

RISCHIO IDROGEOLOGICO: FENOMENI FRANOSI



GENERALITA'

Le frane costituiscono da sempre un male cronico che affligge tutto il territorio italiano: l'Italia condivide con USA, India e Giappone il primato delle maggiori perdite economiche dovute alle frane. Per ognuno di questi Paesi i "costi delle frane" (diretti e indiretti) assommano ad una cifra tra 1 e 5 mld di dollari all'anno (Schuster, 1996).

Secondo una ricerca del Servizio Geologico Nazionale (Catenacci, 1992) gli stanziamenti per le emergenze idrogeologiche dal dopoguerra al 1990 assommano a ben 33.300 miliardi di lire (ben 5.925 solo per il quadriennio 1986-1990). Anche il costo in termini di vite umane è disarmante: il dissesto idrogeologico in Italia ha ucciso poco meno dei terremoti; dal dopoguerra al 1990 circa 3.500 vittime contro le 4.200 causate dai terremoti.

Attività di ricerca a livello nazionale:

Progetto AVI (Aree Vulnerate Italiane) che ha condotto alla realizzazione della banca dati delle aree storicamente interessate alle frane;

Progetto SCAI (Studio centri abitati instabili) dal quale emerge che più dei 2/3 dei comuni montani della regione sono interessati da frane.

Progetto CARG (Cartografia geologica regionale alla scala 1:10000) e successive elaborazioni;

Progetto IFFI - Inventario Fenomeni Fransi Italiani (es.: nella regione Marche sono state censite circa 40.000 frane corrispondenti al 18% dell'intero territorio regionale).

Con il termine di **frana o fenomeno franoso** (movimenti di versante) si intende ***il movimento di materiale (roccia, detriti o terra) che avviene lungo i versanti.*** Appartengono alla categoria dei movimenti di massa, ovvero ai processi morfogenetici caratterizzati dal movimento di materiale lungo i versanti ad opera della forza di gravità.

Esistono cause innescanti e fattori predisponenti che determinano questi processi morfogenetici; solitamente essi sono molteplici, complessi e spesso combinati tra loro.

Tra le **cause innescanti:**

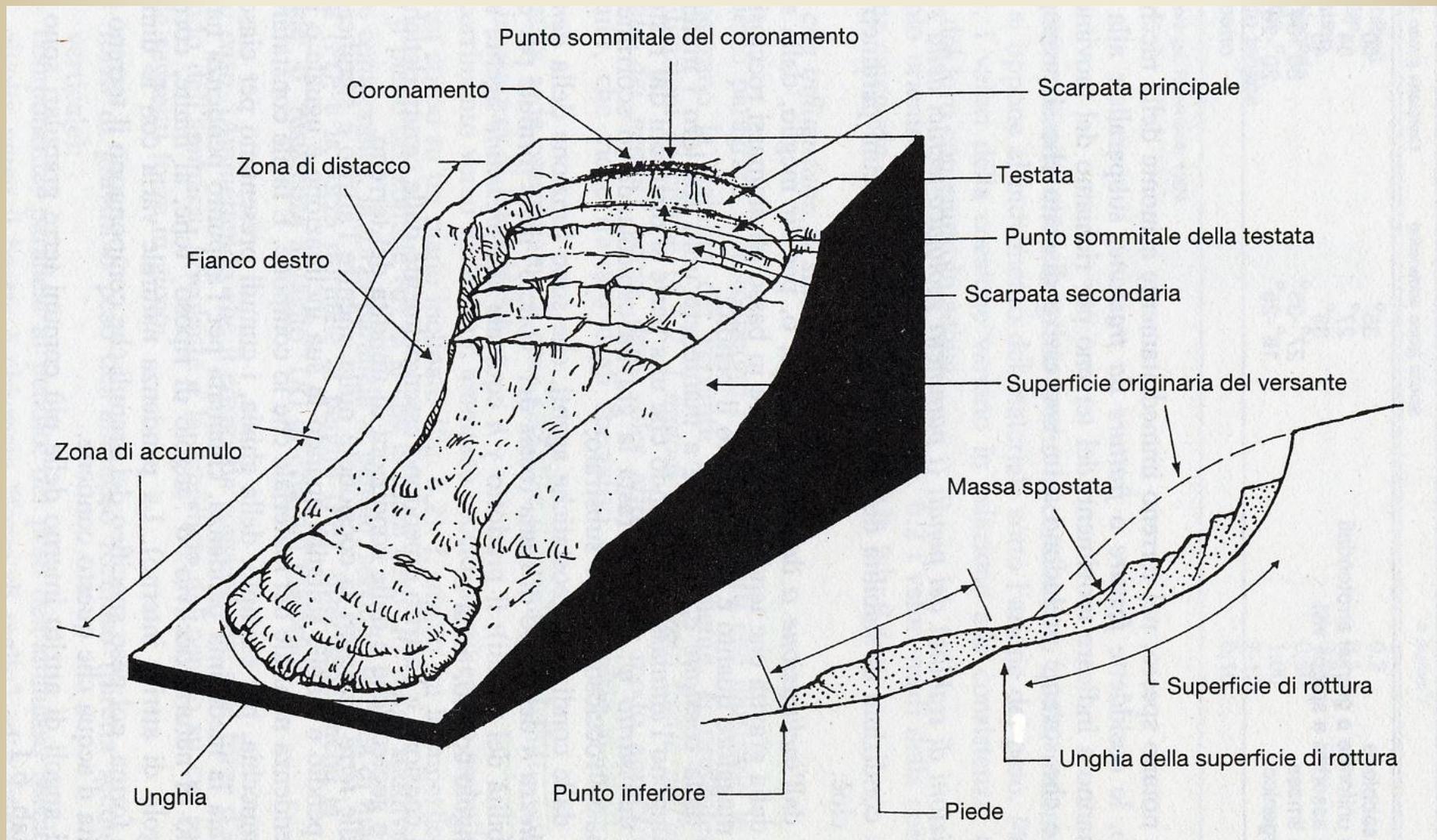
scalzamento al piede di un versante a opera di acque fluviali o litorali;
processi di disgregazione meteorica;
precipitazioni meteoriche particolari;
attività sismica;
attività antropica.

Tra i **fattori predisponenti:**

presenza di intercalazioni argillose;
elevata fratturazione;
incoerenza del materiale;
presenza di stratificazione, fessurazione, laminazione o scistosità (con giacitura a franappoggio);
attività antropica.

NOMENCLATURA DI UNA FRANA

(da Cruden & Varnes, 1994)



Una classificazione esauriente perché adattabile alla realtà geomorfologica italiana è quella di Varnes (1978). Tale classificazione in base al tipo di movimento si articola in cinque classi principali:

1. *Crolli*
2. *Ribaltamenti*
3. *Scivolamenti (rotazionali e traslativi)*
4. *Espansioni laterali*
5. *Colate*

alle quali si aggiunge la classe dei fenomeni

6. *Complessi*

Ognuna di queste classi è quindi suddivisa ulteriormente, sulla base del tipo di materiale coinvolto nel fenomeno franoso:

- a. *roccia*
- b. *detrito*
- c. *terra*

in tre sottoclassi per un totale di circa 20 tipi.

TIPO DI MOVIMENTO (PREVALENTE)	TIPO DI MATERIALE (PRIMA DEL MOVIMENTO)		
	AMMASSO ROCCIOSO (BEDROCK)	PREVALENTEMENTE GROSSOLANO	TERRENO SCIOLTO (ENGINEERING SOILS)
I - CROLLI (FALLS) La massa si muove prevalentemente nell'aria. Il fenomeno comprende la caduta libera, il movimento a salti e rimbalzi, e il ricompattamento di frammenti di roccia o di terreno sciolti.	 a CROLLO DI ROCCIA (ROCK FALL) Estremamente rapido	 b CROLLO DI DETRITO (DEBRIS FALL) Rapido	 c CROLLO DI TERRA (EARTH FALL) Rapido
II - RIBALTAMENTI (TOPPLES) Movimento dovuto a forze che causano un momento di ribaltamento attorno ad un punto di rotazione situato al di sotto del baricentro della massa interessata. Quando il fenomeno non sia frenato può evolvere in un crollo o in uno scorrimento.	 d RIBALTAMENTO DI ROCCIA (ROCK TOPPLE) Rapido	 e RIBALTAMENTO DI DETRITO (DEBRIS TOPPLE) Rapido	 f RIBALTAMENTO DI TERRA (EARTH TOPPLE) Rapido
III - SCORRI- MENTI (o SCIVOLA- MENTI) (SLIDES) Il movimento comporta uno spostamento per taglio lungo una o più superfici oppure entro un avvolto- amento abbastanza sottile. Queste super- fici di scori- mento sono visibili o coe- sione, esse si raggiungono facilmente i fianchi di fianchi di fianchi di	A. ROTAZIONALI (o SCORCENDIMENTI) (ROTATIONAL) Movimento dovuto a forze che producono un momento di rotazione attorno ad un punto posto al di sopra del centro di gravità della massa. La superficie di rottura si presenta concava verso l'alto. g SCORRIMENTO ROTAZIONALE DI ROCCIA (o SCORCENDIMENTO ROTAZIONALE DI ROCCIA) (ROTATIONAL SLIDE OF ROCK) (o SCORCENDIMENTO ROTAZIONALE DI ROCCIA) (ROTATIONAL SLIDE OF ROCK) Da molto lento a moderato	B. TRASLATIVI (o SCIVOIAMENTI) (TRANSLATIONAL) Il movimento si verifica in prevalenza lungo una superficie sia o meno piana o debolmente ondulata, corrispondente frequentemente a discontinuità strutturali, quasi taglie, giunti di lisciviazione o di stratificazione, o passaggi fra strati di diversa composizione litologica, o contatto fra rocce in posto e detrito sovrastante. h SCORRIMENTO ROTAZIONALE DI DETRITO (o SCORCENDIMENTO ROTAZIONALE DI DETRITO) (ROTATIONAL SLIDE OF DEBRIS) (o SCORCENDIMENTO ROTAZIONALE DI DETRITO) (ROTATIONAL SLIDE OF DEBRIS) Da molto lento a moderato	 i SCORRIMENTO ROTAZIONALE DI TERRA (o SCORCENDIMENTO ROTAZIONALE DI TERRA) (ROTATIONAL SLIDE OF EARTH) (o SCORCENDIMENTO ROTAZIONALE DI TERRA) (ROTATIONAL SLIDE OF EARTH) Da molto lento a moderato
IV - ESPANSIONI LATERALI (LATERAL SPREADS) Movimenti di espansione laterale, diffusi in una massa (includendo anche i versanti) tra due spuntati modi: A. non si riconosce né una superficie basale di scorrimento, né una zona di deformazione plastica ben definita (prevalentemente in roccia). B. l'espansione laterale della roccia o del terreno sciolti è dovuta alla liquefazione o alle deformazioni plastiche del materiale sottostante.	 j SCORRIMENTO TRASLATIVO DI ROCCIA IN BLOCCO (o SCIVOIAMENTO DI ROCCIA IN BLOCCO) (TRANSLATIONAL SLIDE OF ROCK IN BLOCK) (o SCIVOIAMENTO DI ROCCIA IN BLOCCO) (TRANSLATIONAL SLIDE OF ROCK IN BLOCK) Da molto lento a rapido	 k SCORRIMENTO TRASLATIVO DI BLOCCO II (o SCIVOIAMENTO DI BLOCCO II) (TRANSLATIONAL SLIDE OF BLOCK II) (o SCIVOIAMENTO DI BLOCCO II) (TRANSLATIONAL SLIDE OF BLOCK II) Da molto lento a rapido	 l SCORRIMENTO TRASLATIVO DI TERRA IN BLOCCO (o SCIVOIAMENTO DI TERRA IN BLOCCO) (TRANSLATIONAL SLIDE OF EARTH IN BLOCK) (o SCIVOIAMENTO DI TERRA IN BLOCCO) (TRANSLATIONAL SLIDE OF EARTH IN BLOCK) Da molto lento a rapido
V - COLAMENTI (FLOWS) A. IN AMMASSI ROCCIOSI (IN BEDROCK) Il fenomeno comprende deformazioni spazialmente continue e a scappo, sia superficiale che profonda. Esso comporta movimenti differenziali, che sono estremamente lenti e generalmente non accelerati, fra unità che rimangono relativamente intatte. I movimenti possono: 1) avvenire lungo gli superfici di taglio che apparentemente non sono accoppiate; 2) provocare pagamenti o rigurgiti, oppure 3) apparire accompagnati, nella distribuzione delle velocità, ai movimenti tipici dei fluidi viscosi. B. IN TERRENI SCIOLTI (IN SOIL) Il fenomeno si esplica con movimenti entro la massa sottostante, tal, per cui o la forma assunta dal materiale in movimento o la distribuzione apparente delle velocità, o degli spostamenti, si sono simili a quelle dei fluidi viscosi. Lo spunto di scorrimento nella frana scissa che si muove non sono generalmente visibili, oppure hanno breve durata. Il limite tra la massa in movimento e il materiale in posto può essere una superficie netta di movimento differenziale, oppure una zona di scorrimenti distribuiti. Il movimento varia da estremamente rapido a estremamente lento.	 m COLATA DI DETRITO (DEBRIS FLOW) Molto rapida	 n COLATA DI TERRA (EARTH FLOW) Da molto lenta a moderata	 o FRANA PER ESPANSIONE LATERALE DI TERRA (EARTH LATERAL SPREAD) Molto rapida
VI - COMPLESSI (COMPLEX) Il movimento risulta dalla combinazione di due o più dei cinque tipi principali sopra descritti. Molte frane sono complesse, ma generalmente un tipo di movimento predomina, spazialmente o temporaneamente, sugli altri.	 p COLATA DI BLOCCHI (BLOCK FLOW) Rapida	 q COLATA DI MATERIALI SCIOLTI (SOFT FLOW) Rapida	 r COLATA VELOCE DI TERRA (FAST EARTH FLOW) Molto rapida

