



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Analisi e mitigazione del rischio da frana

TUTORIAL #1: INTRODUZIONE

'Inquadramento generale sull'analisi e valutazione del rischio da frana e tools a supporto di RaStEM per la progettazione di interventi di mitigazione'

WP4 - Action 4.1b: Hydrogeological risk mitigation

Unità operativa UNISA01

Dr. Gianfranco Nicodemo
Prof. Settimio Ferlisi



Dipartimento di Ingegneria Civile (DICIV)
Università degli Studi di Salerno
Via Giovanni Paolo II, 132 - 84084 Fisciano (SA)





Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



SOMMARIO

- **#Videotutorial GeoSciences IR – E-LEARNING**
- **Introduzione al problema**
- **Il rischio da frana: analisi, valutazione e mitigazione**
- **Interventi di mitigazione del rischio da frana: quali e come sceglierli?**
- **Quale approccio progettuale impiegare?**
- **Richiamo ai tools operativi a supporto di RaStEM sviluppati nell'ambito di GeoSciences IR**



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



#Videotutorial GeoSciences IR – E-LEARNING:

Area Tematica: Progettazione interventi difesa del suolo - *#Analisi e mitigazione del rischio da frana*

- **#Tutorial 1: Introduzione all'analisi e mitigazione del rischio da frana e tools a supporto di RaStEM**

Inquadramento generale sull'analisi e valutazione del rischio da frana e tools a supporto di RaStEM per la progettazione di interventi di mitigazione

- **#Tutorial 2: Tool PERICOLOSITA'**

Determinazione della velocità e della classe di pericolosità ante opera (AO) associata a un'area di dissesto definita dal progettista

- **#Tutorial 3: Tool OPERE**

Determinazione post opera (PO) della eventuale riduzione dell'estensione dell'area in dissesto, della classe di velocità/pericolosità della frana e/o del numero di elementi esposti

- **#Tutorial 4: Tool ESPOSIZIONE**

Stima ante e post opera del numero di persone a rischio per un'area di dissesto definita dal progettista

- **#Tutorial 5: Tool VULNERABILITA'**

Stima della vulnerabilità degli elementi fisici (edifici/strade) a rischio per un'area di dissesto a cinematica lenta definita dal progettista

- **LINEE GUIDA**

Linee Guida per la pianificazione e la progettazione degli interventi strutturali di mitigazione del rischio da frana



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



#Videotutorial GeoSciences IR – E-LEARNING:

Area Tematica: Progettazione interventi difesa del suolo - *#Analisi e mitigazione del rischio da frana*

- **#Tutorial 1: Introduzione all'analisi e mitigazione del rischio da frana e tools a supporto di RaStEM**

Inquadramento generale sull'analisi e valutazione del rischio da frana e tools a supporto di RaStEM per la progettazione di interventi di mitigazione

- **#Tutorial 2: Tool PERICOLOSITA'**

Determinazione della velocità e della classe di pericolosità ante opera (AO) associata a un'area di dissesto definita dal progettista

- **#Tutorial 3: Tool OPERE**

Determinazione post opera (PO) della eventuale riduzione dell'estensione dell'area in dissesto, della classe di velocità/pericolosità della frana e/o del numero di elementi esposti

- **#Tutorial 4: Tool ESPOSIZIONE**

Stima ante e post opera del numero di persone a rischio per un'area di dissesto definita dal progettista

- **#Tutorial 5: Tool VULNERABILITA'**

Stima della vulnerabilità degli elementi fisici (edifici/strade) a rischio per un'area di dissesto a cinematica lenta definita dal progettista

- **LINEE GUIDA**

Linee Guida per la pianificazione e la progettazione degli interventi strutturali di mitigazione del rischio da frana



