sismico
2. nucleare
3. vulcanico
4. idrogeologico
5. chimico, industriale ed ecologico
6. trasporti per terra, per mare e per cielo
7. sanitario.

I suddetti rischi possono essere classificati in naturali ed antropici in relazione alla natura (naturale o umana) della causa scatenante.

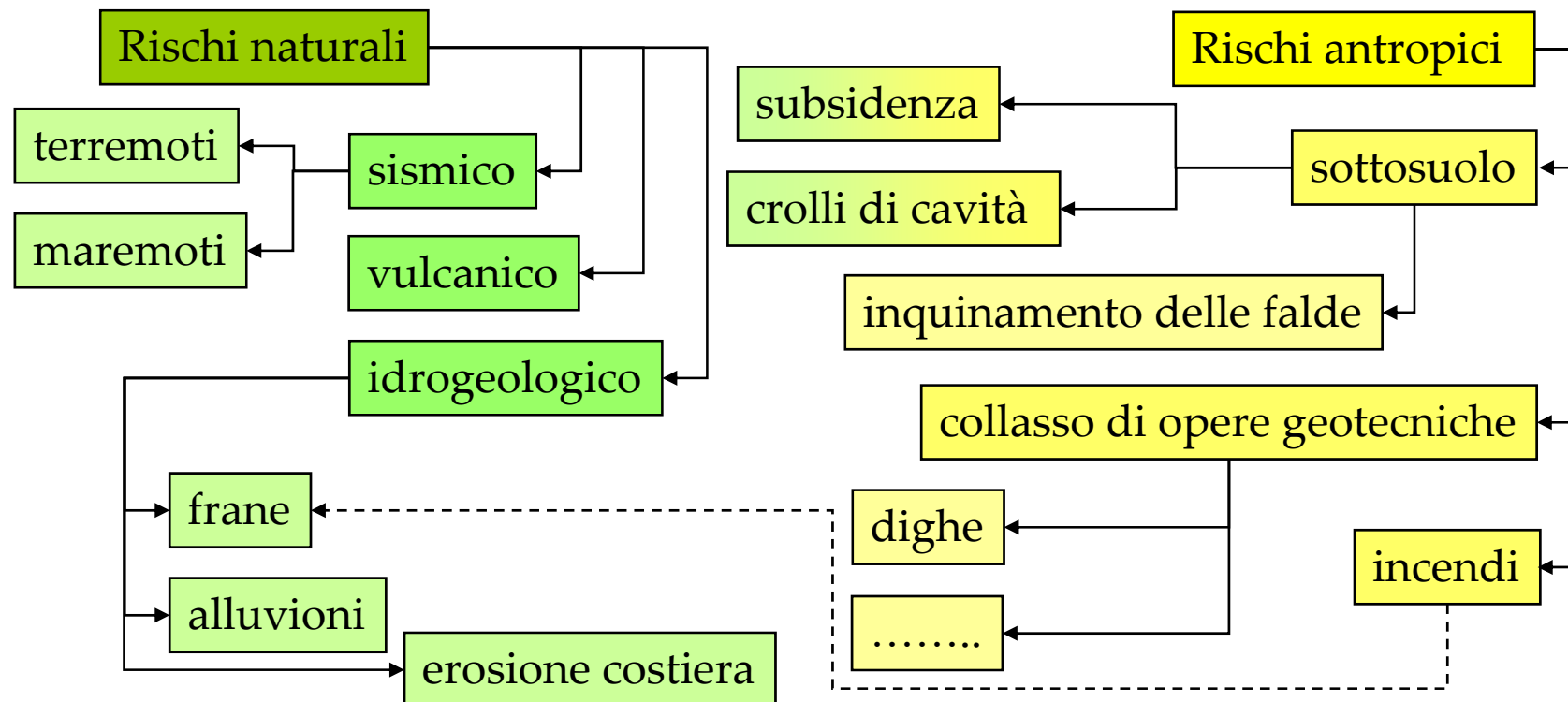




I rischi naturali ed antropici relativi al territorio

I rischi naturali sono conseguenza della possibilità di accadimento di un **evento naturale**, quelli antropici sono conseguenza di una **attività umana incontrollata** a volte protratta nel tempo; entrambi possono comportare danni più o meno ingenti ai beni ed alle risorse vitali per la comunità. Oltre ai grandi rischi definiti dalla Protezione Civile, altre minacce incombono sul territorio che devono essere parimenti considerate.

AMRA scarl





Definizione legislativa dell'evento scatenante

La Legge 225/92 individua tre tipologie di eventi:

a) **eventi** naturali o connessi con l'attività dell'uomo, che possono essere fronteggiati mediante interventi attuabili in via ordinaria dai **singoli enti** ed amministrazioni competenti;

b) **eventi** naturali o connessi con l'attività dell'uomo, che per loro natura ed estensione comportano **l'intervento coordinato di più enti** o amministrazioni competenti in via ordinaria;

c) **calamità naturali, catastrofi** o →
altri eventi che, per intensità ed estensione, debbono essere fronteggiati con **mezzi e poteri straordinari**.





