

L'importanza della cartografia storica nello studio della dinamica dei versanti: il caso della frana in località "La Liggia" (Alassio, Liguria occidentale)

The importance of historical cartography in slope dynamics studies: the case of "La Liggia" landslide (Alassio - Savona Province, western Liguria)

Cevasco Andrea¹, Ivaldo Erica² & Scarpati Alessandro³

¹Dip. Te. Ris - Dipartimento per lo studio del Territorio e delle sue Risorse - Università di Genova, Corso Europa 26, 16132 Genova; e-mail: cevasco@dipteris.unige.it

²Dottore in Scienze Geologiche Via Cesare Battisti, 18, 17057, Bardinetto (SV); e-mail: ericaivaldo@yahoo.it

³Geosilt Studio Geologia Scarpati Passeggiata Cadorna, 53, 17021 Alassio (SV); e-mail: a.scarpati@geosilt.com

Parole chiave: cartografia storica, dinamica versanti, frane

Key words: historical maps, slope dynamics, landslides.

RIASSUNTO

Il lavoro intende evidenziare l'aiuto che, in svariati casi, la documentazione storica è in grado di fornire al geologo impegnato nell'attività professionale.

Nel caso oggetto di studio la disponibilità di una carta topografica storica di estremo dettaglio redatta precedentemente al verificarsi di un evento franoso, che interessò la zona di Moglio (SV, Ponente ligure) il 19 marzo 1942, ha permesso di individuare, attraverso il confronto con le condizioni topografiche post-evento, le principali modifiche idrografiche e morfologiche causate dalla frana. Le attività svolte sul terreno hanno compreso l'effettuazione di rilevamenti geologici e geomorfologici, di rilievi geostrutturali sugli ammassi rocciosi in diverse stazioni ed il censimento dei blocchi lapidei costituenti l'accumulo della frana. Le indagini geognostiche cui ci si è riferiti consistono nella realizzazione di due sondaggi a carotaggio continuo, uno a distruzione di nucleo ed una stesa sismica a rifrazione. Lo studio rappresenta, quindi, un tentativo di integrazione fra dati provenienti da fonti storiche, rilievi di terreno ed indagini geognostiche finalizzato alla definizione sia degli elementi morfologici principali della frana, attualmente obliterati da fattori naturali ed antropici, sia delle volumetrie del corpo di frana e della dinamica di quest'ultima.

Il caso esposto vuole altresì costituire un invito, rivolto ai giovani che si avviano all'attività professionale, a non tralasciare in alcun caso di studio la fase di ricerca bibliografica, ed in particolare il reperimento della documentazione storica eventualmente disponibile, dalla quale potranno dedursi elementi non solo di grande interesse ma anche di grande utilità per la soluzione di diverse problematiche.

ABSTRACT

The aim of this work is to underline the importance of historical documents as a useful tool to professional geologist problems solving.

In this case study the comparison between informations deduced from a detailed historical map and the present topography, derived from the 1:5000 scale maps, allow us to recognize both morphological and hydrographical changes suffered by an area consequently to the occurrence of a landslide. The landslide, that occurred on 19 march 1942 in the Moglio area (Savona Province, western Liguria), affected the SE slope of the M. Tirasso. Though there were no victims but only damages, the local inhabitants still retain a clear memory of it.

Investigations carried out in the field included geological and geomorphological surveys, quantitative description of discontinuities of rock masses at different sites and the census of the lithological types of rocky blocks forming the landslide's accumulation. Besides, to estimate the accumulation volume, we used the data provided by drillings and seismic investigations. So, the study is an attempt to join the data provided by different kinds of investigations and it is focused to define the main landslide's morphological elements, now hidden by natural and anthropic factors, the volumes involved in the landslide and its dynamics.

Finally, this case study is an invitation to young geologists to verify, at the beginning of a professional investigation, the availability of topic historical documents. If available, they not only provide very interesting informations but they can also be very useful to solve a great number of problems.

1. INTRODUZIONE

Lo studio dei fenomeni franosi pone il geologo, fin dagli albori della pratica professionale, di fronte alla necessità di rispondere a quesiti che possono, in molti casi, risultare assai complessi. Le moderne tecniche di rilevamento, le numerose tipologie di indagini geognostiche nonché l'ausilio di software di elaborazione dei dati a vario grado di complessità cui è possibile fare riferimento costituiscono strumenti insostituibili per la soluzione della maggior parte di tali quesiti. Vi sono tuttavia alcuni casi, come ad esempio accade per le frane "antiche", in cui le modificazioni intervenute successivamente al verificarsi dell'evento, che possono essere dovute sia a cause naturali sia antropiche, possono risultare di entità tale da rendere problematica addirittura l'individuazione degli elementi morfologici principali. Difficilmente, in tali casi, è possibile ricostruire con sufficiente grado di dettaglio le geometrie del versante originario ed ancora maggiore può risultare la difficoltà nella comprensione delle dinamiche della frana, che può essere frutto di successivi eventi e riattivazioni.

Il caso in esame, grazie alla disponibilità di una

carta topografica storica di estremo dettaglio e precisione, rappresenta un tentativo di integrazione fra dati storici e risultati di indagini geognostiche al fine di ricostruire nel dettaglio gli elementi morfologici principali, obliterati da fattori naturali ed antropici, nonché di comprendere la dinamica di un evento franoso assai noto nella memoria locale, occorso il 19 marzo 1842 in località "La Liggia" in Comune di Alassio (SV). Si tratta di un evento che, vista la (allora) scarsa urbanizzazione del versante coinvolto, provocò danni assai lievi ma è lecito porsi degli interrogativi riguardo alle potenziali conseguenze che un fenomeno di tale portata avrebbe avuto sullo stesso versante, attualmente zona residenziale nella porzione inferiore, se fosse accaduto con 150 anni di ritardo.

2. L'EVENTO FRANOSO DEL 19 MARZO 1842 IN LOCALITÀ "LA LIGGIA"

"Le case lentamente scivolavano a valle con i lumi e le reste di mele dondolanti, appesi alle travi...", narrano i ricordi di alcuni anziani, appresi dai loro padri, abitanti della frazione alassina di Moglio, sconvolta dallo scoscendimento di un'ampia porzione del Monte Tirasso (CAROSSINO, 1992).

La data dell'evento, che risale al 19 marzo 1842, è chiaramente impressa nella memoria locale in quanto il giorno precedente (18 marzo), si celebrarono le nozze fra Vittorio Emanuele II, principe di Sardegna, e Maria Adelaide, arciduchessa d'Austria (CAROSSINO, 1992). L'indomani *"una grossa frana di nottetempo scoscese la parte più bella della pendice a sud del Monte Tirasso. Si ebbero a deplorare un immenso danno, alcune vittime umane e molti capi di bestiame. Sparirono alcuni molini e molte villeggiature e oratori campestri, e non rimase all'attonito e spaventato Alassino che a contemplare un desolato spettacolo"* (GALLO, 1888).

La frana si era staccata alle prime luci del giorno dalle pendici sud-orientali del Monte Tirasso producendo, dapprima, un boato e, successivamente, i massi misti al terriccio avevano cominciato a rotolare con grande fragore. Non mancano le testimonianze orali di chi visse in prima persona l'evento, fra i quali, ad esempio, Porcella Gerolamo, detto "Cacin", che raccontava di trovarsi a caccia in quella zona ed all'improvviso aveva sentito *"muovere la terra sotto ai suoi piedi"* o, ancora, Bottaro Cristina, secondo la quale *"i testimoni avevano assistito allibiti allo slittamento delle case e della cappella di villeggiatura dei Vallega"* (CAROSSINO, 1992).

