

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II
SCUOLA POLITECNICA E DELLE SCIENZE DI BASE



DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE
EDILE E AMBIENTALE

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA
PER L'AMBIENTE ED IL TERRITORIO
(CLASSE DELLE LAUREE IN INGEGNERIA CIVILE ED AMBIENTALE CLASSE N.L-7)

ELABORATO DI LAUREA

**LO STATO DELL'ARTE IN MERITO ALLE METODOLOGIE DI
VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ E DEL RISCHIO DA FRANA**

Relatore

Prof. PAOLO BUDETTA

Candidato

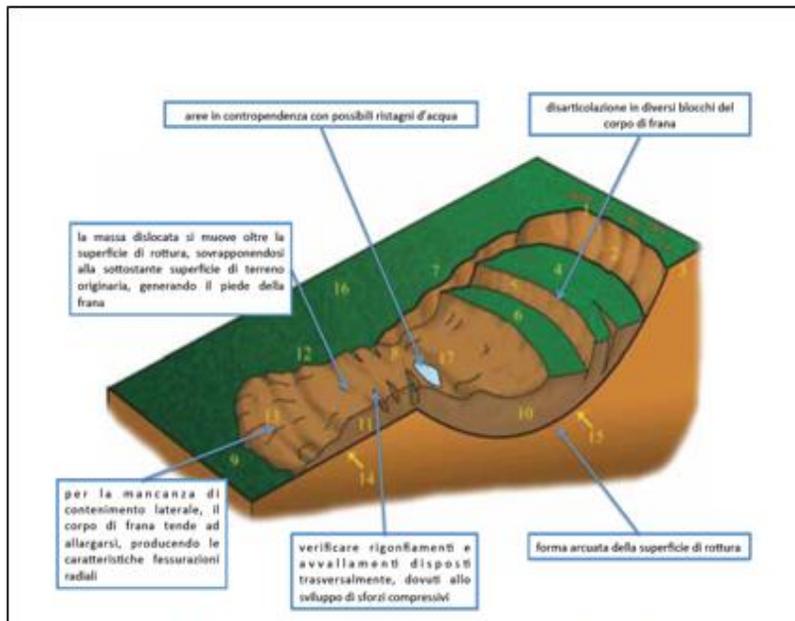
RAFFAELA DI MARTINO
N49/145

ANNO ACCADEMICO 2012 / 2013

OBIETTIVI DELLA TESI

- Illustrare lo stato delle conoscenze relative alle metodologie per la valutazione della pericolosità, vulnerabilità e rischio da frana.
- Passare in rassegna, in maniera sintetica, le metodologie qualitative (approccio geomorfologico, euristico, etc.) e quantitative (metodi deterministici, probabilistici, etc.) in uso per la stima della pericolosità e suscettibilità.
- Analizzare i vantaggi e gli svantaggi presentati dai vari metodi.
- Analizzare le strategie per la mitigazione del rischio.

Per “frana” si intende un movimento di massa di terreno o roccia, delimitato superiormente dalla superficie del pendio e, inferiormente, dalla superficie di scorrimento (Cruden, 1991).



Nomenclatura relativa alle diverse porzioni di una frana

M. Roszi- Uninoma1, 2011

- Le frane sono provocate da molteplici fattori, di tipo:
- Geomorfologico;
- Geologico e strutturale;
- Ambientale: (piovosità, clima, copertura vegetale, sismi, etc);
- Geotecnico e geomeccanico;
- Antropico

tipo di movimento		tipo di materiale		
		<u>rocce</u>	<u>terreni grossolani</u>	<u>terreni fini</u>
crolli (<i>falls</i>)		crolli di roccia	crolli di detrito	crolli di terra
ribaltamenti (<i>topples</i>)		ribaltamento di roccia	ribaltamento di detrito	ribaltamento di terra
scorrimenti (<i>slides</i>)	Rotazionali	scorrimento rotazionale di roccia	scorrimento rotazionale di detrito	scorrimento rotazionale di terra
	traslazionali	scorrimento traslazionale di roccia	scorrimento traslazionale di detrito	scorrimento traslazionale di terra
espandimenti laterali (<i>lateral spreads</i>)		espandimenti laterali di roccia	espandimenti laterali di detrito	espandimenti laterali di terra
flussi (<i>flows</i>)		flussi di roccia (deformazioni gravitative profonde versante) di	flussi di detrito	flussi di terra
frane complesse/composite (<i>complex</i>)		combinazione di 2 o più tipi nello spazio e/o nel tempo		

