

## La frana costiera delle Gave nel Promontorio di Portofino (Liguria, Italia): evoluzione recente e interazione con le opere antropiche

Francesco Faccini<sup>1</sup>, Andrea Benedettini<sup>1</sup>, Manuela Pelfini<sup>2</sup>, Pierluigi Brandolini<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e della Vita - Università degli Studi di Genova

<sup>2</sup>Dipartimento di Scienze della Terra "A.Desio" - Università degli Studi di Milano

### Riassunto

La frana delle Gave, nel settore orientale del Promontorio di Portofino, rappresenta uno dei rari esempi di frana costiera antica, ancora discretamente conservata e osservabile in Liguria. Il movimento gravitativo si è impostato lungo una lineazione tettonica di importanza regionale, al contatto tra conglomerato e flysch calcareo-marnoso, interessando un'area di grande pregio paesaggistico-ambientale inclusa in un parco regionale. Descritta fin dai primi del novecento, la frana alla fine del XX secolo è stata interessata da riattivazioni con crolli in roccia e fenomeni misti di colata rapida che hanno coinvolto opere antropiche e richiesto interventi di consolidamento e messa in sicurezza del versante.

Nel presente studio sono stati valutati i rapporti che intercorrono tra i fenomeni di attività recente e condizioni geomorfologico-ambientali attraverso l'applicazione di una metodologia di studio integrata, basata sulla ricerca storica, sull'analisi stereoscopica multi-temporale, sul confronto della cartografia a partire dal XVIII sec., e infine sul rilevamento geologico e geomorfologico del settore in frana e dell'immediato intorno, raccogliendo i dati stratigrafici disponibili da sondaggi geognostici condotti nell'area per scopi di ingegneria civile. Sulla base dei dati acquisiti è stato definito il modello attuale della frana, in rapporto alle caratteristiche geologiche e strutturali del substrato roccioso e alle condizioni geomorfologiche e idrogeologiche del versante. È stato quindi individuato un settore superiore di frana, a oggi quiescente, a genesi complessa, che si sviluppa tra 270 e 75-100 m di quota, cui segue un settore a valle, che rappresenta il corpo principale della frana antica, ritenuto inattivo o al più localmente interessato da cinematismi estremamente lenti.

**Parole chiave:** costa rocciosa, frana complessa, crolli in roccia, morfo-neotettonica, Liguria orientale.

### Abstract

*The Gave landslide, located in the eastern sector of the Portofino Promontory, is one of the rare examples of ancient coastal landslide, still quite well preserved and observable in Liguria. The mass movement occurred along a tectonic lineation of regional importance, on the contact between conglomerate and marly-limestone flysch, affecting an area of great landscape and environmental value, included in a natural park.*

*Described in the early twentieth century, the landslide in 1987, 1995 and 1996 has been affected by reactivation with rock falls and debris flow and required interventions of consolidation to secure exposed anthropic structures located on the slope.*

*In this study the relationships between the phenomena of recent activation and geomorphological and environmental conditions have been evaluated through the application of an integrated investigation approach, supported by historical research, multi-temporal aerial photos analysis, comparison of maps since the eighteenth century, and*

finally based on a detailed geological and geomorphological survey of the landslide and surrounding sectors, collecting stratigraphic data available from drillings previously carried out in the area for civil engineering purposes. The current model of the landslide has been defined on the basis of the collected data, in relation to geological and structural characteristics of the bedrock and the geomorphological and hydrogeological conditions of the slope. It was subsequently identified an upper sector of landslide, currently dormant, with complex genesis, that extends between 270 and 75-100 m above sea level, followed by a lower sector, which corresponds to the main body of the ancient landslide, which is considered inactive or locally affected by extremely slow movements.

**Keywords:** rocky coast, complex landslide, rock falls, morphoneotectonic, eastern Liguria.

## Introduzione

La presenza di grandi e antiche frane nel paesaggio costiero Mediterraneo è rara, per l'attività erosiva sia delle acque correnti sia da parte dell'azione del mare; inoltre gli effetti dei fenomeni franosi sono spesso obliterati dall'attività antropica e, talvolta, le forme connesse con i grandi movimenti di versante possono essere confuse con i terrazzi marini (Fanucci e Nosengo, 1977).

La costa ligure è lunga 345 km ed è caratterizzata da 190 km di coste rocciose, 41 km di spiagge e 114 km di tipo artificiale (Piccazzo e Firpo, 1996; Ferrari et al., 2003). Lungo il tratto orientale della costa ligure sono note le grandi frane di Rodalbia e Guvano nelle Cinque Terre (De Stefanis et al., 1978a; 1978b; 1985; Terranova, 1987), di Lemoglio nel Golfo di Moneglia (Maifredi e Nosengo, 1975; Cevasco et al., 2000; Faccini et al., 2012; Faccini et al., 2014; Cevasco e De Vita, 2014) e delle Grazie a Chiavari (Brandolini et al., 2009).

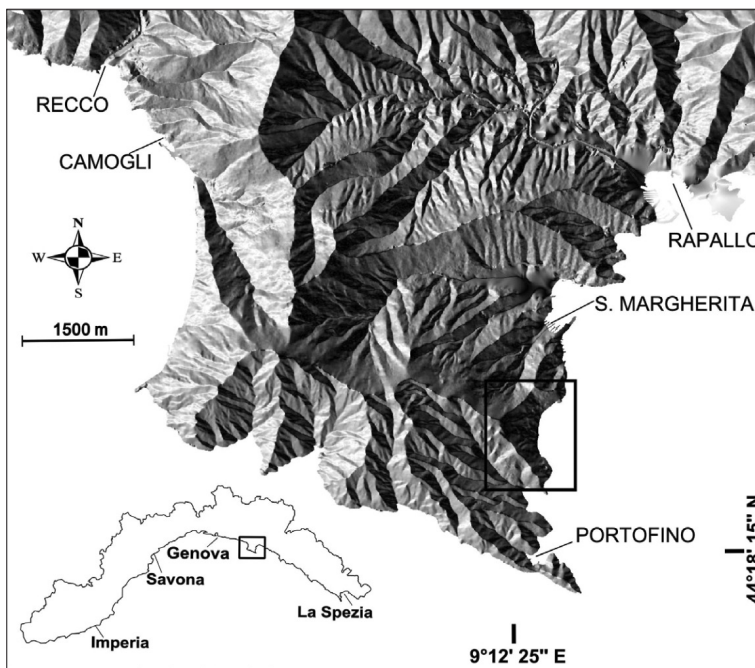


Figura 1 – Localizzazione dell'area di studio (da DTM Regione Liguria a 5 m).

