

La Lama di Corniglio (Appennino parmense), riattivata negli anni 1994-1999^(*)

Gianfranco LARINI⁽¹⁾, Claudio MALAGUTI⁽¹⁾
Maurizio PELLEGRINI⁽²⁾, Claudio TELLINI⁽³⁾

Riassunto. *La Lama* di Corniglio corrisponde ad un vasto corpo di frana che, nel corso degli ultimi 400 anni, ha ripetutamente interessato il versante su cui sorge l'abitato di Corniglio (700 m s.l.m.), antico borgo medioevale dell'alta Val Parma. Riattivazioni dell'intero litosoma di frana sono documentate storicamente nel 1612, 1740 e 1902, ma la frana esisteva sicuramente anche in epoche precedenti, come testimoniato dall'estimo catastale del

1559, nel quale è citato il termine *La Lama*. Le attuali dimensioni della frana, dopo la riattivazione del 1994, sono notevoli: oltre 3000 m di lunghezza, 1100 m di larghezza ed una profondità massima della superficie di rottura che raggiunge i 120 m. La zona di coronamento è sviluppata alla quota di 1150 m, mentre il piede dell'accumulo si trova a 550 m, in prossimità dell'alveo del Torrente Parma. L'area è caratterizzata da una piovosità media annua di 1500 mm. Dopo un periodo di quiescenza durato quasi un secolo, nel novembre 1994 si è registrata una ripresa del movimento, che è ascrivibile a frana del tipo intermittente, caratterizzata da cinematica lenta e con riattivazioni all'incirca ogni secolo. I meccanismi di rottura hanno portato alla formazione di superfici rotazionali e roto-traslative multiple, accompagnate da colate di terra nei primi 20 m di spessore (frana complessa e composita); gli ammassi di terreno, coinvolti dagli spostamenti maggiori, assommano a circa $200 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Dagli anni '20, durante la fase di quiescenza successiva all'evento del 1902, la zona fu sottoposta a sistemazioni idrauliche e forestali. Agli inizi degli anni '70 si diede avvio alla costruzione di numerosi fabbricati, che nel 1994 ammontavano rispettivamente a 70 edifici residenziali e 5 industriali. Gli spostamenti misurati in occasione delle ripetute riattivazioni del periodo 1994-99 evidenziano che il corpo di frana ha subito una traslazione complessiva, nella parte frontale (dove era sorta l'area urbanizzata), di circa 50 m, con conseguente parziale chiusura del sottostante alveo del T. Parma. Spostamenti centimetrici sono stati registrati, inoltre, lungo tutta la dorsale costituita da un flysch arenaceo (Arenarie di Ponte Bratica), posta sul fianco est del corpo di frana, con vettori di spostamento diretti sia verso il limitrofo solco vallivo del T. Bratica (verso est), sia verso il corpo di frana. In questa dorsale, laddove sorge anche il centro storico di Corniglio, la traslazione del corpo di frana principale (*La Lama*) ha determinato effetti di trascinalamento, in parti già interessate da scivolamenti di tipo rotazionale, con superfici di rottura profonde, caratterizzate da spostamenti di alcuni decimetri in concomitanza

^(*) Pubblicazione n. 2104 del GNDICI-CNR. Lavoro in parte eseguito, per i rilievi di campagna, nell'ambito dei Progetti di ricerca locali COFIN 1999: «*Immovimenti franosi quali indicatori dei cambiamenti climatici: esempi nell'Appennino emiliano e nelle Alpi Centrali*» (Coordinatore C. TELLINI), inserito nel Progetto nazionale: «*I movimenti franosi come indicatori di variazioni climatiche dal Tardiglaciale ad oggi*» (Coordinatore M. PANIZZA), e COFIN 1997: «*Morfoevoluzione dei fenomeni franosi nella Provincia di Parma ed effetti sul territorio*» (Coordinatore A. CLERICI), inserito nel Progetto nazionale: «*Risposta dei processi geomorfologici alle variazioni ambientali*» (Coordinatore A. BIANCOTTI). La presente Nota è frutto della collaborazione di tutti gli Autori, con il coordinamento di M. PELLEGRINI e C. TELLINI; l'inquadramento geologico e geomorfologico, in particolare, si deve principalmente a C. TELLINI; le caratteristiche della frana a M. PELLEGRINI, mentre i capitoli relativi al monitoraggio e agli interventi a G. LARINI e C. MALAGUTI.

⁽¹⁾ Regione Emilia-Romagna, Servizio Provinciale Difesa del Suolo di Parma, Via Garibaldi 75, 43100 PARMA; e-mail: spdspr1@regione.emilia-romagna.it

⁽²⁾ Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia, Largo S. Eufemia 19, 41100 MODENA; tel. 059 2055836; e-mail: mpellegr@unimo.it