Intensità di un evento naturale

L'**intensità** caratterizza la severità dell'evento naturale ed è un parametro fondamentale nella valutazione del rischio connesso all'evento.

Evento naturale

Intensità

Evento meteorologico estremo

Altezza della precipitazione

Piena

Portata al como di piena

Frana

Velocità di propagazione / Volume

Sisma

Magnitudo / Grado scala Mercalli

Sulla base dell'intensità dell'evento sono possibili vari scenari di rischio.

Si definisce **scenario di rischio** la rappresentazione dei fenomeni calamitosi, semplici e complessi che possono interessare una determinata porzione di territorio, provocando danni a persone e/o cose. Esso rappresenta lo strumento indispensabile per predisporre gli interventi a tutela della popolazione, delle infrastrutture e dei beni in una determinata area soggetta a rischio.





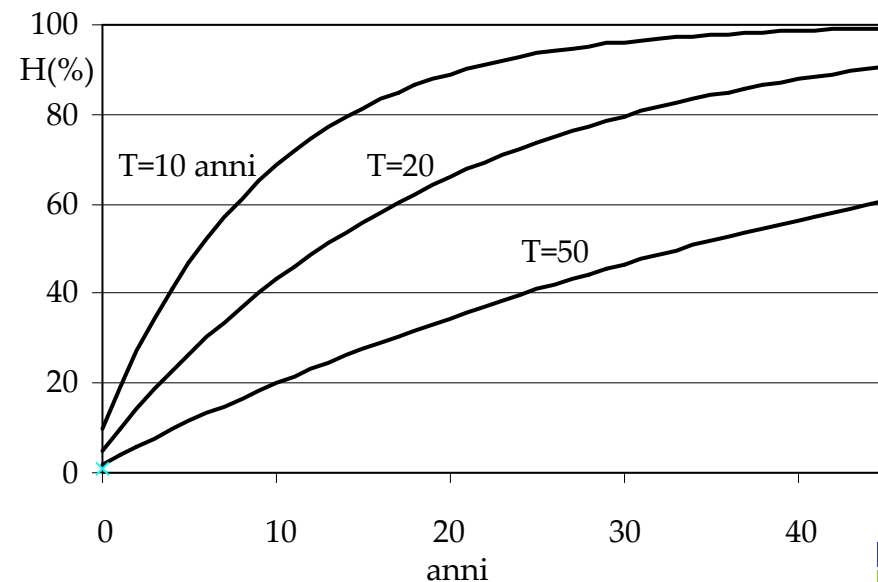
Tempo di ritorno di un evento naturale

Il **tempo di ritorno T** di un evento naturale di fissata intensità è definito come il reciproco della probabilità di accadimento P riferita ad 1 anno:

$$T = \frac{1}{P}$$

Ciò premesso la probabilità che l'evento non accada nel corso di 1 anno è data da $(1 - P)$ e che non accada in N anni è data da $(1 - P)^N$; per cui la pericolosità H, ovvero la probabilità che l'evento accada sull'arco di N anni è data da:

$$H(N) = 1 - (1 - P)^N = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^N$$





Tempo di ritorno di un evento naturale

La probabilità di accadimento di un evento con periodo di ritorno di 200 anni su un intervallo di tempo di 200 anni non è del 100%, come potrebbe sembrare, ma è del 63%.

Infatti qualsiasi sia il periodo di ritorno, H tende al 100% solo per $N \rightarrow \infty$.

Per le catastrofi naturali esiste una relazione inversa fra probabilità di accadimento (P) ed intensità (I).

$$P = \alpha' \cdot \frac{1}{I^\alpha}$$

La probabilità di accadimento degli eventi è tanto minore quanto maggiore è l'intensità o, in altri termini, il tempo di ritorno è tanto maggiore quanto più grande è l'intensità del fenomeno atteso.





Definizione quantitativa del rischio

Il rischio totale è dato dal prodotto:

$$R = H \cdot \sum_i (V_i \cdot E_i)$$

Il rischio
più fa

odotto di

- **pericolosità (hazard, H):** probabilità che un evento di data intensità si verifichi nell'area esaminata in un periodo di tempo fissato (*pericolosità diretta*); alternativamente, fissata una probabilità di accadimento (ossia un tempo di ritorno), la pericolosità è data dall'intensità dell'evento corrispondente a quel tempo di ritorno (*pericolosità inversa*);
- **elementi a rischio (elements at risk, E_i):** beni antropici presenti nell'area esaminata, ovvero vite umane, beni immobili e mobili, infrastrutture, attività economiche, coltivazioni, ...;
- **vulnerabilità (vulnerability, V_i):** percentuale degli elementi a rischio distrutti o danneggiati da un evento atteso di fissata intensità;
- **rischio specifico (specific risk, R_i):** perdite attese per ciascuna categoria di elementi a rischio in conseguenza di un evento atteso di fissata intensità;
- **rischio totale (total risk, R):** perdite attese per tutte le categorie di elementi a rischio (vittime, feriti, danni a beni mobili ed immobili, interruzione di attività economiche) in conseguenza di un evento atteso di fissata intensità.