Lo scopo di questa ricerca è quello di presentare le caratteristiche geomorfologico-ambientali della frana antica delle Gave, situata nella parte orientale del Promontorio di Portofino (Fig. 1), valutando lo stato di attività che la caratterizza e gli effetti conseguenti sul territorio, in termini di possibili interazioni sulle strutture civili. Il movimento franoso interessa il tratto di costa tra Punta Pedale e Punta della Cervara, in una zona di grande valore paesaggistico e ambientale all'interno di un'area protetta riconosciuta fin dal 1935. Il territorio interessato dalla frana delle Gave è conosciuto fin dai primi anni del secolo scorso (Almagià, 1907); vengono riportate diverse notizie a riguardo della sua riattivazione del 1929, fase in cui si è verificato il crollo di diversi blocchi e l'innescò di colate detritiche. La frana delle Gave, descritta genericamente come un accumulo di frana con direzioni di fluitazione, è stata cartografata per la prima volta durante gli studi geomorfologici del Golfo del Tigullio (Cortemiglia e Terranova, 1979). Successivamente è stata fornita una caratterizzazione geologica e geomorfologica più dettagliata nel quadro di alcuni casi studio della costa ligure (De Stefanis et al., 1984), nei quali la frana è stata identificata come un collasso gravitativo in roccia. Nella cartografia a supporto del progetto Inventario dei Fenomeni Franosi Italiani (IFFI), la frana delle Gave è identificata come una frana complessa in stato di attività (Gorziglia et al., 2006). Studi recenti hanno permesso di riconoscere con maggiore dettaglio le modalità cinematiche della frana e i principali fattori predisponenti, con una zonizzazione preliminare in termini di pericolosità geomorfologica (Brandolini et al., 2013).

E' stata quindi condotta una ricerca bibliografica negli archivi storici degli uffici pubblici, raccogliendo dati descrittivi sia a partire da documentazione fotografica, sia da articoli di giornale; sono state inoltre avviate una serie di interviste con i residenti. Particolare attenzione è stata rivolta allo studio della documentazione tecnico-scientifica relativa ai dissesti di versante avvenuti con gli eventi del 1987 e del 1995/1996.

Si è quindi proceduto al rilevamento geologico e geomorfologico dell'intero settore, supportato da un'analisi stereoscopica di immagini aeree a grande scala scattate nel corso degli ultimi decenni e dal confronto di carte storiche; per alcune porzioni di versante sono state raccolte informazioni originali relative agli indicatori cinematici indiretti che possono essere riconducibili a deformazioni del sottosuolo.

I dati ottenuti dai sondaggi geognostici, eseguiti nell'area per scopi di ingegneria civile, hanno permesso infine di raccogliere informazioni relative alla stratigrafia dei terreni e alle proprietà geotecniche dei materiali coinvolti.

### **Inquadramento geologico**

Le formazioni geologiche presenti sul M. di Portofino sono rappresentate dal Conglomerato di Portofino (di presunta età Oligocenica), che affiora nel settore meridionale, e dal Flysch del M. Antola (di età Cretacico-Paleocenica), che affiora alla base del Promontorio (Fig. 2).

Il flysch è composto da strati calcareo marnosi con spessori che variano da pochi decimetri al metro. Il colore varia dal giallo-grigio al grigio scuro a seconda del grado di alterazione. I calcari marnosi sono intercalati da strati nerastri di argilliti con spessori da centimetrici a decimetrici. Intercalazioni di calcareniti e arenarie di colore grigio-marrone appaiono invece subordinate, con spessori fino al metro (Marini, 1981).

Il conglomerato è costituito principalmente da clasti di calcare marnoso, arenarie e, meno frequentemente, da frammenti di ofioliti, gneiss e graniti. Il grado di arrotondamento varia da sub-angolare a moderatamente arrotondato. La matrice è sabbiosa con cemento di natura carbonatica.

Il flysch è distinto da deformazioni fragili-duttile con pattern molto complessi (Marini, 1981): i due sistemi principali di fratture sono sub-verticali e orientati circa NNE-SSW e ENE-WSW (Corsi et al., 2001). Le giaciture di strato sono variabili in funzione delle diverse fasi deformative cui l'ammasso roccioso è stato assoggettato: lungo il versante orientale del M. Brano il flysch immerge verso NW con inclinazione 80°, mentre lungo il versante sopra Punta Pedale gli strati immergono verso SW con inclinazione 20°, così come presso la Cervara. Alla mesoscala, si può osservare che la formazione immerge generalmente verso W, in funzione di una grande piega con asse disposto NNE-SSW.

Anche il complesso conglomeratico presenta giaciture variabili in ragione della tettonica recente: presso Portofino si ha direzione generale WNW-ESE e immersione SSW; nella zona di San Fruttuoso la direzione è circa E-W e l'immersione S, mentre nella zona di Punta Chiappa si riscontra direzione NE-SW e immersione SE. Le inclinazioni non superano i 20°, così che ne risulta una sorta di anfiteatro leggermente asimmetrico, rivolto verso S (Giammarino et al., 1969). I conglomerati mostrano diversi sistemi di fratture, talora passanti a faglie, di cui i principali hanno direzione NW-SE e NE-SW, la cui sovrapposizione genera lo smembramento della roccia in blocchi a sezione romboidale.

Le discontinuità tettoniche principali condizionano il profilo costiero e la disposizione del reticolo idrografico del Promontorio (Fig. 2). Riattivazioni recenti di tali lineazioni è confermata dalla presenza di sedimenti sommersi Plio-Quaternari, deformati con rigetti paragonabili a quelli osservati lungo la costa emersa (Fenucci e Nosengo, 1977).

La letteratura è sostanzialmente concorde nel ritenere che la successione conglomeratica appoggi, in netta discordanza stratigrafica, sul flysch del M. Antola, secondo una immersione generale verso S di circa 35° (Pellati, 1934; Rovereto, 1939; Boni et al., 1969; Giammarino e Messiga, 1979). Vi sono tuttavia alcuni elementi che sembrano poter rimettere in discussione la posizione del conglomerato di Portofino e soprattutto i suoi rapporti con la confinante formazione del M. Antola. Infatti il contatto stratigrafico tra le due formazioni non risulta essere mai stato osservato sul terreno, in quanto completamente mascherato su un fronte di circa 5 km, da vaste coperture detritiche: sul versante orientale dai movimenti gravitativi oggetto della presente ricerca, sul versante occidentale dalle note frane di San Rocco e Mortola (Brandolini et al., 2007) e sul versante N dalle estese coperture detritiche afferenti al bacino idrografico del T. San Siro (Brandolini et al., 2006).

La presenza di blocchi plurimetrici di conglomerato in corrispondenza di culminazioni e crinali spartiacque, la marcata fratturazione dell'ammasso roccioso, la presenza di estese fasce milonitiche, l'evidente differenza sedimentologica con i conglomerati di Molare e Savignone (Giammarino et al., 1969), l'identificazione di