NOMENCLATURA

SCARPATA PRINCIPALE (MAIN SCARP) - Superficie generalmente rettilinea, che delimita l'area quasi indisturbata circostante la parte sommitale della frana, proiettata all'altopiano del materiale di frana da quello non spostato. Questa è il suo confine superiore. La superficie di scorrimento costituisce la superficie di rottura.

SCARPATA SECONDARIA (MINOR SCARP) - Roccia superiore che si estende al materiale spostato, sproccata dal movimento all'interno della massa di frana.

TESTATA (HEAD) - La parte più alta del materiale di frana. Lungo il limite tra il materiale spostato e la scarpata principale.

PUNTO SOMMITALE (TOP) - Il punto più alto del limite tra il materiale spostato e la scarpata principale.

MARGINE INFERIORE DELLA SUPERFICIE DI ROTTURA (TOE OF SURFACE OF SLURRY) - Il limite (quasi sempre supposto) tra la parte inferiore della superficie di rottura e la superficie originale del versante.

UNGHIA DELLA FRANA (TOE) - Il margine del materiale spostato, situato alla maggior distanza della scarpata principale.

PUNTO INFERIORE (TOE) - Il punto dell'ungna situato a maggior distanza dal punto sommitale della frana.

PIEDE (FOOT) - Quella parte del materiale spostato che si trova a valle del margine inferiore della superficie di rottura.

CORPO PRINCIPALE (MAIN BODY) - Quella parte del materiale spostato che ammonta sulla superficie di rottura.

FRANCO FLANCO - Lato della frana.

CORONAMENTO (CROWN) - Il materiale rimasto in posto e quasi indisturbato adiacente alle parti più alte della scarpata principale.

SUPERFICIE ORIGINARIA DEL VERSANTE (ORIGINAL CROWN SURFACE) - La superficie del versante che esisteva prima che avvenisse il movimento, tranne presso, se esiste, che possibile sia proiettato sul detto superficie è ritenuto ad un precedente fenomeno fransivo.

SUPERFICIE DI SEPARAZIONE (SEPARATION OR SEPARATION SURFACE) - Termine generale per indicare la superficie che separa il materiale spostato di materiale in posto, indipendentemente dal fatto che lungo di essa vi sia o non vi sia scivolo.

TIPOLOGIA DEI MOVIMENTI DI VERSANTE (TYPES OF SLOPE MOVEMENTS)

Il tipo di materiale coinvolto è classificato secondo il suo stato prima del movimento iniziale, oppure, se il tipo di movimento cambia, secondo il suo stato al momento nel quale è avvenuto il cambiamento.

Ad esempio, la frana di Elm (e-1) iniziò come scorrimento di blocchi e crollo di roccia, ma al momento nel quale si trasformò in una colata di detrito.

Le frane di Elm (e-1) e di Elm (e-2) sono scorri-
menti di blocchi e crollo di roccia, ma al momento nel quale si trasformò in una colata di detrito.

Le frane di Elm (e-1) e di Elm (e-2) sono scorri-
menti di blocchi e crollo di roccia, ma al momento nel quale si trasformò in una colata di detrito.

CLASSIFICAZIONE DEL VARNES (1978)

Scala delle velocità dei movimenti:

1000	Estremamente rapido
100	10-100 m/anno
10	Molto rapido
1	1-10 m/anno
0.1	1-10 cm/anno
0.01	1-10 mm/anno
0.001	1-10 mm/decennio
0.0001	1-10 mm/centennio
0.00001	1-10 mm/millennio
0.000001	1-10 mm/decennio
0.0000001	1-10 mm/centennio
0.00000001	1-10 mm/millennio
0.000000001	1-10 mm/decennio
0.0000000001	1-10 mm/centennio
0.00000000001	1-10 mm/millennio

Il tipo di materiale coinvolto è classificato secondo il suo stato prima del movimento iniziale, oppure, se il tipo di movimento cambia, secondo il suo stato al momento nel quale è avvenuto il cambiamento.

Ad esempio, la frana di Elm (e-1) iniziò come scorrimento di blocchi e crollo di roccia, ma al momento nel quale si trasformò in una colata di detrito.

Le frane di Elm (e-1) e di Elm (e-2) sono scorri-
menti di blocchi e crollo di roccia, ma al momento nel quale si trasformò in una colata di detrito.

A. Carrara, B. D'Elia, E. Semenza. **Classificazione e nomenclatura dei fenomeni fransivi**

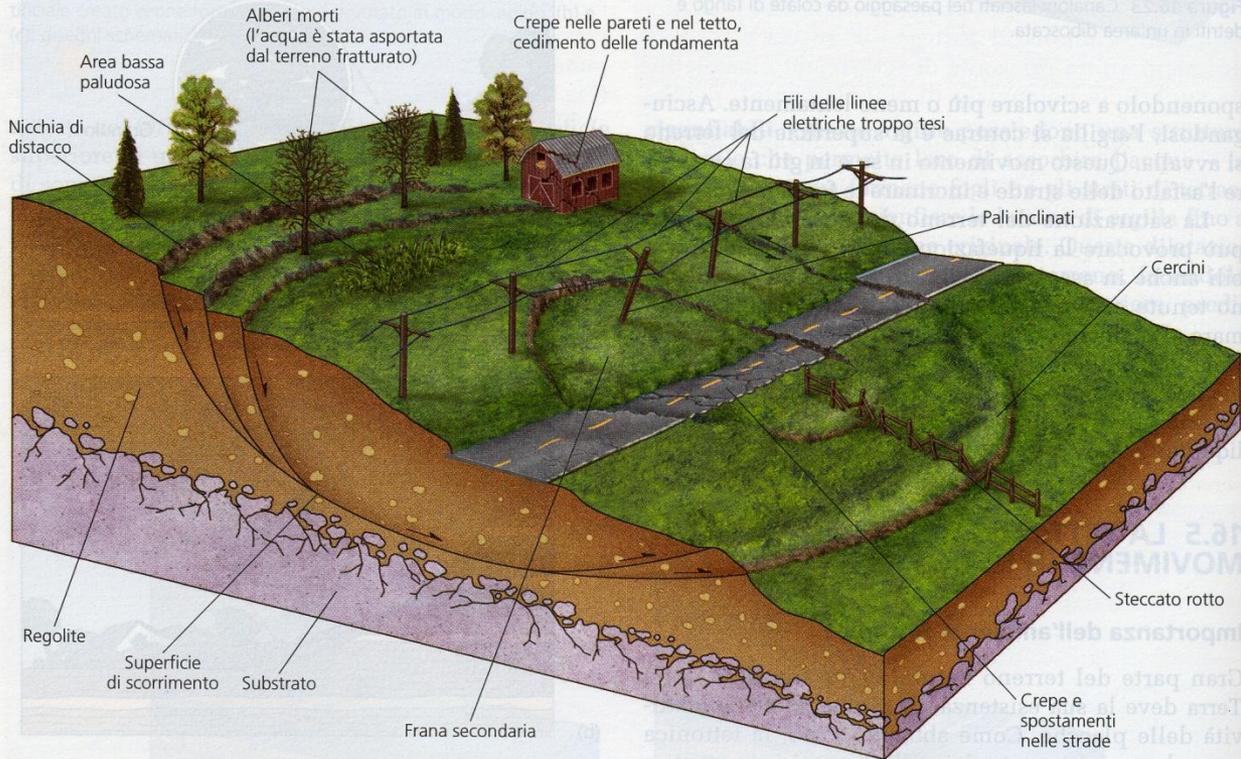
TA.V. 1
TIPOLOGIA DEI MOVIMENTI DI VERSANTE
(TYPES OF SLOPE MOVEMENTS)

Lievemento modificata, da: David J. Varnes. Slope Movements Types and Processes, in: Landslides: Analysis and Control, Transportation Research Board, National Academy of Sciences, Special Report 175, Chapter 2, 1978.

Capo di questa tavola possono essere originali nel loro designo applicato a categorie dell'Università, via Po 14, tel. 360, 70158, oppure all'Istituto di Geologia dell'Università di Torino, via S. Maria 15, tel. 341077.

