

Interesse dell'identificazione di paleofrane frontali per la definizione della stabilità dei versanti

A cura di V. Francani

vincenzo.francani@polimi.it

Nel corso dell'analisi degli eventi franosi più importanti, si è notato che molti di essi sono stati preceduti da frane che hanno lasciato tracce più o meno palesi (paleo frane) per lo più nella zona frontale del dissesto. E' apparsa quindi utile una riflessione su questo argomento, in quanto il reperimento di paleofrane frontali permette di identificare aree soggette a dissesti anche questi non sono evidenti da altri tipi di rilevazioni.

Può infatti avvenire che aree pianeggianti e quindi apparentemente idonee agli insediamenti abitativi, siano così conformate proprio a causa di eventi franosi, fatto che si realizza spesso lungo l'arco alpino e appenninico, dove si sviluppano con grande frequenza movimenti gravitativi che proseguono per molti anni con movimenti molto lenti. E' evidente che il rinvenimento di frane frontali al piede di un versante ne testimonia l'instabilità. Infatti in questi casi si trae la conclusione che il pendio risulta interessato da una frana quiescente o in lento movimento che, nel passato, ha avuto episodi catastrofici. La temporanea attivazione di un dissesto si può verificare ad esempio per la eccezionale concomitanza di eventi climatici o idrologici sfavorevoli. La difficoltà di rilevarne immediatamente la natura è dovuta alla ridotta velocità degli spostamenti: per questo motivo vengono a mancare alcuni dei requisiti morfologici che evidenziano con grande chiarezza un grave stato di instabilità.

Di seguito viene discussa la procedura che appare più idonea per tener conto della necessità di visualizzare le eventuali paleo frane frontali nel corso dello studio sulla stabilità del versante.

1. Una possibile classificazione delle paleo frane frontali

Utilizzando come criterio l'attuale morfologia dei residui delle antiche frane, risulta semplice distinguerle in:

- a) Residui di dam-break
- b) Residui ai piedi del versante
- c) Residui lungo versante
- d) Residui di frane risalite sul versante opposto

Si dà di seguito una loro breve descrizione.

1) Paleofrana con dam-break

Lungo il torrente Tartano, presso Morbegno (Sondrio) nel 1911 una frana ha ostruito l'alveo del torrente, provocando il sollevamento delle acque e la formazione di un piccolo bacino a monte dell'ostacolo. In seguito alla tracimazione della soglia, che ha comportato l'erosione dello sbarramento naturale e il trascinarsi a valle di diverse centinaia di migliaia di metri cubi di roccia, alla confluenza con la valle del Fiume Adda si è formata una grande conoide, la cui superficie supera 1,5 km².

L'anomala ampiezza del deposito torrentizio e la struttura caotica del sedimento ne rivelano l'origine e rappresentano l'evidenza più marcata del fatto che nella valle, in corrispondenza del vertice di questa conoide di frana, si è verificato un ampio franamento. I residui della paleo frana, oltre a quelli che formano la conoide, si trovano anche sul fondo valle dove ricoprono gli originari depositi alluvionali del torrente situati ai piedi del versante dissestato. Come indica la foto di figura 1 queste porzioni della paleofrana sono costituiti da accumuli di detriti erosi e modellati dall'erosione torrentizia, e da fasce di massi di volume anche superiore ai 100 metri cubi, visibili anche nelle foto delle figure successive.

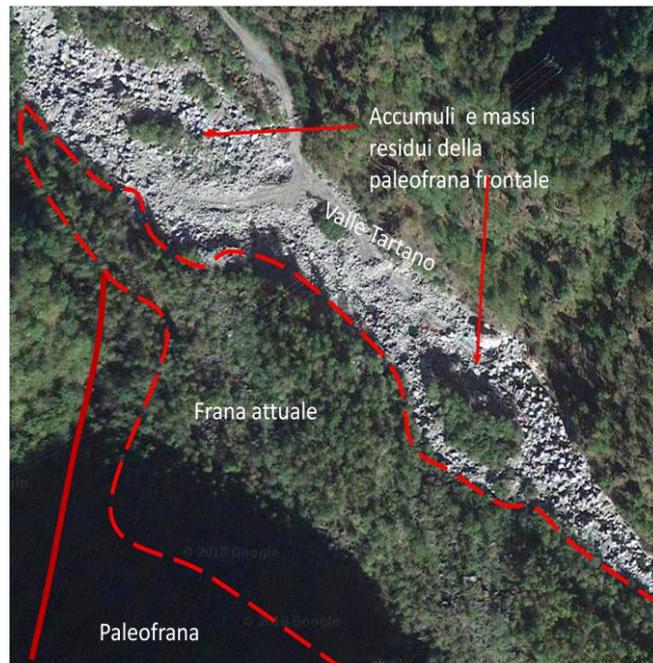


Figura 1 Resti della paleo frana che ricoprono le alluvioni del torrente Tartano ai piedi del versante