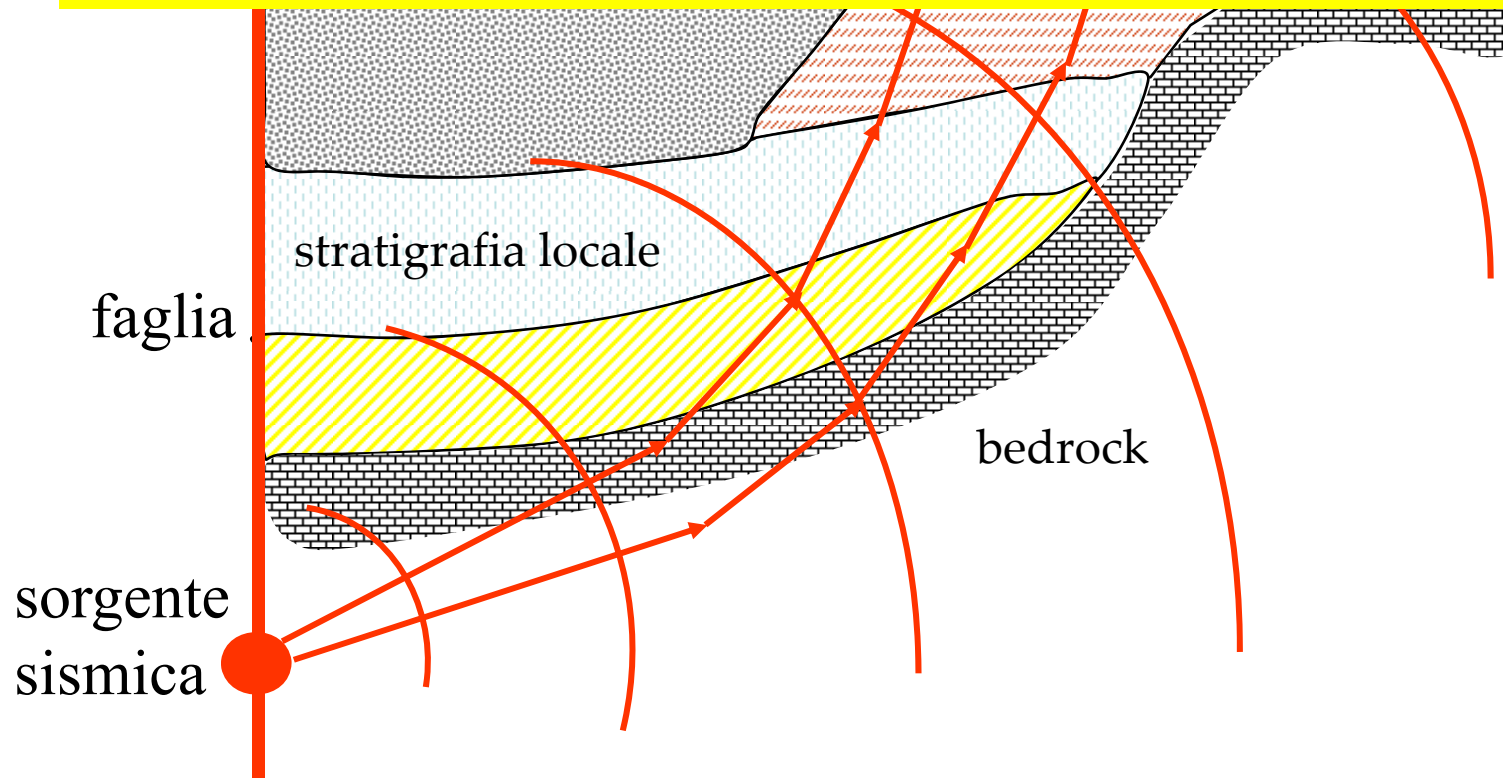




Pericolosità sismica

Per **pericolosità sismica** si deve intendere la combinazione tra il “**moto sismico al bedrock**” (moto sismico di riferimento in un generico sito, detto **pericolosità sismica di base**) e gli effetti locali che danno luogo alla cosiddetta “**risposta sismica locale**” dipendente dai caratteri locali del sito (i.e. caratteristiche geologiche, geofisiche e geotecniche oltre che caratteri morfologici del sito).