Capo della tavola originale possono essere originali in Transportation Research Board, 2101 Constitution Avenue, N.W., Washington, D.C. 20038, allegato n. 5, sez. 2, Cap. 2, pag. 10.

ELEMENTI DIAGNOSTICI



DEFORMAZIONI PLASTICHE SUPERFICIALI

Movimenti lenti che interessano i materiali di copertura (fino al substrato alterato) che ricoprono i versanti montani e collinari e soprattutto nelle aree di impluvio dove maggiore è lo spessore della coltre superficiale (fino ad alcune decine di metri). Esse si manifestano per lo più in superficie con tipiche ondulazioni ad ampio raggio. Questi movimenti mostrano variazioni stagionali di velocità rallentando o addirittura arrestandosi durante l'estate per poi rimobilizzarsi in autunno e inverno in concomitanza delle precipitazioni atmosferiche più abbondanti.

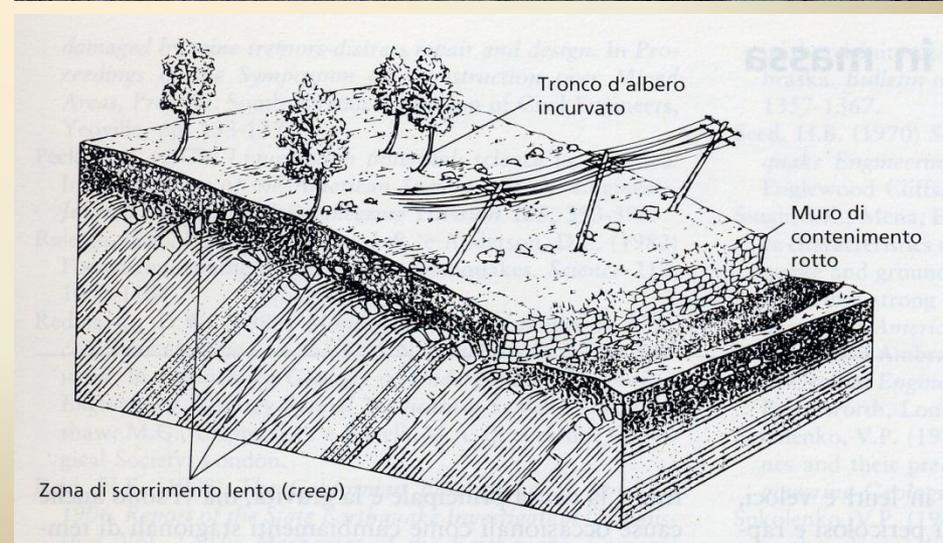


SOLIFLUSSI

Si riconosce per il formarsi di colate, lobi terrazzette ed increspature del terreno; assieme al materiale fine si spostano gli elementi grossolani. La coltre erbosa, se presente e continua, può non rompersi e lasciar vedere con le sue deformazioni questi movimenti. (in ambiente periglaciale si parla di geliflusso)

SOIL CREEP (o *Reptazione*)

Movimento molto lento verso il basso di suolo e regolite, che varia a seconda del tipo di suolo, del clima, della pendenza del versante e della densità di copertura vegetativa. Consiste in una deformazione lenta del regolite i cui livelli superiori si muovono lungo il pendio ad una velocità maggiore di quella dei livelli inferiori. Si manifesta attraverso lo spostamento e la rotazione verso valle di alberi, pali e recinzioni e da deformazione e rottura di muri di contenimento.



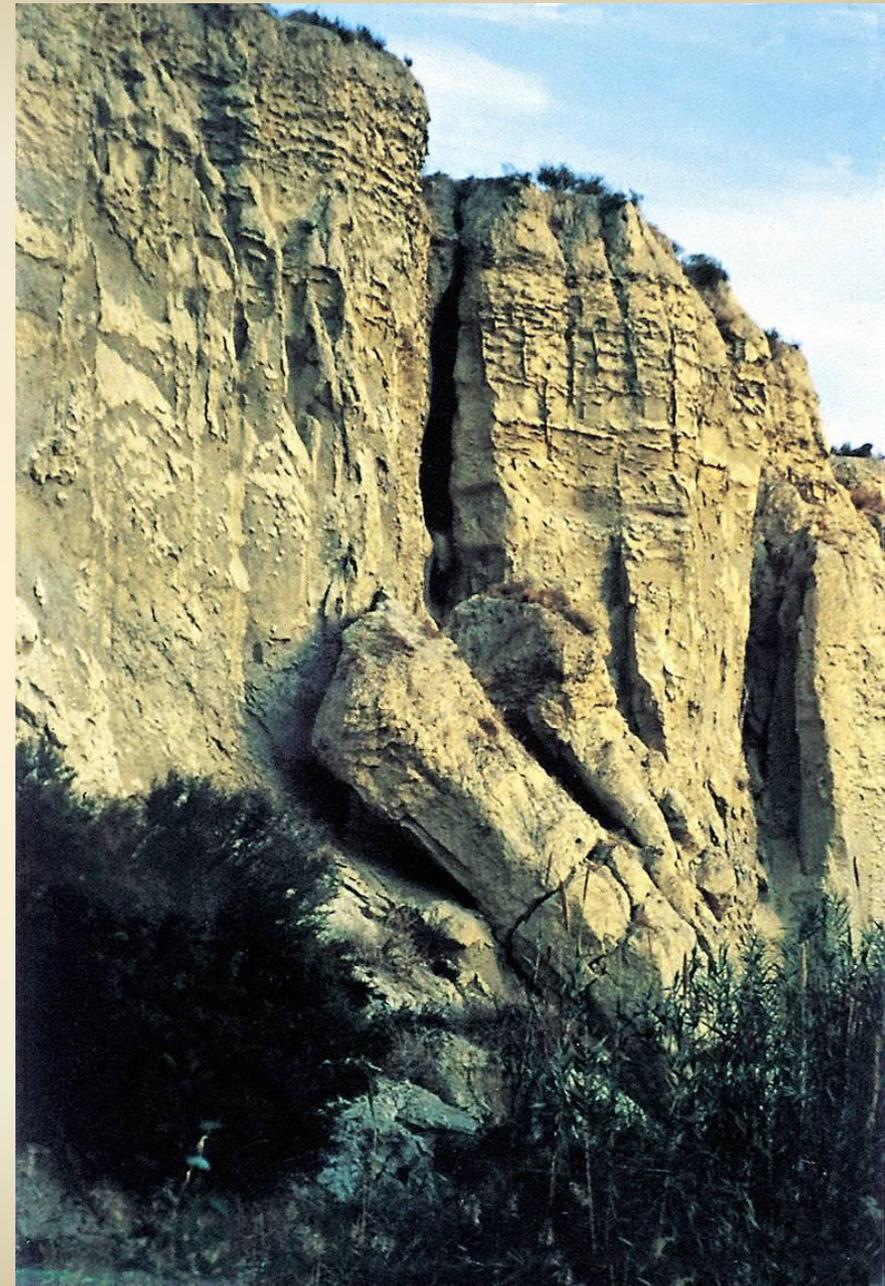
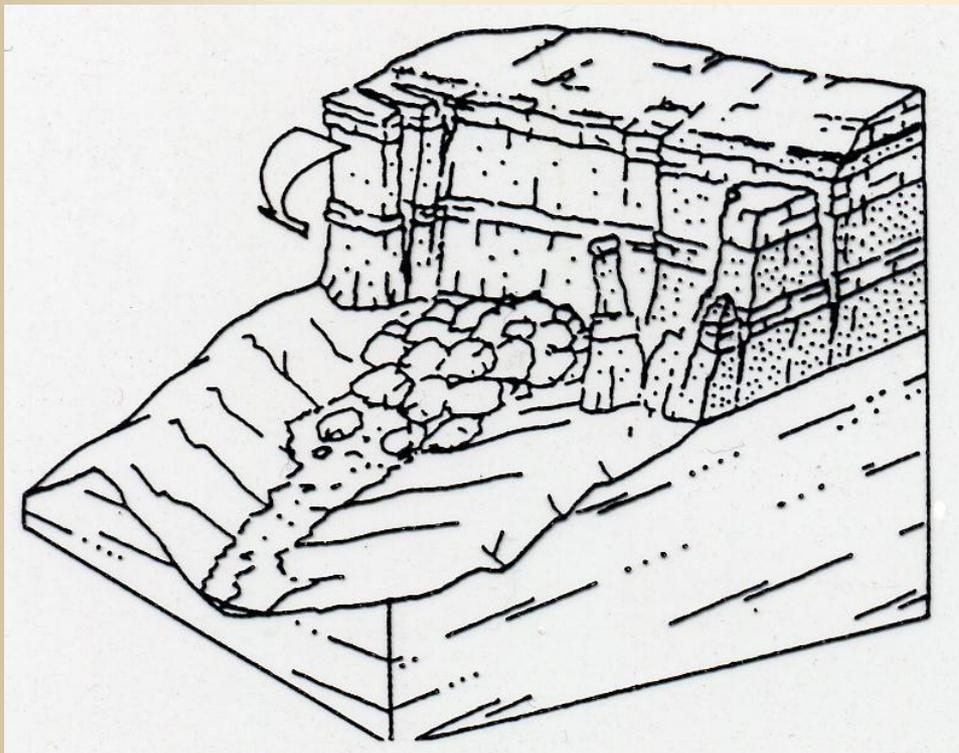
CROLLI (FALLS)

Singoli massi e/o blocchi o porzioni di ammassi rocciosi che si staccano da pareti litoidi verticali o subverticali o da scarpate naturali e/o antropiche e che si muovono in aria. Il fenomeno comprende la caduta libera, il movimento a salti e rimbalzi ed il rotolamento di frammenti di roccia o di terreno sciolto. Il movimento è estremamente rapido. Il deposito è costituito da un accumulo di materiale di varie dimensioni che si raccoglie al piede del versante, ma in cui singoli blocchi di dimensioni maggiori possono percorrere anche notevoli distanze.



RIBALTAMENTI (TOPPLES)

Movimento dovuto ad un momento ribaltante attorno ad un punto di rotazione situato al di sotto del baricentro della massa interessata.



SCIVOLAMENTI (SLIDES) E SCORRIMENTI (SLUMP)

Movimenti franosi che per la presenza di superfici di neoformazione o preesistenti all'interno del corpo litoide, presentano superfici di taglio più o meno profonde con concavità rivolta verso l'alto o dalla forma planare. Il movimento può essere contemporaneo su tutti i punti della superficie, oppure propagarsi da un'area di rottura localizzata. Al contrario dello scorrimento rotazionale (a), dove il movimento tende a raggiungere una configurazione più stabile delle masse, con lo scivolamento traslativo (b) viene messa in crisi tutta la porzione superiore del versante.