La parte del pendio a contatto con le acque del torrente Tartano, è tuttora oggetto di spostamenti, sia pure ridotti, e costituisce una frana moderatamente attiva (intermittente). Tuttavia gli studi geofisici a rifrazione compiuti hanno evidenziato che l'intero versante, al di sotto di una copertura poco spessa che rappresenta la frana attuale, è formato da roccia che per diverse decine di metri è alterata e alquanto detensionata, poggiante su un substrato più compatto come indicano le Vp rilevate (figura 2). L'antico corpo di frana interessa una buona parte del versante ed è delimitato in alto da una visibile nicchia di distacco, che non presenta tracce di movimento. Si tratta quindi di un dissesto molto antico, come testimonia la profonda alterazione delle rocce affioranti, fortunatamente quiescente.

Anche se i movimenti della massa della paleo frana rimasta sul pendio non sono sensibili, lo stato di detensionamento, deformazione ed alterazione del versante risultano tali da evidenziarne comunque il precario equilibrio. Dopo gli studi eseguiti a tal fine sull'alluvione della Valtellina (Papini e al., 1991) le iniziative per la realizzazione di infrastrutture nell'area tengono quindi conto di questa generale debolezza dell'ammasso roccioso, e al momento non si segnalano per tale motivo inconvenienti di qualche rilievo prodotti da questo evento, a distanza di oltre un secolo. La presenza di questi tipo di paleo frane è ben nota, anche se non tutte sono segnalate. Studi recenti, ad esempio quello sulla Val Corta presso Sernio (De Finis 2016) hanno messo in luce l'esistenza anche in questa località di una frana molto antica, di cui si riporta la struttura nella figura 2, che ha creato un lago di sbarramento oggi rappresentato solo da sedimenti limoso - argillosi. Degli altri elementi morfologici indicativi dell'esistenza di questo tipo di dissesti, va detto che non sempre si può constatare la permanenza della nicchia di distacco, contraddistinta dall'affioramento della roccia in posto lungo un solco curvilineo. Generalmente queste trincee sommitali e perimetrali sono ben indicate sulle cartografie geologiche

più recenti (fogli ISPRA – CARG al 50.000), e sono legate più frequentemente a movimenti gravitativi profondi come ben sottolineato dalle note illustrative dei fogli geologici. Si può quindi ritenere che questo tipo di paleofrane sia segnalato anzitutto dall'anomala ampiezza di queste megaconoidi (Crosta & C., 2007), la cui formazione risale ad antichi episodi di frana anche molto estesi come già evidenziato in approfondite indagini a livello regionale.