AMRA scarl

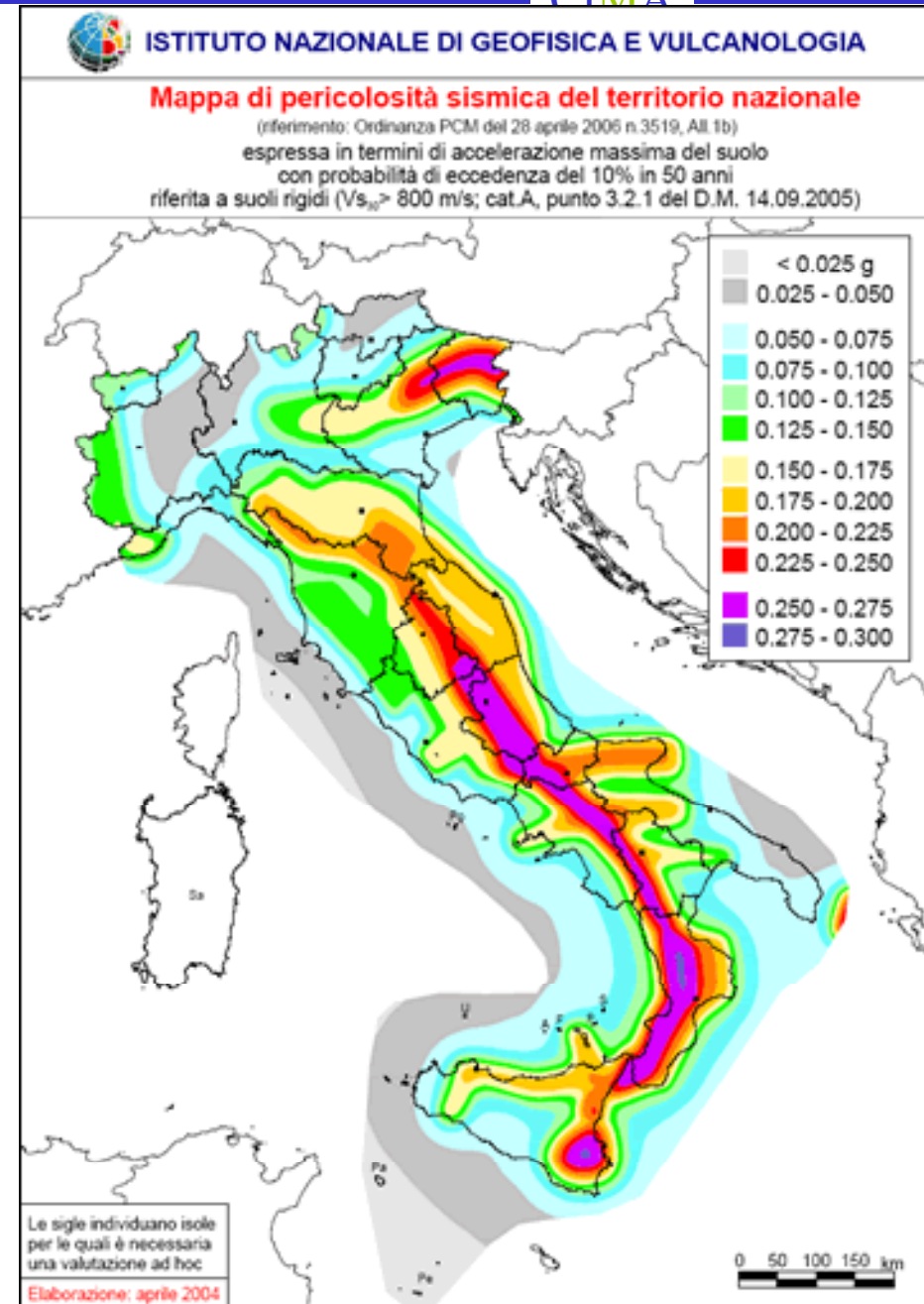




Pericolosità sismica di base

La pericolosità del territorio nazionale è fissata dalla normativa. Il parametro di pericolosità sismica di base (*pericolosità inversa*) è a_g , accelerazione orizzontale massima su affioramento rigido con piano campagna orizzontale, riferita a **9 probabilità di superamento in 50 anni**.

I valori di a_g sono dati con riferimento ad un reticolo regolare di punti con passo $0,05^\circ$ (circa 5 km) nella **mappa di pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale** (OPCM 3519 del 28.04.2006, G.U. n. 108 del 11/05/2006 -Allegato 1B).





Pericolosità sismica locale

La pericolosità sismica di base (a_g) è amplificata attraverso i coefficienti S_S ed S_T che tengono conto rispettivamente della stratigrafia locale e della topografia del sito (acclività del piano campagna).

Terreno	A	B	C	D	E
S_S	1.0	1.0÷1.2	1.0÷1.50	0.9÷1.80	1.0÷1.6
S_T	1.0÷1.4				

- A. *Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di V_{S30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione della formazione in posto con spessore massimo pari a 3 m.
- B. *Depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti*, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
- C. *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{S,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
- D. *Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fina scarsamente consistenti*, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{S,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
- E. Terreni caratterizzati da V_S inferiori a 360 m/s per spessore non superiore a 20 m posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).





Pericolosità idrogeologica

La **pericolosità idrogeologica** è definita ed individuata cartograficamente dai Piani Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) redatti dalle Autorità di Bacino.

Il Piano per l'assetto idrogeologico, previsto dalle Leggi n. 267/98 e n. 365/00, costituisce lo stralcio funzionale relativo al rischio idrogeologico del più ampio Piano di bacino idrografico previsto dall'art. 17 comma 6-ter, della legge 18 maggio 1989, n. 183 e dalla L.R. 7 febbraio 1994, n.8.

Il PAI distingue i rischi:

- da frana
- da alluvioni.

Per entrambi i rischi sono fornite le **mappe di pericolosità** e di rischio e le **norme di attuazione** che regolano le possibilità di intervento nell'ambito delle suddette zone.