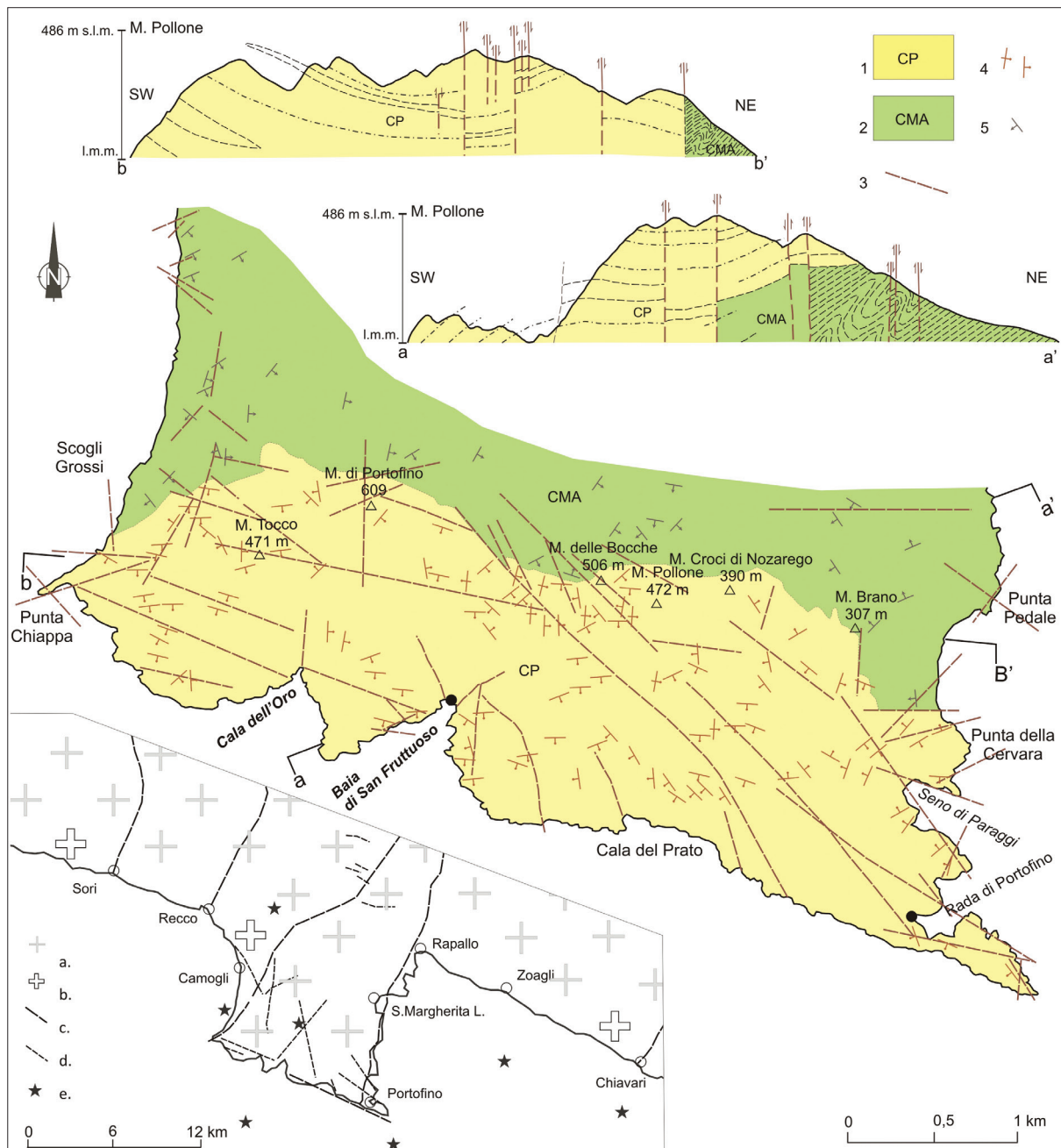


Figura 2 – Carta geologica del Promontorio di Portofino (modificata da Corsi, 2008): 1. Conglomerati (CP); 2. Flysch calcareo marnoso (CMA); 3. Discontinuità tettoniche; 4. Strati rovesciati; 5. Giaciture di strato. Schema neotettonico relativo all'area di studio (modificato da Fanucci et al., 1980): a. Zona interessata da sollevamento relativo; b. Zona interessata da sollevamento assoluto; c. Faglia a prevalente componente verticale; d. Altre linee di faglia e di frattura; e. Eventi sismici superficiali (0-15 km) con magnitudo  $M_L < 3$  nel periodo 1982-2014 (dati RSNI).

linee tettoniche d'importanza regionale che delimitano come un pilastro tutto il Promontorio (Fanucci et al., 1980; Brancucci e Motta, 1988; Cevasco et al., 2004), possono suggerire l'azione di movimenti tettonici di grande portata e non esclusivamente verticali.

### Assetto geomorfologico e geologico-tecnico

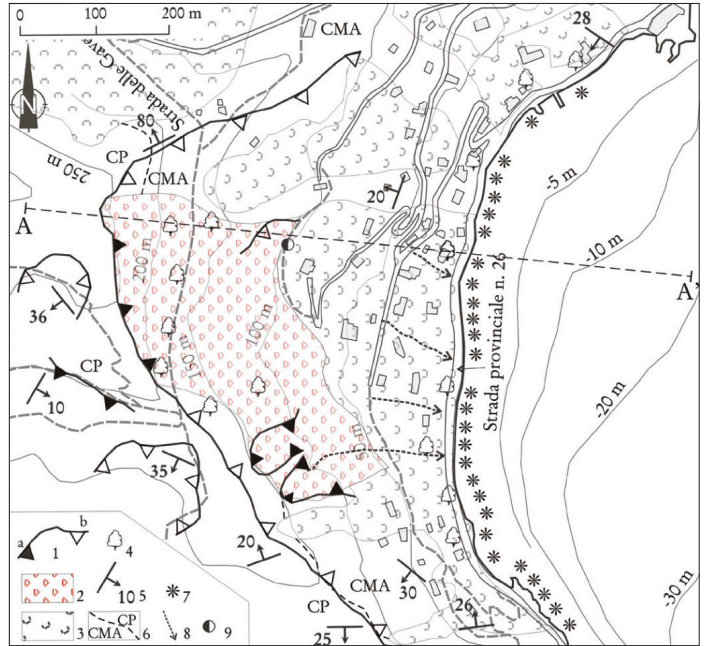
Le rocce conglomeratiche affiorano con discreta continuità nella porzione superiore dell'anfiteatro morfo-

logico che culmina con il M. Brano, mentre l'ammasso roccioso fliscioide si osserva in significativi spaccati artificiali solo presso Punta Pedale; nella restante fascia costiera rari affioramenti, che potrebbero essere tuttavia dislocati dalla tettonica gravitativa, si rilevano lungo via Repellini e in prossimità del Convento della Cervara. Il movimento di massa che ha anticamente interessato il versante Sotto delle Gave si estende sulle pendici orientali del M. Brano tra quota 275 m s.l.m. e la linea di costa (Fig. 3); il corpo di frana prosegue sul fondo del mare fino a raggiungere la batimetrica di -20 m. La lunghezza longitudinale massima - dalla parte superiore dell'orlo di scarpata alla base dell'accumulo in mare - è di circa 1200 m.

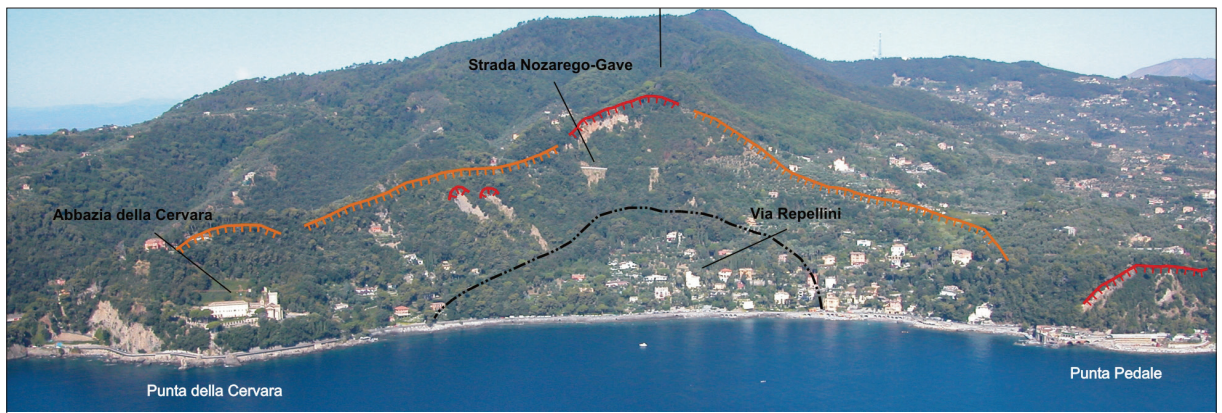
La corona di frana principale - che è lunga circa 2800 m - si estende dalle zone di affioramento del flysch calcareo marnoso sul lato NE fino al conglomerato sul lato SW e si compone di una parte occasionalmente attiva nel settore superiore, sotto la punta del M. Brano, da cui originano i fenomeni di crollo che hanno interessato in passato la strada comunale Nozarego-Gave, e diventa inattiva proseguendo verso Punta Pedale e Punta della Cervara (Fig. 4).