Riconoscibili per la presenza di blocchi ruotati, fratture verticali, venute di acqua, ecc. tali fenomeni sono generalmente di modesta estensione e possono avere un movimento sia molto rapido che lento, dando origine a vistose trincee, avvallamenti

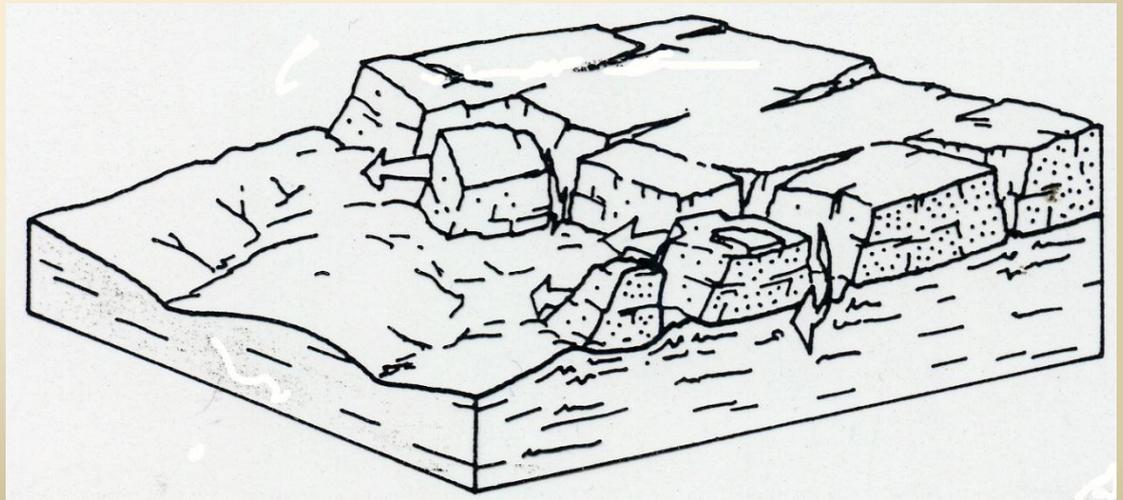


Monte Vettore (Monti Sibillini)



ESPANSIONI LATERALI

Movimenti di espansione laterale spesso per liquefazioni o deformazione plastica del materiale sottostante.





COLATE (FLOWS)

Frane dalla forma stretta ed allungata che evolvono lungo impluvi per effetto, nella maggioranza dei casi, della saturazione, da parte dell'acqua meteorica, di materiali essenzialmente argillosi e/o marnosi, originando al piede un accumulo dalla forma tipicamente lobata.

Il movimento non avviene solo sulla superficie di separazione tra massa in frana e materiale in posto, ma è distribuito in modo continuo anche nel corpo di frana.

La velocità del movimento, che può variare da molto lenta a estremamente veloce, è in stretta dipendenza dalle dimensioni della massa che alimenta la frana, dalla pendenza del versante su cui avviene il movimento e dal grado di saturazione dei materiali coinvolti.

COLATE DI DETRITO (Debris flows)

I *debris flows* vengono definiti come dei moti di miscugli granulari costituiti da acqua e sedimenti incoerenti di diverso diametro ad elevata concentrazione solida, differendo di poco da quella relativa ad ammassi sedimentari in condizioni di quiete.

Le colate avvengono allorché un sufficiente volume di sedimenti, presente in forma di deposito in una porzione montana di bacini, viene mobilitato in occasione di eventi alluvionali, dando luogo alla formazione di “piene di sedimenti” che si propagano verso valle, sfruttando eventuali vie preferenziali come per esempio letti di torrenti, e con velocità che possono, talvolta, raggiungere alcune decine di metri al secondo; le colate si depositano infine dove le pendenze sono tanto ridotte da causarne l’arresto.

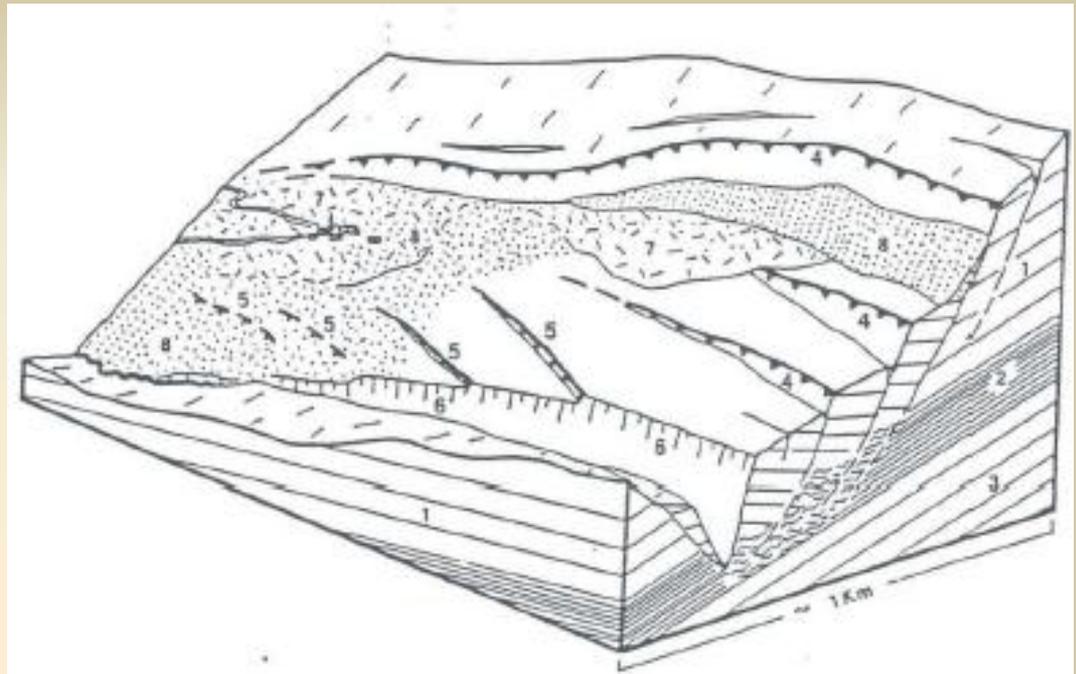




COMPLESSI (COMPLEX)

Il movimento risulta dalla combinazione di due o più dei cinque tipi principali precedentemente descritti.

Molte frane sono complesse ma, generalmente, un tipo di movimento predomina, parzialmente o temporalmente, sugli altri.



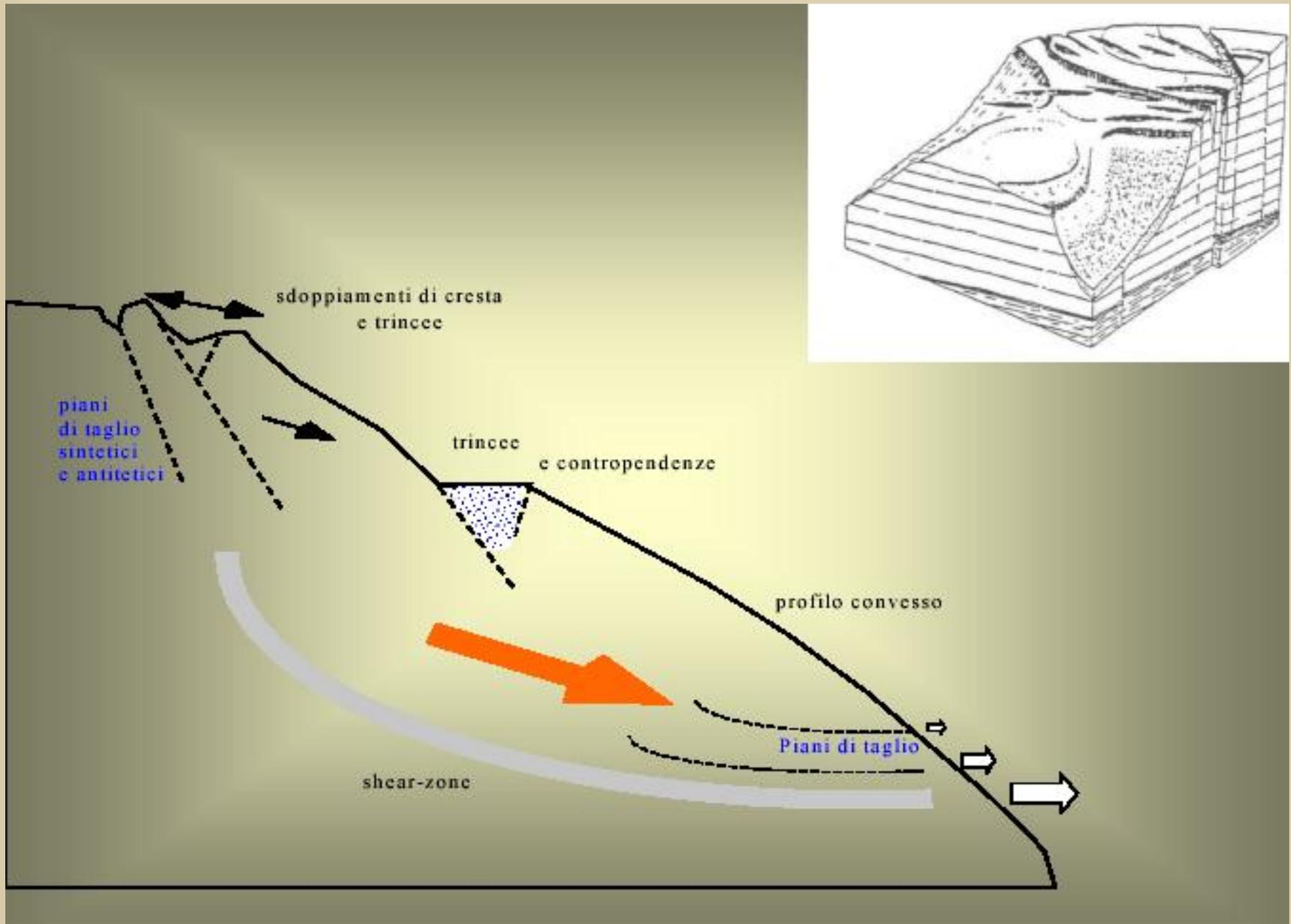
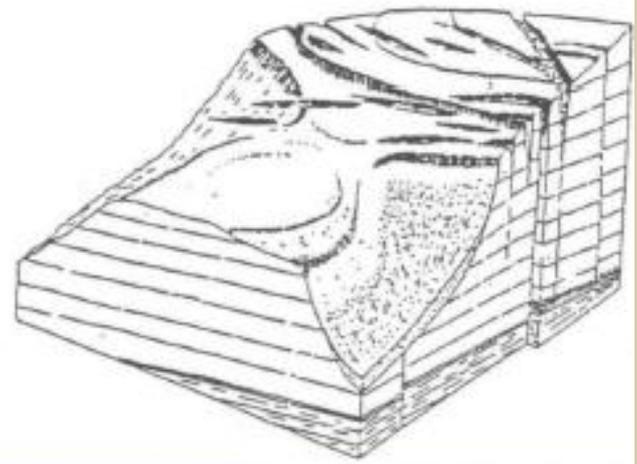
DEFORMAZIONI GRAVITATIVE PROFONDE DI VERSANTE (DGPV)

Riconoscibili per le caratteristiche contropendenze, trincee e scarpate (talora estese fino a qualche km) e per l'andamento irregolare generale dei versanti, le DGPV presentano dimensioni dell'ordine dei km² e profondità dell'ordine delle centinaia di metri.