Le mappe di pericolosità compendiano 4 categorie, caratterizzate da livelli di pericolosità crescente:

P1

P2

P3

P4





Pericolosità da frana

A titolo di esempio si riportano le **classi di pericolosità** da frana definite e cartografate nel PAI dell'Autorità di Bacino del Fiume Sarno.

Pericolosità molto elevata (P4). Aree caratterizzate dalla presenza di fenomeni di dissesto attivi e da fenomeni di dissesto attualmente quiescenti ma con elevata probabilità di riattivazione.

Pericolosità elevata (P3). Aree caratterizzate dalla presenza di fenomeni di dissesto quiescenti e/o inattivi, da limitate evidenze di fenomeni di dissesto potenziale o dalla concomitanza di più fattori predisponenti al dissesto.

Pericolosità media (P2). Aree caratterizzate da scarse evidenze di fenomeni di dissesto potenziale o dalla presenza di alcuni dei fattori predisponenti al dissesto.

Pericolosità bassa o trascurabile (P1). Aree di ambito subpianeggiante, collinare o montuoso in cui si rilevano scarse o nulle evidenze di dissesto in atto o potenziale.





Pericolosità da alluvione

Nelle Linee Guida per i Piani Stralcio di Difesa dalle Alluvioni del **fiume Volturno**, la pericolosità è considerata funzione del periodo di ritorno **T dell'evento** e di un **fattore FPA**, funzione a sua volta del tirante della corrente (**h**) e della sua velocità (**v**):

Considerando i valori $h_s=1$ m e $v_s=1$ m/s, come valori di soglia, FPA si assume elevato (**E**) nel caso in cui risulti almeno uno dei due valori di **h** o di **v** maggiore od uguale del rispettivo valore di soglia. Altrimenti FPA si considera moderato (M).

Quindi le aree inondabili vengono divise nelle fasce **A, B e C** e nelle sottofasce **B1, B2 e B3**, definendo per ciascuna di esse la pericolosità.

Fascia	T	FPA	Pericolosità
A	100	E	Molto elevata
B1	30 -100	M	Elevata
B2	100	M	Media
B2	100	M	Moderata





Beni a rischio

Secondo il DPCM 29/09/1998, sono da considerarsi *elementi a rischio*:

- gli agglomerati urbani comprese le zone di espansione urbanistica; le aree su cui insistono insediamenti produttivi, impianti tecnologici di rilievo, in particolare quelli definiti a rischio ai sensi di legge;
- le infrastrutture a rete e le vie di comunicazione di rilevanza strategica, anche a livello locale;
- il patrimonio ambientale ed i beni culturali di interesse rilevante;
- le aree sede di servizi pubblici e privati, di impianti sportivi e ricreativi, strutture ricettive ed infrastrutture primarie.

Per poter quantificare il rischio è opportuno assegnare un peso ponderale ai vari beni a rischio, dividendoli in categorie omogenee in ragione del loro valore socio-economico (tabella seguente).





Peso ponderale dei beni a rischio

(La tabella è un tentativo di assegnare dei pesi ponderali al territorio in ragione della destinazione urbanistica)

Classe	Elementi
****	Zone A – Centri storici Zone B - Di completamento Zone C - Di espansione, edificate Zone C - Di espansione, non edificate Zone D – Produttive e commerciali, edificate Zone D – Produttive e commerciali, non edificate Zone F1, F2 – Istruzione, attrezzature di interesse collettivo, edificate Zone F1, F2 – Istruzione, attrezzature di interesse collettivo, non edificate Edifici singoli, non compresi nelle zone A e B Infrastrutture di trasporto (ferrovie, autostrade e strade)
***	Elementi di infrastrutture a rete di interesse primario
**	Zone F3 (sport e tempo libero)
*	Zone E1, E2, E3 (zone agricole)

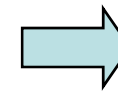




La difesa dai rischi naturali

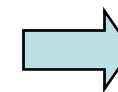
In tema di difesa dai rischi naturali la legge di istituzione del Servizio Nazionale di Protezione Civile (legge n. 225 del 24/2/1992) definisce le attività di:

- **previsione**, ovvero le “attività dirette allo studio ed alla determinazione delle cause dei fenomeni calamitosi, alla identificazione dei rischi ed alla individuazione delle zone del territorio soggette ai rischi stessi”;
- **prevenzione**, ovvero le “attività volte ad evitare o ridurre al minimo la possibilità che si verifichino danni conseguenti agli eventi calamitosi anche sulla base delle conoscenze acquisite per effetto dell’attività di previsione”.