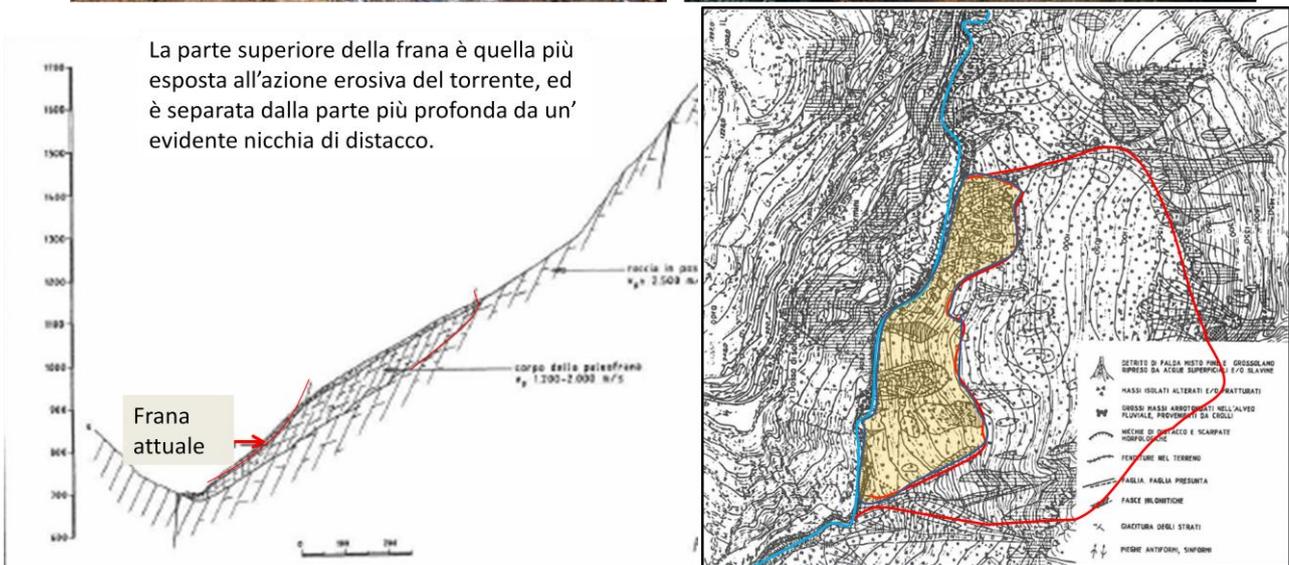


Figura 2 frana della Valle del TARTANO

2) Paleofrana lungo il versante a contatto con la base del pendio

Quindi spesso quanto rimane della paleo frana rimane evidente non solo al piede del versante, dove è il corpo franoso è rappresentato da roccia molto aperta e fasce di detrito, ma anche lungo il pendio dove spesso persistono i solchi laterali che la delimitano. Si è avuto modo di sottolineare che anche lungo il pendio del Pizzo della Pruna, nella val Tartano, tali elementi morfologici risultano chiari. La presenza di paleo frane risulta particolarmente evidente nel caso precedentemente descritto, cioè quando sostanzialmente la frana ha comportato un dam-break. Nel caso ora descritto, l'antica frana non si è riversata in alveo. Ad esempio in prossimità dell'abitato di Bormio, in provincia di Sondrio, ai piedi un versante piuttosto acclive, con inclinazione

prossima a 40°, si riscontrano ondulazioni e avvallamenti del terreno; gli scarsi affioramenti di roccia, molto scompaginata e con elevate aperture, lasciano comprendere come il sottosuolo possa essere costituito da voluminosi massi immersi in terreni più fini. Al piede del versante (rappresentato in figura 6) sono stati eseguiti per accertamenti alcuni sondaggi fino a 30 m di profondità. E' stato possibile evidenziare la presenza di voluminosi ammassi rocciosi, il cui spessore risultava di almeno 5 m, sepolti dai detriti più recenti ed evidenti testimonianze di antiche frane frontali. Tale accertamento ha consentito di ricostruire il profilo del versante come è rappresentato nello schema della figura 6.

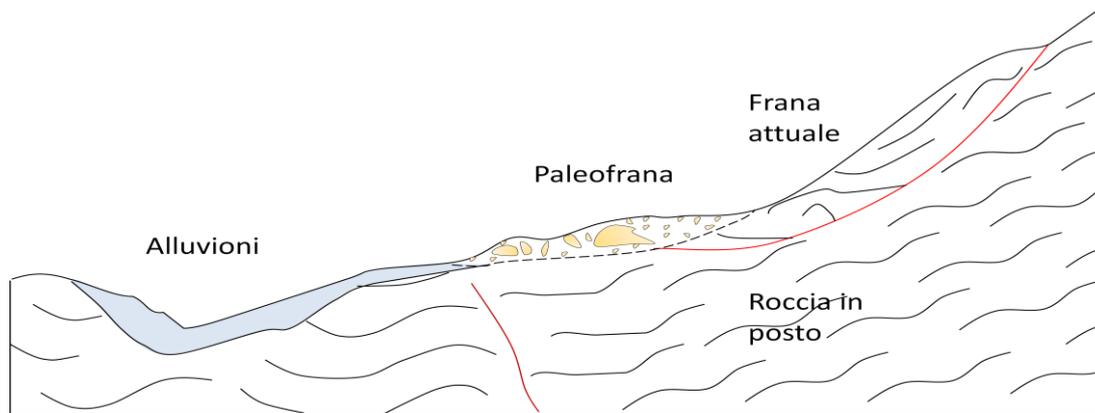


Figura 3: ricostruzione della struttura del versante che mostra l'esistenza di antichi depositi di frana sul fronte della frana attuale in Valtellina presso Bormio

3) Paleofrana frontale risalita sul versante opposto

Un esempio di questo tipo di paleo frane frontali, è presentato da Desio (1973) in relazione al manifestarsi di perdite da un serbatoio artificiale in Piemonte, ma l'esempio più noto è quello descritto da E. Semenza e Ghirotti (1985) riferito alla catastrofe del Vajont.