Nelle porzioni di versante a quota inferiore l'acclività diminuisce e sono presenti estese zone di accumulo del materiale detritico, parzialmente rivegetato, riconducibili a falde coalescenti originate dai crolli dalle scarpate rocciose che si saldano con l'antico accumulo presente alla base del versante.

Il tipo di movimento appare quindi complesso e, in considerazione dell'estensione e della dinamica di versante e in base ai processi geomorfologici in atto, il pendio può essere suddiviso in due settori diversificati per assetto geologico, dinamiche evolutive e stato di attività. Queste ultime sono un elemento discriminante per definire l'estensione planaltimetrica delle forme di deposito caratterizzanti un corpo di frana complesso come quello in esame: la porzione principale risulta confinata in una sorta di anfiteatro morfologico esteso fino alla linea di costa.



**Figura 3 – Carta geomorfologica a indirizzo applicativo della frana delle Gave: 1. orlo di scarpata di frana, attiva (a), inattiva (b); 2. frana inattiva-quiescente a genesi mista, occasionalmente attiva per crollo e colata detritico-fangosa; 3. frana inattiva-stabilizzata, localmente inattiva-quiescente, di genesi complessa; 4. alberi d’alto fusto inclinati; 5. giacitura di strato; 6. contatto geologico presunto tra rocce conglomeratiche (CP) e ammasso roccioso eterogeneo (flysch) (CMA); 7. blocco roccioso; 8. asse di corrivazione, sede di occasionali colate detritico-fangose; 9. sorgente.**



**Figura 4 – Panoramica dal mare della frana delle Gave: la linea a dentini indica la scarpata recentemente riattivata (rosso) e quiescente (arancione); l’antico accumulo di frana è evidenziato dal tratteggio nero.**

Il settore superiore, sviluppato in corrispondenza di una direttrice tettonica, presenta una scarpata sotto la cima del M. Brano localmente interessata da crolli; lungo le porzioni più elevate ed acclivi delle aste torrentizie che interessano l'area si possono innescare in concomitanza di piogge intense e di breve durata frane superficiali e colate detritico-fangose. Questi movimenti rapidi possono interessare la porzione di versante inferiore fino a 75-100 m s.l.m. (Fig. 5).

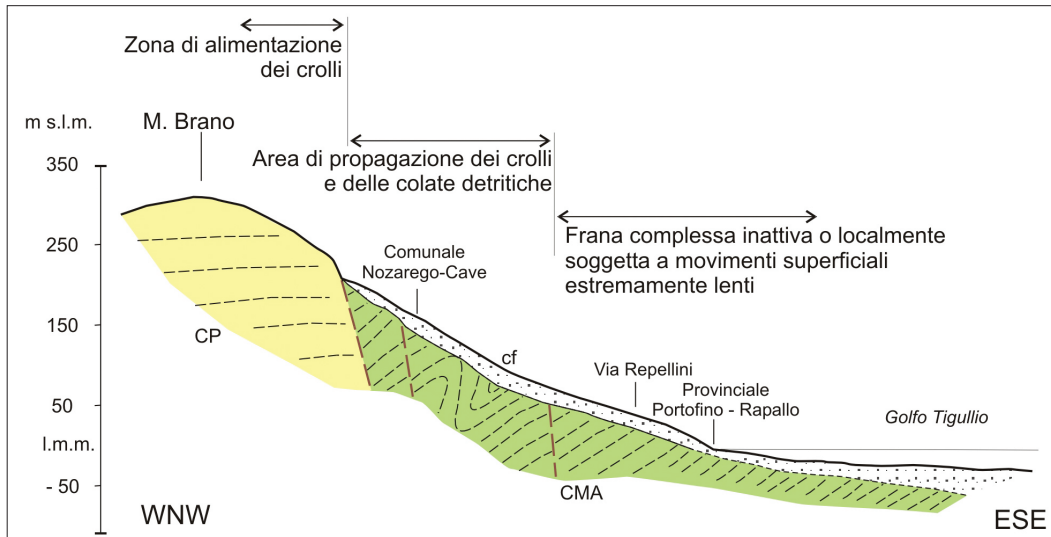


Figura 5 - Sezione geologica A-A' (Cfr. Fig. 3) della frana delle Gave: cf. Corpo di frana; CP. Conglomerato del M. di Portofino; CMA. Calcarei del M. Antola.

Il settore inferiore, che rappresenta il corpo di frana antica, sulla base di indicatori cinematici osservabili in fase di rilevamento sul terreno, si ritiene inattivo quiescente o addirittura inattivo stabilizzato; solo localmente, in qualche situazione puntuale, peraltro esterna all'area perimetrata come frana attiva nella cartografia IFFI, sono stati osservati alcuni indicatori cinematici indiretti che suggeriscono possibili movimenti superficiali estremamente lenti e che, in ogni caso, non determinano situazioni di pericolo per gli insediamenti e la viabilità stradale di collegamento per Portofino (Fig. 3).

Appare verosimile il legame tra il sistema di lineazioni tettoniche e i fenomeni morfogenetici connessi con la frana antica delle Gave; la scarpata superiore sembra infatti impostata lungo una faglia diretta con direzione circa NS, lungo la quale potrebbe materializzarsi il contatto tra il Conglomerato ed il Flysch del M. Antola (Fig. 5).

Analizzando gli interventi edilizi e di consolidamento/bonifica idrogeologica eseguiti nell'area in esame negli ultimi 30 anni, sono stati acquisiti una decina di sondaggi geognostici. I carotaggi hanno permesso la ricostruzione della stratigrafia dei terreni sciolti di copertura; in particolare, a

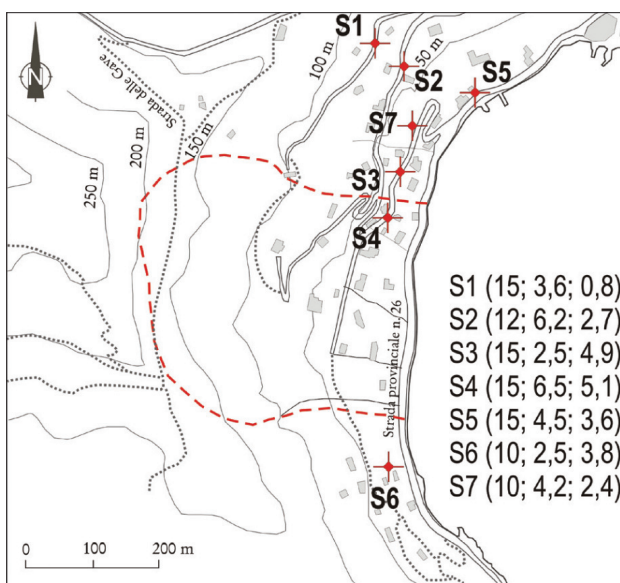


Figura 6 - Ubicazione dei sondaggi geognostici (S1-S7) eseguiti ad altro titolo nell'area studiata: tra parentesi sono riportate le profondità di perforazione, le profondità del top del substrato roccioso (flysch) e le profondità del livello medio di falda, sempre espresse in m dal p.c.; con la linea tratteggiata rossa è indicata la perimetrazione della frana secondo la cartografia del Piano di Bacino stralcio (Ambito 15 della Provincia di Genova) e del progetto IFFI.