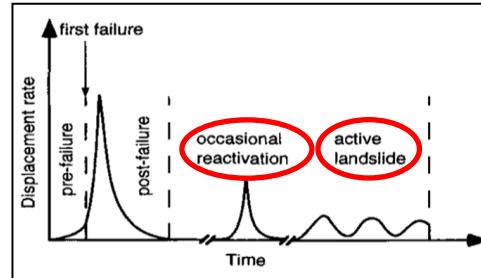
Introduzione al problema

FRANE A CINEMATICA LENTA

Classi di velocità delle frane
(Cruden e Varnes 1996)

Velocity Class	Description	Velocity (mm/sec)	Typical Velocity
7	Extremely Rapid	5×10^3	5 m/sec
6	Very Rapid	5×10^1	3 m/min
5	Rapid	5×10^1	1.8 m/hr
4	Moderate	5×10^1	13 m/month
3	Slow	5×10^1	1.6 m/year
2	Very Slow	5×10^{-2}	15 mm/year
1	Extremely SLOW	5×10^{-2}	

Fasi di movimento delle frane
(Leroueil et al. 1996)



Ancona , Marche (1982)

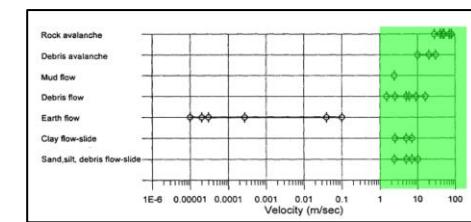


Lungro, Calabria (2015)



Cavallerizzo di Cerzeto,
Calabria (2005)

Velocità massima di frane di flusso
(Hungr et al. 2001)



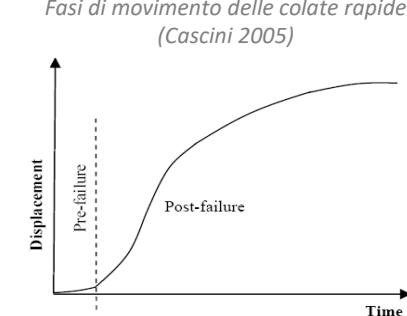
Salerno,
Campania (1954)



Sarno,
Campania (1998)

FRANE A CINEMATICA RAPIDA

Fasi di movimento delle colate rapide
(Cascini 2005)



Nocera Inferiore,
Campania (2005)

NECESSITÀ DI MITIGARE GLI EFFETTI (RISCHIO) ATTRAVERSO UNA CORRETTA
SELEZIONE E PROGETTAZIONE DI INTERVENTI DI MITIGAZIONE

Il rischio e la sua mitigazione

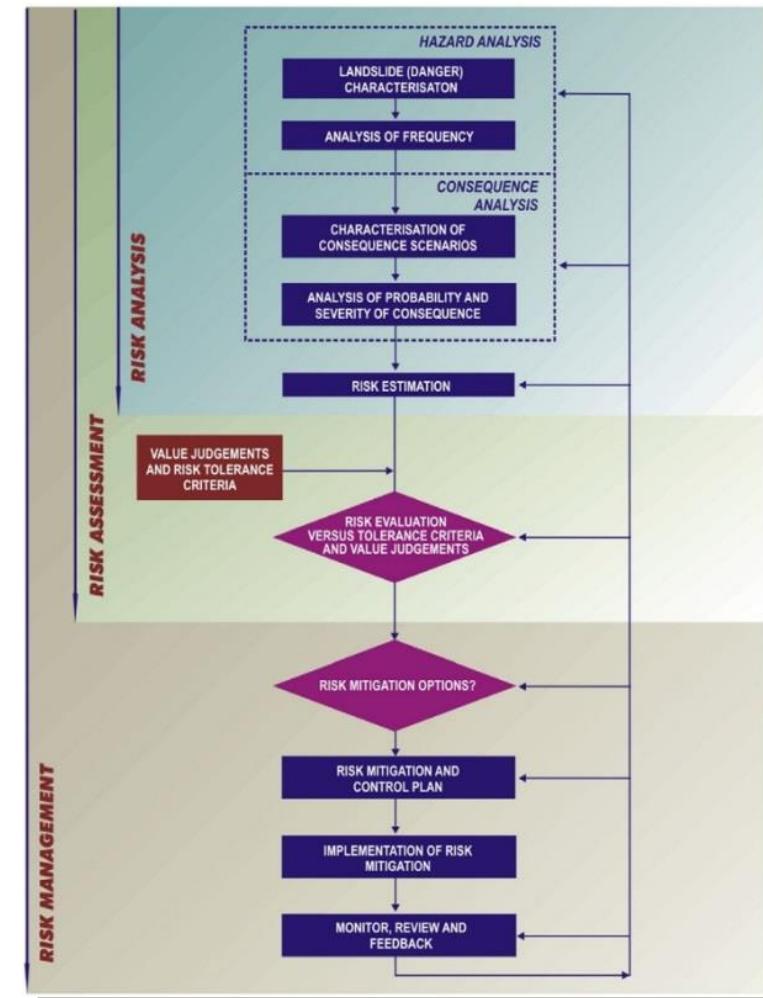
L'analisi, la **valutazione** e la **mitigazione** del **rischio** comporta:

- la conoscenza dei fenomeni avversi in atto o attesi e della loro pericolosità;
- la conoscenza degli elementi a rischio;
- la conoscenza dei livelli di vulnerabilità e del valore degli elementi a rischio ed esposizione del territorio;
- la valutazione dei danni attesi per persone ed elementi a rischio che, in genere, significa stima delle possibili perdite di vita umana e dei danni a strutture, cose e beni.

Il **rischio (qualitativo/quantitativo)** è una misura del danno atteso prodotto dall'evento (o eventi) dato da:

$$R = P \times D = P \times V \times E$$

pericolosità x danno (vulnerabilità x elemento a rischio)



(Fell et al, 2008)



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Il rischio e la sua mitigazione

Il punto di partenza: *La mitigazione del rischio è richiesta?*



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

INN
Istituto Nazionale
per la Protezione
dell'Ambiente

Il rischio e la sua mitigazione

Il punto di partenza: *La mitigazione del rischio è richiesta?*



NO (il rischio è tollerabile)



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Il rischio e la sua mitigazione

Il punto di partenza: *La mitigazione del rischio è richiesta?*

NO (il rischio è tollerabile)



Cosa fare?



- Manutenzione dei versanti (ad esempio, rimozione di alberi caduti/abbattuti e di rifiuti solidi) e degli interventi di mitigazione del rischio (se presenti);
- Verifica dell'efficacia degli interventi di regimentazione delle acque superficiali e di smaltimento delle acque reflue;
- Manutenzione ordinaria e straordinaria dei beni esposti;
- Attività di presidio territoriale e ulteriore approfondimento delle conoscenze.

Il rischio e la sua mitigazione

Il punto di partenza: *La mitigazione del rischio è richiesta?*

NO (il rischio è tollerabile)



Cosa fare?



- Manutenzione dei versanti (ad esempio, rimozione di alberi caduti/abbattuti e di rifiuti solidi) e degli interventi di mitigazione del rischio (se presenti);
- Verifica dell'efficacia degli interventi di regimentazione delle acque superficiali e di smaltimento delle acque reflue;
- Manutenzione ordinaria e straordinaria dei beni esposti;
- Attività di presidio territoriale e ulteriore approfondimento delle conoscenze.

SI (il rischio non è tollerabile)



Il rischio e la sua mitigazione

Il punto di partenza: *La mitigazione del rischio è richiesta?*

NO (il rischio è tollerabile)

Cosa fare?

- Manutenzione dei versanti (ad esempio, rimozione di alberi caduti/abbattuti e di rifiuti solidi) e degli interventi di mitigazione del rischio (se presenti);
- Verifica dell'efficacia degli interventi di regimentazione delle acque superficiali e di smaltimento delle acque reflue;
- Manutenzione ordinaria e straordinaria dei beni esposti;
- Attività di presidio territoriale e ulteriore approfondimento delle conoscenze.