Piani Autorità di Bacino

Mappe di perimetrazione
Aree a rischio



Pianificazione urbanistica

Piani di emergenza

Interventi sul territorio

Interventi sui manufatti

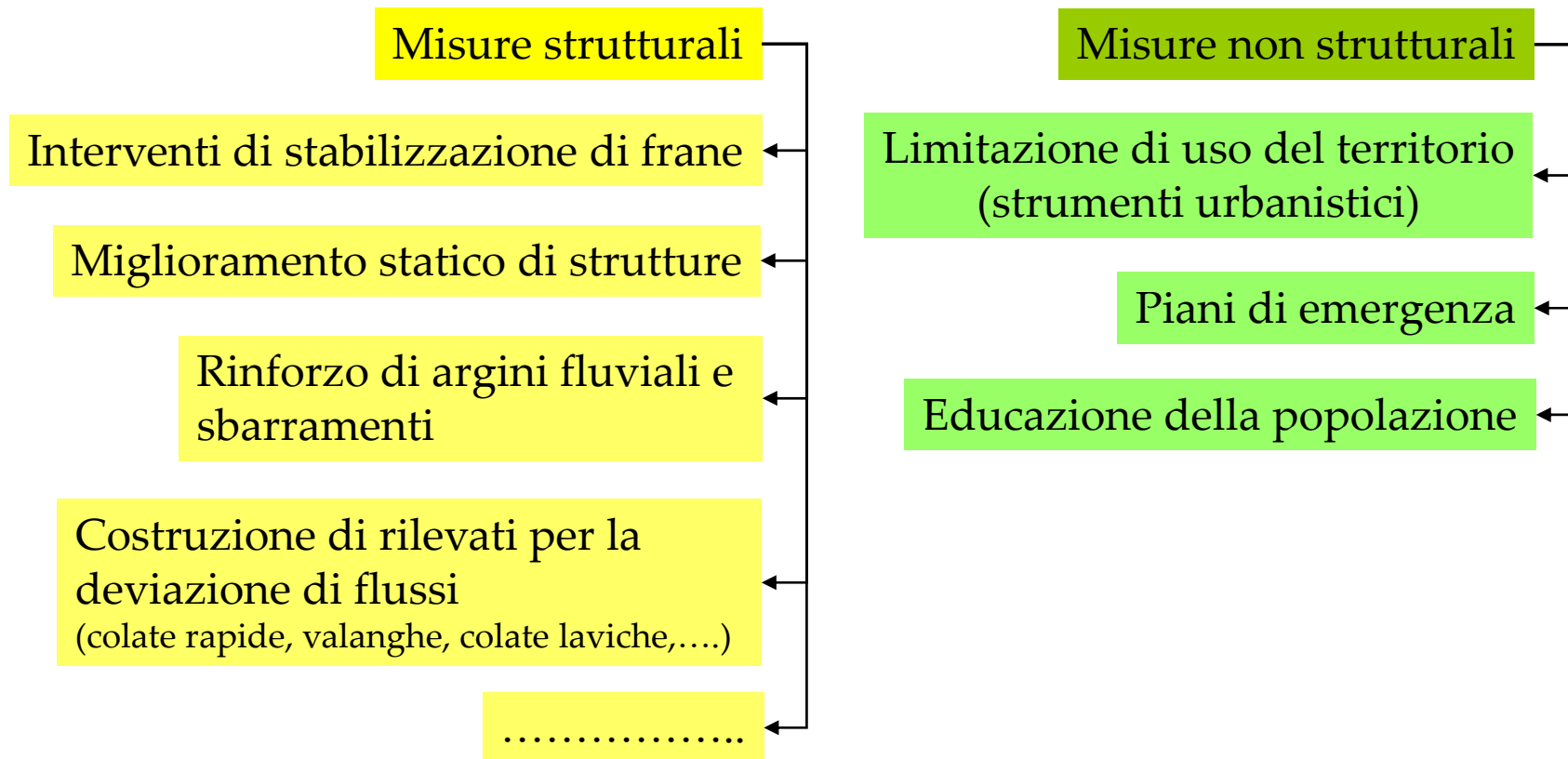




Tecniche e procedure di mitigazione dei rischi naturali

I rischi naturali possono essere mitigati attraverso **misure strutturali**, che presuppongono interventi fisici di modifica del territorio e/o dei manufatti o attraverso **misure non strutturali** che non prevedono interventi fisici sul territorio.

AMRA scarl





La riduzione dei fattori che determinano il rischio

Il rischio viene mitigato attraverso la riduzione di uno o più dei fattori che lo definiscono:

H, V, E

La riduzione di **pericolosità** è tipica del **settore idrogeologico**, ove essa è ridotta attraverso:

- interventi attivi che abbattano la probabilità di accadimento dell'evento: ad esempio stabilizzazione di frane o sistemazione idraulica dei corsi di acqua;
- interventi passivi che impediscono al fenomeno di propagarsi nelle aree in cui sono ubicati i beni a rischio (misura valida anche nel campo del **rischio vulcanico**).

La riduzione della **vulnerabilità** è tipica del **settore sismico**, ove si usa intervenire sui manufatti con interventi di adeguamento o miglioramento sismico.

La riduzione degli **elementi a rischio** è possibile in tutti i rischi naturali e può essere permanente (delocalizzazione di aree urbane ed industriali, limitazione di destinazione di uso del territorio) o temporanea (evacuazione della popolazione e dei beni di maggior pregio prima dell'evento).