L'evoluzione di tali fenomeni gravitativi si realizza per lo più in modo estremamente lento, interessando materiali lapidei che non presentano generalmente un comportamento plastico. L'esistenza di forme di rottura rigida, come appunto scarpate, gradini e trincee, implica il manifestarsi di accelerazioni delle velocità di deformazione.

Possono evolvere nel collasso più o meno complesso delle masse deformate





CALANCHI





STATO DI ATTIVITÀ DI UNA FRANA

La corretta ed univoca interpretazione dello stato di attività delle forme e della loro collocazione cronologica risulta di importanza fondamentale per la formulazione di ipotesi sull'evoluzione futura di un territorio.

In accordo con i più recenti riferimenti bibliografici (Varnes, 1978; GNGFG, 1987; Canuti et al, 1991) si è soliti distinguere tre stati di attività: attivo, quiescente, inattivo.

Sono da considerare **inattive** le forme per le quali l'agente morfogenetico non è più presente al momento del rilevamento, in quanto ha esaurito la propria attività oppure perché per tornare ad agire efficacemente sulla forma sarebbero necessarie profonde variazioni nei fattori morfoclimatici e/o morfodinamici.

Vengono considerate **attive s.s.** le forme per le quali risultano in atto al momento del rilevamento, o ricorrono con un ciclo il cui periodo massimo non supera quello stagionale, i processi che le hanno generate e ne hanno condizionato l'evoluzione;

Sono classificate come **quiescenti** le forme non attive al momento del rilevamento e prive di periodicità stagionale, per le quali però esistano sicuri dati (geomorfologici, storici, bibliografici, ecc.) che ne dimostrino l'attività passata nell'ambito dell'attuale sistema morfoclimatico e morfodinamico e che abbiano oggettive possibilità di riattivazione non avendo esaurito la loro potenzialità di evoluzione.

Frane attive

Si tratta di dissesti in cui sono evidenti segni di movimento in atto o recenti, indipendentemente dall'entità e/o dalla velocità dello stesso; i segni possono essere molto evidenti (lesioni a manufatti, scarsa vegetazione, terreno smosso, ecc.) oppure percepibili solo attraverso strumentazione di precisione (inclinometri, estensimetri, ecc.), così come la velocità di movimento può essere molto variabile.

Frane quiescenti

Si tratta di frane senza indizi di movimento in atto o recente. Generalmente si presentano con profili regolari, vegetazione con grado di sviluppo analogo a quello delle aree circostanti non in frana, assenza di terreno smosso e assenza di lesioni recenti a manufatti, quali edifici e strade.

Adottando le raccomandazioni del Working Party for World Landslides Inventory (WP/WLI, 1993 - 1994) lo stato di attività di una frana, da un punto di vista della pericolosità, è generalmente suddiviso nelle seguenti categorie:

frane attive o sospese: frane attualmente in movimento o che si sono mosse entro l'ultimo ciclo stagionale;

frane quiescenti o stabilizzate: frane che si sono mosse l'ultima volta prima dell'ultimo ciclo stagionale che possono (se quiescenti), o non possono (se stabilizzate), essere riattivate dalle proprie cause originali.

Dato l'elevato grado di incertezza con cui può essere identificato lo stato di attività di un fenomeno franoso non è opportuno addentrarsi in ulteriori suddivisioni nell'ambito di queste due categorie. Nella cartografia della pericolosità relativa da frana a fini di protezione civile:

la prima categoria (frane attive o sospese) corrisponde alla classe di pericolosità massima in cui sono attesi movimenti continui o intermittenti con ricorrenza annuale;

la seconda categoria (frane quiescenti o stabilizzate) corrisponde ad una classe di pericolosità molto alta in quanto i fenomeni franosi quiescenti possono essere riattivati naturalmente con $T_r > 1$ anno. Anche le frane stabilizzate possono essere riattivate quasi sempre per interventi antropici.

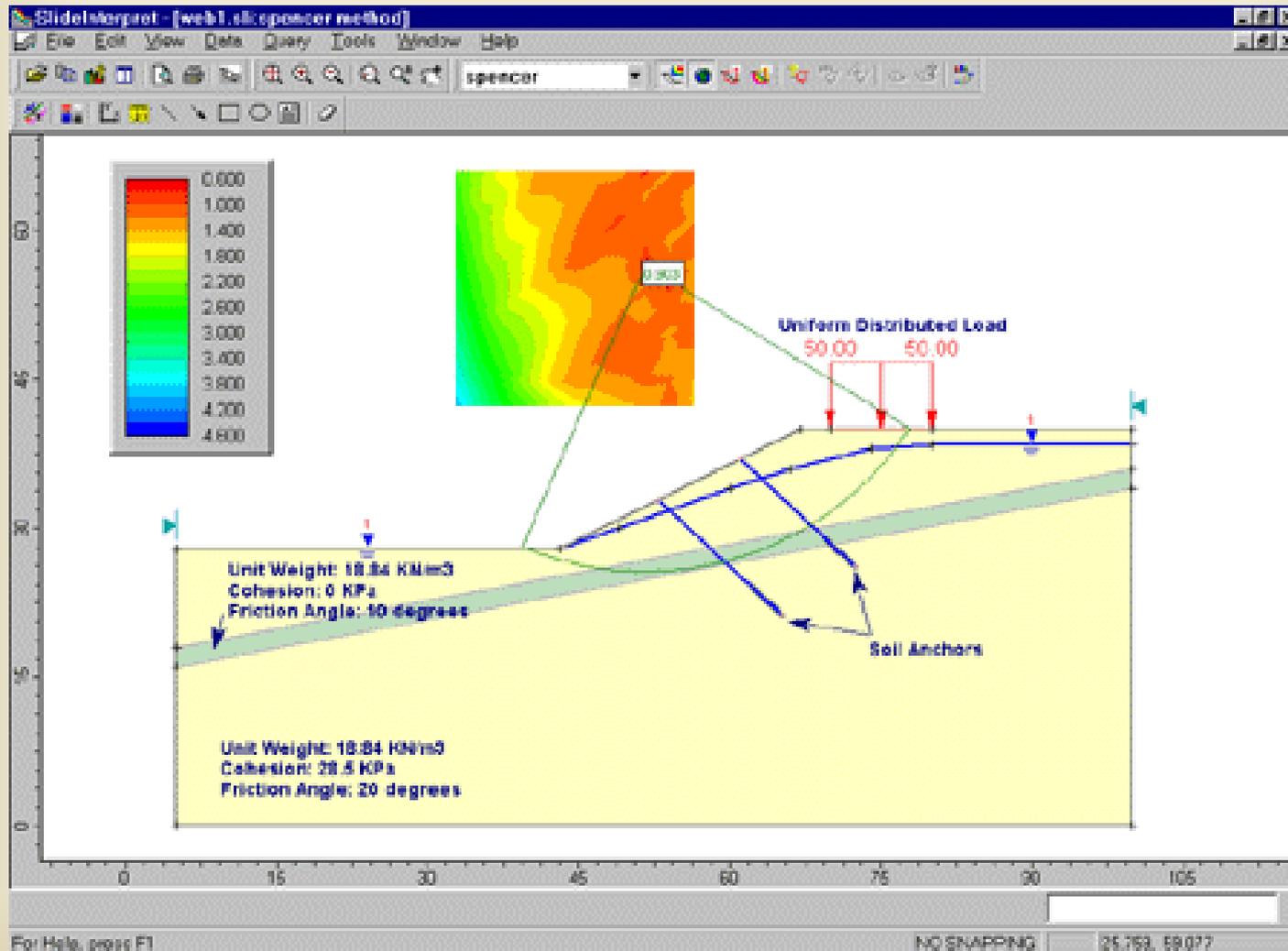
VELOCITÀ

Scala di velocità dei movimenti di pendio

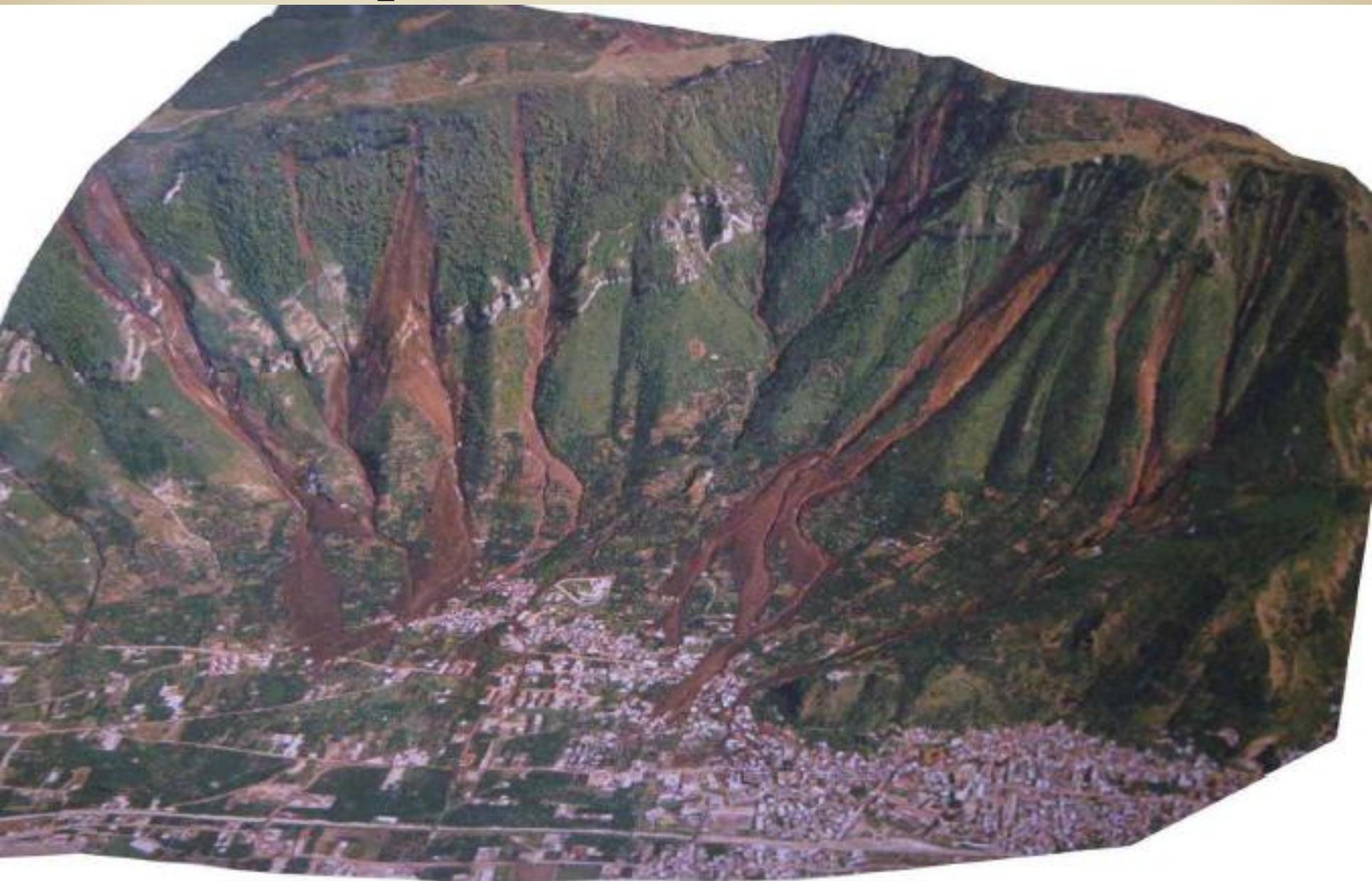
Classe	Descrizione	Velocità (mm/sec)	Valori tipici	Danni probabili
7	Estremamente veloce			Violento e catastrofico. Distruzione di edifici per impatto della massa scivolata. Numero elevato di morti.
6	Molto veloce	5×10^3	5 m/s	L'evacuazione è difficile. Alcuni morti. Distruzione di edifici e strutture.
5	Veloce	5×10^1	3 m/min	L'evacuazione è possibile. Distruzione di edifici e strutture.
4	Moderato	5×10^{-1}	1.8 m/h	Parziale danneggiamento di installazioni provvisorie.
3	Lento	4.5×10^{-3}	13 m/mese	Possono essere applicate misure correttive. Le strutture ed edifici possono rimanere integri.
2	Molto lento	5×10^{-5}	1.6 m/anno	Le strutture permanenti non risultano danneggiate in generale
1	Estremamente lento	5×10^{-7}	16 mm/anno	Impercettibile se non con strumentazione. È possibile costruire con precauzioni.