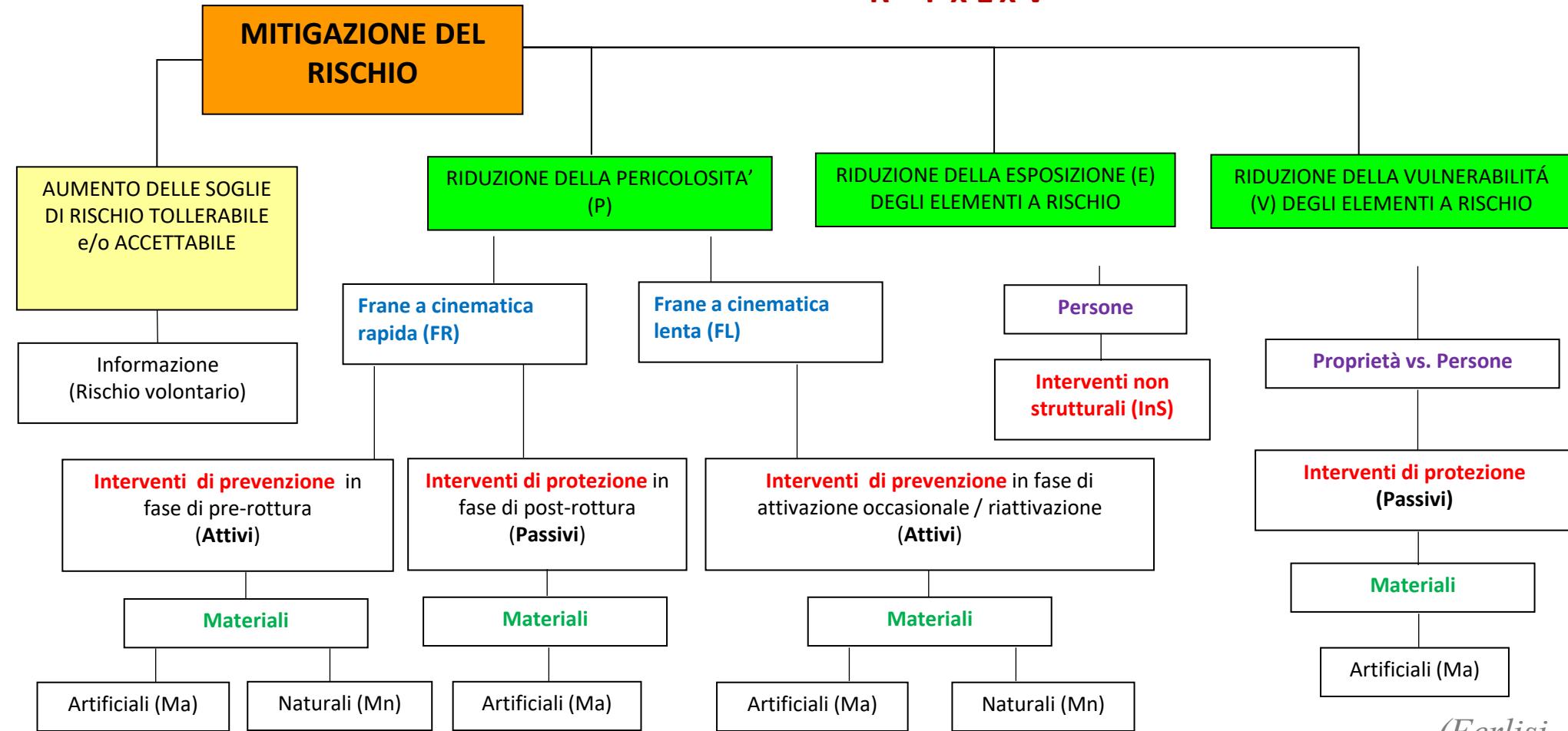
SI (il rischio non è tollerabile)

Cosa fare?