⁽³⁾ Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Parma, Parco Area delle Scienze 157/A, 43100 PARMA; e-mail: claudio.tellini@unipr.it

d'ogni fase di riattivazione. Sono stati registrati vettori di spostamento, variabili sia nello spazio sia nel tempo e anche di segno opposto, in corrispondenza del medesimo tubo inclinometrico, in conseguenza dei diversi stati tensionali determinati dal corpo franoso della *Lama*. Le formazioni presenti al contorno del corpo di frana appartengono alle Successioni Liguri e Subliguri dell'Appennino Settentrionale e sono costituite da flysch calcarei (Unità di M. Caio) ed arenacei (Arenarie di Ponte Bratica), argilliti a struttura caotica (Argille e calcari, *Mélange* di Lago) e coperture detritiche quaternarie di varia origine. Tutte le formazioni sono costituite da «rocce deboli», a struttura e litologia complessa, fortemente deformate per tettonizzazione, soggette, pertanto, a rapidi ed intensi fenomeni di degradazione ed alterazione, fino ad assumere l'aspetto di coltri detritiche, a matrice prevalentemente argillosa e a struttura disordinata, con uno stato di consistenza che, in relazione al diverso contenuto d'acqua, può raggiungere quello plastico o liquido, consentendo la formazione di grandi colamenti in superficie. Le cause della frana vanno ricercate, pertanto, nel decadimento delle proprietà meccaniche degli ammassi rocciosi, a seguito dei processi di alterazione e, nel lungo termine, anche nella sismicità dell'area; nel breve termine, invece, le cause vanno ricercate nelle sottospinte idrauliche, conseguenti a precipitazioni di particolare intensità. Tutta l'alta Val Parma è caratterizzata da numerose frane, spesso di grandi dimensioni, la cui evoluzione cinematica è anche connessa ai processi morfoclimatici di ambiente periglaciale, ai quali è stata soggetta l'area nel tardo Pleistocene, essendo documentate almeno due glaciazioni che hanno determinato le condizioni per una profonda alterazione dei litotipi affioranti e la formazione di cospicui depositi di versante. Sulla base dell'esame di una serie di foto aeree riprese a partire dal 1954, è descritta l'evoluzione della frana negli ultimi 40 anni e durante le riattivazioni del 1994-96 e del 1997-99, evidenziando che il suo corpo di frana non ha mai raggiunto condizioni generali di equilibrio. La nota descrive le indagini geognostiche e i sistemi di monitoraggio utilizzati per la ricostruzione delle caratteristiche geometriche interne e di quelle cinematiche: sondaggi meccanici, sismica a rifrazione, tubi inclinometrici, piezometri e rilevamenti topografici. Parte del sistema di monitoraggio è stato utilizzato per gli interventi di protezione civile. Gli interventi sino ad ora eseguiti sulla grande frana, non certo consolidabile a costi ragionevoli, sono stati quasi tutti finalizzati ad eliminare situazioni di rischio, compreso quello idraulico sul T. Parma, a seguito dello sbarramento del suo alveo da parte della frana. Interventi di consolidamento, per drenaggio (pozzi, dreni suborizzontali di 100 m, ecc.), sono stati effettuati presso il capoluogo, dove deformazioni lente e di debole intensità interessano l'Arenaria di Ponte Bratica, caratterizzata da un elevato grado di permeabilità. L'analisi dei costi, conseguenti al franamento e pari a 46 miliardi di Lire italiane, dimostra che la maggior parte di questa cifra è stata impiegata per la

delocalizzazione delle opere edilizie e di opere di urbanizzazione create sul corpo di frana negli ultimi 30 anni.

[Parole chiave: *Frane, Cause, Rischio, Centri abitati instabili, Appennino Settentrionale*].

Abstract [The ancient Corniglio landslide which resumed activity in the years 1994-1999 (Northern Apennines, Province of Parma, Italy)]. *The Corniglio landslide (Northern Apennines, Province of Parma, Italy) is a large mass movement which has affected the old village of Corniglio (700 m a.s.l.), a medieval hamlet, on several occasions during the past 400 years. Global reactivations of this landslide were historically recorded in the years 1612, 1740 and 1902, but the evidence collected shows that other movements had occurred in previous times, as documented also in the land registry of 1559, in which the term Lama (usually corresponding to earth flow) is reported. Its present dimensions are considerable: over 3000 m long, 1000 m wide and up to 120 m deep, stretching from an altitude of 1150 m a.s.l. to 550 m, in correspondence with the Torrent Parma riverbed, in an area characterised by an annual mean rainfall of 1500 mm. After a long period of dormancy lasting nearly a century, in mid-November 1994 this vast landslide, classified as a slow, intermittent, complex and composite landslide, resumed its activity striking once more the village of Corniglio. The movement is still in progress today, furthermore threatening the buildings and infrastructures located along the slope. The landslide, which has developed within arenaceous and calcareous flysches overlying chaotically arranged clay shales and limestones, consists of multiple rotational-translational slides in the upper and middle portion and translational slides in the toe portion, associated with earth flows (up to 20 m in depth). The total volume of the rock and soil masses affected by displacements is about $200 \cdot 10^3 \text{ m}^3$. During the dormant phase following the event of 1902, several hydraulic and forestry consolidation works were carried out along the slope in the 1920s and 1930s. A new phase of urban development started in the early 1970s and continued until 1994, with the construction of some 70 new houses and 5 industrial buildings, mostly built on the old landslide accumulation zone. The displacements measured during two recent reactivations occurring in the 1994-96 period showed that the landslide frontal part has undergone a displacement of about 50 m, with consequent partial damming of the R. Parma riverbed. Moreover, displacements of some centimetres have been recorded along the whole ridge made up of an arenaceous flysch bounding the eastern landslide flank, with displacement vectors pointing both to the T. Bratica (eastward) and to the landslide body. Indeed, on this highly fractured arenaceous formation on which the village of Corniglio rises, the main landslide movement has also caused dragging effects, with deep-seated rotational failure*