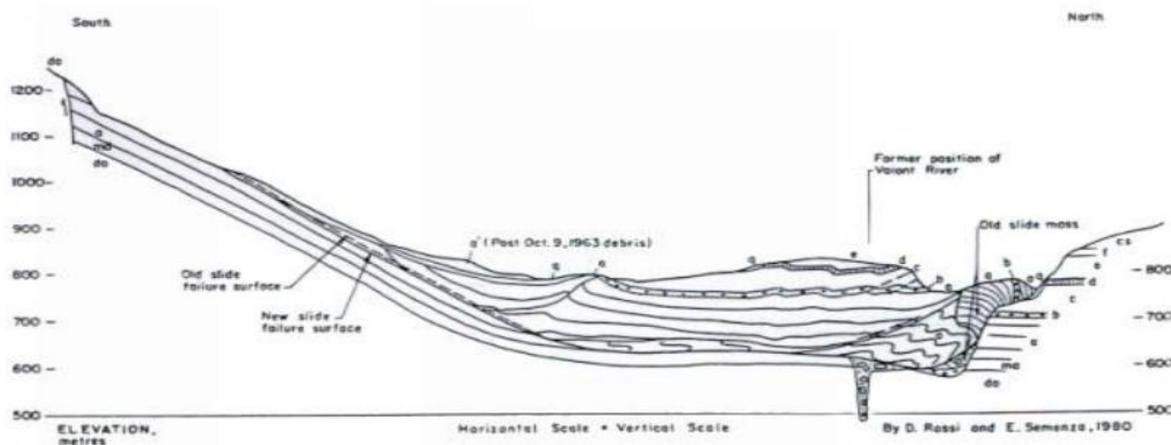


Figura 4 : Nella sezione, originariamente eseguita da E. Semenza e di seguito modificata, si osserva il residuo della paleo frana frontale precedente quella del 1963 che lo stesso Semenza mise in luce nel 1959.

In tale occasione, venne evidenziato che l'antica frana ricopre alluvioni del torrente che si trovano a una quota molto superiore rispetto a quelle attuali. In alcuni punti del fianco vallivo settentrionale (Ghirotti e al.) si notava materiale con alterazione ocrea, ben differente per questo aspetto dalle rocce circostanti, e quindi dubitativamente attribuibile al fronte della paleo frana. Correttamente Semenza utilizzò queste sue osservazioni per dimostrare nel 1959 l'instabilità del versante, che al momento risultava ancora latente.

Osservazioni condotte tramite la raccolta di materiale documentario confrontato con gli affioramenti ancora visibili in sito nel corso del rilevamento riprodotto in figura 5 hanno inoltre evidenziato che il materiale della sponda franata presentava uno stato di detensionamento evidente e indici qualitativi approssimabili quelli delle classi RMR 4 e 5. Tale conclusione risulta rafforzata dal fatto che la seconda tornata di rilievi sismici compiuti prima della frana rivelavano una forte riduzione dei valori dei moduli elastici, e quindi della velocità sismica nella zona frontale.