- Individuazione e selezione dell'intervento/interventi più idonei;
- Approccio progettuale;
- Valutazione della pericolosità ante e post opera;
- Verifica dell'efficacia degli interventi scelti;
- Valutazione del rischio residuo;
-

Quali interventi?

$$R = P \times E \times V$$



(Ferlisi, 2020)

Quali interventi?

Interventi per la riduzione della **PERICOLOSITÀ**:

Interventi di prevenzione



Riducono la probabilità di innescio di una frana di assegnata magnitudo mediante la **diminuzione dell'azione instabilizzante e/o l'aumento della resistenza disponibile** lungo assegnate superfici di scorrimento.

Alcuni esempi:

- Variazione della geometria e/o ridistribuzione delle masse (ad esempio scarico in testa con eventuale sostituzione con materiale alleggerito; appesantimento al piede con o senza opere di sostegno; etc.)
- Modifica del bilancio tra azioni e resistenze lungo la superficie di rottura mediante opere di sostegno (ad esempio terre rinforzate; muri di sostegno; gabbioni; etc)
- Trasferimento delle azioni stabilizzanti (ad esempio pali; trincee; chiodature; etc.)

Interventi di protezione



Riducono la probabilità che una massa in movimento di assegnata intensità **investa gli elementi esposti** mediante la sua intercettazione, deviazione, contenimento, o in generale **modifica della traiettoria e/o dissipazione dell'energia cinetica**.

- Opere di deviazione (ad esempio barriere laterali; barriere deflettenti etc.)
- Opere di dissipazione dell'energia cinetica (ad esempio griglie e reti perimetrali; briglie; etc.)
- Opere che guidano o deviano il materiale mobilitato (ad esempio reti a cortina; gallerie artificiali; etc.)



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



$$R = P \times D = P \times \textcolor{blue}{E} \times \textcolor{red}{V}$$

Quali interventi?

Interventi per la riduzione dell' ESPOSIZIONE:

Alcuni esempi:

- RIDUZIONE DEL NUMERO E/O DEL VALORE DEGLI ELEMENTI ESPOSTI AL RISCHIO;
- RICONVERSIONE DI INSEDIAMENTI ESISTENTI IN USI COMPATIBILI CON IL LIVELLO DI RISCHIO ESISTENTE;
- RIDUZIONE DEL VALORE SPECIFICO DI UN BENE LIMITANDONE GLI USI CONSENTITI. Per esempio, introducendo l'obbligo di dare pubblicità della pericolosità dell'area nelle trattative immobiliari, anche se in tal modo si riduce il valore commerciale del bene e non necessariamente l'esposizione;
- MONITORAGGIO, SISTEMI DI ALLERTA E PIANI DI EMERGENZA che individuano e gestiscono le fasi parossistiche delle frane allertando e delocalizzando temporaneamente la popolazione;
- DELOCALIZZAZIONE PERMANENTE in aree idonee degli elementi esposti al rischio;
- PIANIFICAZIONE VIRTUOSA DI LUNGO TERMINE che limita l'urbanizzazione di aree con determinati livelli di pericolo, anche attraverso un sistema di incentivi e disincentivi, campagne di sensibilizzazione e coperture assicurative obbligatorie con premi commisurati al livello di pericolosità dell'area.

Quali interventi?