surfaces and displacements up to some decimetres recorded in concomitance with each reactivation. Displacement vectors, variable both in space and time and even of opposite directions, have been recorded within the same inclinometer, following the different tension states determined by the main landslide body. The formations bounding the landslide body belong to the Ligurian and Subligurian Sequences of the Northern Apennines and are made up of calcareous (Mt. Caio Unit) and arenaceous (Arenarie di Ponte Bratica) flysches, chaotically arranged clay shales (Argille e calcari, Mélange di Lago) and Quaternary slope deposits of various origin. All the rock types cropping out in the study area are highly tectonized, lithologically and structurally complex formations («weak rocks»). They are therefore subject to intense and rapid weathering, turning eventually into clay-matrix debris covers. According to water content, their consistency can reach the plastic or even liquid state, thus causing large earth flows. The landslide causes are ascribable to a decrease of geomechanical parameters, owing to weathering processes and, in the long term, to seismic activity. In the short term, the causes of instability result instead from an increase of porewater pressures, after periods of intense rainfall. All the upper R. Parma valley is affected by several large landslides which are also connected to the Late Pleistocene morpho-climatic processes, when two glaciations (Riss and Würm) deeply altered the outcropping rock types with the formation of thick slope deposits. Finally, on the basis of detailed observations carried out on aerial photographs taken since 1954, the landslide evolution occurring in the past 40 years and during the 1994-96 and 1997-99 reactivations is described. According to the evidence collected during the investigations carried out in the past five years, the landslide body does not seem to have ever reached real conditions of equilibrium. In 1995, during a phase of dormancy, the following works were carried out: thousands of trees displaced by the landslide were cut down, new topographic mapping of the landslide body was performed, the runoff network was re-established, draining trenches were dug to a depth of 12 m and seismic investigations (refraction prospecting, down-hole, cross-hole tomography) were carried out. Early in 1996, after a 4.2 magnitude seismic shock hit the area, large new detachments occurred along rotational slip surfaces. In February 1996, the formation of tension cracks in the ground and fissures in several buildings and streets of the village followed mass re-mobilisation of the ancient landslide body. One inclinometer showed moderate deformations along the whole tube, up to its lowest extremity (80 m in depth). Monitoring equipment has been further improved with the setting up of fixed inclinometers and electric piezometers with automatic data acquisition to safeguard the most important built-up area. All the interventions so far carried out have been aimed at risk mitigation, including the T. Parma hydraulic risk resulting from the partial damming of its riverbed. Consolidation measures, consisting of drainage systems, were carried out near Corniglio, where slow and low-intensity displacements still affect the highly permeable Arenarie

di Ponte Bratica Formation. Most of the costs for the remedial measures (which roughly equal US\$ 20,000,000) have been utilised for interventions on the houses, storehouses and structures built on the landslide body during the past 30 years.

[Key words: Landslides, Geological Risk, Unstable inhabited areas, Northern Apennines, Italy].

1. INTRODUZIONE

La riattivazione della frana di Corniglio, nell'alto Appennino parmense, inizia nella seconda metà di novembre 1994, dopo due mesi d'intense precipitazioni (con oltre 700 mm di pioggia nel solo mese di settembre), tramite alcuni distacchi di tipo rotazionale nella zona di coronamento, lungo il fianco settentrionale di M. Aguzzo (1324 m). Si tratta di una delle tante grandi frane del versante padano dell'Appennino Settentrionale, spesso definite impropriamente «paleofrane», anziché più correttamente «quiescenti», per la loro attività intermittente che, nella maggior parte dei casi, è caratterizzata da periodi d'inattività che superano notevolmente la durata della vita umana, avendo tempi di ritorno secolari o plurisecolari (GARBERI et al., 1999).

L'abitato di Corniglio, capoluogo di Comune nella Provincia di Parma (fig. 1), sorge sul crinale di una ripida dorsale posta ortogonalmente alla valle del T. Parma, alla quota di 701 m s.l.m., ed è localizzato in un'area caratterizzata da precipitazioni e temperature medie rispettivamente comprese tra 1100÷1300 mm/anno e 10÷12°C (ROSSETTI, 1975), posta a breve distanza dal crinale appenninico, dove le massime culminazioni orografiche sono rappresentate dalle vette di M. Sillara (1861 m) e M. Orsaro (1831 m). La fig. 2 fornisce un inquadramento topografico schematico dell'area di Corniglio, riportando anche alcuni toponimi, che saranno ripetutamente citati nel testo.