Cruden e Varnes, 1996.

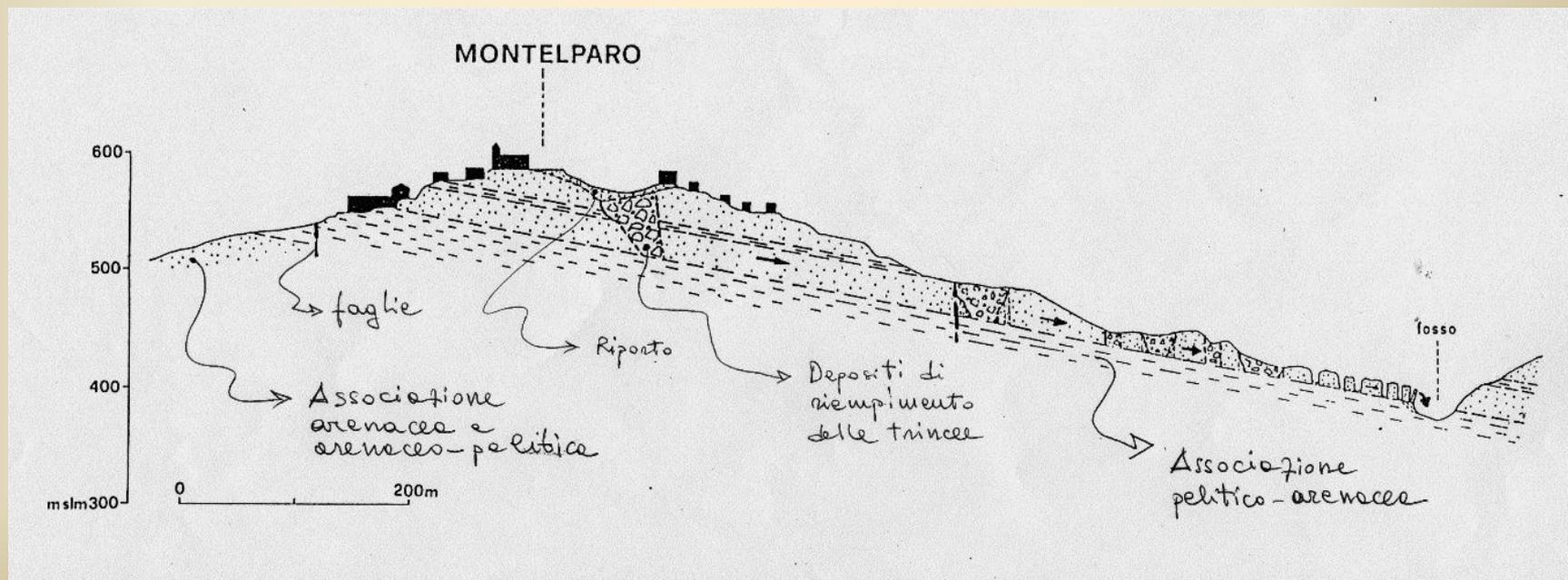
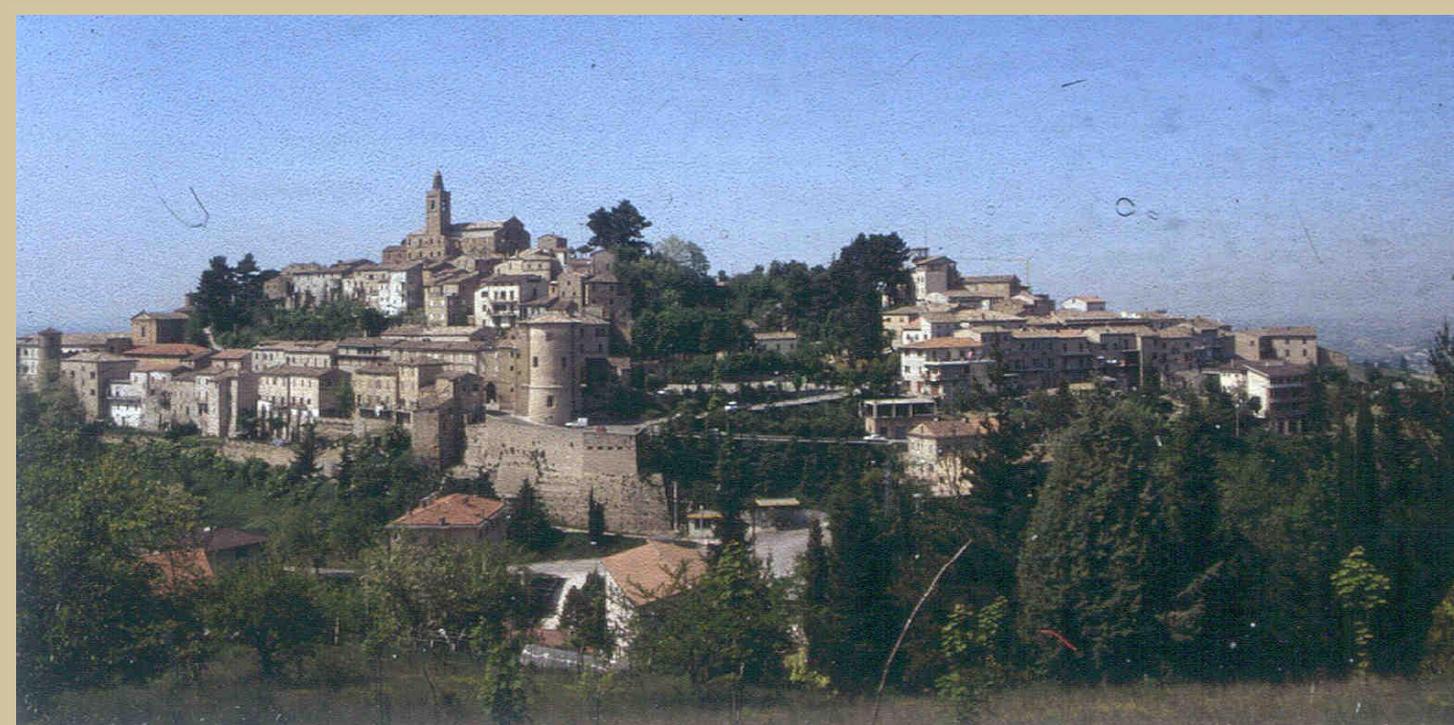
Le verifiche di stabilità dei versanti