Interventi per la riduzione della VULNERABILITA':

$$R = P \times D = P \times E \times V$$

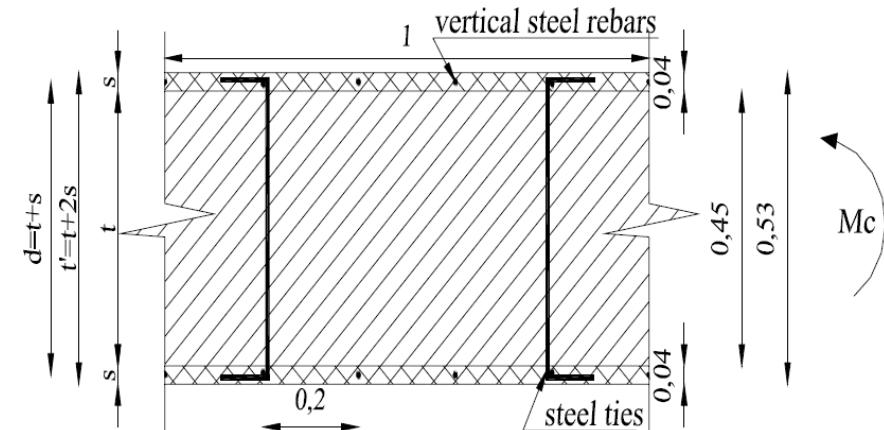
Alcuni esempi per gli edifici:

Se interagenti con frane a cinematica rapida

- Interventi di rinforzo (per gli edifici esistenti)
- Prescrizioni, per quelli di nuova costruzione o da ricostruire (Ordinanza n. 1991 del 9.11.2001 pubblicata sul BURC n. 67 del 17.12.2001) riguardanti il piano terra (ad esempio, tamponature assenti o non solidali con la struttura portante) e i piani superiori al primo (ad esempio, adozioni di luci libere tra gli elementi portanti verticali di almeno 5 m).

Se interagenti con frane a cinematica lenta

- travi di collegamento tra plinti di fondazione;
- fondazioni su solettoni continui;
- fondazioni su pali, dimensionati per tenere conto di movimenti e sollecitazioni trasversali del terreno e non solo dei carichi imposti dalle sovrastrutture;
- fondazioni a “pozzo”, immosate oltre la superficie di base del movimento e dimensionate per tenere conto di movimenti e sollecitazioni trasversali del terreno e non solo dei carichi imposti dalle sovrastrutture.



Interventi di rinforzo su pareti in muratura
(Faella e Nigro, 2003)



Approcci Progettuali

- **Factor of Safety Approach (FSA)**: si applica agli **interventi strutturali di prevenzione** (NTC 2018); prevede il calcolo del **fattore di sicurezza** definito dal rapporto tra la resistenza al taglio disponibile lungo la superficie di scorrimento (in atto o potenziale) e quella mobilità lungo di essa.

«Nel caso in cui si selezioni il FSA, si dovrà fare riferimento al tradizionale fattore di sicurezza. La superficie di scorrimento presa in considerazione dovrà avere geometria coerente con il modello geologico ed essere individuata nel modello geotecnico sulla base della tipologia del movimento franoso e del meccanismo che ne contraddistingue la fase di attivazione/riattivazione (nel caso di processi instabili in atto) o di innesto (nel caso di eventi potenziali)»

- **Design Event Approach (DEA)**: si basa sulla **valutazione semi-quantitativa della suscettibilità all'innesto del movimento franoso e delle relative conseguenze attese** (Ng et al., 2002); le incertezze che intervengono nel problema sono introdotte in forma globale ed implicita (Ho, 2004).

«Laddove la progettazione si basi sul DEA, da privilegiare per opere di protezione, la finalità dell'intervento può essere quella di contenere i valori di progetto della magnitudo (in termini di volumi mobilitati/mobilitabili) e/o dell'intensità (ad esempio, in termini di velocità di spostamento del corpo di frana) entro un determinato valore limite»

