

PERICOLO E CLASSIFICAZIONE DELLE FRANE

PERICOLO E CLASSIFICAZIONE DELLE FRANE

5. Pericolo di frana

Fase prima - Fase di individuazione delle aree a rischio di frana e valanga.

Fenomeni franosi superficiali:

Sono dei movimenti di massa coinvolgenti rocce, detriti o terre, attraverso i quali si manifesta la tendenza da parte di un corpo al raggiungimento di un minimo di energia potenziale. Nonostante la definizione alquanto semplice, essi costituiscono dei complessi fenomeni geologici e geomorfologici la cui classificazione è spesso controversa. Il sistema più usualmente adottato è quello proposto da Varnes (1978) anche se per completezza di analisi riportiamo di seguito anche altre classificazioni meno diffuse e basate su parametri differenti.

VARNES D.J.(1978) "Slope movements, type and process"

in Landslides: Analysis and Control-Transp. Board. Nat. Acad. of Sciences, Special report 176

È basata su due parametri essenziali:

1. **Tipologia del materiale coinvolto**
2. **Tipologia del movimento di massa**

Tipologia del materiale coinvolto:

la suddivisione è fra rocce e terre ove la differenziazione è basata su alcune caratteristiche come la presenza, nelle prime, di coesione per cementazione ed una resistenza a compressione semplice >25 MPa.

Le terre sono caratterizzate da una resistenza funzione dei rapporti geometrici e spaziali dei singoli elementi che le costituiscono (comportamento attritivo) e dalla presenza o meno di coesione dovuta a legami di natura chimica ed elettrostatica fra le particelle.

Alla categoria delle terre può essere associato il materiale detritico, in funzione del suo comportamento meccanico.

Tipologia del movimento di massa:

Descrive la dinamica con cui si manifestano i vari fenomeni di instabilità.

CLASSIFICAZIONE DELLE FRANE

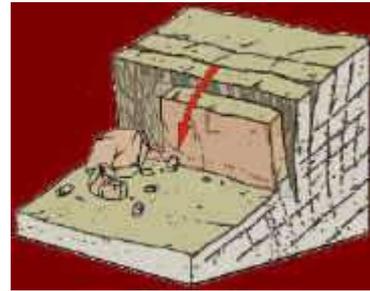
Crolli (fall):

Si originano lungo discontinuità preesistenti o di neoformazione (es. per scalzamento alla base) e sono caratterizzati da alte velocità e scarsi segni premonitori. Sono osservabili solo cedimenti nelle zone bordiere e piccole fessure superficiali. L'accumulo di frana tende a agire come limitante per l'evoluzione del fenomeno. Sono tipici di rocce lapidee in cui si sviluppano superfici di rottura piane o cicloidi. Cause innescanti sono il crioclastismo, sismi, azione radicale, scalzamento alla base del versante.

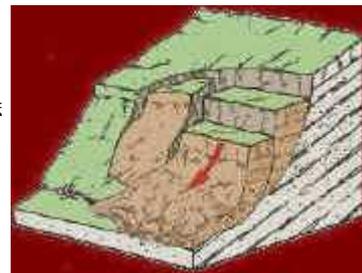


Ribaltamenti (topple o toppling):

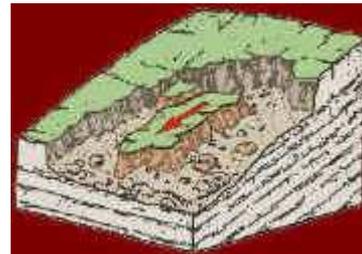
Avvengono per la rotazione di masse attorno ad un fulcro nelle condizioni in cui il rapporto fra base ed altezza di un blocco ($tg a$) sia minore della pendenza del versante ($tg i$). Sono spesso associati a crolli, scorrimenti e frammentazione delle masse coinvolte. Cause predisponenti sono di tipo strutturale mentre le cause innescanti sono crioclastismo, azione radicale, saturazione delle fessure con acqua, sismi, scalzamento alla base. Le fratture presenti nelle zone superiori possono essere vuote o riempite da detrito.

**Scorrimenti (scivolamenti) rotazionali (slump):**

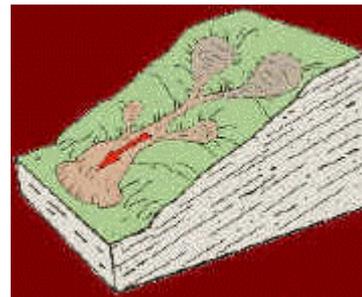
Si verificano per superamento della resistenza di taglio all' interno di una massa che può essere omogenea o presentare stratificazioni. La superficie di rottura è arcuata, con concavità verso l' alto e può essere di neoformazione o in parte preesistente. Alla superficie di scorrimento principale, sono spesso associate superfici secondarie. Sono ricorrenti in rocce plastiche ma anche in ammassi omogenei a vario grado di cementazione ed in coltri alterate. Influenti sono le pressioni dell' acqua e le loro oscillazioni, la presenza di sovraccarichi (es. opere antropiche), l' azione di sismi.