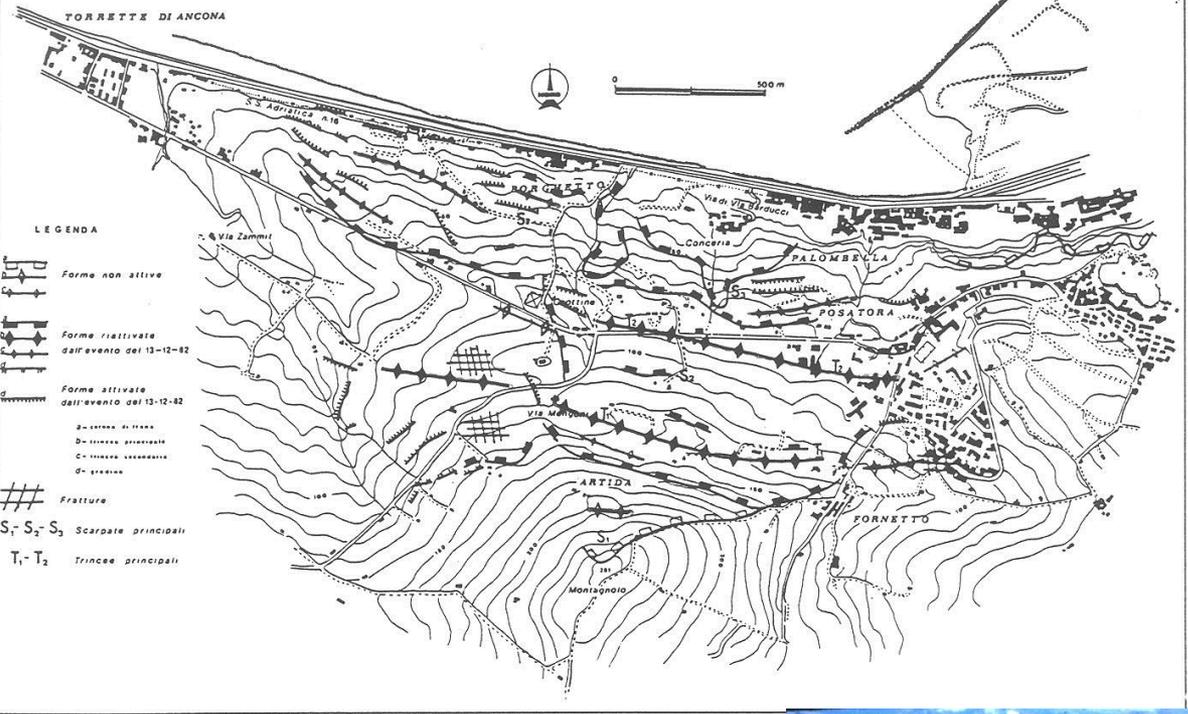
Alcuni esempi



Montelparo –
Appennino
marchigiano

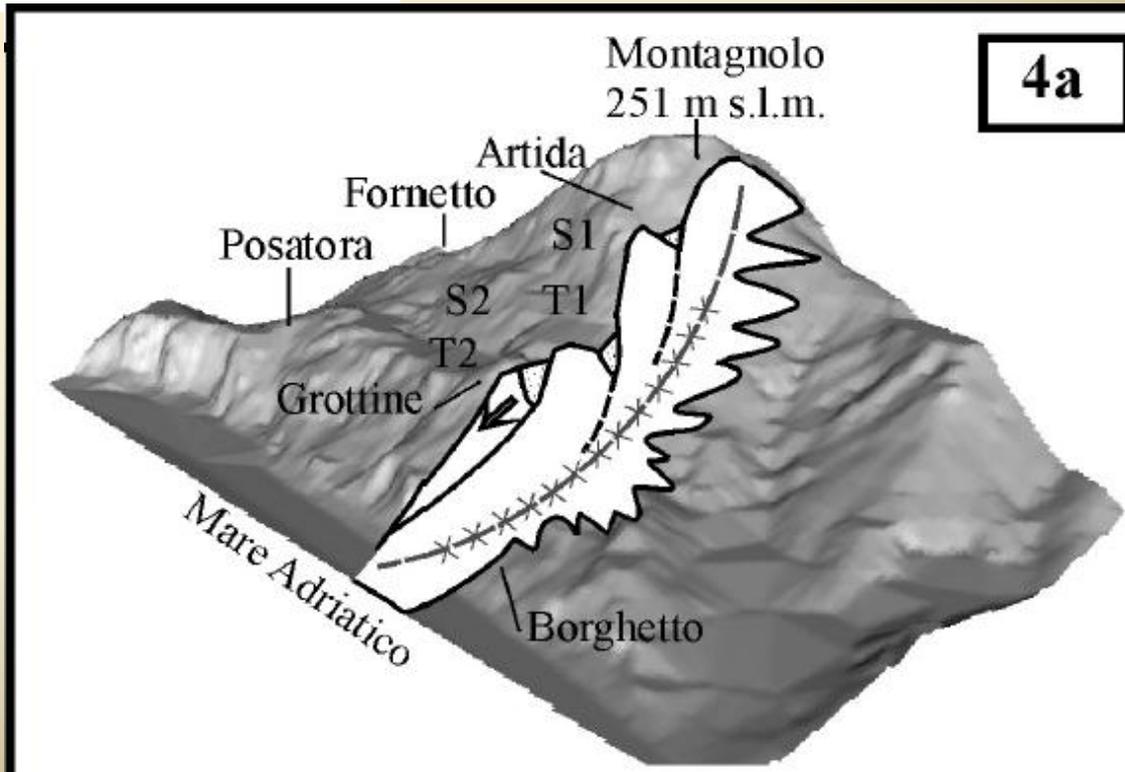
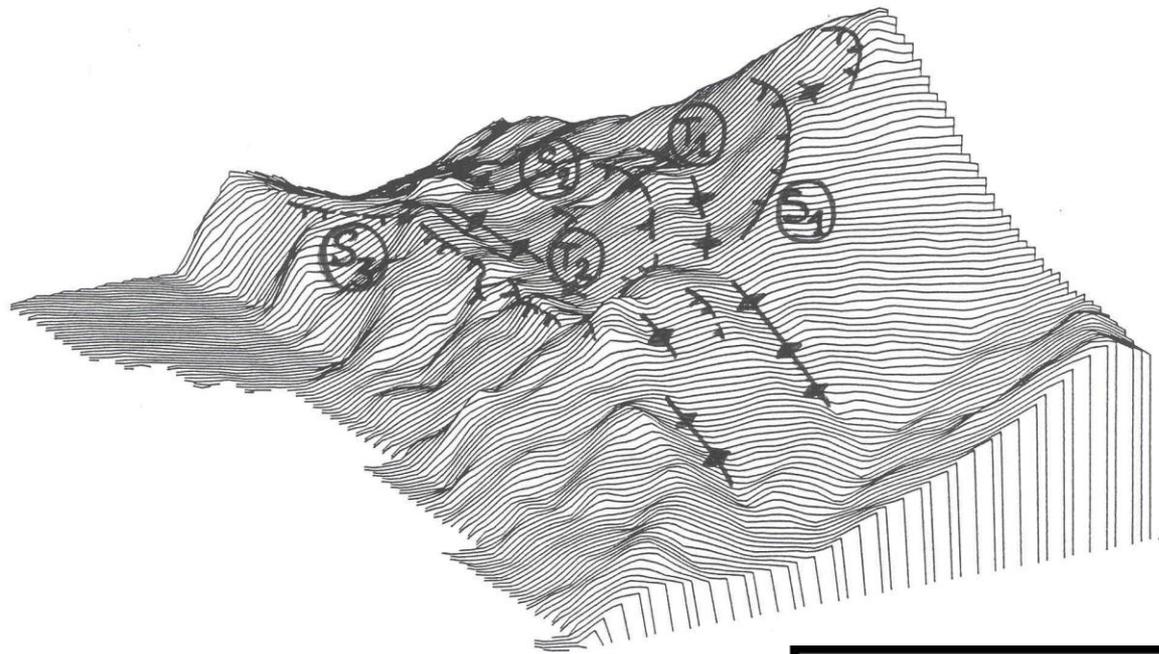


SCHEMA GEOMORFOLOGICO

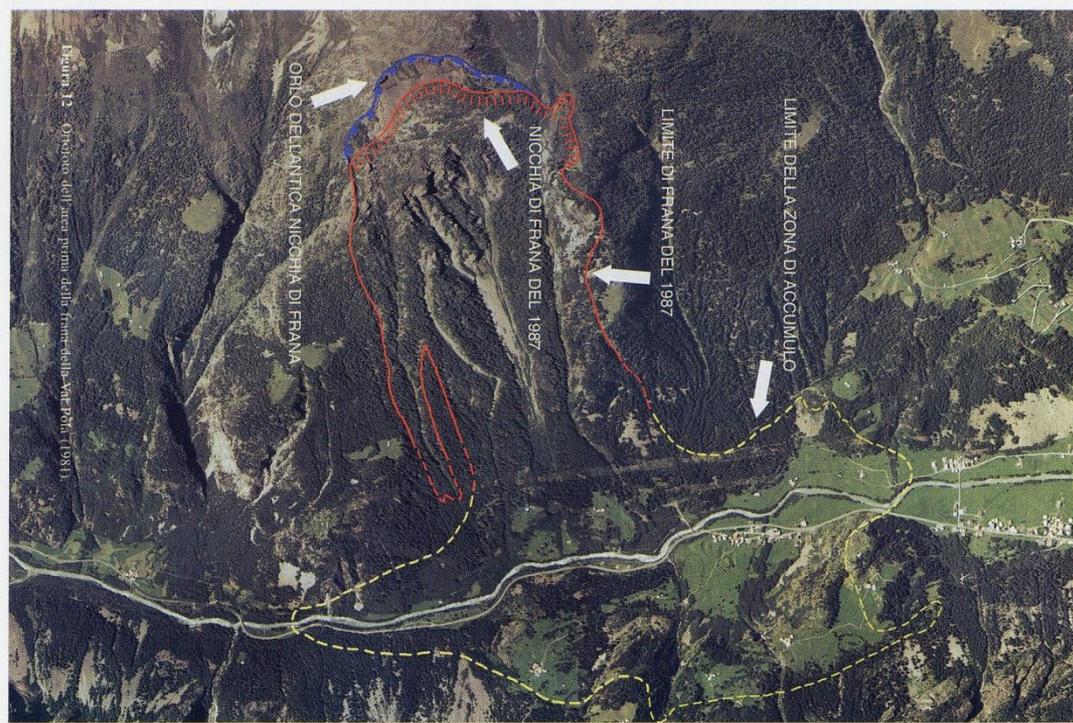


Frana di Ancona

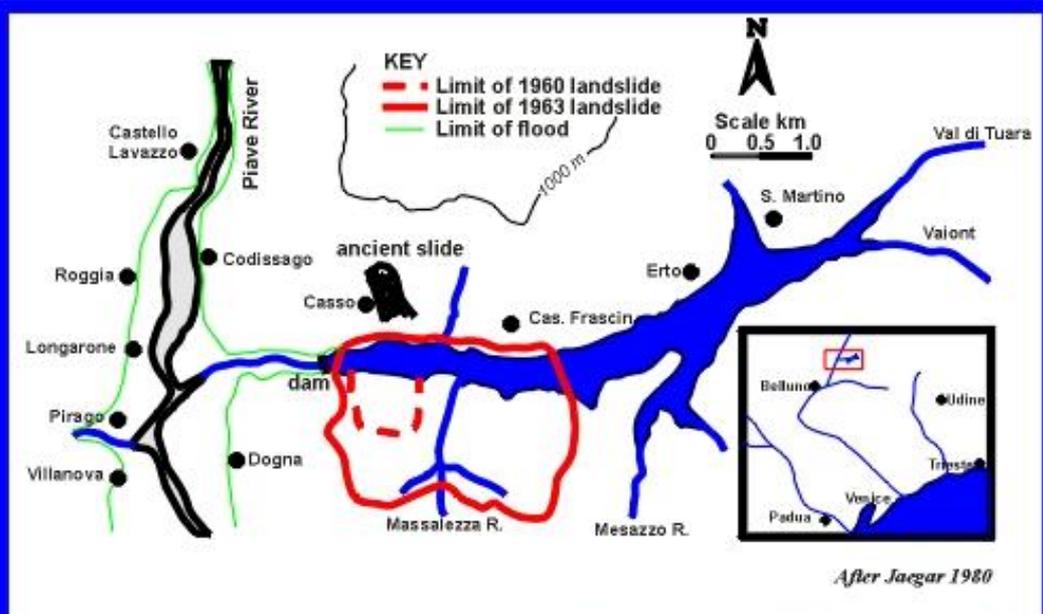




Frana della Valtellina



Frana del Vajont





Longarone:
prima e ... dopo



Esempi

dal

mondo



La Conchita, California.
Photograph by R.L. Schuster, U.S.
Geological Survey.