La classifica delle frane di Varnes (1978), modificata da Cruden (1996)

La pericolosità

E' la probabilità che un fenomeno potenzialmente distruttivo si verifichi in una data area in un dato periodo di tempo. Essa è data da (Del Monaco e Spizzichino, 2005):

$$H(N) = 1 - (1 - P)^N = 1 - (1 - 1/T)^N$$

dove: N = numero di anni; P = probabilità annua di accadimento; T = tempo di ritorno

La sua valutazione si basa su:

- localizzazione spaziale, cioè su "dove" la frana avverrà;
- intensità (magnitudo), cioè "quanto grande" essa sarà;
- frequenza (ricorrenza), cioè "quanto spesso" essa avverrà (Cardinali et al., 2002).

Quindi a differenza delle alluvioni, che interessano sempre le stesse aste fluviali, più o meno sempre negli stessi punti, per le frane è arduo esprimere la pericolosità in termini di probabilità di accadimento.

E' invalsa quindi la tendenza a parlare di "susceptibilità a franare" che implica un concetto qualitativo più che quantitativo.

Per effettuare una valutazione della pericolosità dovremmo essere in grado di prevedere:

Tipologia del movimento

Intensità o magnitudine (I)

Frequenza o periodo di ritorno

Metodologie di valutazione della pericolosità

Alcuni metodi qualitativi

- *Analisi geomorfologica:*

metodo basato sull'approccio del rilevamento geomorfologico di campagna e sull'esperienza del rilevatore.

La suscettibilità è valutata solo attraverso l'individuazione e l'analisi dei fenomeni franosi, attuali e potenziali. E' necessario quindi disporre di una carta – inventario delle frane

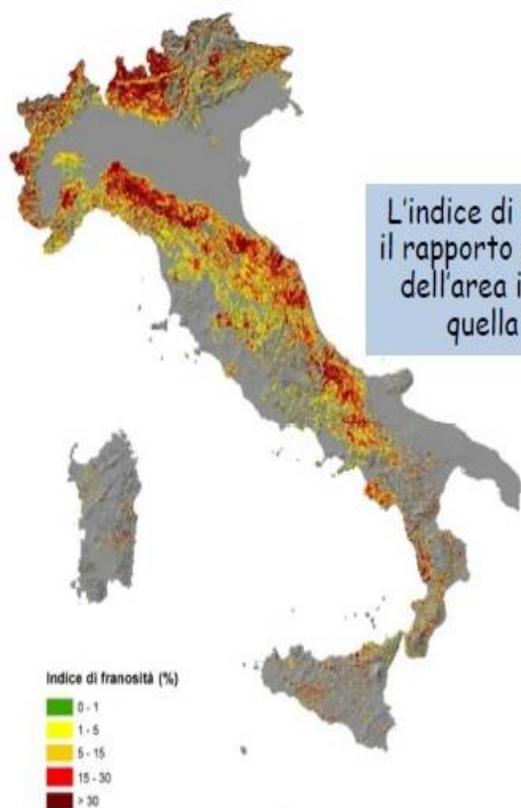
- *Metodo di indicizzazione delle cause:*

L'operatore seleziona alcuni fattori che, a suo giudizio, hanno influenza sulla stabilità dei versanti ed assegna a ciascuno un valore ponderato che è proporzionale all'importanza che il fattore assume nel generare l'evento franoso.