Le ricerche effettuate da CAROSSINO (1992) indicano che, contrariamente a quanto affermato dallo storico Gallo, non risultano decessi da ricollegarsi all'evento franoso (come risulta dal registro dei decessi della Parrocchia-Collegiata di S. Ambrogio e della Parrocchia di S. Sebastiano martire).

I danni possono, quindi, così riassumersi: *"travolte altre case sparse e stalle per bestiame; travolto il "Molino grande", il beneficio della parrocchia di Moglio, assegnatogli per testamento del 1803 dal rev. Don Vincenzo Arciprete, per la istituzione di una scuola in Moglio per insegnare ai fanciulli i primi rudimenti del sapere. Il beneficio era costituito da una terra ulivata che, con il suo reddito, doveva mantenere un prete-maestro. La denominazione di "Molino Grande" le perveniva da un molino che la sovrastava il quale rovinò con un altro molino sottostante omissis ... I danni, che furono ingenti e senza alcun indennizzo, furono*

riparati a spese dei proprietari" (CAROSSINO, 1992). Secondo quanto riportato da PELLE sul mensile locale "L'Alassino" (1991) *"Trascorsero diversi anni prima che la popolazione riprendesse a sistemare nuovamente con terrazzamenti alcune delle zone limitrofe; la maggior quantità di superficie interessata dall'evento venne abbandonata a bosco"*.

Ancora CAROSSINO (1992) riporta che *"la disastrosa frana, che si era arrestata al sommo della valletta di Loreto, aveva fatto affiorare nuove sorgenti d'acqua. Il beneficio della Parrocchia, il "Molino grande" arricchì di una sorgente perenne. In località "Bromassi" in alto, dove si era originata la frana, era apparsa una vena acquifera di portata considerevole, la quale avrebbe successivamente fornito l'acqua per uso irriguo a tutto il territorio di Moglio"*. Fra le probabili cause del disastro egli cita *"le persistenti piogge invernali intervallate da gagliardi venti di tramontana"*.

Dalle cronache locali si apprende, infine, che le proporzioni dell'evento furono tali da stravolgere l'aspetto dell'area e, con ogni probabilità, anche il nome della zona dove si arrestò l'accumulo: si ritiene, infatti, che il toponimo *"Liggia"* (da cui deriva *"liggiare"*, che significa muoversi, spostarsi), da allora, andò a sostituire il precedente *"Lamie"*.

3. QUADRO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

L'area oggetto di studio è situata a N dell'abitato di Moglio, in Comune di Alassio (SV), ed è dominata dalla presenza del monte Tirasso (585 m), alla cui sommità si trova il Santuario Madonna della Guardia (fig. 1).

Sotto il profilo geologico le formazioni affioranti in tale area (fig. 2) sono riconducibili alle Unità Moglio-Testico e Borghetto d'Arroscia-Alassio (VANOSSI *et al.*, 1984; GALBIATI, 1986; 1990, MARINI, 1989a; 1989b). La sovrapposizione fra tali unità avviene attraverso contatti tettonici sinsedimentari, che simulano rapporti di continuità fra le serie.

Dal basso verso l'alto è possibile riconoscere:

- Quarziti di Monte Bignone (Unità Alassio-Borghetto d'Arroscia), costituite da ortoquarziti in spessi strati, generalmente separati da giunti

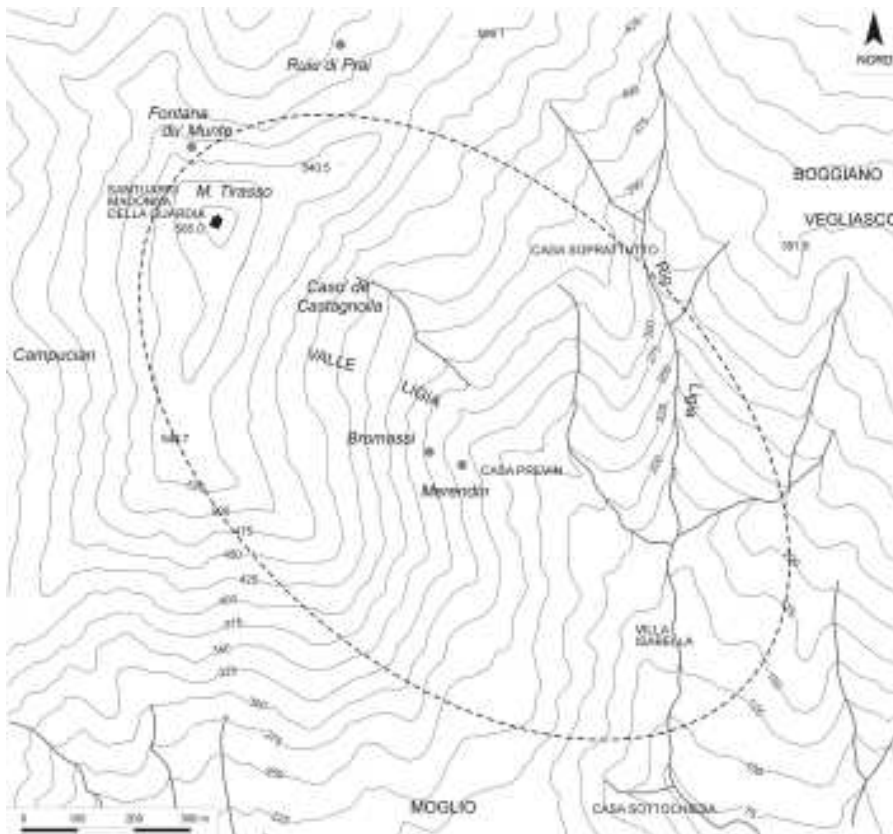
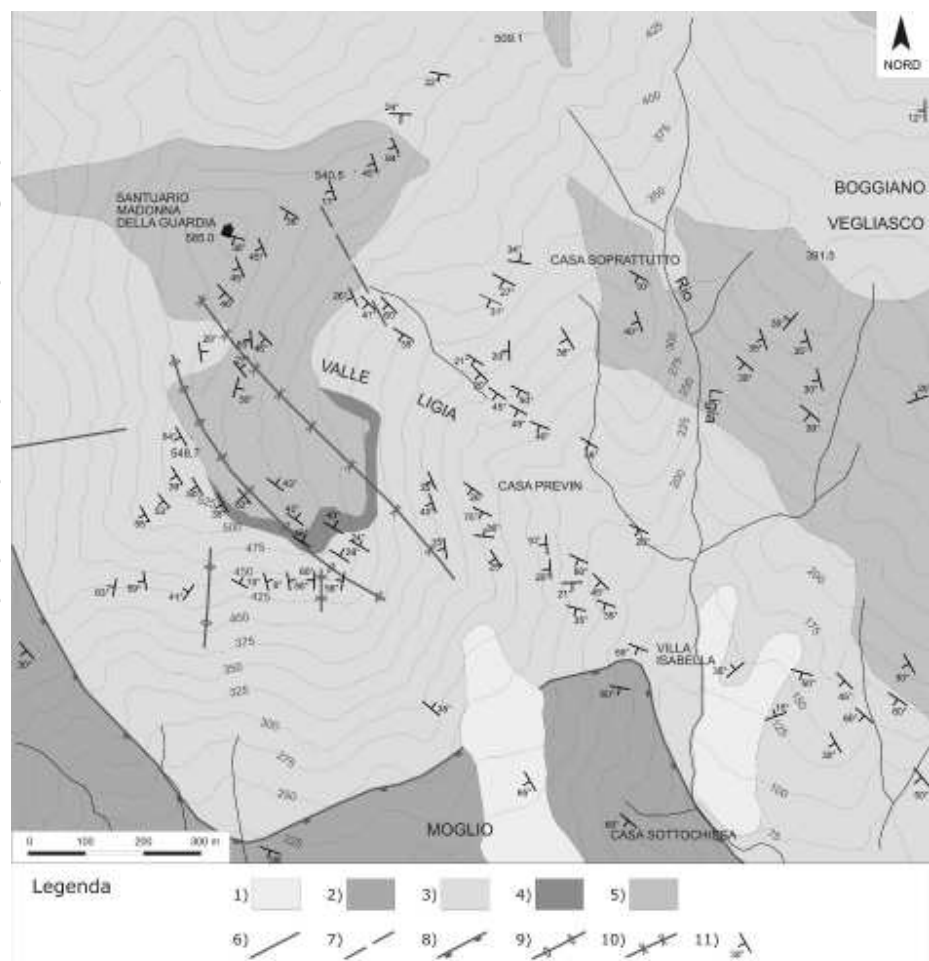