Il nucleo storico di Corniglio, d'origine medievale come tanti altri centri abitati dell'Appennino emiliano, si è sviluppato su una piccola dorsale, relativamente più stabile rispetto alle aree circostanti, che ha accolto gran parte dello sviluppo edilizio fino ai primi anni '60 del XX secolo (con il quartiere denominato «Lumiera»). Alla fine del XIX secolo si era presentata la necessità di spostare il vecchio cimitero al di fuori del centro urbano: l'unica ubicazione possibile era la vasta area pianeggiante posta ad occidente del paese, in località Linari, costituita però dal corpo di una grande frana. Il nuovo cimitero, subito dopo la sua costruzione fu coinvolto dalla riattivazione del 1902; ciò era testi-

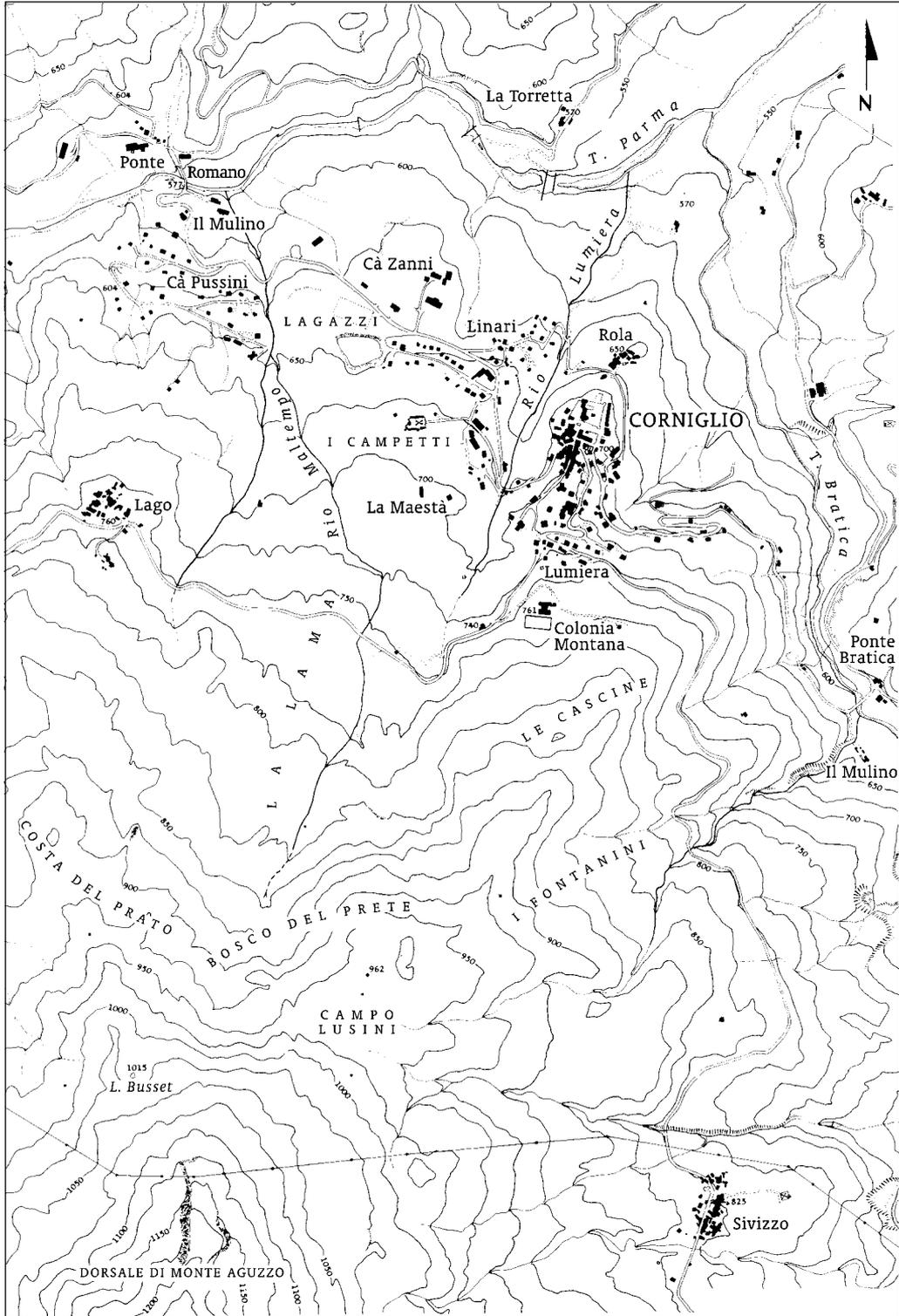


Figura 2. Carta di orientamento topografico e toponomastico.
Figure 2. Topography and toponymy orientation map.

precisa di quest'ultimo avvenimento si deve all'ALMAGIÀ (1907) che riporta una ricostruzione storica di tutti gli eventi noti in precedenza. La frana ha subito, infatti, riattivazioni complete nel 1612 e nel 1740: si tratta dunque di una frana intermittente che in poco meno di quattro secoli si è riattivata almeno quattro volte, con intervalli compresi tra 92 e 162 anni. Essa risulta, però, citata anche nel XVI secolo (ANONIMO, 1541-1559, in LOLLINO et al., 1999).

La frana, quasi certamente, si era riattivata anche in epoche antecedenti, poiché, in loco, si tramanda una leggenda, riferita al periodo alto-medievale, secondo la quale i Santi Lucio ed Amanzio (Patroni di Corniglio e ai quali è dedicata la piazza principale del paese), colà di passaggio lungo un diverticolo della Via Francigena, avrebbero invocato la frana quale punizione per l'ospitalità degli abitanti di Corniglio.