**Scorrimenti (scivolamenti) traslazionali (slide):**

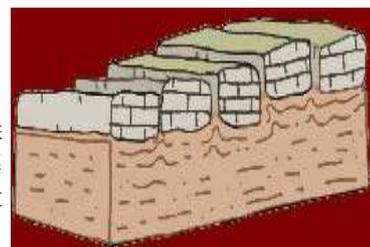
Si verificano su superfici di discontinuità preesistenti con inclinazione eguale o inferiore a quella del versante. Sono tipiche di rocce stratificate omogenee o di alternanze di rocce a reologia differente. Sono evidenziate da fratture di trazione riscontrabili nella parte alta del versante.

**Colamenti (flow):**

Sono caratteristici di terre ed ammassi detritici, avvengono lungo superfici non visibili che si attivano durante lo scorrimento stesso. Interessano aree molto estese, anche interi versanti, lungo i quali è possibile distinguere un bacino collettore o di alimentazione. Sono generalmente da ricondurre all' elevato contenuto d' acqua con superamento del limite liquidità (WLL) nel caso di terreni argillosi.

**Espandimenti laterali (spread):**

Si hanno in particolari condizioni morfostrutturali in cui è presente una sovrapposizione fra rocce ad elevato contrasto di competenza, dando luogo a deformazioni differenziali. Cause condizionanti sono l' incremento delle pressioni interstiziali alla base del litotipo a maggiore competenza o l' incremento del carico piezometrico (es. falde sospese) nell' ammasso soprastante. Le deformazioni avvengono anche su pendenze molto basse e sono evidenziate dalla disarticolazione e



suddivisione in blocchi della roccia sovrastante. Possono verificarsi anche in terre con diverso grado di consolidazione.

Nello studio di un fenomeno di instabilità è fondamentale, oltre alla individuazione della tipologia del fenomeno, la valutazione dello Stato, dello Stile e della Distribuzione dell' attività del movimento.

Stato

Il fenomeno osservato potrà essere:

- Stabilizzato: quando non sono rilevabili evidenze di movimento sul lungo periodo ed inoltre non sono più presenti le condizioni morfologiche e climatiche in cui il fenomeno si era sviluppato
- Quiescente: quando pur non essendo rilevabile un' evidenza di movimento sono ancora presenti condizioni morfologiche e climatiche tali da poter riattivare il fenomeno
- Attivo: quando sono rilevati, anche con frequenza stagionale, indizi di movimenti tuttora in atto

Stile

In base al tipo di dislocazione il fenomeno potrà avere uno stile:

- Singolo - avviene con la mobilitazione di un ammasso unico e secondo un' unica tipologia di movimento
- Complesso - avviene secondo più tipologie di movimento associate nel tempo
- Composito - avviene secondo più tipologie di movimento in fasi successive (t_1 , t_2)
- Successivo - avviene non coinvolgendo la stessa massa in tempi differenti (indipendente)
- Multiplo - avviene con il coinvolgimento di masse già precedentemente dislocate

Distribuzione

In base all' evoluzione spazio-temporale il fenomeno potrà avere una distribuzione:

- Costante - avviene con gradualità e continuità nel tempo
- Retrogressiva - tende a coinvolgere aree sempre maggiori verso monte spostando la corona di frana
- Avanzante - tende a coinvolgere aree sempre maggiori verso valle con differenti superfici di rottura
- In allargamento - tende al superamento e coinvolgimento dei fianchi della frana
- In diminuzione - avviene coinvolgendo masse, messe in posto da fenomeni precedenti
- Multidirezionale - avviene su più piani di rottura che tendono ad omogeneizzarsi
- Confinata - la superficie di distacco non si manifesta al piede, dove sono osservabili solo deformazioni

La frana è un movimento di masse di terreno o roccia costituente un pendio, con direzione verso il basso o verso l'esterno del pendio stesso, delimitata da una superficie ben definita. Le frane, unitamente alle alluvioni e ai terremoti, appartengono alle cosiddette catastrofi naturali. Sono largamente diffuse in tutto il mondo. I movimenti possono realizzarsi per crollo, ribaltamento, scorrimento, espandimento, colata. La definizione include, inoltre, i movimenti correlati a fenomeni di creep profondo di versanti rocciosi. Non comprende i movimenti che coinvolgono esclusivamente masse di neve o di ghiaccio.