Punta Pedale e in località Sotto le Gave, hanno evidenziato la presenza di una copertura detritica con spessori tra 4 a 8 m costituita da ghiaia argillosa. Il substrato marnoso-calcareo è molto fratturato con interstrati argillosi e le superfici delle discontinuità sono lisce e moderatamente alterate. L'indice RQD varia tra il 25% e il 50%, anche se si riscontrano orizzonti con valori inferiori (Fig. 6).

### Gli eventi geo-idrologici alla fine del XX secolo

Il 16 gennaio 1987 una frana di crollo (circa 200 m<sup>3</sup>) si è distaccata dalla parete subverticale alle pendici orientali del M. Brano danneggiando la strada pedonale carrozzabile Nozarego-Gave, una linea elettrica, muri di contenimento di terreni coltivati e vegetazione di alto fusto (Catenacci, 1992).

Le traiettorie dei blocchi, di dimensioni fino al metro cubo, hanno interessato il tratto di versante compreso tra la scarpata rocciosa e la strada comunale delle Gave, mentre un blocco ha proseguito il percorso di caduta per oltre 300 m di distanza orizzontale, raggiungendo giardini e orti di un'area residenziale sottostante dopo aver tranciato alcuni alberi ad alto fusto (Fig. 7).

L'innescò dei fenomeni di crollo è riconducibile alle piogge intense che hanno interessato nei giorni precedenti il territorio: nelle stazioni pluviometriche di Chiavari (ubicata 9 km a E di Santa Margherita Ligure) e di Favale di Malvaro (14 km a N di Santa Margherita Ligure) sono stati registrati a gennaio 1987 rispettivamente 110 mm e 174 mm di pioggia, con un massimo giornaliero di 47 mm e 92 mm il 15 gennaio 1987.

A seguito dei dissesti sono stati eseguiti interventi di rimozione dei blocchi e un disagggio pesante della scarpata rocciosa, oltre al ripristino della viabilità pedonale.

In concomitanza degli eventi alluvionali che hanno interessato il centro storico di Santa Margherita Ligure del 5-6 ottobre 1995 (circa 400 mm di pioggia cumulata in 48 h nelle stazioni meteo del Levante genovese), si sono innescate estese frane superficiali che hanno interessato il versante tagliato a mezza costa dalla strada comunale delle Gave. Più in dettaglio la pedonale carrabile è stata interrotta da tre colate detritico-fangose (p.ti 1-3 di Fig. 7), mentre altri dissesti superficiali hanno interessato la zona della Cappelletta delle Gave (p.to 4 di Fig. 7).

Nel gennaio 1996, in relazione a nuovi eventi geo-idrologici, si è verificato a danno della strada un ulteriore movimento franoso nella parte settentrionale verso Santa Margherita Ligure (p.to 5 di Fig. 7). Più in dettaglio sono stati registrati oltre 400 mm di pioggia mensile a Sant'Ilario (13 km a W di Santa Margherita Ligure) e quasi 500 mm a Neirone (13 km a N di Santa Margherita Ligure), con massimi giornalieri del 11 e 24 gennaio con 141 mm e 124 mm a Neirone e 97 mm e 110 mm a Sant'Ilario.

Tutte le frane superficiali hanno interessato i depositi eluvio-colluviali di versante, frammisti a blocchi rocciosi derivati dal crollo dalla scarpata superiore e sottostante il M. Brano.

A seguito di questi eventi critici è stato realizzato un intervento di consolidamento del versante e di sistemazione del tracciato stradale/pedonale di collegamento tra No-

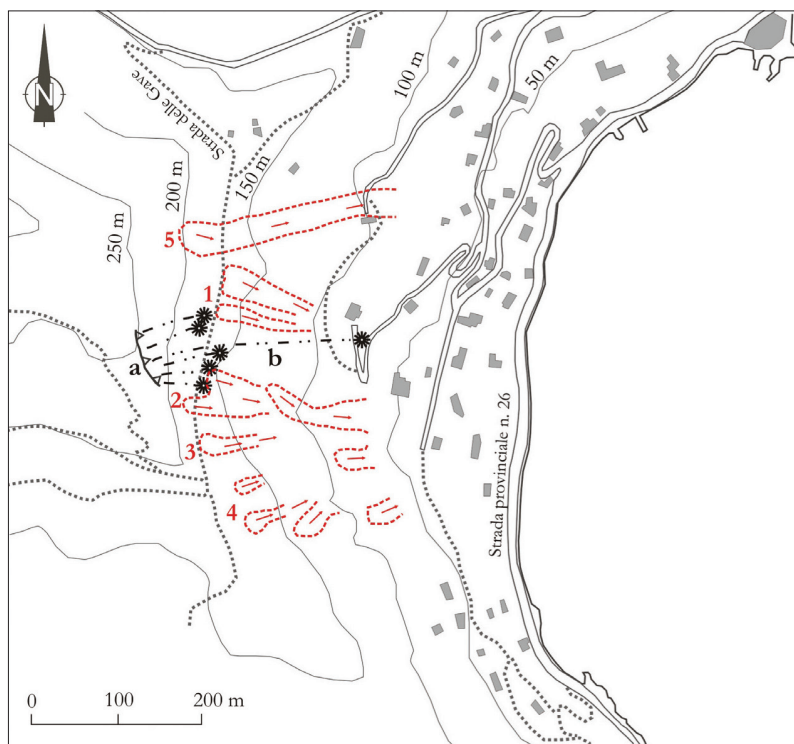


Figura 7 – Carta degli eventi geo-idrologici recenti lungo il corpo di frana delle Gave: a. scarpata rocciosa sorgente della frana di crollo del 16 gennaio 1987; b. traiettoria e punto di arresto del blocco di massima propagazione; 1-4. colate detritico-fangose innescate dall'evento geo-idrologico del 5-6 ottobre 1995; 5. colata detritico-fangosa innescata dall'evento del gennaio 1996.

zarego e le Gave in modo da ristabilirne il transito. La stabilizzazione del fronte è stata garantita con un cordolo fondato su micropali e ancorato con tiranti e posto in corrispondenza della strada comunale delle Gave, sulla cui sommità è stata appoggiato il piano viabile corredato da una serie di opere di intercettazione e convogliamento delle acque superficiali. L'intervento è stato completato con interventi leggeri di ingegneria naturalistica atti a limitare l'erosione superficiale (Bovolenta e Dalerci, 2011) e da una rete paramassi inserita sulla testa del muro di monte della strada.

### Evoluzione morfologica del settore

Il settore orientale del M. di Portofino è storicamente caratterizzato da instabilità di versante, dovuta alle elevate acclività della costa alta rocciosa. Tra i vari contributi scientifici riguardanti questa porzione di territorio, la descrizione data da Almagià (1907) appare esaustiva: «Il 5 aprile 1897 lungo la strada tra Portofino e Santa Margherita si è verificata una grande frana all'interno dei fragili strati ad elevata pendenza (35°) di calcari eocenici con interstrati argilloso – scistosi; il movimento è stato innescato dai lavori di spostamento della strada, dapprima come un lento scivolamento poi sempre più rapido. La frana ha interrotto la strada e si teme possa interessare un'area ancora più vasta».