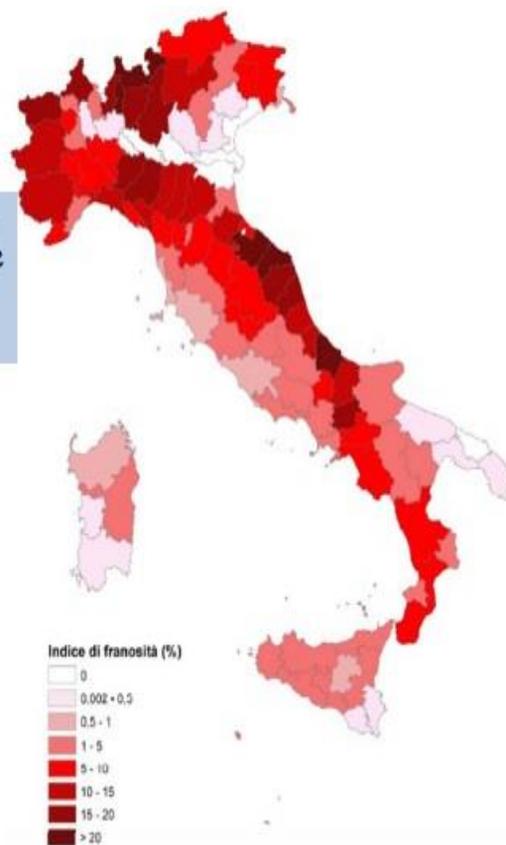
Carta di sintesi dell'Inventario delle frane del progetto IFFI (Inventario Fenomeni Franosi in Italia)

Statistiche nazionali sulle frane (da Rapporto sulle frane dell'ISPRA anno 2008)

Al 31 dicembre 2007, l'inventario delle frane del progetto IFFI (Inventario dei fenomeni franosi in Italia), registrava un totale di **482.272** frane su un'area complessiva di **20.500 kmq**, equivalente al **6,8 %** del territorio nazionale



L'indice di franosità è il rapporto percentuale dell'area in frana su quella totale



Alcuni metodi quantitativi

- *Analisi statistica:*

Mette a confronto la distribuzione spaziale delle frane con i fattori di innesco considerati. Essi vengono convertiti da nominali a numerici ed analizzati statisticamente utilizzando tecniche di regressione multipla (media, deviazione standard, valori massimi e minimi, etc.), stabilendo delle correlazioni per le aree stabili e instabili con l'analisi discriminante.