Fig. 1 - Schema topografico dell'area di studio. Sono state evidenziate la porzione di versante interessata dalla "frana della Liggia" (tratteggio nero) e le principali sorgenti cui si fa riferimento nel testo (cerchio grigio)

Fig. 2 - Carta geologica dell'area interessata dalla "frana della Liggia" (da Marini, 1989; modificato e ridisegnato). Non è stato riportato l'accumulo di frana. Legenda: 1) coltri detritiche (spessore >3 m); 2) Peliti di Moglio; 3) Calcari di Ubaga; 4) conglomerati mediani e basali; 5) Quarziti di M. Bignone; 6) faglie; 7) faglie presunte; 8) contatti tettonici; 9) assi di pieghe antiformali; 10) assi di pieghe sinformi; 11) giaciture degli strati (polarità indistinta).



pelitici; le quarziti sono spesso a contatto con lembi di conglomerati in strati molto spessi, talora particolarmente ricchi di matrice argillosa, composti sia da ciottoli minuti sia da ciottoli frammisti a blocchi e massi, con caratteristica colorazione verde chiara e rossa dei giunti argillitici. Età: Cretacico-Cenozoico.

- Calcari di Ubagà (Unità Alassio-Borghetto d'Arroscia), consistono in sequenze torbiditiche composte da marne, marnosiltiti, marne calcaree, calcari marnosi a pasta fine e calcari detritici a grana variabile da media a fine, emipelagiti argillose nerastre con assenza di carbonati ed ortoquarziti in straterelli isolati o amalgamate con intervalli pelitici marnoso-calcarei. Età: Cretacico-Cenozoico.

- Peliti di Moglio (Unità Moglio-Testico), costituite da peliti manganesifere brune, argilliti verdi chiare con intercalazioni di arenarie quarzose, argilliti legate ad arenarie micacee e paracglomerati ad elementi basaltici, provenienti da un ambiente deposizionale di piana abissale. Età: Paleocene-Cretacico Superiore?.

La "frana della Liggia", che interessa le pendici sud-orientali del Monte Tirasso a quote comprese fra 100 m e 550 m, costituisce l'elemento geomorfologico caratterizzante il paesaggio locale. Ubicato qualche centinaio di metri ad est dell'abitato di Moglio, il corpo di frana presenta una forma allungata avendo colmato, parzialmente, la Valle Liggia. Esso risulta, per gran parte, mascherato dalla vegetazione e, soprattutto nella porzione media ed inferiore, obliterato dalla recente urbanizzazione (fig. 3). La zona di distacco, fino ad oggi poco definita nei suoi dettagli morfologici, è riferibile alla porzione sommitale del versante sud-orientale del Monte Tirasso, che presenta un'acclività media del 56%.

Per quanto riguarda l'assetto idrografico l'area di interesse è caratterizzata dalla presenza del Rio Liggia, orientato circa N S, e da alcuni tributari ubicati sulla sponda destra, orientati mediamente NW SE. Il principale di questi ultimi, impostato lungo la Valle Liggia, perde la sua continuità a quota 325 m (fig. 1).



Fig. 3 Il versante sud-orientale di M. Tirasso, interessato dalla "frana della Liggia" nel 1842.

Sotto il profilo idrogeologico si distingue l'elevata permeabilità per porosità del deposito di frana da quella relativa al substrato, discontinua e dovuta essenzialmente a fratturazione.

La circolazione idrologica sotterranea è testimoniata dalla presenza di numerose sorgenti, che affiorano a diverse quote lungo le pendici del Monte Tirasso (fig. 1). In particolare, oltre alle sorgenti "Fontana du' Munte" (che alimenta a mezzo di autoclave il Santuario della Guardia) e "Ruiu di Prai", ubicate lungo le pendici settentrionali della montagna, si trovano, sul versante occidentale, le sorgenti "Campucian" e "U Pussettu". L'abbondanza d'acqua risulta ancora maggiore sul versante sud-orientale dove, oltre ad una modesta sorgente nei pressi di "Caso' de' Castagnola" sono presenti le sorgenti "Bromassi", che sarebbe venuta a giorno successivamente all'evento franoso, e "de Merendin", sfruttata dal Comune di Alassio per alimentare le fontanelle pubbliche ubicate nelle porzioni media ed inferiore della frazione di Moglio (PELLE, 1991). Pare che il toponimo Moglio sia da ricollegare alla caratteristica del luogo, umidiccio

(molleus) per la presenza di numerose altre piccole sorgenti dette "Béscuri" (BOGLIOLO et al., 1993).

4. LE INDAGINI

Per definire le caratteristiche geologico-tecniche degli ammassi rocciosi coinvolti nell'evento franoso sono state effettuate indagini geostrutturali e geomeccaniche in corrispondenza di affioramenti nella porzione sommitale del versante mentre lungo il deposito di frana, al fine di stabilire le formazioni interessate dal movimento, è stato effettuato il censimento della natura litologica dei blocchi rocciosi (fig. 4). Informazioni sullo spessore del corpo di frana sono state dedotte da indagini indirette (sismica a rifrazione) effettuate nella parte superiore del versante e dalle stratigrafie di tre sondaggi geognostici, effettuati nella porzione inferiore del versante (fig. 4).

4.1 Rilevamento dei blocchi rocciosi lungo il versante

Al fine di meglio definire le geometrie dell'accumulo e delle nicchie di distacco,