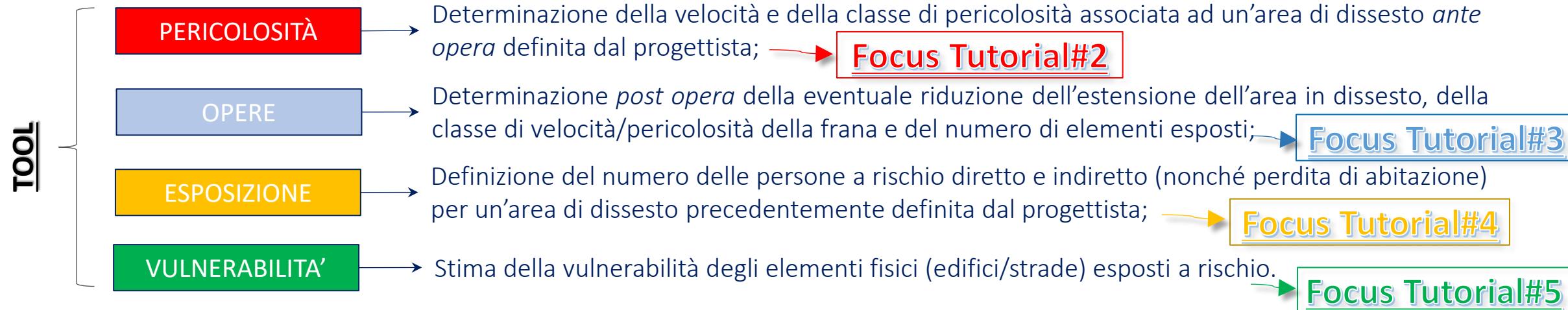
- **Quantitative Risk Assessment (QRA)**: si basa su **valori numerici della probabilità, della vulnerabilità e delle conseguenze** e conduce a un valore numerico del rischio.

«Se si fa ricorso all'impiego del QRA, la scala di lavoro più adeguata per i fini del QRA è quella di dettaglio (>1:5,000)»

(Linee Guida AGI-ISPRA, 2021)

Attività sviluppate nell'ambito di GeoSciences - (WP 4) - ACTION 4.1b: Hydrogeological risk mitigation

1. standard e tool operativi a supporto di RaStEM utili alla valutazione e determinazione dei tre termini (P x E x V) che concorrono alla definizione del rischio (R) rispetto ad un area di dissesto nelle condizioni *ante* e *post* opera:



2. Linee Guida per la pianificazione e la progettazione degli interventi strutturali di mitigazione del rischio da frana con metodologie che abbracciano diversi approcci progettuali in precedenza richiamati (*ad esempio, Factor of Safety approach, Design Event approach, Quantitative Risk Assessment*) e criteri per valutare l'efficacia dell'intervento/i selezionato/i ed i relativi costi.

► **Focus Linee Guida**



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

INN
Istituto Nazionale
per la Protezione
dell'Ambiente

Grazie dell'attenzione!



Gianfranco Nicodemo, PhD
gnicodemo@unisa.it

Ricercatore

Dipartimento di Ingegneria Civile (DICIV)
Università degli Studi di Salerno
Via Giovanni Paolo II, 132 - 84084 Fisciano (SA)



Settimio Ferlisi, PhD
sferlisi@unisa.it

Professore Ordinario

Dipartimento di Ingegneria Civile (DICIV)
Università degli Studi di Salerno
Via Giovanni Paolo II, 132 - 84084 Fisciano (SA)



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Disclaimer

Gli Autori sono pienamente responsabili di tutti i contenuti inseriti nella presentazione. I contenuti di questa presentazione (testo, grafica, immagini e altri materiali) non violano i diritti di terzi e sono nella piena e libera disponibilità, avendo acquisito da ogni eventuale terzo avente diritto su di essi espressa autorizzazione alla pubblicazione; pertanto saranno utilizzati per le finalità strettamente connesse al progetto GeoSciencesIR.



PNRR "GeoSciences IR" - Missione 4 "Istruzione e Ricerca" - Componente 2 "Dalla ricerca all'impresa"
Linea di investimento 3.1 "Fondo per la realizzazione di un sistema integrato di infrastrutture di ricerca e innovazione"
Finanziato dall'Unione europea NextGenerationEU. CUP: I53C22000800006