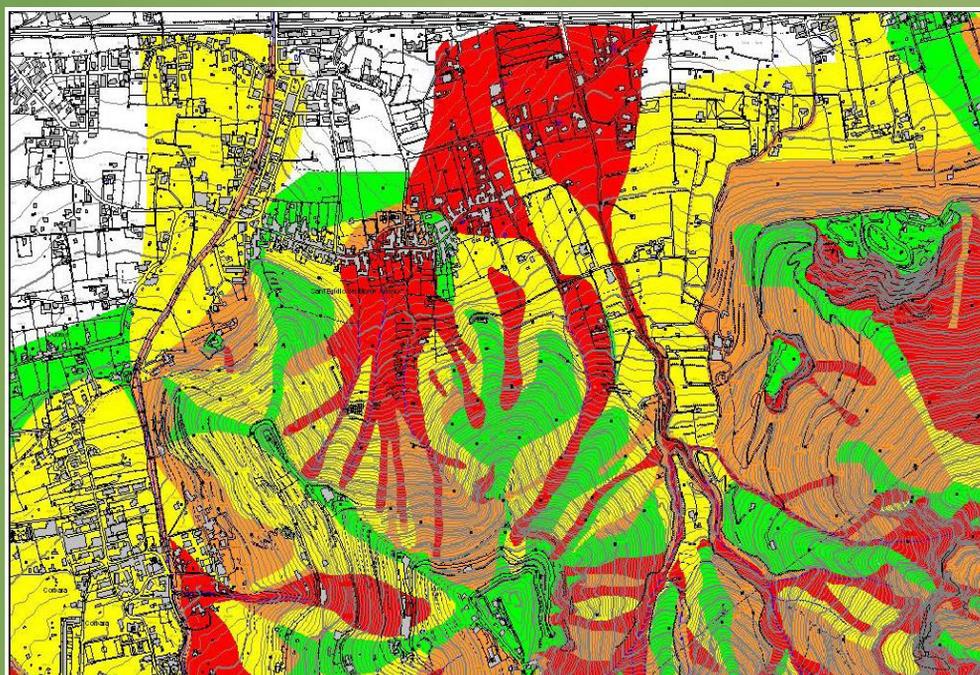
- *Analisi deterministica:*

E' basata sulla definizione del Fattore di sicurezza (FS). Si basa sullo studio in sito ed in laboratorio delle proprietà fisico-meccaniche dei terreni e sulla geometria dei versanti. Possono applicarsi modelli matematici mono, bi e tridimensionali. E' applicabile solo ad aree localizzate (di ridotte dimensioni) e non è adatta per effettuare una zonazione della pericolosità su aree vaste.

Hazard	F
High	< 1.2
Medium	$1.2 - 1.7$
Low	> 1.7

Classi di pericolo relative al fattore di sicurezza F

Esempi di carte della pericolosità da frana



-  H3 (pericolosità alta)
-  H2 (pericolosità media)
-  H1 (pericolosità bassa)

Vulnerabilità

Rappresenta il grado di danneggiamento e/o perdita di un elemento a rischio causato dall'occorrenza di un fenomeno potenzialmente pericoloso, di data intensità.

$$V = P(\text{danno} | \text{evento})$$

Questa grandezza è espressa in una scala da 0 (nessuna perdita) a 1 (perdita totale), ed è funzione della tipologia degli elementi e dell'intensità del fenomeno.

Le componenti della vulnerabilità sono:

- I beni immobili;
- Le persone;
- Le attività varie (industriali, agricole, ambientali, etc.)

Nell'ambito progettuale, il valore della probabilità di morti, feriti e senza tetto deve essere correlato all'intensità H (DRM, 1990).

Danno	H0	H1	H2	H3
Morti	0	10^{-5}	10^{-3}	10^{-2}
Feriti	0	10^{-4}	10^{-2}	10^{-1}
Senzatetto	0	10^{-4}	10^{-1}	10^{-1}

Tab.1. Valori di probabilità ammissibili in termini di effetti sulla vita umana per differenti scale di intensità

La vulnerabilità dei beni e delle attività è rappresentata dal valore economico degli stessi. La tabella 2 riporta una scala di gravità del danno in termini percentuali del valore dell'edificio (DRM,1990).

Il grado del danno è correlabile anche con l'intensità del fenomeno e con le caratteristiche costruttive (tab.3)

Grado di danno	% del valore della costruzione	Tipo di danno
1	Qualche %	Danni leggeri non strutturali. La stabilità non è pregiudicata.
2	10 - 30	Fessurazione dei muri.
3	50 - 60	Deformazioni importanti. Fessure largamente aperte. Evacuazione necessaria.
4	70 - 90	Cedimento parziale dei pavimenti, breccie nei muri, disarticolazione delle pareti. Evacuazione immediata.
5	100	Distruzione totale: Recupero impossibile.

Tab.2 Scala convenzionale della severità dei danni (ispirata alla scala Mercalli) (DRM, 1990).

Intensità	Tipo	A	B	C ₁	C ₂
E ₁	Scivolamento	5	3 - 4	2	1 - 2
	Colamento	2 - 5	1 - 3	1 - 2	1
	Crollo	4 - 5	3 - 5	3 - 5	2 - 3
E ₂	Scivolamento	5	5	3 - 5	3 - 5
	Colamento	3 - 5	1 - 4	1 - 3	1
	Crollo	5	5	5	4 - 5
E ₃	Scivolamento	5	5	4 - 5	4 - 5
	Colamento	5	3 - 5	1 - 5	1 - 5
	Crollo	5	5	5	5
E ₄	Scivolamento	5	5	5	5
	Colamento	5	5	5	5
	Crollo	5	5	5	5

Tab.3. Valutazione relativa del danno provocato da frane di diverso tipo ed intensità, in funzione delle caratteristiche delle costruzioni esposte. Il danno è espresso in base alla tab. 12. (DRM, 1990)