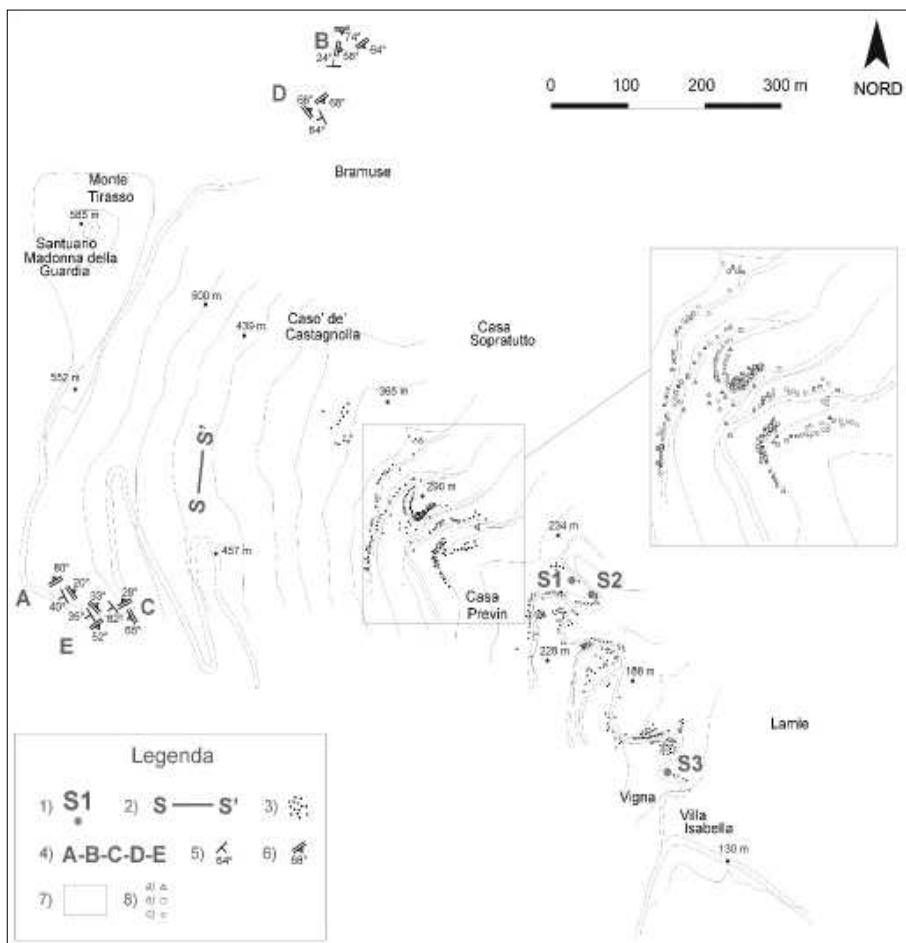


Fig. 4 - Ubicazione dei rilevamenti geostrutturali e delle indagini geognostiche. Legenda: 1) sondaggi geognostici; 2) stesa sismica a rifrazione; 3) blocchi lapidei disarticolati; 4) stazioni di rilevamento geostrutturale; 5) giaciture strati; 6) giaciture sistemi di fratture; 7) quadro di dettaglio relativo al censimento dei blocchi lapidei; 8) blocchi lapidei a) conglomeratici; b) arenacei, c) calcareo marnosi.

il censimento, basato sui blocchi con dimensioni variabili da pluridecimetriche (30 - 40 cm) a plurimetriche (2 - 3 m), ha consentito di definire la percentuale di frequenza dei diversi litotipi all'interno dell'accumulo e, di conseguenza, di ottenere informazioni sulle aree di probabile provenienza dei blocchi.

Poiché i litotipi presenti nel deposito derivano dai Calcari di Ubaga, dalle Quarziti di Monte Bignone e dai conglomerati mediani e basali si può affermare che tutte le formazioni che affiorano nella zona sommitale del M. Tirasso siano state coinvolte nell'evento franoso, seppure in misura differente.

I blocchi censiti nell'accumulo risultano, infatti, costituiti in percentuali simili da calcari (44,7%) e quarziti (37,8%) mentre i conglomerati costituiscono il litotipo meno rappresentato (17,5%). Tale diminuzione è, tuttavia, da imputare alla minore percentuale di affioramento di questi ultimi rispetto ai precedenti nella parte alta del versante in oggetto. I blocchi, che costituiscono una parte significativa dell'accumulo, sono distribuiti lungo il versante fra le quote 400 m e 150 m; la loro disposizione, in rapporto all'appartenenza litologica, appare casuale. E' stata, invece, osservata una variazione delle dimensioni dei blocchi con tendenza alla diminuzione di quelli metrici nella porzione inferiore dell'accumulo.

4.2 Rilievi geo-strutturali e caratterizzazione degli ammassi rocciosi

Lungo alcune stazioni di misura ubicate nella parte alta del versante (fig. 4), è stato effettuato un rilievo geologico-tecnico finalizzato a determinare le caratteristiche geostrutturali e geomeccaniche degli ammassi rocciosi coinvolti nel movimento franoso.

La tabella 1 riporta la sintesi dell'elaborazione statistica dei dati rilevati sul terreno ed in particolare le giaciture della stratificazione (s) e delle discontinuità (f1; f2) nonché la loro spaziatura media.

I dati ottenuti nelle diverse stazioni di rilevamento sono stati utilizzati per stimare la qualità degli ammassi rocciosi secondo la classificazione RMR di BIENIAWSKI (1989) da cui è risultato che i Calcari di Ubaga risultano di qualità scadente (classe IV), le

Quarziti di Monte Bignone di qualità discreta (classe III) mentre i litotipi conglomeratici presentano una qualità buona (classe II).

4.3 Sondaggi geognostici

Al fine di valutare lo spessore del deposito di frana sono stati utilizzati i dati relativi a tre sondaggi geognostici: due a carotaggio continuo (S1 ed S2 in fig. 4), ubicati nella porzione inferiore del versante (quota 230 m) ed uno a distruzione di nucleo (S3 in fig. 4), ancora più in basso rispetto ai precedenti (quota 155 m).

Le stratigrafie dei sondaggi a carotaggio continuo hanno messo in evidenza la presenza del tetto del substrato roccioso ad una profondità compresa fra 12 m (S1) e 16,5 m (S2).

Lo spessore del corpo detritico attribuibile alla frana "della Liggia", costituito da trovanti e blocchi rocciosi immersi in una matrice sabbioso-limosa con frequente presenza di vuoti o cavità varia, tuttavia, da 7,5 metri (S1) a 12,8 metri (S2). Al disotto è stato rinvenuto un deposito di natura differente, costituito da materiale lapideo spigoloso di dimensioni centimetriche immerso in matrice limosa e/o argillosa, con spessore variabile da 3 m (S2) a 5 m (S1).

Il sondaggio S1 ha messo in evidenza che i Calcari di Ubaga possono essere interessati, localmente, ma per spessori notevoli (4 m), da condizioni di notevole fratturazione ed alterazione (in particolare tali condizioni sono state rinvenute fra 12 e 16 m di profondità). Il sondaggio S2, non lontano dal precedente, ha invece mostrato, al disotto del deposito detritico più fine (al disotto di 16,5 m di profondità), la presenza del substrato roccioso (ancora costituito dai calcari di Ubaga) in buone condizioni.

La stratigrafia del sondaggio a distruzione di nucleo (S3) ha evidenziato la presenza di un corpo detritico di spessore pari a circa 4,5 m, ancora costituito da grandi blocchi rocciosi immersi in una matrice ghiaioso-sabbiosa con limo, che sovrasta il substrato roccioso fratturato ed alterato (per uno spessore di circa 1 - 1,5 m) al disotto del quale è stato rinvenuto il substrato roccioso sano (Calcari di Ubaga).

STAZIONI	stratificazione (s)		fratture (f)					
	giacitura	spaziatura (cm)	f1		f2		f3	
			giacitura	spaziatura (cm)	giacitura	spaziatura (cm)	giacitura	spaziatura (cm)
A (Calcarei di Ubaga)	240/40	60	55/20	20	330/80	15	-	-
B (Calcarei di Ubaga)	2/24	20	145/64	45	102/58	15	178/74	30
C (Quarziti di M. Bignone)	230/62	50	334/28	60	240/65	60	-	-
D (Quarziti di M. Bignone)	244/64	30	145/68	20	50/66	15	-	-
E (Conglomerati)	238/35	60	135/52	> 200	45/33	> 200	-	-

Tab. 1 Orientazione e spaziatura dei principali sets di discontinuità nelle diverse stazioni di rilevamento geo-strutturale.

4.4 Sismica a rifrazione

Al fine di ottenere informazioni sullo spessore della coltre detritica e sulle caratteristiche del substrato roccioso nelle zone situate nella parte alta del versante è stata eseguita un'indagine sismica a rifrazione (fig. 4). È stato utilizzato un sismografo "Dolang" a 12 canali con geofoni da 8 Hz per una lunghezza totale del profilo pari a 48 m.

Dall'elaborazione dei risultati, sulla base del diagramma tempi-distanze delle dromocrone coniugate, è stato individuato un primo strato, con spessore variabile tra 1,2 e 1,5 m e velocità di 310 m/s, con caratteristiche compatibili con quelle di una coltre colluviale sciolta, asciutta ed a granulometria tendenzialmente fine. Un secondo strato, con spessore variabile da 7,4 m (S in fig. 4) a 13,8 m circa (S' in fig. 4), caratterizzato da una velocità delle onde sismiche pari a 805 m/s, è stato associato al substrato roccioso in condizioni di elevata fratturazione e/o alterazione. Al di sotto di tale orizzonte si è riscontrata una velocità delle onde sismiche pari a 2007 m/s, caratteristica del substrato roccioso dotato di buone caratteristiche geomeccaniche.