Vi sono poi notizie di archivio che riguardano eventi geo-idrologici avvenuti nel 1897, 1929, 1945, 1964, 1971, 1974, 1987, 1995, 1996 e 2001 che hanno coinvolto diversi settori della zona compresa tra Punta

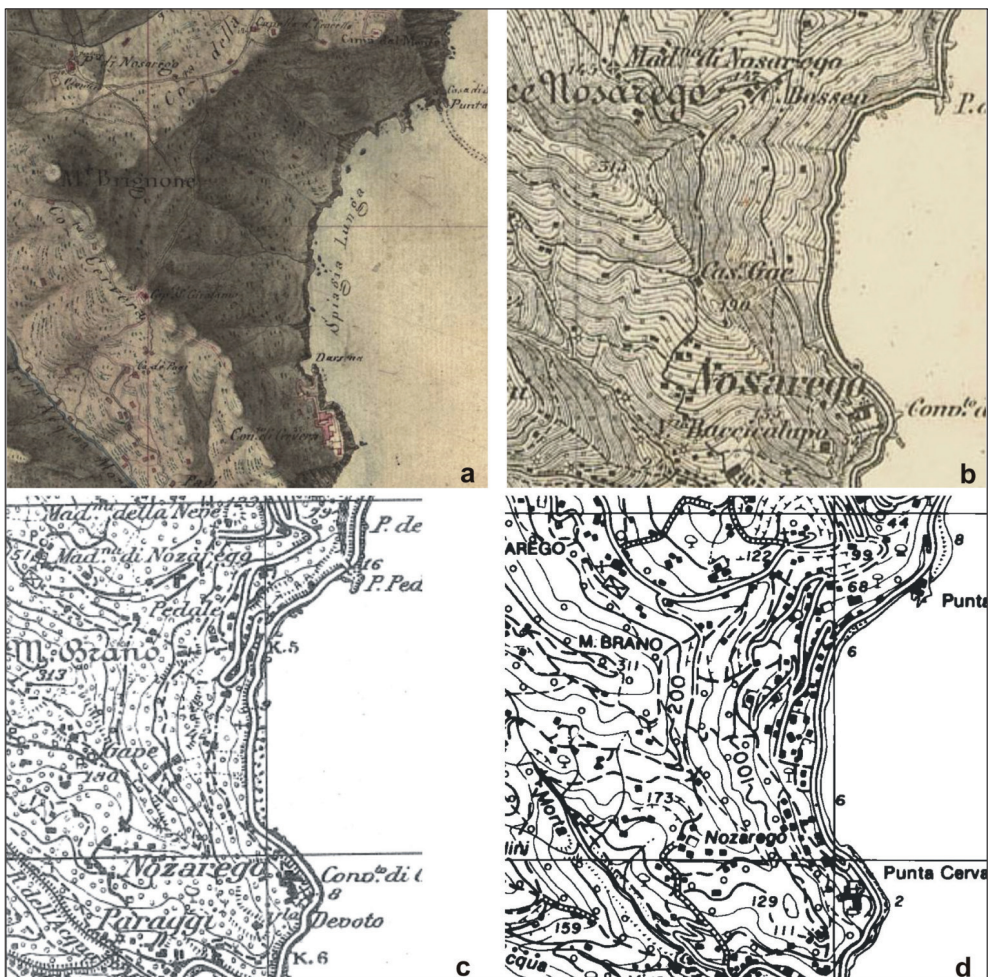


Figura 8 – Confronto cartografico multitemporale: a. carta del 1815-1823 (stralcio da “Carta degli Stati Sardi in Terraferma”); b. carta del 1878 (stralcio da tavoletta a scala 1:25.000 dell’Istituto Geografico Militare Italiano); c. carta del 1934 (stralcio da tavoletta a scala 1:25.000 dell’Istituto Geografico Militare Italiano); d. carta del 1996 (stralcio da tavoletta a scala 1:25.000 della Regione Liguria).



Pedale e Punta della Cervara (Brandolini et al., 2013); la documentazione raccolta ha permesso di stimare che il tempo medio di ritorno su base storica di un evento geo-idrologico in questo settore costiero è inferiore a 15 anni (Archivio del Comune di Santa Margherita Ligure e Parco di Portofino, Sistema Informativo Catastrofi Idrogeologiche - GNDICI, CNR).

Analizzando e confrontando le carte storiche dal XVIII secolo, in particolare le mappe del 1773 (Matteo Vinzoni “Il Dominio della Serenissima Repubblica in Terraferma”), del 1815-1823 (“Carta degli Stati Sardi in Terraferma”), del 1878 e 1934 (tavole topografiche a scala 1:25.000 dell’ Istituto Geografico Militare Italiano), del 1996, 2007 (carte topografiche a 1:25.000 e 1:5000 scala della Regione Liguria), alcune riportate in stralcio in Fig. 8, il versante costiero delle Gave sembra essere caratterizzato, dalla parte superiore fino all’intersezione con il sentiero pedonale, da una morfologia concava che può essere identificata come la scarpata principale sotto il M. Brignone, attualmente denominato M. Brano.

Lungo la linea di costa la morfologia appare convessa. Si osservano almeno quattro tracce di corrivazione che sembrano svilupparsi attraverso un pendio agricolo terrazzato fino al mare tra Punta Pedale a N e La Darsena a S. La Darsena era il luogo di attracco a servizio dell’unico insediamento di questa zona, denominato Convento della Cervara, raggiungibile con un breve sentiero pedonale. Alla foce dei torrenti si possono osservare dei modesti conoidi detritico-alluvionali, che alimentano la spiaggia che si estende lungo l’intera base del pendio, come suggerisce il toponimo “Spiaggia Lunga” (Figg. 8-9). A monte della spiaggia, si riconosce una scarpata continua, mentre in mare si osservano diversi blocchi emersi. I primi interventi, con conseguente modificazione morfologica del fronte costiero, sono stati realizzati per la costruzione della strada tra Santa Margherita Ligure e Portofino, visibile sulle mappe risalenti al XX secolo. Tali interventi sono consistiti in prevalenza nella costruzione di un muro di contenimento e successivo riempimento che ha inglobato l’originaria “Spiaggia Lunga”. Queste modifiche strutturali hanno in seguito richiesto la costruzione di altre opere per proteggere la strada dall’erosione del mare. In questo periodo compaiono inoltre i primi edifici residenziali alla base pendio edificati nelle zone meno ripide e visibili nella cartografia più recente, oltre ad una rete viaria più fitta che ha nel tempo servito le zone intermedie del versante (Fig. 8).