La riduzione dei fattori che determinano il rischio

La pericolosità può essere convenzionalmente suddivisa in due fattori:

H_1 = probabilità che l'evento accada,

H_2 = probabilità che l'evento si propaghi fino all'area esaminata.

$$R = H_1 \cdot H_2 \cdot V \cdot E$$

Rischio		Fattore riducibile	Tipo di provvedimento	
idrogeologico	da frana	H_1	interventi attivi	opere di sostegno, drenaggi, rimodellamento, ancoraggi
	da alluvione	H_2	interventi passivi	barriere paramassi, vasche di intercettazione del fango, .
sismico		H_1	interventi attivi	adeguamento sezione idraulica, vasche di laminazione
vulcanico		V	interventi strutturali	adeguamento e miglioramento sismico delle strutture
tutti		H_2	interventi passivi	rilevati per la deviazione delle colate laviche
		E	provvedimenti amministrativi	delocalizzazione di aree urbane ed industriali
		E	strumenti urbanistici	limitazione di uso del territorio
		E	piani di emergenza	evacuazione della popolazione prima dell'evento procedure di early warning per interruzione servizi
		E	educazione ed informazione	comportamenti corretti durante e dopo gli eventi





Provvedimenti di emergenza

La possibilità di evacuare in tempo utile la popolazione è legata alle possibilità di prevedere:

- l'accadimento dell'evento stesso sulla base del monitoraggio di alcune grandezze significative dette "**precursori di evento**",
- il tempo e l'intensità con cui l'evento, una volta avvenuto, si propaga fino alla zona interessata, sulla base del monitoraggio di alcune grandezze significative dette "**indicatori di evento**".

Esempi:

- è un precursore di evento la pioggia estrema che può provocare l'innescò di frane rapide in terreni sciolti,
- è un indicatore di evento il livello di piena di un corso di acqua che si propaga verso valle, ove potrà provocare una esondazione in virtù del tirante di acqua con cui giungerà in una data sezione critica.

Per prevedere l'innescò di un fenomeno si usano procedure dette di **pre-annuncio**; per prevedere il tempo di propagazione, una volta che il fenomeno è accaduto, si utilizzano procedure dette di **early-warning**.





Prevedibilità del fenomeno

Rischio		Pre-annuncio		Anticipo pre-annuncio				Precursori
		possibile	affidabilità	mesi	settimane	giorni	ore	
idrogeologico	da frana	X	scarsa	X(*)	X(*)	X(**)	X(**)	piogge, spostamenti
	da alluvione	X	buona			X	X	piogge, livello di piena
sismico								
vulcanico		X	buona	X	X			spostamenti, sismicità
Nota: (*) frane lente, (**) frane rapide								

EARLY WARNING SISMICO

Il principio su cui si basa il sistema di early warning è la maggiore velocità di trasmissione telematica dei dati rispetto alla velocità delle onde S (secondarie), che provocano i danni maggiori. Quindi, una volta rilevate nelle aree sismogenetiche le vibrazioni indotte dalle onde P, è possibile attivare un allarme che anticipi, anche se solo di pochi secondi, l'arrivo delle vibrazioni più pericolose. Il lasso di tempo disponibile è talmente modesto da escludere il preavviso alla popolazione (da qualche secondo a qualche decina di secondi). Esso dipende dalle stesse caratteristiche dell'evento (durata, intensità e profondità ipocentrale) e dalla distanza del sito dall'epicentro.





La pianificazione di emergenza

Il **Piano di Emergenza di Protezione Civile** individua le azioni, le attività, le procedure, i mezzi e le risorse umane e strumentali e le relative modalità di gestione per affrontare un evento calamitoso atteso in un determinato ambito territoriale, fino al superamento della fase acuta della crisi ed al ritorno alle normali condizioni di vita.

Le caratteristiche dell'evento che sono a base del piano ne costituiscono **lo scenario**, e rappresentano in genere l'involuppo di una serie di eventi storicamente noti e quantificabili, relativi ad una realtà antropica e infrastrutturale presente o programmata.

Il piano consiste in due parti.

L'attività di **programmazione**, che riguarda la fase di previsione dell'evento, intesa come acquisizione della conoscenza sui rischi che insistono sul territorio, nonché la fase della prevenzione, intesa come attività destinata alla mitigazione dei rischi stessi.

L'attività di **pianificazione**, che consiste nell'insieme delle procedure operative di intervento da attuarsi nel caso in cui si verifichi l'evento atteso, contemplato in un apposito scenario.





I contenuti del piano di emergenza

- Il piano deve recepire tutte le informazioni relative a:
- a. processi fisici che causano le condizioni di rischio;
 - b. precursori;
 - c. eventi;
 - d. scenari;
 - e. risorse disponibili.

Per fenomeni noti e quantificabili (alcuni tipi di fenomeni idrogeologici, come le alluvioni) lo scenario dovrà essere descritto con precisione, attraverso la compilazione delle semplici tabelle relative ai fattori di vulnerabilità e di esposizione delle aree coinvolte (popolazione coinvolta, reti di comunicazione, reti di servizio, edifici e strutture, infrastrutture e beni culturali).

Per fenomeni non quantificabili, scarsamente noti o rari (sisma), il termine di riferimento sarà quello degli eventi pregressi alla luce delle modificazioni subite dal territorio, comprese le opere strutturali e non strutturali realizzate per mitigare e ridurre il livello di rischio.