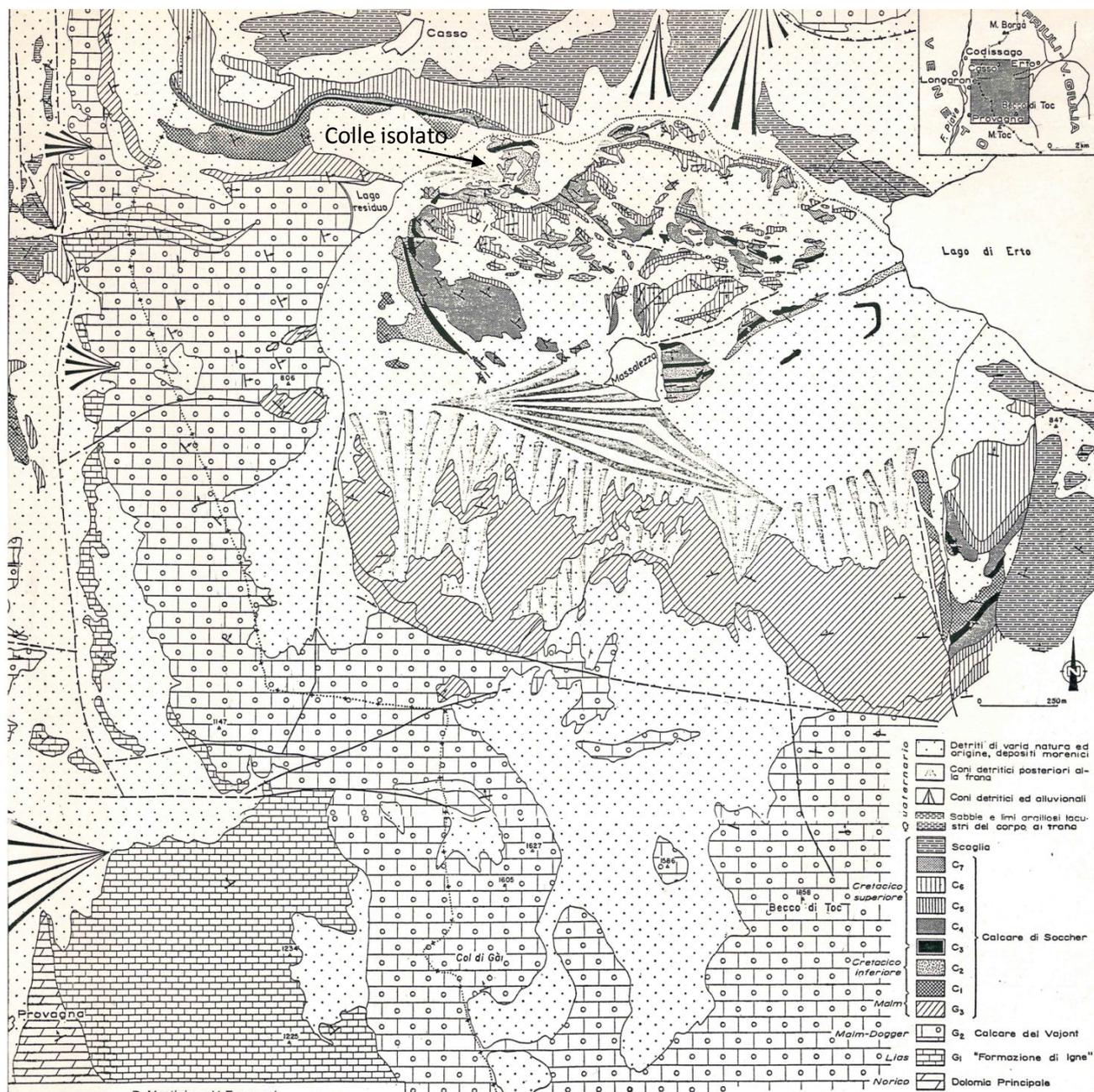


Figura 5 – stralcio dei risultati del rilevamento geologico a scala 1/2000 della frana, eseguito da Martinis e Francani, eseguito nel 1964 e pubblicato nel 1978. Il Colle Isolato, che si trova al piede della roccia in posto su cui sorge l'abitato di Casso, è parzialmente ricoperto dalla conoide di detriti di frana visibile poco a Est del Lago Residuo.



Figura 6: ripresa aerea del Colle isolato

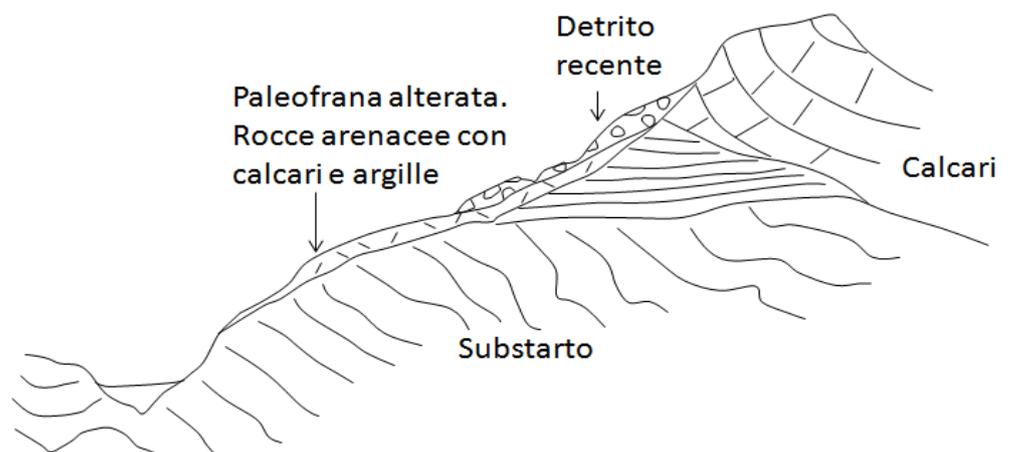
4) Paleofrane di versante

Caratteri differenti presentano le paleofrane disposte lungo i versanti, il cui movimento non ha interessato il fondo valle. Alcuni casi si possono riscontrare in numerose frane dell'Appennino Ligure, come quello rappresentato nelle figure 7 e 8, dove le frane antiche sono comunque state erose dall'approfondimento delle valli principali. Tali paleo frane sono caratterizzate da un elevatissimo stato di alterazione dei massi isolati, mentre i ciottoli e i detriti di granulometria fine appaiono totalmente decomposti in limi sabbiosi ocracei (Figura 7)



Figura 7- La fotografia mette in evidenza lo stato di alterazione della roccia che costituisce la paleofrana, riattivata da un evento pluviometrico di particolare rilevanza.