**Figura 9 – Confronto fotografico storico del settore inferiore della frana delle Gave: nella foto relativa alla situazione del 1865 (a) sono ancora visibili il piede della frana emersato dall’azione di scalzamento del moto ondoso e i numerosi blocchi rocciosi emergenti nel tratto di mare antistante; nella foto relativa alla situazione attuale (b) il piede della frana è contenuto dalle opere murarie realizzate con la costruzione della strada di collegamento tra S. Margherita L. e Portofino alla fine del XIX secolo.**

## Discussione e conclusioni

La frana delle Gave può essere considerata come un antico corpo di frana costiera che si è sviluppato in un contesto tettonico, morfo-climatico e sismico differente da quello dall'attuale; tra i fattori di instabilità del versante si possono identificare le condizioni geologiche, i processi geomorfologici e fisici, le attività antropiche. La natura litologica e le caratteristiche geomeccaniche delle formazioni hanno rivestito un ruolo significativo nell'evoluzione antica (e recente) del versante delle Gave: il conglomerato si presenta come un mezzo roccioso rigido, piuttosto omogeneo e fratturato, che determina crolli di blocchi plurimetrici, mentre il flysch è costituito da strati alternati di calcari-marnosi e argilliti con differenti caratteristiche di resistenza e deformabilità. La componente tettonica è altrettanto determinante, con riferimento alle lineazioni, orientate circa ENE-WSW e N-S o NNE-SSW, che sono responsabili del profilo costiero isolando il Promontorio di Portofino come un pilastro tettonico. In particolare, la lineazione neotettonica che interseca la Val Fontanabuona in direzione NNE-SSW da Portofino fino ad incrociare la linea Punta Chiappa-Cabanne, appare molto significativa per il caso studio (Fig. 2), in quanto evidenzia una correlazione diretta con l'impostazione dell'antica frana delle Gave (Fanucci e Nosengo, 1977). A questo si deve aggiungere un'apprezzabile attività sismica ai margini del Promontorio di Portofino, probabilmente più intensa nel periodo plio-pleistocenico (Federici et al., 2004).

Altresì il contrasto idrogeologico marcato tra il conglomerato e il flysch predispone ad una differente circolazione profonda che può costituire un ulteriore fattore di instabilità; la circolazione dell'acqua nelle fratture del conglomerato avviene con velocità più elevate rispetto ai flussi sotterranei più lenti nell'ammasso roccioso eterogeneo fliscioidale.

La morfologia del versante, caratterizzato da elevate pendenze, e l'orientamento generale della fascia costiera, esposta all'ondazione da SE, rappresentano condizioni favorevoli per l'erosione al piede dell'accumulo.

Relativamente ai processi antropici, se si evidenzia un ruolo logicamente estraneo nell'innescare della frana antica, occorre sottolinearne il contributo, talora significativo, nell'evoluzione attuale e recente. Infatti, conseguentemente alla costruzione delle opere di contenimento e protezione della sede stradale realizzata alla fine del XVIII secolo al piede del versante, l'antico accumulo di frana non può oggi risultare interessato dall'azione erosiva del moto ondoso.

In tempi più recenti, infine, la mancata manutenzione dei sistemi di drenaggio e del territorio in generale, ha avuto un ruolo importante nei dissesti geo-idrogeologici avvenuti alla fine del XX secolo e la situazione nella porzione superiore del versante a oggi non sembra essere completamente stabilizzata: è stata identificata la presenza di alcune aree in dissesto, a monte della strada comunale, nel tratto presso la Cappelletta delle Gave, dove, a causa dell'elevata acclività e della disponibilità di materiale grossolano sul pendio, possono nuovamente innescarsi flussi detritici iperconcentrati in concomitanza di fenomeni di pioggia intensa e di breve durata, con possibili ripercussioni sulle strutture antropiche.

I sondaggi geognostici, sebbene non uniformemente distribuiti su tutta l'area di studio, hanno permesso di accertare spessori della copertura detritica piuttosto contenuti, almeno in relazione alla variazione di acclività che presenta il versante tra 75 m e il l.m.m.; è stata inoltre constatata una marcata fratturazione del flysch sottostante, unitamente alla presenza di ristagni idrici e livelli di falda prossimi alla superficie topografica, almeno nel periodo autunnale-primaverile.

Si possono pertanto formulare due differenti ipotesi di spessore della frana antica: se si riconosce un corpo detritico superficiale con potenze inferiori a 10 m si può stimare un volume dell'ordine di 1 milione di m<sup>3</sup>, ma questo valore potrebbe risultare di 1 ordine di grandezza superiore se si interpreta il substrato roccioso intercettato dai sondaggi, almeno parzialmente, coinvolto in un movimento più profondo (deep seated slide), anche in considerazione del profilo neotettonico descritto.

Nella cartografia di Piano di Bacino stralcio la frana delle Gave è schedata come movimento complesso attivo, con pericolosità molto elevata; I risultati della presente ricerca portano a considerare attiva, solo occasionalmente, la parte superiore della frana antica, sotto il M. Brano, per fenomeni rapidi. La parte inferiore della frana non presenta indicatori di movimento evidenti e quindi è ascrivibile a una frana inattiva-stabilizzata, o localmente soggetta a movimenti superficiali estremamente lenti.

Per una definitiva e corretta valutazione della pericolosità e del rischio geologico si rendono quindi necessarie specifiche indagini geognostiche, supportate da attività di monitoraggio geotecnico e idrogeologico.

Tenuto conto della presenza di una copertura arborea importante sulla frana antica delle Gave, ulteriori contributi alla datazione degli eventi geo-idrologici attuali e recenti potrebbe essere fornita dalle osservazioni dendro-

cronologiche in funzione della capacità degli alberi di registrare stress meccanici ed ambientali che influenzano lo stesso tasso di crescita. Confrontando campioni raccolti da diversi settori della frana, analogamente a quanto verificato in altri siti del territorio italiano (es. Guida et al., 2008) sarà possibile studiare la distribuzione delle anomalie di crescita della vegetazione arborea, fornendo informazioni più dettagliate sulla dinamica di versante.

### Ringraziamenti

Gli autori desiderano ringraziare Riccardo Lazzeri per la collaborazione prestata nella preparazione di alcune figure e Alberto Girani per la concessione di alcune fotografie storiche del settore costiero investigato.