Classificazione delle frane

Il sistema di classificazione maggiormente utilizzato per descrivere i movimenti franosi è quello proposto da Varnes. Tale classificazione si basa, primariamente, sul tipo di movimento e, secondariamente, sulla natura dei materiali coinvolti. I tipi di movimento vengono suddivisi in 5 gruppi principali: crolli, ribaltamenti, scivolamenti, espandimenti laterali, colate. I materiali sono distinti in due classi: rocce e terreni, quest'ultimi vengono divisi in terreni grossolani (detriti) e terreni prevalentemente fini.

1. Frane per crollo

I crolli possono realizzarsi in roccia, in detrito, e meno frequentemente in terreni limoso sabbiosi, parzialmente cementati, tipo loess. Un crollo si realizza attraverso il distacco e la conseguente caduta di una massa di materiale da un pendio molto ripido o da una scarpata. Il materiale discende in caduta libera fino a che non raggiunge il versante, quindi si muove mediante movimenti di rimbalzo e/o rotolamento. Il distacco del materiale si realizza quando la resistenza al taglio lungo le superfici di frattura preesistenti non è più in grado di controbilanciare i pesi dei blocchi delimitati dalle fratture stesse. Le frane per crollo si verificano a causa dello scalzamento al piede dei versanti operato dai corsi d'acqua, dal moto ondoso in prossimità delle coste, dall'azione erosiva del vento.

2. Frane per ribaltamento

Possono realizzarsi in roccia o, più raramente, in detrito. Tali frane si generano quando si verifica la rotazione, attorno ad un punto, di un blocco di roccia o di detrito, sotto l'azione della forza di gravità, delle pressioni esercitate dai blocchi di materiali adiacenti e della pressione dell'acqua presente nelle fratture. Se il materiale non è frenato da un ostacolo, la frana per ribaltamento può evolvere in una frana per crollo o in una frana per scorrimento.

3. Frane per scivolamento

Nelle frane per scivolamento, il movimento si realizza lungo una o più superfici visibili oppure all'interno di una zona ristretta. Le frane per scivolamento si suddividono in relazione alla geometria delle superfici di movimento in traslazionali e rotazionali.

- a. Frane per scivolamento traslazionale: possono realizzarsi in roccia, in terreno e in detrito. Il movimento si realizza in corrispondenza di orizzonti di debolezza strutturale quali fratture, superfici di stratificazione, superfici di contatto tra strati con diverse proprietà geotecniche. Il movimento coinvolge o blocchi o materiali fratturati.
- b. Frane per scivolamento rotazionale: possono realizzarsi in terreno, in detrito e in rocce tenere. Si verificano per rottura progressiva; il movimento, rotazionale rispetto a un asse parallelo al versante, avviene lungo una superficie del profilo curvilineo, concavo verso l'alto.

1. Frane per espansione laterale

Si verificano laddove materiali a comportamento rigido, sono sovrapposti a materiali a comportamento plastico. Il movimento di espansione laterale si realizza mediante la formazione di fratture, di trazione e di taglio. Il meccanismo di fatturazione è progressivo.

2. Frane per colamento

Possono avvenire in roccia o in materiale disciolto.

Frane per colamento in roccia: possono coinvolgere interi versanti. I movimenti del substrato roccioso sono estremamente lenti, continui, simili a quelli di un fluido a elevata viscosità; si realizzano in corrispondenza di rocce caratterizzate da una fratturazione pervasiva oppure sono il risultato di deformazioni plastiche correlate al piegamento delle rocce o al rigonfiamento di porzioni del versante.

Frane per colamento in terreni e in detriti: i singoli granuli costituenti i corpi di frana si muovono in modo relativo gli uni rispetto agli altri, più o meno velocemente in relazione al contenuto d'acqua e alla granulometria del deposito. Non è sempre possibile riconoscere delle precise superfici di rottura. Le colate di detrito s'innescano a seguito di piogge intense, in aree prive di vegetazione; il detrito si muove verso valle. I colamenti di terreni possono essere caratterizzati da contenuti d'acqua e

velocità estremamente variabili. Maggiore è il contenuto d'acqua, maggiore è la velocità della colata e minore è la densità del materiale.

3. Frane complesse

In questo tipo di frane i movimenti derivano dalla combinazione nello spazio e nel tempo di 2 o più tipi di movimento tra quelli descritti prima.