Dall'inizio di questo secolo la segnalazione della *Lama* di Corniglio nella letteratura geologica dell'Appennino parmense, spesso non è stata congruente sia con i vistosi effetti morfologici da essa lasciati nel paesaggio, sia con la notorietà assunta a causa della distruzione di vari beni a seguito della riattivazione completa del 1902. Sembra, inoltre, che col passare del tempo, e man mano che la massa di frana si assestava e recuperava un nuovo equilibrio, siano state sottovalutate alcune situazioni come, ad esempio:

a) i tempi di quiescenza di una massa franosa che occupava 200 ettari di superficie e con un volume che anche nel 1902, presumibilmente, superava i 100 milioni di m³;

b) nell'ambito del corpo di frana, alcuni settori minori, di perdurante instabilità, testimonianti stati di tensione o condizioni idrogeologiche particolari.

È pur vero che a quel tempo, ed anche successivamente, sino al 1995, nessuno poteva supporre che la frana avesse un volume del genere, poiché si ignoravano i dati sulla profondità della superficie di rottura, ma un dato reale era che l'area complessiva della *La Lama* era più ampia di quella riattivata negli anni 1994-1999.

Le ragioni di periodi, più o meno lunghi, di temporaneo oblio possono essere ricondotti a svariate ragioni, tra le quali si può immaginare la non funzionalità (delle frane) alle finalità di uno studio geologico e tettonico, oppure il tipo di metodologia e le tecniche usate nel rilevamento geologico stesso. Quando la Geologia del Quaternario e la Geomorfologia non erano discipline così consolidate come oggi, l'obiettivo principale dei rilevamenti geologici era la ricostruzione geometrica e cronostratigrafica delle formazioni di substrato e delle unità tettoniche; sotto questo

aspetto, molte coperture quaternarie costituivano un «fastidioso impedimento». Per quanto concerne la motivazione metodologica, si può affermare che sino agli anni sessanta praticamente si ignorava l'utilizzazione delle foto aeree, con le quali discriminare molti tipi di coperture, specialmente di origine gravitativa, rispetto alle rocce affioranti. In molti casi, quindi, le vecchie carte geologiche, come si vedrà più avanti, riportano in parte, o non riportano per niente, molte delle coperture detritiche quaternarie, fatta eccezione per i depositi morenici e alluvionali. Si deve, comunque, dare atto a qualche autore di essere stato particolarmente abile nell'estrapolare da coperture più o meno potenti contatti stratigrafici e tettonici che hanno resistito anche alla revisione geologica moderna.

Nel Foglio topografico I.G.M., alla scala 1:100.000, del 1881 le forme e soprattutto le testate di frana attive della *Lama* di Corniglio sono bene evidenziate dalla topografia, ma il Foglio Geologico 85 «Castelnovo ne' Monti» del 1891-92, redatto dal SACCO, non ne segnala la presenza e nemmeno la successiva revisione dello stesso Foglio, nel 1931-32, sempre curata dal SACCO (con il contributo di ANELLI, 1932), ripara alla dimenticanza.

La prima cartografia della grande frana si trova nella carta geologica alla scala 1:100.000 allegata alla tesi di Laurea di ANELLI (1905) redatta tre anni dopo la riattivazione: curiosamente nel piede di frana è compresa l'attuale area di Ca' Pussini, che nelle carte successive non è inclusa⁽⁵⁾.

Poco tempo dopo ALMAGIÀ (1907) tratta diffusamente della *Lama* di Corniglio, nel suo «classico» lavoro sulle frane d'Italia, ripercorrendone l'evoluzione storica e descrivendo la dinamica della riattivazione del 1902 e i conseguenti danni: l'estensione della grande frana è rappresentata in una carta dettagliata (fig. 3).

MARTELLI nel 1916, oltre a riprendere molte delle

⁽⁵⁾ Questa apparente incongruenza potrebbe non essere tanto strana e trovare spiegazione alla luce del percorso evolutivo della frana a qualche anno dalla riattivazione completa. Infatti, è prevedibile che anche al tempo del rilievo della tesi (1904-05) le colate del lato del Maltempo si sviluppassero considerevolmente e che, pur mantenendosi il piano di scivolamento della frana sempre in corrispondenza del corso d'acqua, la colata di terra ed anche il Rio Maltempo traccimassero oltre, invadendo l'area limitrofa, attualmente denominata Ca' Pussini. Questo fenomeno si è infatti verificato nell'inverno 1999, a quattro anni dalla completa riattivazione, ed è stato contrastato con mezzi meccanici, per salvaguardare le abitazioni a ridosso del Rio.

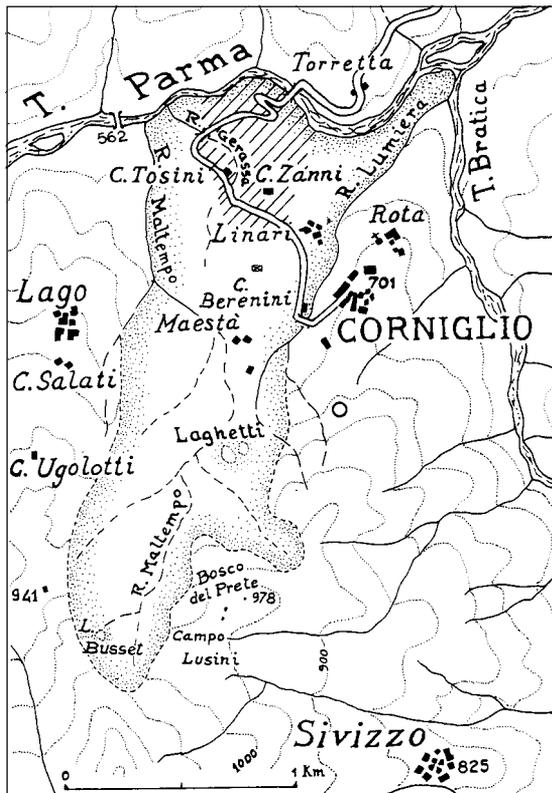


Figura 3. Planimetria della Lama di Corniglio, secondo ALMAGIÀ (1907, ridisegnata).