### Bibliografia

- Almagià R. (1907) - *Studi geografici sulle frane in Italia. L'Appennino settentrionale e il Preappennino Tosco-Romano*. Memorie della Società Geografica Italiana, vol. XIII, pp. 343.
- Boni A., Braga G., Conti S., Gelati R., Marchetti G., Passeri L.D. (1969) - *Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100.000, foglio 83 Rapallo e foglio 94 Chiavari*. Poligrafica e Cartevalori, Ercolano (Napoli), pp. 89.
- Bovolenta R., Dalerici G. (2011) - *Sulla modellazione della vegetazione per le analisi di stabilità di versanti*. Atti XXIV Convegno nazionale di Geotecnica, Napoli 22-24 giugno 2011, 609-616.
- Brancucci G., Motta M. (1988) - *Morfoneotettonica della Val Fontanabuona e delle aree limitrofe*. Mem. Acc. Lunig. Sc. "G. Cappellini", vol. 57-58, 101-122.
- Brandolini P., Faccini F., Piccazzo M. (2006) - *Geomorphological hazard and tourist vulnerability along Portofino Park trails (Italy)*. Natural Hazard and Earth System Sciences, 6, 563-571.
- Brandolini P., Faccini F., Robbiano A., Terranova R. (2007) - *Geomorphological hazard and monitoring activity in the western rocky coast of the Portofino Promontory (Italy)*. Quaternary International, Elsevier, 171-172, 131-142.
- Brandolini P., Faccini F., Robbiano A., Terranova R. (2009) - *Slope instability on rocky coast: a case study of Le Grazie landslides (Eastern Liguria, Italy)*. The Geological Society, London, Special Publications, 322, 143-154.
- Brandolini P., Faccini F., Pelfini M., Firpo M. (2013) - *A complex landslide along the Eastern Liguria rocky coast (Italy)*. Rend. Online Soc. Geol. It., Vol. 28 (2013), 28-31.
- Catenacci V. (1992) - *Il dissesto geologico e geoambientale in Italia dal dopoguerra al 1990 (Cronistorie liguri)*. Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia, vol. 47/1992, 13-21.
- Cevasco A., De Vita P. (2014) - *Engineering geological analyses for hazard assessment of the urbanized, relict Lemeglio coastal landslide (Eastern Liguria, Italy)*. In: "Engineering Geology for Society and Territory" Volume 5 - Urban Geology, Sustainable Planning and Landscape Exploitation (Lollino G. et al. eds), Springer, 827-830.
- Cevasco A., Faccini F., Nosengo S., Olivari F., Robbiano A. (2004) - *Valutazioni sull'uso delle classificazioni geomeccaniche nell'analisi della stabilità dei versanti rocciosi: il caso del Promontorio di Portofino (Provincia di Genova)*. GEAM, 111, 31-38.
- Cevasco A., Ferrari M., Fierro G., Nosengo S. (2000) - *Fenomeni d'instabilità della costa alta e rocciosa fra Riva Trigoso e Framura (Liguria orientale): risultati preliminari*. Studi costieri, 3 (2000), 71-83.
- Corsi B., Elter F.M., Giammarino S. (2001) - *Structural fabric of the Antola Unit (Riviera di Levante, Italy) and implications for its alpine versus Apennine origin*. Ofoliti, 26 (1), 1-8.
- Corsi B. (2008) - *Le vie del conglomerato. Due itinerari geologici nel parco di Portofino*. Guida alle escursioni. Il Parco di Portofino edizioni, Santa Margherita Ligure.
- Cortemiglia G.C., Terranova R. (1979) - *Rappresentazione cartografica delle caratteristiche geomorfologiche della fascia costiera compresa tra Portofino e Sestri Levante (Liguria Orientale)*. Atti Conv. Naz. per la difesa del litorale di Chiavari, Lavagna e Sestri Levante dall'erosione marina, 169-180.
- De Stefanis A., Marini M., Terranova R., De Luigi G. (1978a) - *I movimenti franosi di Guvano e Rodalabia nelle Cinque Terre e i loro riflessi sulla morfologia della costa ligure e sugli insediamenti*. Mem. Soc. Geol. It., 19, 161-167.
- De Stefanis A., Marini M., Terranova R., Canepa G., Carli M., De Luigi G. (1978b) - *Due esempi di analisi geomorfologica di dettaglio sui Promontori di Portofino e del Mesco della Costa ligure*. Mem. Soc. geol. It. 19, 153-160.

- De Stefanis A., Marini M., Terranova R. (1985) - *Indagini geologiche e geomorfologiche in Liguria con particolare riguardo alle condizioni di franosità (Memoria riepilogativa)*. Geologia applicata e idrogeologia, Bari 1985, volume XX, parte II, 25-39.
- De Stefanis A., Marini M., Terranova R. (1984) - *Geomorfologia di aree campione della Liguria (con cartografia geologica di base)*. Regione Liguria, C.N.R., progetto finalizzato "Conservazione del suolo" - sottoprogetto "Fenomeni franosi", Ed. SELCA, Firenze.
- Faccini F., Crispini L., Federico L., Robbiano A., Roccati A. (2014) - *New interpretation of Lemeglio coastal landslide (Liguria, Italy) based on field survey and integrated monitoring activities*. In: "Engineering Geology for Society and Territory" Volume 2 - Landslide Processes (Lollino G. et al. eds), Springer, 227-232.
- Faccini F., Firpo M., Robbiano A., Roccati A. (2012) - *A large-scale landslide in the recently uplifted coastal area between Moneglia and Punta Rospo (Eastern Liguria, Italy)*. Rend. Online Soc. Geol. It., Vol. 21 (2012), 364-366.
- Fanucci F., Nosengo S. (1977) - *Rapporti tra neotettonica e fenomeni morfogenetici del versante marittimo dell'Appennino ligure e del margine continentale*. Boll. Soc. Geol. It. vol. 96, 41-51.
- Fanucci F., Pintus S., Tedeschi D., Vignolo A. (1980) - *Dati preliminari sulla neotettonica dei Fogli 83-94 Rapallo, Chiavari*. Contributi preliminari alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia, pubblicazione n. 356 del Progetto Finalizzato Geodinamica. CNR Roma, 1305-1327.
- Federici P.R., Capitani M., Chelli A., Del Seppia N. & Serani A. (2004) - *Atlante dei centri abitati instabili della Liguria*. Vol. II, Provincia di Genova. Programma speciale SCAI del C.N.R./GNDICI/Regione Liguria. Tipolitografia ATA, Genova.
- Ferrari M., Bozzano A., Fierro G., Ferretti O. (2003) - *Variazioni storiche della linea di riva tra Portofino e Punta Mesco e valutazione delle opere di difesa costiera*. In: "Studi per la creazione di strumenti di gestione costiera. Golfo del Tigullio" (a cura di O. Ferretti), edizione ENEA S.Teresa Centro Ricerche Ambiente Marino, La Spezia, Settembre 2003.
- Giammarino S., Messiga B. (1979) - *Clasti di meta-ofioliti a paragenesi di alta pressione nel Conglomerato di Portofino: implicazioni paleogeografiche e strutturali*. Ofioliti, 4 (1), 25-41.
- Giammarino S., Nosengo S., Vannucci G. (1969) - *Risultanze geologiche-paleontologiche sul Conglomerato di Portofino (Liguria Orientale)*. Atti Istituto di Geologia dell'Università di Genova, 7, 305-363.
- Gorziglia G., Bottero D., Poggi F., Ratto V. (2006) - *Analisi del dissesto da frana in Liguria*. In: *Rapporto sulle frane in Italia*. Il progetto IFFI: metodologia, risultati e rapporti regionali (a cura di APAT, rapporto 78/2007), System Graphics Srl, 657 pp.
- Guida D., Pelfini M., Santilli M. (2008) - *Geomorphological and dendrochronological analyses of a complex landslide in the Southern Apennines*. Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography, 90, 3 (September 2008), 211-226.
- Maifredi P., Nosengo S. (1975) - *L'importanza delle paleofrane nella geologia applicata*. Geologia Tecnica, 3, 130-138.
- Marini M. (1981) - *Analisi geologica-strutturale ed interpretazione paleogeografia e tettonogenetica dei Calcari del M. Antola (Appennino Ligure)*. Ofioliti 6 (1), 119-150.
- Pellati A. (1934) - *La Penisola di Portofino. Note geomorfologiche*. Rivista di Scienze Naturali, «Natura», 25, 1-23.
- Picazzo M., Firpo M. (1996) - *Assetto morfologico e tendenza evolutiva delle coste liguri*. Atti XXVI Congresso Geografico Italiano, Genova 4-5 maggio 1992, Istituto della Enciclopedia Italiana, vol. 1, 378-383.
- Rovereto G. (1939) - *Liguria geologica*. Mem. Soc. Geol. It., 2, 743 p.
- Terranova R. (1987) - *Gruppo Nazionale Geografia Fisica e Geomorfologia, Sestri Levante, 22-25 giugno 1987, Atti della riunione e guida alle escursioni. Note scientifiche integrative*. Quad. Ist. Geol. Univ. Genova, 5, 109-231.

**Ricevuto il 25/01/2014, accettato il 14/07/2014.**