5. L'ANALISI DELLA CARTOGRAFIA STORICA ED IL CONFRONTO CON LE CONDIZIONI ATTUALI

Un notevole aiuto nello studio dell'evento franoso è stato fornito dall'analisi della cartografia storica. Le ricerche effettuate durante la fase preliminare hanno infatti permesso di verificare la disponibilità, per l'area coinvolta in tale evento, di informazioni di estremo dettaglio topografico derivanti dalle "Minute di campagna dei rilevamenti per la «Carta Topografica degli Stati di Terraferma di S.M. il Re di Sardegna» alla scala 1:20.000" (1827/29). L'orografia è rappresentata con la tecnica dello sfumo a luce obliqua e la precisione del disegno, che riporta addirittura i terrazzamenti, fornisce

l'impressione delle curve di livello (QUAINI, 1986).

L'attendibilità delle informazioni geografiche riportate sulla carta storica è, comunque, stata accertata mediante il confronto con la C.T.R. a scala 1:5.000 (REGIONE LIGURIA, 1999), previo ingrandimento della prima e sovrapposizione delle mappe. Il confronto fra gli elementi morfologici principali desunti dalle due carte topografiche, al di là di minime differenze, ha permesso di verificare, in linea generale, un ottimo accordo fra esse (fig. 5 e 6).

La precisione ed il dettaglio della mappa storica risultano addirittura sorprendenti se si considera la scarsità di mezzi a disposizione per i rilevamenti dell'epoca. Essa consente, dunque, di apprezzare con notevole dettaglio gli elementi morfologici principali (spartiacque principali, secondari, corsi d'acqua) e l'utilizzo del suolo nell'area che, dopo soli tredici anni dalla sua redazione, sarà coinvolta nel disastroso evento franoso (fig. 6). In particolare l'analisi della carta storica ed il confronto con la C.T.R. hanno permesso di rilevare alcune differenze sotto i profili morfologico, idrografico e di uso del suolo nell'area successivamente interessata dalla "frana della Liggia":

- alcuni corsi d'acqua in sponda destra del Rio Ligia (ed in particolare quelli denominati t3 e T in fig. 5), il cui percorso è chiaramente desumibile dalla carta storica, non sono più identificabili nella morfologia attuale (fig. 6); l'unica traccia di essi è costituita da un impluvio fra le quote 375 m e 225 m (fig. 6);
- l'andamento dei crinali secondari di NE e di SW (c1, c2 e c4 in fig. 5), ortogonali al crinale principale passante per la vetta del M. Tirasso (C), rimane invariato. Del crinale secondario centrale (c3 in fig. 5) non rimane praticamente traccia nell'attuale morfologia mentre, per quanto riguarda l'area a SW di quest'ultimo (compresa fra il crinale secondario sud-occidentale c4 ed il corso d'acqua

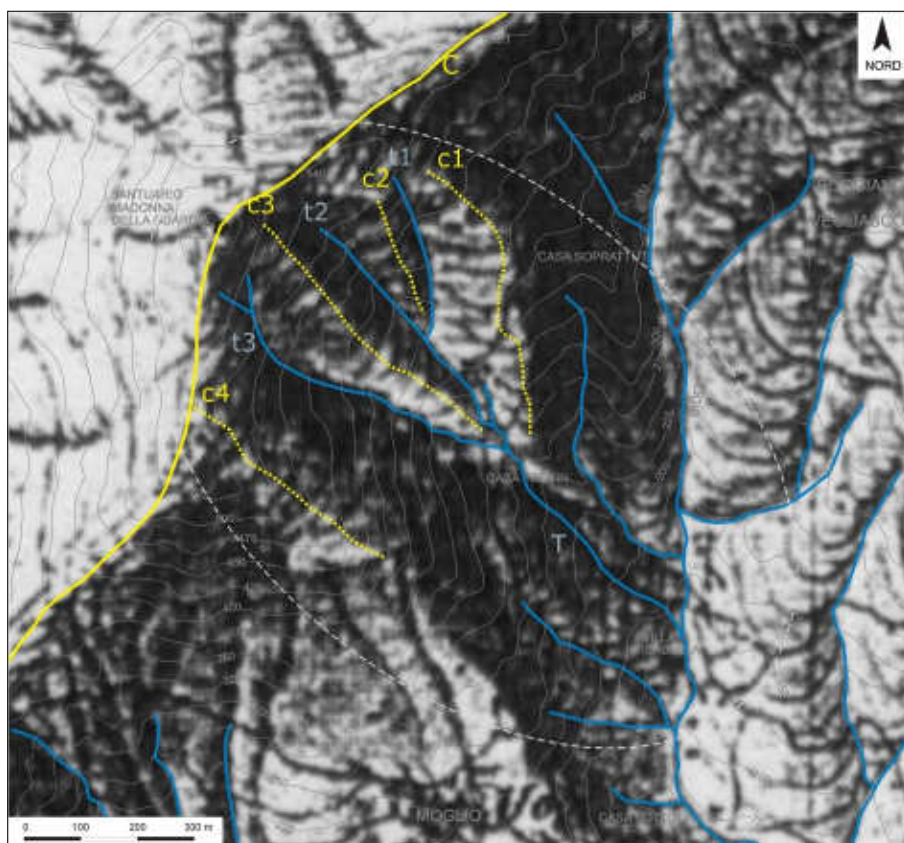


Fig. 5 - Rappresentazione pre-evento della topografia e degli elementi morfologici principali dell'area di studio. Base cartografica da "Minute di campagna dei rilevamenti per la "Carta Topografica degli Stati di Terraferma di S.M. il Re di Sardegna" (1827/29); stralcio ingrandito dalla scala 1:20.000, sul quale sono riportate (in grigio) le isoipse dedotte dalla C.T.R. alla scala 1:5.000 (equidistanza 25 m). Sulla mappa storica sono riportati: l'area interessata, nel 1842, dalla "frana della Liggia" (tratteggio grigio); il crinale (C) passante per la vetta del M. Tirasso (linea gialla); i crinali secondari (c1, c2, c3, c4) del versante sud-orientale del M. Tirasso (puntinato giallo); il reticolo idrografico con l'indicazione dei rami di interesse ai fini dello studio (t1, t2, t3, T).