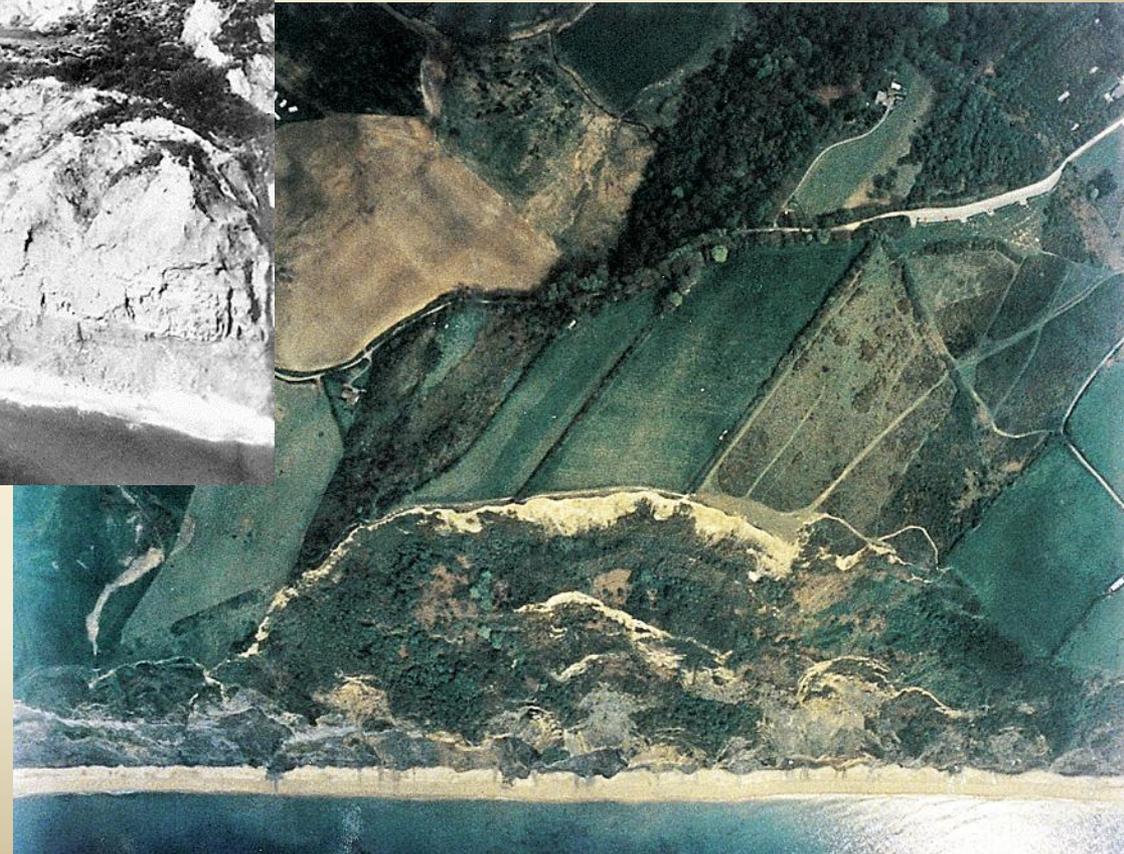


L'eruzione del Mount St. Helens del 1982.
Foto di Tom Casadevall, U.S. Geological Survey



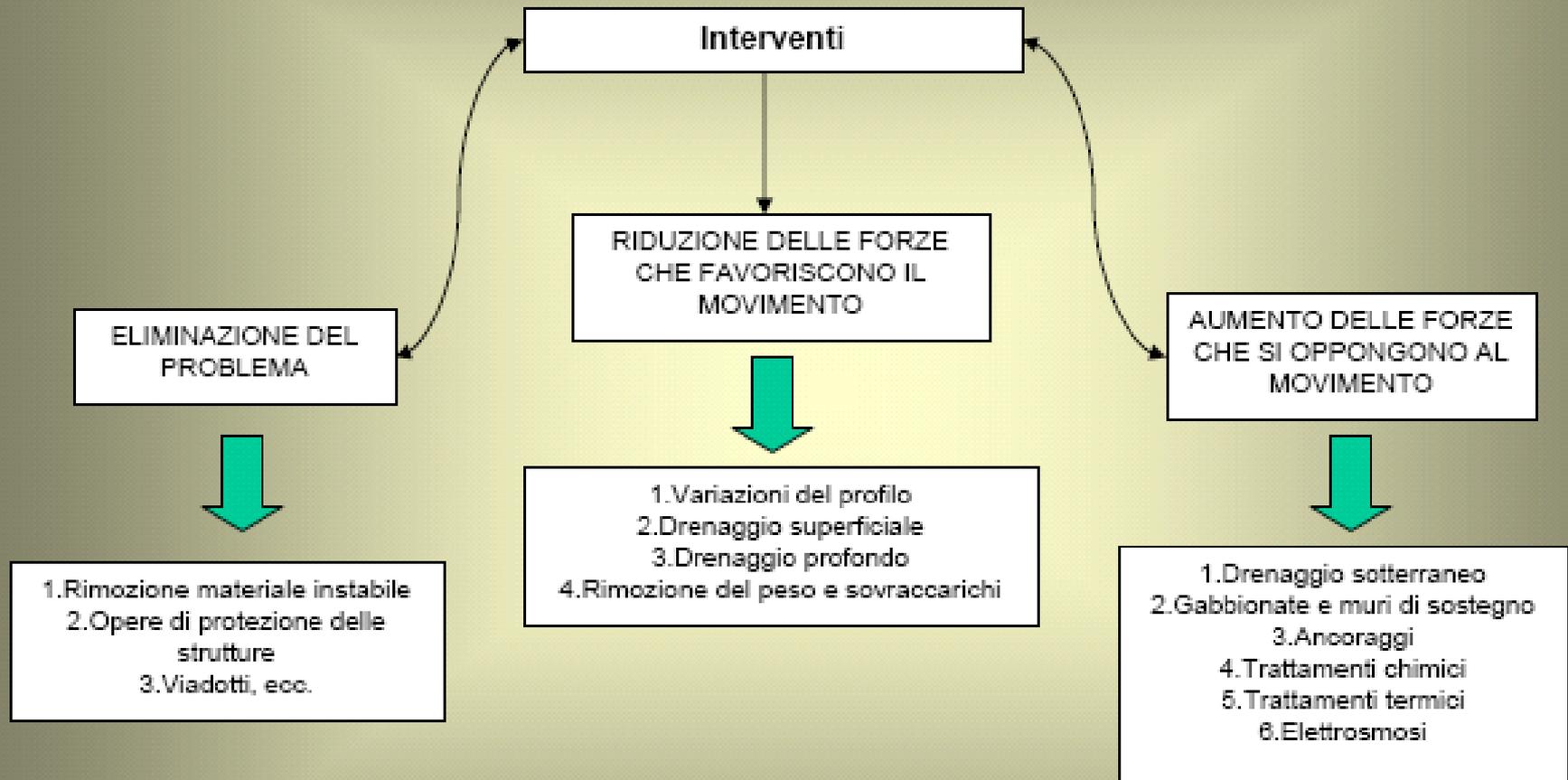
Pirenei

Isola di Wight





RAPPRESENTAZIONE SCHEMATICA DEGLI INTERVENTI ATTUABILI SUI VERSANTI



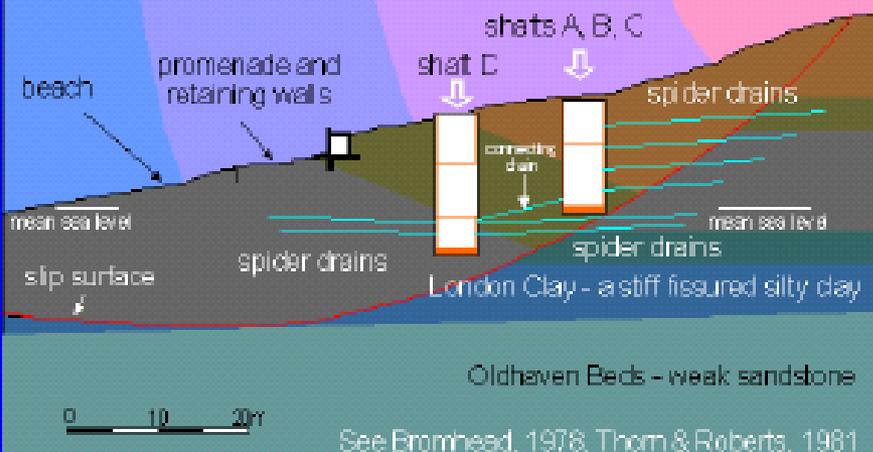
Alcuni provvedimenti (per i crolli)

- reti con cemento a spruzzo e chiodatura;
- semplici reti, destinate a trattenere i blocchi di piccole dimensioni;
- bulloni, ancoraggi, tiranti per massi di dimensioni superiori a 0,5 metri cubi;
- iniezione di resine per l'occlusione e la cementazione delle fenditure;
- speroni e gabbioni per il sostegno dei massi aggettanti;
- disaggio e terrazzamento per l'eliminazione dei blocchi instabili e la riduzione delle pendenze;
- difese passive, quali reti paramassi, talora con trincee profonde (valli) per bloccare il rotolamento dei massi caduti.

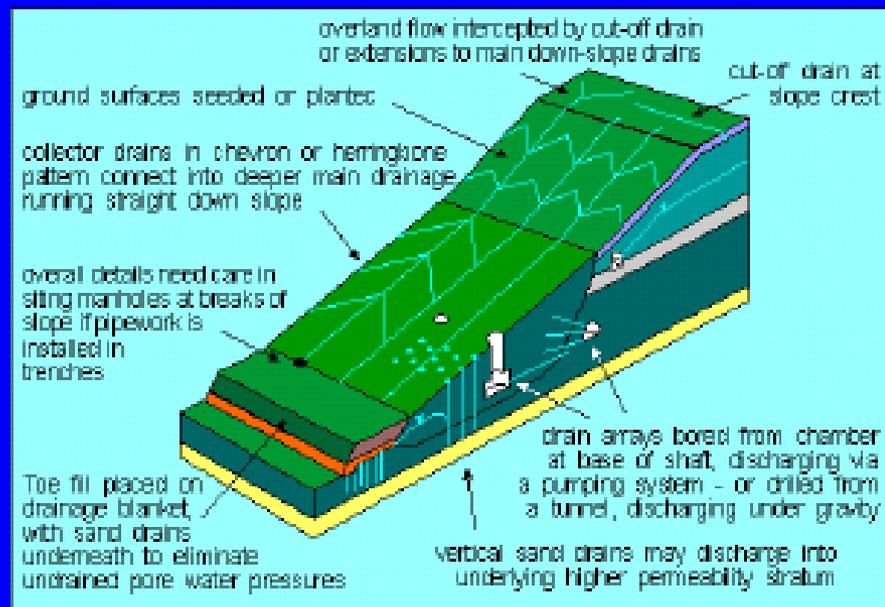
Alcuni provvedimenti (per le colate)

- estrazione dell'eccesso di detrito;
- prevenzione dei dissesti laterali, che possono appesantire il corpo di frana;
- rete di canali di drenaggio superficiali;
- gradoni in terra (*ground-sills*) cioè briglie di terra poggianti sul substrato, intese a ridurre la velocità di movimento della colata;
- diminuzione dell'apporto di sedimenti nell'avvallamento destinato a dar luogo alla colata, mediante terrazzamenti e briglie.

Beacon Hill Landslide, Herne Bay, Kent Remedial Scheme involving deep drainage



Drenaggi
orizzontali e
verticali;
superficiali e
profondi





Frana Ripe San Ginesio