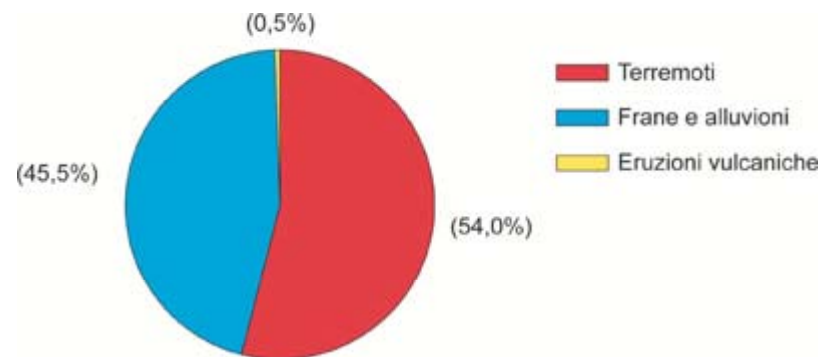


I rischi naturali in Italia

Dal 1944 al 1998 in Italia hanno perso la vita circa 8.000 persone a causa di catastrofi naturali (figura 1), di cui il 54% per terremoti, il 45,5% per frane e alluvioni e lo 0,5% per eruzioni vulcaniche.

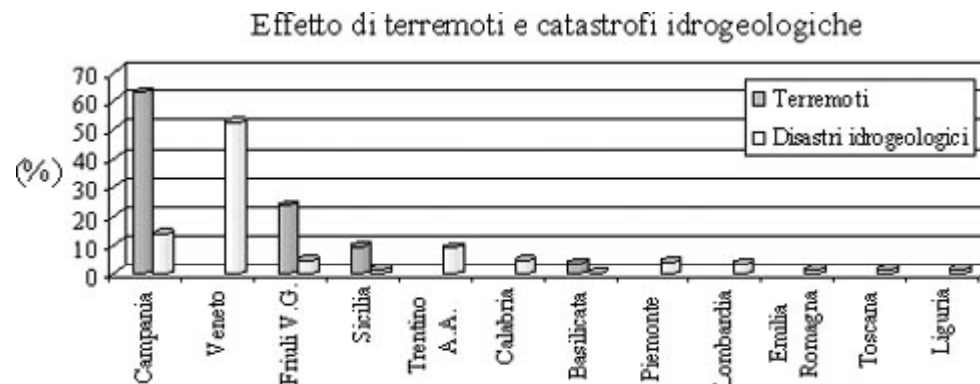
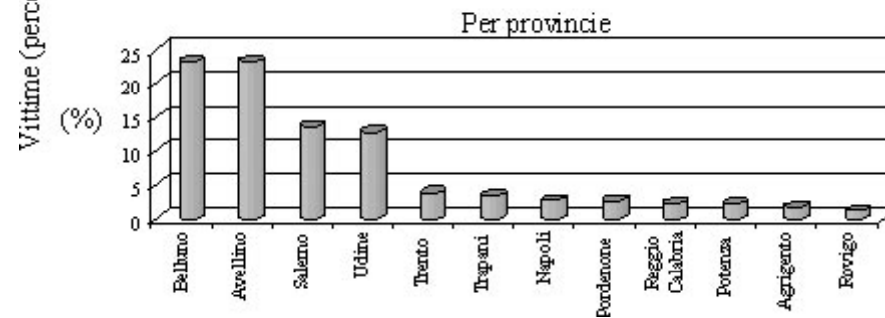
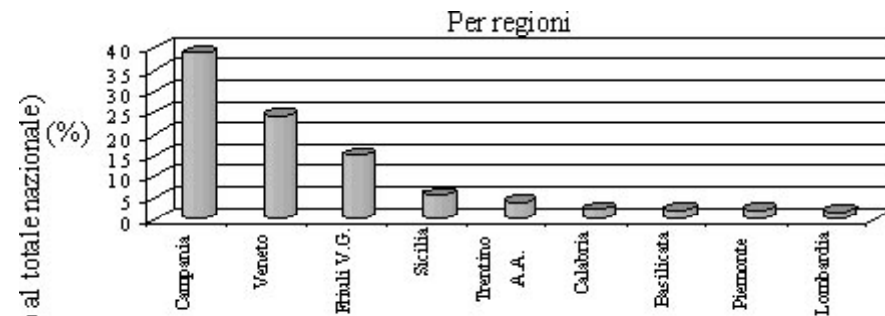
Le somme stanziare dallo Stato italiano e dalle Regioni per far fronte ai danni subiti dalle popolazioni colpite ammontano ad oltre 150.000 miliardi di lire (attualizzati al 1990) che, ripartiti sul periodo a cui si riferiscono, equivalgono a circa 10 miliardi di lire al giorno.

Nel contesto nazionale la Campania rappresenta il territorio regionale maggiormente colpito dalle catastrofi naturali e, verosimilmente, quello più esposto a rischi futuri.





I rischi naturali in Italia



Vittime causate in Italia da catastrofi naturali nel periodo 1944 - 1998, espresse in percentuale rispetto al totale nazionale: suddivisione per regioni e province; l'abaco è stato troncato all'1%.

Vittime causate da terremoti e catastrofi idrogeologiche in Italia, espresse in percentuale rispetto al totale nazionale