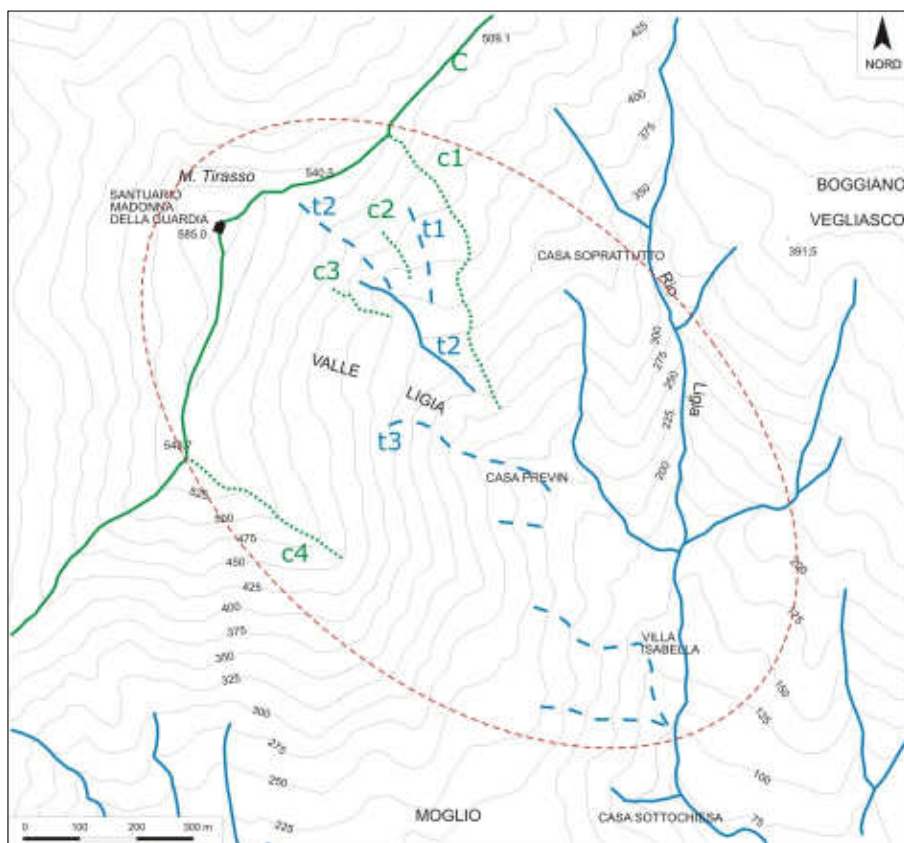


Fig. 6 - Rappresentazione post-evento della topografia e degli elementi morfologici principali dell'area di studio. Sono riportate le isoipse dedotte dalla C.T.R. alla scala 1:5.000 (equidistanza 25 m). Sono stati riportati: l'area interessata, nel 1842, dalla "frana della Liggia" (tratteggio rosso); il crinale (C) passante per la vetta del M. Tirasso (linea verde); i crinali secondari (c1, c2, c3, c4) del versante sud-orientale del M. Tirasso (puntinato verde); il reticolo idrografico (linee azzurre) ed i principali impluvi (tratteggio azzurro) con l'indicazione dei rami di interesse ai fini dello studio (t1, t2, t3).

t3), sembrerebbero essere intervenute modifiche nel profilo della parte alta del versante che da convesso (fig. 5) diverrebbe, allo stato attuale, concavo (fig. 6);

- dalla mappa storica risulta evidente che la porzione di versante posta a SE della vetta del M. Tirasso è caratterizzata, come la maggior parte della zona circostante, da terrazzamenti (fig. 5).

6. DISCUSSIONE DEI RISULTATI

L'insieme dei risultati delle indagini effettuate ha permesso di:

-individuare gli elementi morfologici principali della frana (fig. 7), fino ad oggi non definiti nel dettaglio;

-fornire un'interpretazione sotto il profilo geologico dell'area interessata dalla "frana della Liggia" attraverso l'elaborazione di sezioni geologiche in scala 1:2.000 (fig. 8);

-tracciare un quadro delle cause e fornire un'ipotesi interpretativa in merito alla dinamica dell'evento franoso.

Di seguito vengono discussi brevemente tali aspetti.

6.1 Elementi geologici e geomorfologici della "frana della Liggia"

In figura 7 sono riportate le informazioni ottenute dai rilevamenti di superficie. In figura 8 sono riportate le sezioni geologiche interpretative elaborate sulla base dei rilevamenti di superficie e dei dati provenienti dalle indagini geognostiche (sondaggi e sismica a rifrazione). Le figure 7 e 8 forniscono un quadro dell'assetto strutturale dell'area e permettono di apprezzare gli elementi morfologici principali della frana. Per quanto riguarda l'assetto geologico strutturale le figure 7 e 8 evidenziano la presenza, nella parte alta del versante, di una serie di pieghe con assi orientati circa NW - SE che coinvolgono i Calcari di Ubaga, i conglomerati mediani e basali e le Quarziti di M. Bignone. In questa zona l'assetto strutturale è complicato anche per la presenza di faglie orientate circa NNW-SSE (MARINI, 1989b). Nelle zone adiacenti l'accumulo di frana della parte media ed inferiore del versante, dove affiorano i Calcari di Ubaga, l'immersione degli strati è, prevalentemente, verso i quadranti sud-occidentali.

Come si può osservare in figura 7 le nicchie di distacco, per l'identificazione delle quali è stata di grande aiuto l'analisi della cartografia storica, raggiungono la quota di 550 m. Il deposito si rinviene su gran parte delle pendici sud-orientali del M. Tirasso fra le quote 500 m e 106 m. Nella parte alta del versante (fra 500 m e 400 m), che presenta un'acclività superiore al 50%, l'accumulo presenta una larghezza complessiva di circa 200 m, uno spessore assai ridotto (1,2 - 1,5 m) ed è costituito da un corpo detritico a granulometria tendenzialmente fine (fig. 8, sez. 1 - 1'). Sulla base delle osservazioni riportate al paragrafo 5 e confermate dai rilievi svolti sul terreno, sembrerebbe che anche la porzione del versante posta leggermente a S rispetto alla precedente (fig. 7), sia stata coinvolta nel movimento ma allo stato attuale, non disponendo di dati provenienti da indagini geognostiche, non ve ne è la certezza. A favore di tale ipotesi vi sono, comunque, i risultati del censimento dei blocchi rocciosi presenti all'interno dell'accumulo, che hanno evidenziato un'elevata percentuale di conglomerati, la cui area di affioramento pare limitata alla porzione meridionale del versante sud-orientale del M. Tirasso (fig. 2). Questo secondo corpo detritico, secondo l'interpretazione riportata nelle figure 7 e 8 confluirebbe nella Valle Liggia fra le quote 350 e 425 m. Il corpo detritico principale, nella parte intermedia (fra 400 m e 280 m) ed inferiore del versante (fra 280 m e 106 m), occupa, seppure parzialmente, l'originario impluvio della Valle Liggia (fig. 8, sez. 2 - 2' e 3 - 3') ed è costituito da blocchi lapidei con dimensioni fino ad alcuni metri immersi in una matrice medio-fine. Sembra possibile ipotizzare che la porzione inferiore dell'accumulo, dove le dimensioni dei blocchi non sembrano superare il metro, sia stata oggetto di rimaneggiamenti connessi alla recente urbanizzazione. Lo spessore del corpo detritico varia, dunque, da 1-1,5 metri nella parte superiore del versante a oltre 10 m nella porzione inferiore (par. 4.3, par. 4.4 e fig. 8, sez. 4 - 4'). Come evidenziato dai sondaggi geognostici esso risulta, in alcuni punti, sovrapposto alle coltri più antiche, di natura eluvio-colluviale, il cui spessore può raggiungere e forse anche superare, localmente, 5 m.