Figura 8 Paleofrana in Val Polcevera presso Genova; la roccia del substrato è costituita da serpentiniti. La paleo frana è ricoperta da materiale detritico recente ed è formata da rocce quasi totalmente alterate.



Un interessante studio di Gorziglia e al. (20106) eseguito in Liguria espone il caso di alcuni di questi dissesti che mettono in evidenza la quasi totale argillificazione dei materiali coinvolti nelle paleofrane, sottolineando che esse presentano le caratteristiche di frane complesse. Gli Autori ricordano come la riattivazione di queste frane "relitte" abbia dato luogo ad ampi movimenti del terreno coinvolgendo numerosi centri abitati.

Metodi correnti per l'identificazione delle paleo frane

a) Fase di ricostruzione della presenza di aree instabili

E' opportuno seguire la tradizionale procedura per lo studio della franosità dei versanti. In un primo tempo le indagini sono rivolte a comprendere dove si notano segni di movimenti nel versante e le modalità e i tempi con i quali si modifica la forma del versante, da cui si ricava il modello di sviluppo del dissesto e le sue cause. Uno schema tradizionalmente seguito per verificare se sussistono condizioni di instabilità è visibile nella tabella 1. Successivamente si confrontano i segni rilevati fra loro e con quelli osservati nel tempo. Questa fase particolarmente significativa, in quanto si ottengono così dapprima le modalità e i tempi con i quali si modifica la forma del versante, e infine il modello di sviluppo del dissesto e le sue cause. La ricostruzione dell'evoluzione del versante consente infatti di confrontare i dati sull'entità e la tipologia dei movimenti attualmente registrati con quelli storicamente accertabili, e quindi di tracciare i lineamenti generali dello sviluppo del fenomeno.

INDICAZIONI MORFOLOGICHE DI CONDIZIONI DI STABILITA' O INSTABILITA' DEI VERSANTI		
	VERSANTE INSTABILE	VERSANTE STABILE
1.	Scarpate, terrazzi, gradini con elevate pendenze	idem con profilo arrotondato
2.	Crepacci e depressioni prive di depositi secondari	idem rimpediti di sedimenti
3.	Movimenti secondari di masse sul pendio	Nessun movimento secondario
4.	Fenditure con superficie solcata da strie di movimento	Assenza di strie di movimento o fenomeni di erosione e alterazione delle fenditure
5.	Superficie di rottura fresche dei blocchi rocciosi	Superfici alterate
6.	Sistema idrografico disordinato, con molte pozze e zone paludose	sistema di drenaggio ben integrato
7.	Assenza di suolo agrario sulle sup. di rottura	presenza di vegetazione a lenta crescita
8.	Vegetazione diversa all'interno e all'esterno del versante	identità di vegetazione dentro e fuori dal versante
9.	Alberi inclinati senza crescita verticale	alberi inclinati con crescita recente in verticale, o alberi dritti

Tabella 1

b) Fase di approfondimento e miglioramento del dettaglio

Nel quadro così delineato, si procede quindi a inserire le osservazioni compiute sui fenomeni in corso, legate ad un particolare momento storico e connesse con fenomeni episodici. Tale procedimento rende possibile verificare in seguito a quali eventi climatici, idrologici o geologici, si sono avute accelerazioni o regressioni dei fenomeni franosi. Di particolare interesse risulta la ricostruzione delle fenditure nel suolo, mirate a visualizzare e a le modalità e i tempi con i quali si modifica la forma del versante, da cui si ricava il modello di sviluppo del dissesto e le sue cause.

Nella fase di approfondimento e miglioramento del dettaglio, compaiono le tracce di possibili paleofrane. Si riportano di seguito per ciascuna tipologia alcuni caratteri salenti utili a identificare l'origine dei vari tipi di depositi:

- a) **residui di dam-break** : presenza di ampie conoidi nella parte distale del torrente vallivo e di massi di volume molto elevato comunque superiore a quello dei massi situati a monte
- b) **Residui ai piedi del versante** : il passaggio dal versante alla fascia di sedimenti alluvionali è caratterizzato dalla presenza di massi di grande volume, spesso sepolti da detrito e prodotti di alterazione. In quest'ultimo caso, i massi risultano profondamente alterati in materiale sabbioso-limoso. Non è raro individuare nella parte alta del versante fenditure arcuate, riempie di terriccio, resti del coronamento dell'antica frana
- c) **Residui lungo versante** : hanno le medesime caratteristiche di quelle precedenti, salvo l'assenza di massi in posizione frontale
- d) **Residui di frane risalite sul versante opposto** : visibili da fatto che sono costituite da materiali di litologia, giacitura e stato di fatturazione diversa da quelli del versante opposto. A un esame micro paleontologico possono rivelare anche età diversa.