Figure 3. Plan view of La Lama di Corniglio, according to ALMAGIÀ (1907, redrawn).

osservazioni di ALMAGIÀ (1907), si sofferma sulle caratteristiche geologiche della zona, sulla cronologia dei movimenti e sulla morfologia della parte di coronamento e mediana dell'ammasso franoso: in funzione, soprattutto, della sistemazione idraulico-forestale, che sarebbe stata eseguita nel decennio 1920-1930 circa, a cura del Corpo Forestale dello Stato, presso il quale si conservano i progetti e un'interessante documentazione fotografica (inediti)⁽⁶⁾. L'Autore redige anche una carta della frana, la cui metà inferiore ricalca quella di ALMAGIÀ, mentre la metà superiore è talmente allargata nel suo contorno, con uno «strano» ampliamento nel versante di Sivizzo (verso SE), tanto da superare i limiti dell'area di frana attuale (fig. 4).

⁽⁶⁾ La sistemazione del corpo di frana fu completata a cura di BERNARDINI (1957): la sua pubblicazione, relativamente alla frana, riprende, di fatto, quanto già scritto da ALMAGIÀ (1907) e MARTELLI (1916).

Senza che, come sopra citato, la revisione geologica degli anni '30 apporti qualche precisazione, passano quasi cinquant'anni prima che ZANZUCCHI (1963) pubblichi il suo lavoro sulla geologia dell'alta Val Parma; tuttavia, anche nella carta geologica allegata, alla scala 1:50.000, la frana non è segnalata avendo l'Autore, nell'area di Corniglio, privilegiato la ricostruzione formazionale. L'oblio si prolunga anche nella Carta Geologica dell'ISTITUTO DI GEOLOGIA DELL'UNIVERSITÀ DI PARMA (1965) alla scala 1:100.000, in cui la frana di Corniglio è ancora assente poiché, per l'alta Val Parma, sono stati riutilizzati i precedenti rilievi di ZANZUCCHI (1963).

La Lama, o meglio una sua significativa porzione, ricompare nella cartografia geologica ufficiale con la nuova edizione del F° 84 – «Castelnovo ne' Monti» – della Carta Geologica d'Italia (ANELLI et al., 1968) redatto dai rilevatori dell'AGIP. La maggior parte dell'area di frana e le zone limitrofe sono cartografate come detrito generico, ma una lunga striscia di frana attiva («in atto» secondo la definizione degli Autori), superiore ai 100 m di larghezza, è individuata nel settore medio-alto della grande frana, sulla direttrice L. Busset-La Maestà (= vecchia casa colonica rimasta intatta dalla riattivazione del 1902).

Nello studio geomorfologico e fotointerpretativo di SGAVETTI (1972), la frana di Corniglio è segnalata come «paleofrana» con l'aggiunta di corpi gravitativi posti a est di Lago; tuttavia in essa manca la porzione attiva segnata nel Foglio sopracitato, probabilmente a causa della pineta, impiantata alla fine degli anni '20 e inizio anni '30, la cui presenza poteva non facilitare la corretta interpretazione dalle foto aeree utilizzate (Volo GAI, alla scala 1: 66.000 circa, del 1954-55).

PAPANI & TELLINI (1976) nella carta allegata alla loro relazione presentata al Convegno su «Il bacino del T. Parma» nell'Aprile 1974, la collocano nelle *Frane maggiori in atto o recentemente assestate*, mentre, l'interpretazione di *paleofrana* viene riproposta da PAPANI nella *Carta delle forme di degradazione dei versanti nell'Appennino parmense*, inserita in AGNESINI et al. (1978): in relazione alla precedente pubblicazione, si tratta, forse, di una «svista», perché in legenda è espressamente previsto anche l'*accumulo di frane recentemente assestate*.

All'inizio degli anni '80 (più precisamente dal 1982-83) inizia il nuovo rilievo geologico della Regione Emilia-Romagna e questa parte dell'alta Val Parma viene affidata a rilevatori dell'Università di Pisa, coordinati da P. ELTER. Nell'area circostante l'abitato di Corniglio, nonostante ci si avvalga di concetti e tecniche moderne di rilevamento, sono rilevabili parecchie imprecisioni ed errate interpretazioni di affioramenti, sia all'interno sia al contorno del grande corpo di frana (BRADLEY & MILAZZO, 1986; MARTINI & RAU, 1988). In particolare, *La Lama* viene cartografata attiva a monte della strada provinciale per Bosco e quiescente a valle di essa, sino al T. Parma. Da sottolineare, inoltre, che l'uso generalizzato della simbologia grafica relativa a «frana quiescente», anche dove questa non era