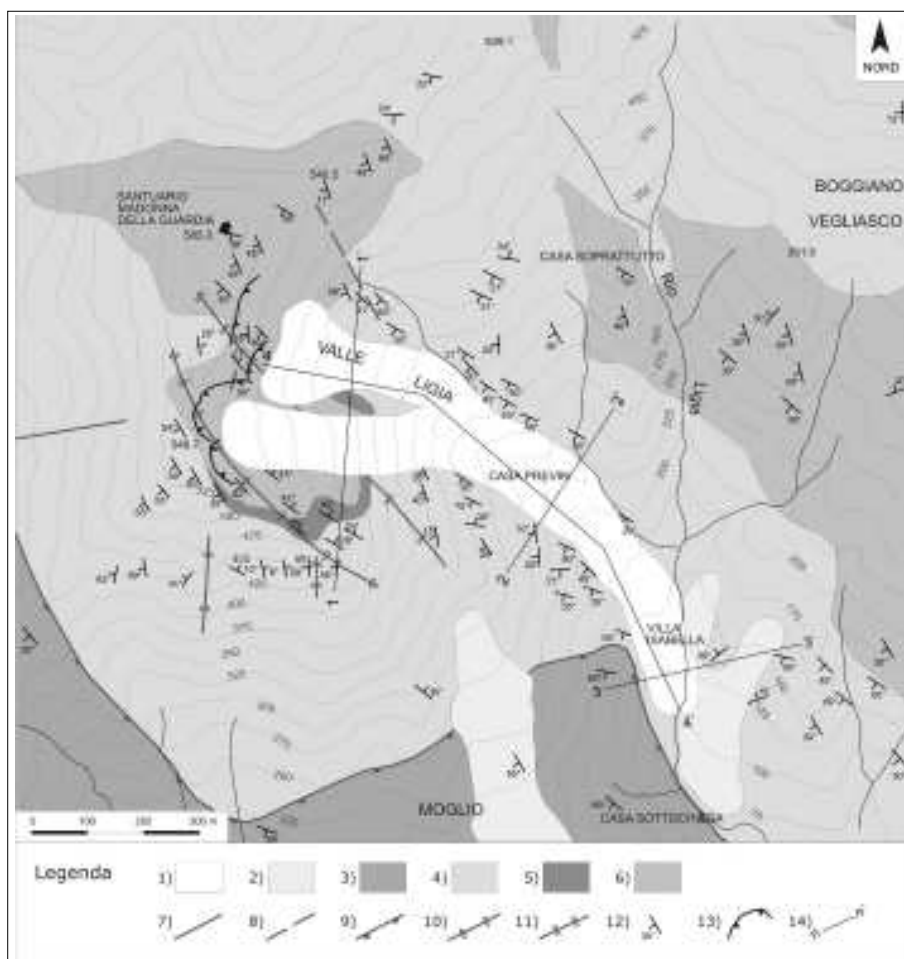


Fig. 7 - Carta geologica dell'area interessata dai movimenti gravitativi con indicazione degli elementi morfologici principali della "frana della Ligia". Legenda: 1) accumulo "frana della Ligia"; 2) coltri detritiche (spessore >3 m); 3) Peliti di Moglio; 4) Calcari di Ubaga; 5) conglomerati mediani e basali; 6) Quarziti di M. Bignone; 7) faglie; 8) faglie presunte; 9) contatti tettonici; 10) assi di pieghe antiformi; 11) assi di pieghe sinformi; 12) giaciture degli strati (polarità indistinta); 13) cigli di distacco "frana della Ligia"; 14) tracce di sezioni geologiche.

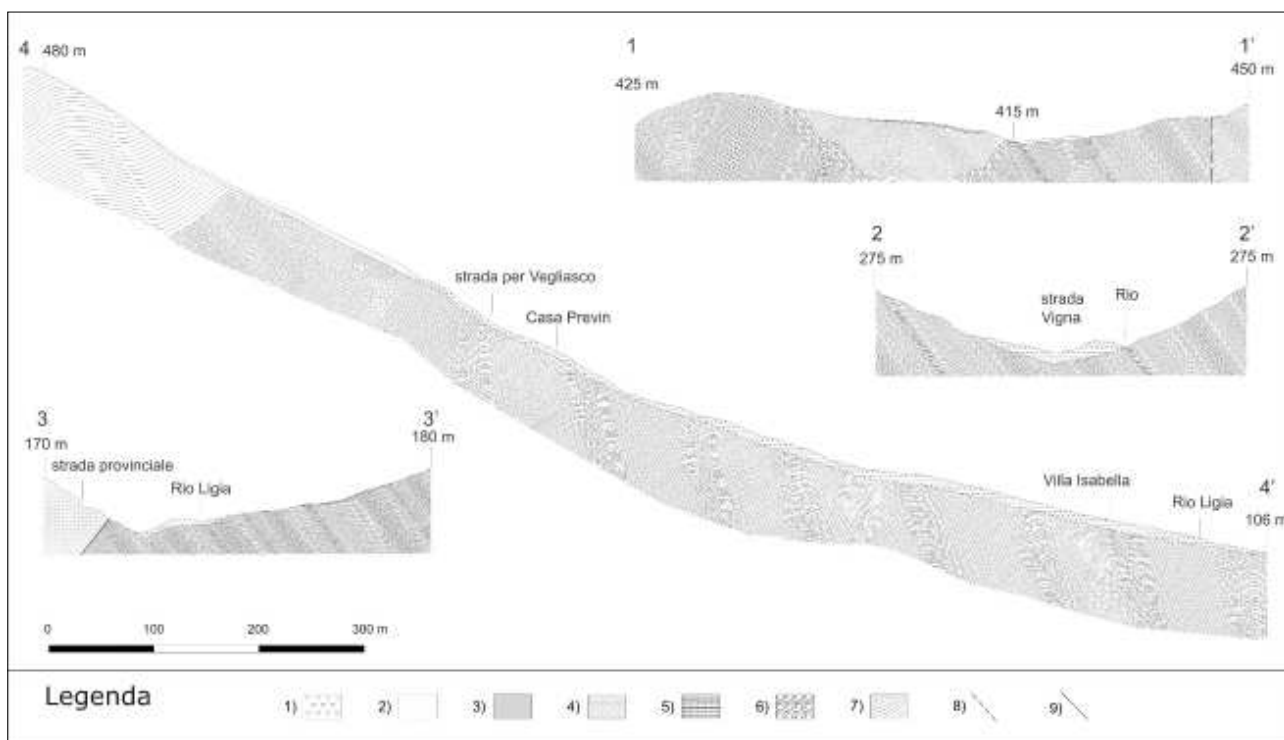


Fig. 8 - Sezioni geologiche dell'area interessata dalla frana della "Ligia". Legenda: 1) coltri detritiche grossolane; 2) coltri detritiche fini; 3) coltri detritiche a granulometria indistinta; 4) Peliti di Moglio; 5) Calcari di Ubaga; 6) conglomerati mediani e basali; 7) Quarziti di M. Bignone; 8) faglie presunte; 9) contatti tettonici.

La volumetria dell'accumulo principale attribuito alla frana, sulla base delle risultanze delle indagini geognostiche, è stimabile in circa 656000 m³ di materiale. E' verosimile ipotizzare che, successivamente all'evento, i fenomeni erosivi operati dalle acque superficiali, abbiano determinato l'erosione di alcune porzioni dell'accumulo, in particolare di quelle situate nella porzione medio-inferiore dello stesso (fig. 8, sez. 2-2').

6.2 Cause e dinamica dell'evento franoso

Relativamente alle cause predisponenti il movimento è necessario precisare che anche in questo caso, come spesso accade, diversi sono i fattori che possono aver giocato un ruolo importante. Fra essi, in particolare:

- l'assetto geologico-strutturale della porzione sommitale del versante, contraddistinto dalla presenza di pieghe e faglie;
- i fattori geomeccanici, ed in particolare la qualità, non elevata, degli ammassi rocciosi coinvolti nonché la differenza (relativa) di comportamento meccanico fra i Calcari di Ubaga e le Quarziti di M. Bignone (tendenzialmente più deformabili i primi, più rigide le seconde);
- i fattori idrogeologici, poiché la ricchezza di sorgenti a varie quote lungo il versante testimonia una circolazione idrica attraverso un reticolo di fratture ben sviluppato anche in profondità;
- i fattori geomorfologici, con specifico riferimento all'elevata acclività della porzione sommitale del versante sud-orientale del M. Tirasso.

Dalla lunga lista delle cause predisponenti sembra di poter escludere il fattore antropico in quanto la situazione precedente l'evento, come risulta dalla mappa storica, ritrae il versante in buono stato di conservazione ed interamente terrazzato (fig. 5).