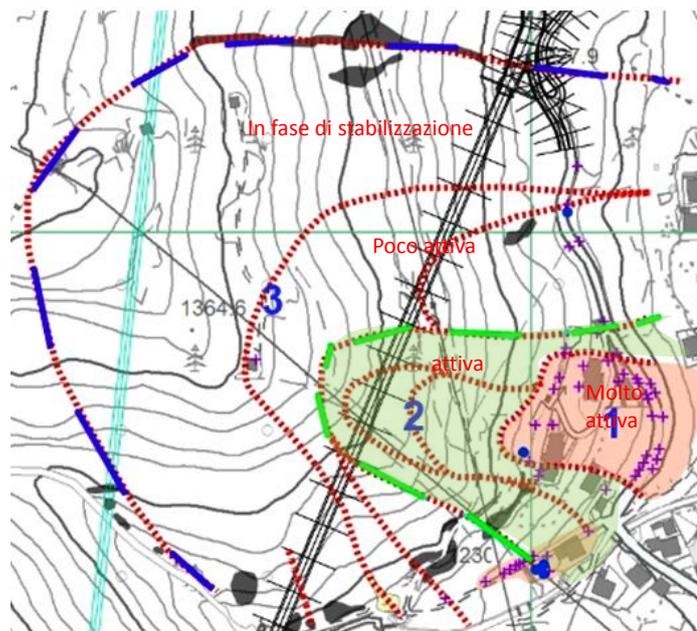


Figura 9: distribuzione delle aree con diversa velocità di movimento; i loro limiti, indicati con diversi colori, corrispondono a fenditure o scarpate di netta evidenza morfologica

Una volta accertata la possibile presenza di paleo frane, la seconda fase dello studio è costituita dai rilevamenti geologici, geomorfologici e geofisici, combinati con la posa di inclinometri e sondaggi. La ricostruzione della posizione e della forma delle superfici di rottura, grazie alla geofisica, ai sondaggi e alle conferme ricavate dagli i inclinometri, permette di accertare che il versante predisposto all'instabilità effettivamente mostra deformazioni più o meno accentuate.