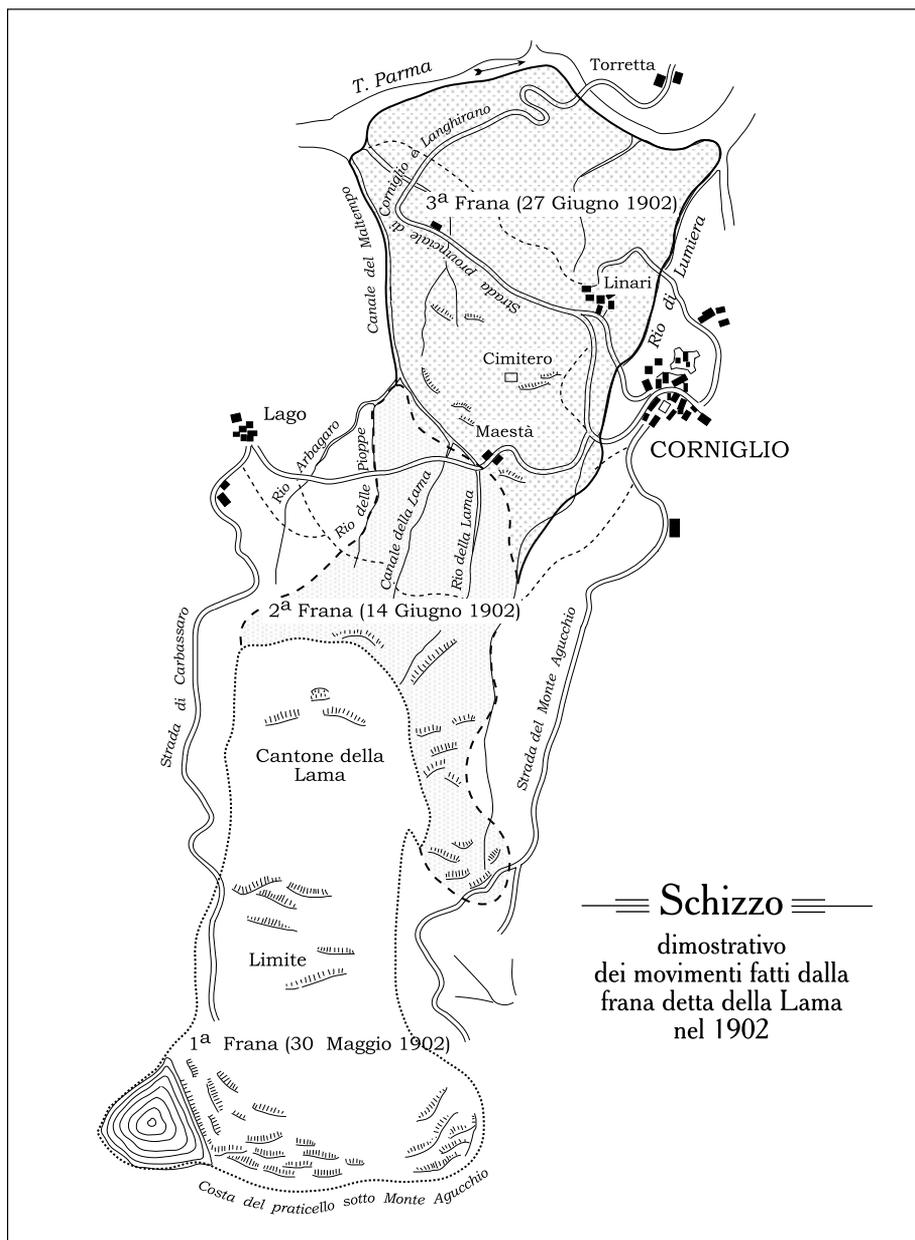


Figura 4. Planimetria della Lama di Corniglio, secondo MARTELLI (1916, ridisegnata).

Figure 4. Plan view of La Lama di Corniglio, according to Martelli (1916, redrawn).

presente (e dove quindi la copertura detritica doveva necessariamente avere altra genesi), induce a perdere di vista l'esatta estensione dei grandi corpi franosi. Insomma, un rilievo che ha trasferito le sue inesattezze dapprima al Foglio geologico 217 «Neviano degli Arduini», alla scala 1:50.000 (a cura di CERRINA FERONI, 1990: edizione di bozza), dove la frana è segnata «quiescente», e poi all'Atlante dei Centri abitati instabili dell'Emilia-Romagna (a cura di ANNOVI & SIMONI, 1993), nel quale L. GOLA,

curatrice per la Provincia di Parma, ha trasportato i dati geologici di base provenienti dal rilievo della Carta geologica della Regione Emilia-Romagna.

Infine, il rilevamento geologico-morfologico più vicino alla riattivazione del 1994 risulta quello di MAZZONI (1992-93) nell'ambito della sua tesi di Laurea ed è circa contemporaneo delle sollecitazioni di intervento che il Sindaco di Corniglio rivolse al Servizio di Difesa del Suolo di Parma a causa del peggiorare delle condizioni di stabi-

lità di parti della scarpata principale della *Lama*. Infatti, nella carta allegata alla tesi, vengono evidenziate le riprese di movimento sotto al L. Busset, nella parte centrale della scarpata e nel versante del Bosco del Prete.