Fenomeni d'erosione superficiale dei versanti

Coinvolgono i suoli ricchi di limo e argille, capaci di assorbire e trattenere grandi quantità di acqua. Possono provocare danni di lieve entità a strutture viarie; includono il soliflusso e il soil creep. Il soliflusso, dal punto di vista meccanico, può essere assimilato ad un colamento lento di una massa fluida molto viscosa. Il movimento si manifesta nei suoli fluidificati in seguito a precipitazioni in regioni periglaciali (geliflusso).

Il soil creep è il risultato di un insieme di movimenti parziali dei detriti che ricoprono il versante. Tali movimenti sono visibili in superficie e si esauriscono in profondità. Sono la conseguenza della circolazione dell'acqua nel terreno, di fenomeni di imbibizione e di disseccamento, di fenomeni di gelo e di disgelo e dell'azione degli animali.

Fenomeni d'erosione accelerata dei versanti

Si parla di erosione accelerata se i processi erosivi presentano un'intensificazione per cause naturali (ad es. elevata piovosità dell'area, scarsa permeabilità dei terreni) o per cause antropiche (ad es. disboscamento). E' importante riconoscere per quali cause un'area è soggetta ad erosione accelerata e agire, laddove è possibile, per rallentare tale fenomeno, per ridurre il rischio di ulteriori dissesti dei versanti. I calanchi rappresentano un esempio di erosione accelerata correlata all'azione dilavante delle acque piovane. Sono molto comuni nelle aree collinari degli Appennini. Sono tipicamente costituiti da strette vallecole dai versanti ripidi e privi di vegetazione, separate da creste di argilla. Le vallecole confluiscono in vallecole via via di dimensioni maggiori assumendo disposizioni a pettine, a raggiera o a spina di pesce.

Nomenclatura delle frane

Per descrivere correttamente una frana è necessario utilizzare termini precisi, di utilizzo scientifico corrente. In una frana è possibile distinguere: una zona di scorrimento nella quale il materiale mobilizzato si trova a quote inferiori rispetto a quelle dell'originaria superficie del versante e una zona di accumulo nella quale il materiale mobilizzato si trova a quote superiori rispetto a quelle della superficie originaria del versante. Il materiale mobilizzato rappresenta il materiale che si è mosso rispetto alla sua posizione originaria e si è depositato più a valle. Viene suddiviso in corpo principale e in piede della frana. Nella zona di scorrimento si possono riconoscere:

- la corona (coronamento): è costituita dal materiale non mobilizzato, adiacente alle porzioni più elevate della scarpata principale;
- la scarpata principale: è la zona del versante da cui ha avuto origine il distacco del materiale;
- superficie di rottura: è la superficie lungo la quale è avvenuto il movimento;
- corpo principale: è la porzione del corpo di frana che giace al di sopra della superficie di frattura ed è delimitata superiormente dalla scarpata principale e, inferiormente, dal piede della superficie di frattura.

Entro il corpo principale si possono distinguere:

- la testata: è la parte più alta della frana, al contatto con la scarpata principale;
- le scarpate secondarie: sono superfici ripide che interrompono la continuità del materiale franato;
- fratture longitudinali e/o trasversali: sono indicative di movimenti relativi delle singole porzioni del corpo di frana.

Cause di franamento

E' molto importante conoscere le cause che concorrono alla genesi di un fenomeno franoso, sia per scegliere correttamente gli interventi di stabilizzazione, sia per prevenire adeguatamente ulteriori fenomeni di instabilità in aree geologicamente simili. Tali cause possono essere distinte in:

cause preparatorie: fattori intrinseci di instabilità legati alle caratteristiche litologiche, strutturali, tessiturali, giaciture di materiali costituenti il pendio;

cause scatenanti: agiscono su un pendio intrinsecamente "indebolito" e sono così definite perché innescano il movimento franoso (intense precipitazioni, attività sismiche, ecc.).

Fattori che contribuiscono all'aumento degli sforzi tangenziali mobilitati

1. Fattori che asportano il materiale e che diminuiscono il sostegno laterale:

- erosione al piede di un versante ad opera di corsi d'acqua;
- erosione operata dal moto ondoso e dalle correnti sulle coste;
- scioglimento dei ghiacciai vallivi;
- attività di scavo (per strade, canali, ecc.) al piede di un versante;
- distruzione di opere di sostegno al piede di un versante.

1. Fattori che sovraccaricano il pendio:

- saturazione del terreno ad opera di piogge intense;
- peso delle nevicate;
- accumulo di materiale detritico sulla sommità del pendio;
- pressione di filtrazione per l'aumento del livello piezometrico;
- peso di rilevati stradali, di discariche minerarie e di rifiuti, di edifici, ecc. ;
- peso dell'acqua derivante da perdite di condotte idriche, fognature, canali, bacini.