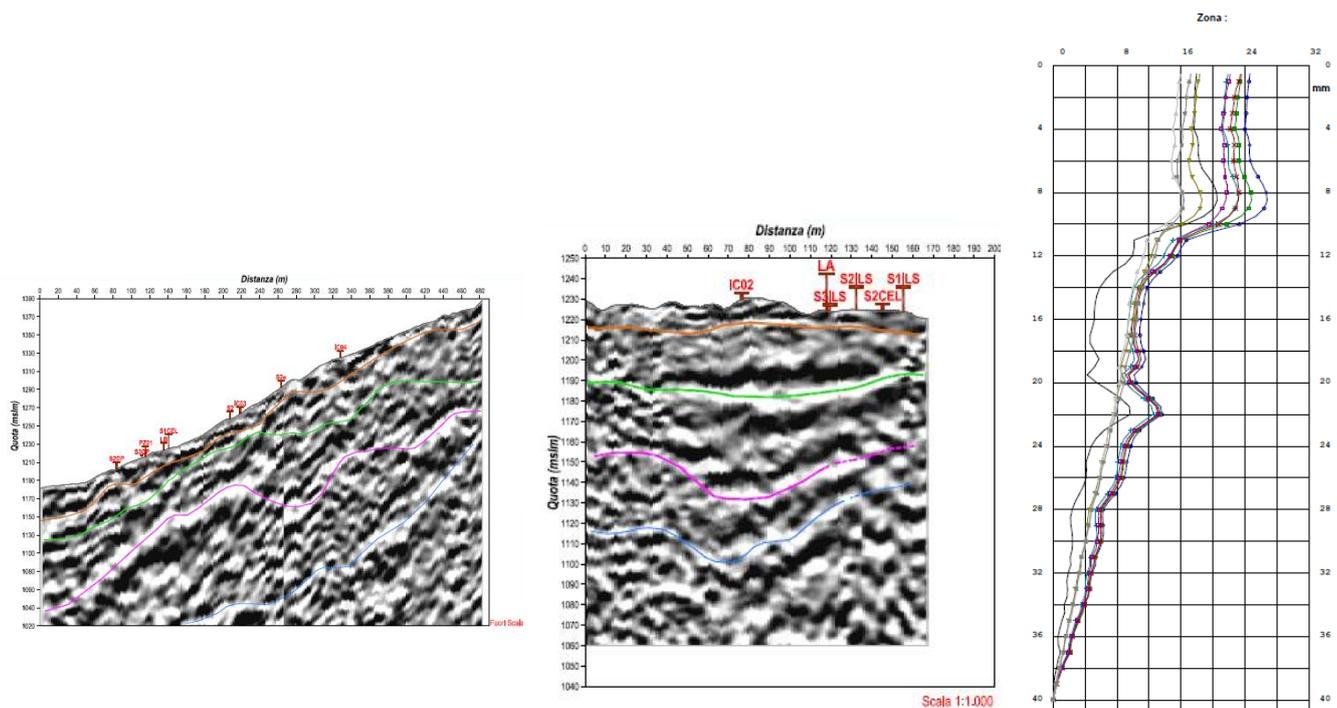


Fig. 10 Geofisica e riflessione e inclinometri consentono di identificare con ragionevole certezza la presenza e la profondità delle superfici di rottura.

Conclusioni

La nota sottolinea l'opportunità della segnalazione dell'esistenza di paleofrane, come più volte richiesto dagli Enti che si presiedono al controllo delle costruzioni e delle infrastrutture. I responsabili della sicurezza mettono infatti in evidenza come l'attraversamento di aree interessate da paleofrane comporti la necessità di particolari precauzioni e di consistenti rinforzi dei manufatti.

E' utile ricordare che spesso quanto rimane della paleo frana non si localizza solo al piede del versante, dove è il corpo franoso è rappresentato da roccia molto aperta e fasce di detrito, ma anche lungo il pendio dove spesso persistono i solchi laterali che la delimitano. Non sempre si può constatare la permanenza della nicchia di distacco, contraddistinta dall'affioramento della roccia in posto lungo un solco curvilineo. Generalmente queste strutture sono ben indicate sulle cartografie geologiche più recenti (fogli ISPRA – CARG al 50.000), e sono legate più frequentemente a movimenti gravitativi profondi come ben sottolineato dalle note illustrative dei fogli geologici.

La delimitazione di una zona caratterizzata da paleo frane è possibile soprattutto grazie all'accuratezza del rilevamento geologici e geomorfologici. Le caratteristiche salienti di questi corpi geologici risultano le seguenti:

- la struttura geologica dell'ammasso è caotica, anche se volumi anche consistenti, di centinaia di metri cubi, possono aver conservato una struttura simile a quella originaria;
- il materiale costituente è detensionato;
- la percentuale di materiale fine è molto più elevata che nella roccia della medesima unità litostatigrafica che può essere classificata in posto;

- lo stato di alterazione è accentuato, ed è quasi sempre evidenziato dalla colorazione intensa del materiale a granulometria inferiore.

Tenendo conto di tali fattori, una volta individuata l'area caratterizzata da paleo frane, risulta possibile classificare l'entità dei rischi che di volta in volta le condizioni rilevate comportano.

BIBLIOGRAFIA:

1. **Crosta G.B., Frattini P. (eds) (2007)** *Landslides: from mapping to loss and risk estimation*. IUSS Press, Pavia, 260 pp.
2. **D'Ecclesis G., Lorenzo P. (2011)** *Frane relitte nei depositi della fossa bradanica: la frana di Madonna della Nuova (Montescaglioso, Basilicata)*
3. **De Finis E. (2016)** *Conoidi anomali alpini: dalla genesi ai dissesti attuali*. Tesi di dottorato presso il Politecnico di Milano.
4. **Desio A. (1973)**, *Geologia Applicata all'ingegneria*, UTET, Milano 1973.
5. **Gorziglia G, D. Bottero, F. Poggi, V. Ratto (2006)** *Analisi del dissesto da frana in Liguria. Rapporto sulle frane in Italia, Struttura operativa Regione Liguria*
6. **Hendron A. J., and Patton F.D. (1985)** *The Vaiont slide, a geotechnical analysis based on new geological observations of the failure surface* Tech. Rep. GL-85-5, 2, Department of the Army, US Corps of Engineers, Washington, DC.
7. **Martinis B. (1978)** - *Contributo alla stratigrafia dei dintorni di Erto-Casso (Pordenone) ed alla conoscenza delle caratteristiche strutturali e meccaniche della Frana del Vajont*. Memorie di Scienze Geologiche, vol. 32 (1977/1979).
8. **Papini M., Scesi L. (1991)** *Zone di Frattura e stabilità dei versanti*. 1° Convegno Nazionale dei Giovani Ricercatori in Geologia Applicata, 117-126
9. **Regione Lombardia (2014) Progetto GEOIFFI**
10. **Semenza E. & Ghirotti M. (2000)** – *History of 1963 Vaiont slide. The importance of the geological factors to recognize the ancient landslide*. Bull. Eng.Geol. Env. 59,87-9;