Al fine di determinare le cause scatenanti l'evento che, nella maggior parte dei casi possono ricondursi, oltre a quelle "dolose" di origine antropica, a vibrazioni indotte da attività sismica o ad eventi meteorici di forte intensità o lunga durata, è stata effettuata una ricerca inerente i terremoti storici occorsi nella Liguria Occidentale. Benché dal "Catalogo dei Forti Terremoti in Italia" (BOSCHI *et al.* 2000) sia emerso che, relativamente al

XIX secolo, la Liguria Occidentale è stata colpita perben cinque volte in circa settant'anni da eventi sismici significativi (1818, 1819, 1831, 1854 e 1887, tutti con $M_e > 5.2$), non risultano eventi direttamente correlabili, in termini temporali, con l'insacco della frana della "Liggia". Si può, tuttavia ritenere che l'evento del 1831 ($M_e = 5.4$), verificatosi 11 anni prima dell'evento franoso, possa aver avuto un ruolo come causa lontana ma preparatoria contribuendo, attraverso le lunghe sequenze di scosse (che durarono diversi mesi) al peggioramento della qualità degli ammassi rocciosi, in particolare accentuandone lo stato di fratturazione. Con buona probabilità, negli anni successivi, l'alterazione degli ammassi rocciosi proseguì anche a causa dell'aumento della circolazione idrica all'interno del reticolo di fratture. Alla luce delle considerazioni sopra esposte e della documentazione storica analizzata, pur in assenza di dati in merito al verificarsi di precipitazioni di forte intensità, si ritiene probabile che l'evento possa essere stato innescato da condizioni meteorologiche particolarmente avverse, come ipotizzato da CAROSSINO (1992).

La frana interessò il substrato roccioso fratturato con meccanismi forse riconducibili a quelli dei "block slides" (VARNES, 1978; HUTCHINSON, 1988) nella porzione di versante sottostante il Santuario Madonna della Guardia fra le quote 275 m e 550 m determinando la scomparsa di un intero crinale secondario (crinale c3 in fig. 5). E' verosimile ritenere che le superfici di debolezza sulle quali si originò il movimento fossero impostate nei Calcari di Ubaga, di qualità scadente (vedi par. 4.2); i conglomerati mediani e basali e le Quarziti di M. Bignone, geometricamente sovrastanti, furono coinvolti "passivamente" nell'evento franoso in quanto privati dell'appoggio alla base. Il materiale mobilitato, costituito da blocchi rocciosi eterometrici, da detriti e da materiale più fine derivante dalle antiche coperture eluviali rimaneggiate, andò ad occupare parzialmente la Valle Liggia, causando la scomparsa del principale affluente di destra del Rio Liggia (T in fig. 5) e, propagandosi con meccanismi analoghi a quelli di un "debris flow", raggiunse il fondovalle del Rio Liggia fino a quota di circa 100 m.

A tale evento principale può ricondursi il "boato" avvertito dai testimoni (par. 2). E' possibile che anche altre porzioni di versante, fra cui quella posta leggermente più a S della precedente (area compresa fra il torrente t3 ed il crinale secondario c4 in fig. 5) siano state mobilizzate ma con meccanismi differenti, forse riconducibili a quelli tipici delle frane della coltre superficiale indotte da precipitazioni (debris flow e soil slip). A queste differenti tipologie di evento potrebbero ricondursi le testimonianze dell'epoca secondo le quali "le case lentamente scivolavano a valle ...".

7. CONCLUSIONI

Il caso analizzato ha evidenziato il notevole aiuto che può fornire l'analisi della cartografia storica nello studio della dinamica dei versanti e, più in generale, mette in luce l'importanza che lo studio della documentazione storica può rivestire nella soluzione di problematiche connesse con l'attività professionale del geologo. Nel caso specifico lo studio della cartografia storica ed il confronto con la C.T.R. alla scala 1:5.000 ha permesso di individuare le modificazioni morfologiche ed idrografiche verificatesi nell'area situata in prossimità del M. Tirasso, il cui versante sud-orientale fu interessato, il 19 marzo 1842, da un evento franoso assai noto in ambito locale ("frana della Liggia"). In particolare è stato possibile definire con buon grado di dettaglio le porzioni di versante coinvolte nel movimento franoso ed individuare, anche attraverso l'integrazione fra i dati dedotti dalla documentazione storica, quelli provenienti dalle indagini geognostiche ed i rilevamenti svolti sul terreno, gli elementi morfologici principali della frana, in gran parte obliterati dalle modifiche naturali ed antropiche intercorse dal 1842 ad oggi. L'insieme dei dati raccolti ha consentito, inoltre, di effettuare una prima stima di massima delle volumetrie coinvolte, di effettuare alcune considerazioni in relazione alle probabili cause dell'evento nonché di proporre un'ipotesi interpretativa in merito alla dinamica dello stesso.

CITAZIONI BIBLIOGRAFICHE

BIENIAWSKI Z.T.(1989) - *Engineering Rock Mass Classification*. John Wiley & Sons, New York.

BOGLIOLO G., CAROSSINO A., OTTONELLO M., PELLE A., QUARTARA L., RAPA D., SCHIVO G.(1993) - *Cara, vecchia Moglio. Scritti e immagini di un antico borgo*. Circolo Ricreativo Mogliese.

BOSCHI E., GUIDOBONI E., FERRARI G., MARIOTTI D., VALENSISE G. & GASPERINI P.(eds.) (2000). *Catalogue of strong Italian earthquakes*. Ann. Geofis., 43 (4), 268 pp. con database su CD-ROM.

CAROSSINO A. (1992) *A 150 anni dalla frana*. In: "Gente di Riviera", marzo 1992.

GALBIATIB. (1984) *L'Unità di Borghetto d'Arroscia-Alassio*. Mem. Soc. Geol. It., 28, 181-210.

GALBIATIB. (1990) *Le successioni flyschoidi*. In: Vanossi M. (a cura di): *Guide Geologiche Regionali - Alpi Liguri*. Soc. Geol. It., Be-Ma Ed., 29-32.

GALLO I.R.(1888) *Storia della città di Alassio dalle origini al 1815*. Tipografia G. Esposito, Chiavari.

HUTCHINSON J.N. (1988) *General report: morphological and geotechnical parameters of landslides in relation to geology and hydrogeology*. Proc. 5th Int. Symp. on Landslides (Lausanne).

MARINI M.(1989a) - *Considerazioni sulle associazioni di litofacies marnoso-argillose terziarie diffuse nella zona dei flysch della Liguria occidentale (Valle Arroscia)*. Boll. Soc. Geol. It., 108, 83-103.

MARINI M.(1989b) *Carta geologica di parte delle Valli Arroscia e Lerrone (Alpi Marittime liguri)*. Boll. Soc. Geol. It., 108, 83-103.

Minute di campagna dei rilevamenti per la «Carta Topografica degli Stati di Terraferma di S.M. il Re di Sardegna» alla scala 1:20.000" (1927/29), Firenze, Istituto Geografico Militare, cart. 32, doc.253. Foglio 13, Alassio-Villanova, 1829, firmato cap. Albert.

PELLEA. (1991) *Fonte Bromassi*. In "L'Alassino", 19-21.

QUAINIM. (1986) *Dalla cartografia del potere al potere della cartografia*. In: Quaini M. (a cura di): *Carte e cartografi in Liguria*; Sagep Editrice, Genova.

REGIONE LIGURIA(1999) *Carta Tecnica Regionale. Elemento 245142 Moglio*.

VANOSSI M., CORTESOGNO L., GALBIATI B., MESSIGA B., PICCARDO G. B. & VANNUCCI R. (1984) *Geologia delle Alpi Liguri: dati, problemi, ipotesi*. Mem. Soc. Geol. It., 28, 5-75.

VARNES D.J. (1978) *Slope movement type and processes*. In: Schuster R.L. & Krizek R.J. (Eds) "Landslides analysis and control". Transportation Research Board, Special Rept. 176, Nat. Acad. of Sciences, pp. 11-33.