3) Fattori che riducono il supporto sottterraneo:

- attività carsica in rocce carbonatiche;
- dissoluzione dei gessi;
- attività mineraria.

4) Fattori che causano pressioni laterali:

- congelamento dell'acqua in fessure;
- rigonfiamento delle argille.

5) Fattori che esercitano sforzi transitori sul terreno:

- attività vulcanica;
- attività sismica;
- esplosioni;
- traffico stradale e macchine vibranti.

Fattori che contribuiscono alla diminuzione della resistenza al taglio del materiale

1. Fattori intrinseci (iniziali):

- natura dei materiali (es. terreni organici), presenza di terreni contenenti elevate percentuali di argilla, terreni contenenti minerali lamellari (es. miche);
- disposizione delle particelle e rotondità dei granuli;
- giacitura e caratteristiche delle superfici di stratificazione e di scistosità, delle fratture e delle faglie, alternanza di strati a diversa permeabilità e resistenza;
- orientazione del pendio.

1. Fattori esterni (successivi):

- sollecitazioni transitorie (terremoti, attività vulcanica, esplosioni, macchine vibranti);

- alterazione fisica e chimica dei materiali;
- variazioni del contenuto d'acqua.

Indagini da eseguire in aree franose

Lo studio di una zona interessata da fenomeni franosi deve essere finalizzata:

- al riconoscimento e alla delimitazione in atto o potenziali;
- alla definizione dei cinematismi agenti e alla loro possibile evoluzione;
- all'individuazione delle cause predisponenti e scatenanti;
- alla determinazione delle proprietà geotecniche dei materiali coinvolti.

In base alle caratteristiche del modello fisico-evolutivo delle frane così ottenuto è possibile scegliere il metodo di analisi di stabilità più adatto per la stima del fattore di sicurezza. Infine, scopo ultimo dell'analisi di un fenomeno franoso è la realizzazione del progetto di stabilizzazione dell'area in cui tale dissesto si sviluppa. La determinazione del modello fisico-evolutivo di una frana non può prescindere dalla raccolta e analisi accurata della documentazione esistente. Devono essere consultate:

- carte topografiche (1:25000, 1:10000, 1:5000);
- carte litologiche, geomorfologiche, geologico-strutturali;
- foto aeree in bianco e nero, a colori, all'infrarosso termico;
- studi sulla sismicità dell'area;
- studi climatici dell'area.

Stato di attività

Lo stato d'attività dei fenomeni franosi può essere descritto con i seguenti termini:

Attivo (active): fenomeno attualmente in movimento.

Sospeso (suspended): fenomeno che si è mosso entro l'ultimo ciclo stagionale ma che non si muove attualmente.

Riattivato (reactivated): movimento di nuovo attivo dopo essere stato inattivo; gli scorrimenti riattivati si muovono generalmente su superfici di taglio preesistenti, in cui i parametri di resistenza al taglio sono prossimi ai valori residui (SKEMPTON, 1964).

Quiescente (dormant): frana inattiva che può essere riattivata dalle sue cause originali; fenomeno per il quale permangono le cause del movimento;

Naturalmente stabilizzato (abandoned: HUTCHINSON, 1973): frana inattiva che non è più influenzata dalle sue cause originali; fenomeno per il quale le cause del movimento sono state naturalmente rimosse (es. se il fiume che erodeva l'unglia della frana ha cambiato corso);

Artificialmente stabilizzato (stabilized): frana inattiva che è stata protetta dalle sue cause originali da misure di stabilizzazione (es. se l'unglia della frana è stata definitivamente protetta dall'erosione).

Relitto (relict) (sinonimo: paleofrana): frana inattiva che si è sviluppata in condizioni geomorfologiche o climatiche considerevolmente diverse dalle attuali. Le frane relitte sono inattive ma, comunque, possono essere riattivate dall'attività antropica.

Esistono alcuni criteri geomorfologici per distinguere movimenti sospesi, quiescenti o relitti (CRUDEN & VARNES, 1994), quali la presenza e lo stato della copertura vegetale, la presenza e lo stato di eventuali direttrici di drenaggio sulla nuova topografia, tenendo conto che la velocità di cambiamento di questi fattori dipende dal clima locale e dal tipo di vegetazione.

Es. Quando la "scarpata principale" è coperta di vegetazione la frana è in genere quiescente; quando le linee di drenaggio attraversano la frana senza mostrare discontinuità, la frana è relitta.