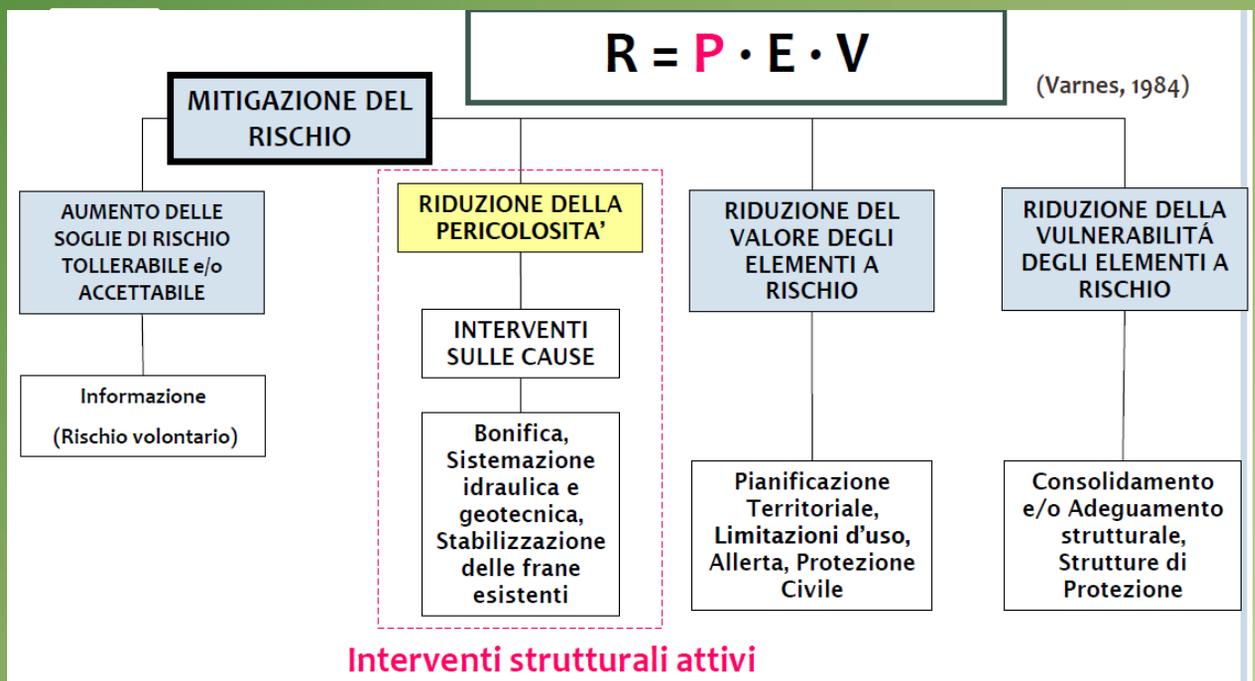
Su scala municipale, è difficile valutare la vulnerabilità per ogni singolo edificio. Quindi, si può definire la percentuale di danno in aree omogenee di uso del suolo, in funzione dell'intensità (tab.4)

Area uso del suolo	E1	E2	E3
superficie agricola	70	90	100
edificio isolato	60	90	100
gruppo di edifici	36	80	100
Villette	10	60	90
Aree commerciali e industriali	40	80	100
Aree urbane	50	80	90 - 100

Tab.4 percentuale di danno in aree omogenee di uso del suolo in funzione dell'intensità frane DRM (1990).

Il rischio

Rappresenta una stima della probabilità di conseguenze dannose per la salute, le proprietà e la società, dovute all'esposizione ad un fenomeno pericoloso di un certo tipo e di una certa intensità, in un dato lasso di tempo ed in una specifica area (Smith, 2004).



dove:

P = pericolosità;

E = elementi a rischio;

V = vulnerabilità.

I passi fondamentali da seguirsi per la stima del rischio sono:

1°L'analisi del rischio: basata sull'identificazione e l'analisi del fenomeno pericoloso (tipologia, intensità, probabilità di accadimento) e della vulnerabilità degli elementi a rischio.

Analisi qualitativa
acquisisce informazioni, sulla pericolosità da frana, sugli elementi a rischio e sulla loro vulnerabilità, esprimendole attraverso classificazioni qualitative (basso, medio, alto rischio).
Avviene attraverso i seguenti passaggi:
inventario delle frane, sovrapposizione della carta delle frane sui potenziali elementi a rischio, definizione di quattro classi distinte di rischio definite qualitativamente secondo le conseguenze economiche e sociali.

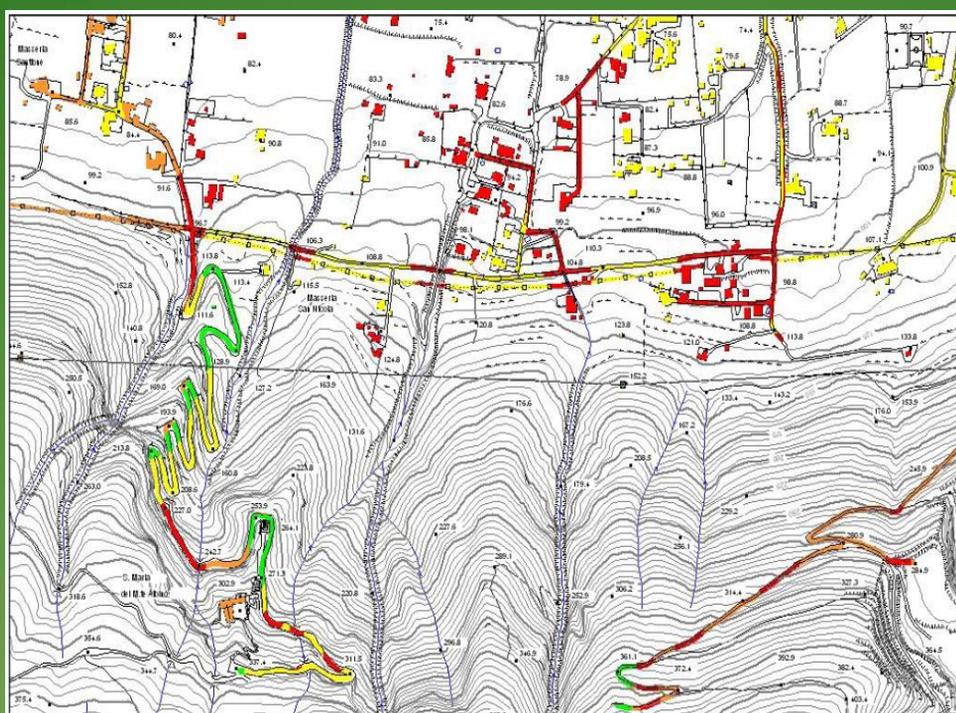
Analisi quantitativa
molto più elaborata ed esaustiva. Richiede la conoscenza di :

Danno potenziale
prende in considerazione il valore degli elementi a rischio e il loro potenziale grado di perdita o danni, in funzione delle caratteristiche degli elementi e dell'intensità della frana (tab.2).

Rischio totale
valore atteso in termini di perdita di vite umane, feriti, danni alle attività, proprietà e strutture.
Viene espresso in percentuale del costo annuale o numero di unità perse all'anno

Il rischio specifico
Stima le conseguenze di un fenomeno franoso indipendentemente dal numero e dal valore dell'elemento a rischio. Può essere utilizzato, in casi specifici, per definire la soglia di rischio accettabile.

Esempio di carta del rischio da frana



MINISTERO AMBIENTE/ AUTORITA' DI BACINO/ REGIONI

D.Lgs.152/200

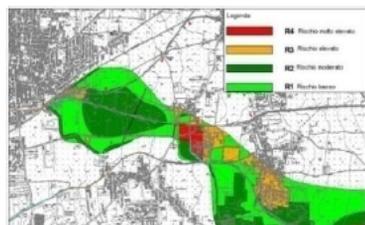
Testo unico sull'ambiente

R1: Rischio **basso** - Danni sociali, economici e al patrimonio ambientale sono marginali.

R2: Rischio **moderato** - Danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità delle persone, (...)

R3: Rischio **elevato** - Possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, (...)

R4: Rischio **molto elevato** - Possibile perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale, distruzione di attività socio-economiche.



Legenda delle Classi di rischio

	W _{L0}	W _{L1}	W _{L2}	W _{L3}
H0	R0	R0	R0	R0
H1	R0	R1	R1	R2
H2	R0	R1	R2	R3
H3	R0	R2	R3	R3

Tab. 2 Schema per la valutazione del rischio in base alla pericolosità e al danno potenziale.

2°La valutazione del rischio: analizza e quantifica, in termini sociali e monetari, i potenziali danni derivanti dal fenomeno pericoloso, e li confronta con “il valore soglia di rischio accettabile”

Il Valore della vita umana in termini economici (1 è il costo medio della vita umana,) :

Morti	Feriti	Senzatetto
1	2 – 3	0.2 - 1

Il valore economico dei beni e delle attività è valutato per ogni area omogenea.

Valore globale, tiene conto di tutti gli elementi a rischio in una determinata zona. In termini monetari, il valore globale è dato semplicemente dalla somma del costo di ogni singolo elemento a rischio.

Definire i valori di Probabilità di rottura accettabile attraverso:

- Criterio sociale;
- Criterio economico;
- Criterio socio-economico.

umento delle soglie di rischio accettabile: ci si basa sull'informazione (segnalatica di allarme, mezzi di comunicazione di massa). Le soglie di rischio consapevole (viaggi , etc.) tollerate dall'opinione pubblica sono più elevate di quelle del rischio involontario (frane, etc.);

3°Gestione del rischio: mira a ridurre il rischio quando esso viene definito «inaccettabili»

mitigazione del rischio attraverso azioni strutturali riduzione dei fattori scatenanti, **e non strutturali:** trasferimento dell'elemento (delocalizzazione), limitazione della espansione ecc..(tab.3)

Tipologia		Fattore di rischio eliminato/ridotto	Descrizione
STRUTTURALI	Stabilizzazione	Pericolosità (Hazard) (P)	Interventi finalizzati alla riduzione della probabilità di accadimento dei fenomeni franosi
	Controllo	Vulnerabilità (V)	Interventi rivolti alla protezione, al rinforzo, ovvero all'isolamento degli elementi a rischio dall'influenza della massa in frana
NON STRUTTURALI	Elusività	Elementi a rischio (E)	Misure temporanee o permanenti di riduzione degli elementi esposti: sistemi di allerta e di evacuazione, pianificazione territoriale ed uso del suolo, delocalizzazione degli elementi esposti
	Tollerabilità	Elementi a Rischio (E)	Informazione, condivisione del rischio

Tab.3 interventi strutturali e non per la mitigazione del rischio

Conclusioni

Dallo studio effettuato è emerso che una rigorosa valutazione della pericolosità, vulnerabilità e rischio, richiede una grande quantità di dati e informazioni su vari parametri. I vari approcci vagliati presentano diversi vantaggi e svantaggi, nello specifico:

- **Metodi qualitativi:** il principale svantaggio è che necessitano di indagini in sito laboriose, e l'affidabilità dipende in gran parte dall'abilità degli operatori.

I vantaggi: valutazione agevole prendendo in conto un elevato numero di fattori, esprimibili mediante **Indici** e/o **Carte**. Inoltre è possibilità automatizzare molte operazioni tramite l'uso del G.I.S.

- **Metodi quantitativi:** l'approccio statistico richiede una gran mole di dati (non sempre disponibili) e l'accertamento sistematico dei fattori correlati all'instabilità. Le relazioni empiriche specifiche possono essere di generalità limitata e di conseguenza i rapporti statistici devono essere determinanti caso per caso. L'approccio deterministico è oggettivo ma richiede molti ed approfonditi dati. Si può applicare solo in zone omogenee dal punto di vista fisico-meccanico.