In definitiva, prima che si riattivasse nel novembre del 1994, nella documentazione geologica conosciuta, la grande frana di Corniglio ha avuto una «visibilità» alterna e, certamente, ne è stata sottovalutata la pericolosità con riferimento ai tempi di ricorrenza, forse proprio perché lo scritto di ALMAGIÀ (1907) venne ignorato per lungo tempo e purtroppo «riscoperto» nel 1995, a riattivazione avvenuta.

Le riattivazioni del periodo 1994-1996 sono stati oggetto di descrizione da parte di PELLEGRINI (1996), TELLINI & VERNIA (1996), che hanno eseguito nuovi rilevamenti geologici nell'area di frana, e da LARINI et al. (1997 a; 1997 b) e GOTTARDI et al. (1998); GOTTARDI, MARCHI & RIGHI (1998), LOLLINO et al. (1999) hanno, infine, trattato di aspetti geotecnici e di monitoraggio strumentale. CLERICI & PEREGO (2000) hanno effettuato una simulazione di sbarramento del T. Parma da parte della frana. Altre indagini sono state eseguite più recentemente sulla reciproca influenza della *Lama* di Corniglio con il movimento che interessa la dorsale arenacea, utilizzando i metodi di analisi dell'equilibrio limite standard e delle differenze finite (GOTTARDI & TONNI, 1999; TONNI et al., 2001). Daricordare, infine, la nota di BERTI & CUZZANI (2001), in questo volume, e di BERTI (2000), sempre per l'area della dorsale di Arenarie di Ponte Bratica.

3. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE

3.1. La geologia dell'alta Val Parma

Nell'alta Val Parma la strutturazione della catena appenninica si evidenzia nella sovrapposizione di quattro unità tettoniche principali. Le due unità strutturalmente profonde sono pertinenti al *Dominio toscano* e le altre due, sovrastanti le prime, appartengono al *Dominio ligure* (ZANZUCCHI, 1963 e 1980; ISTITUTO DI GEOLOGIA DI PARMA, 1965; ELTER, 1972). All'interno di alcune di queste unità tettoniche sono stati recentemente individuati degli accavallamenti interni, frequenti soprattutto nell'Unità Subligure di Canetolo (CERINA FERONI, a cura di, 1990; BARBIERI, 1994-95; VESCOVI & BARBIERI, 1997). In una recente nota a carattere geologico-strutturale, nella finestra di Pracchiola (alta Val Magra), PLESI et al. (1998) sostengono la presenza anche dell'Unità Modino, intercalata fra Macigno e Unità Cervarola e fra questa e l'Unità Canetolo.

Per quanto riguarda l'assetto geologico-strutturale di questo settore della Catena, le Unità ad affinità ligure e subligure sovrascorrono le Unità toscane⁽⁷⁾, affioranti in prevalenza nell'area di crinale, oppure in finestra tettonica sul fondovalle del T. Parma, presso Marra (fig. 3.1.1). In particolare, ai ricoprimenti dei **Domini liguri** appartiene l'**Unità Caio**; questa è rappresentata dall'omonimo Flysch calcareo-marnoso del Cretacico superiore (Campariano-Maastrichtiano), che domina la parte medio-alta della valle, e dal suo complesso di base, prevalentemente argilloso a giacitura disordinata, nel quale sono associate Argille a blocchi, masse ofiolitiche e, talora, lembi di Arenarie di Ostia, a testimonianza della sua messa in posto prevalentemente di origine gravitativa.

Nella dorsale di M. Aguzzo-M. Navert (fig. 5), che costituisce lo spartiacque tra il T. Parma e il T. Bratica, il Flysch di M. Caio, assieme a ridotti lembi del suo complesso argilloso basale, occupa la parte sommitale dei rilievi e culmina nel M. Caio (1580 m); dal versante destro della Val Bratica il flysch si estende verso Tizzano, vale a dire verso nord-est, nella media Val Parma, formando una potente omoclinale, che s'immerge verso N-NE, relativamente poco disturbata dalla tettonica.

L'**Unità Canetolo**, di collocazione **subligure**, appare articolata in varie sub-unità che ne testimoniano la complessa vicenda geologica e che la caratterizzano come un'unità tettonico-sedimentaria (MONTANARI & ROSSI, 1982; LABAUME, 1995). L'Unità Canetolo, tuttora in fase di precisazione dal punto di vista sia litostratigrafico, sia della cronologia deposizionale e dell'evoluzione tettonica, si articola nella sovrapposizione delle seguenti sub-unità (CERRINA FERONI, 1990), elencate e descritte dall'alto verso il basso (sezione di fig. 5):

- *Subunità Groppo Sovrano*, che presenta alla base le Argilliti e calcilutiti varicolori di Riana (Paleocene?- Cretaceo sup.?) e, a tetto, le potenti sequenze arenacee di Groppo Sovrano (Eocene);
- *Subunità Petrignacola*, caratterizzata da sequenze torbiditiche che includono una significativa componente vulcanoclastica e mostrano una

⁽⁷⁾ I nomi delle Unità o Subunità tettoniche e delle varie formazioni che le compongono sono tratte dalla bozza di stampa del F° 217 Neviano degli Arduini, della Carta Geologica dell'Appennino emiliano romagnolo alla scala 1:50.000 (REGIONE EMILIA ROMAGNA, 1990), tenuto conto delle revisioni ancora in atto.

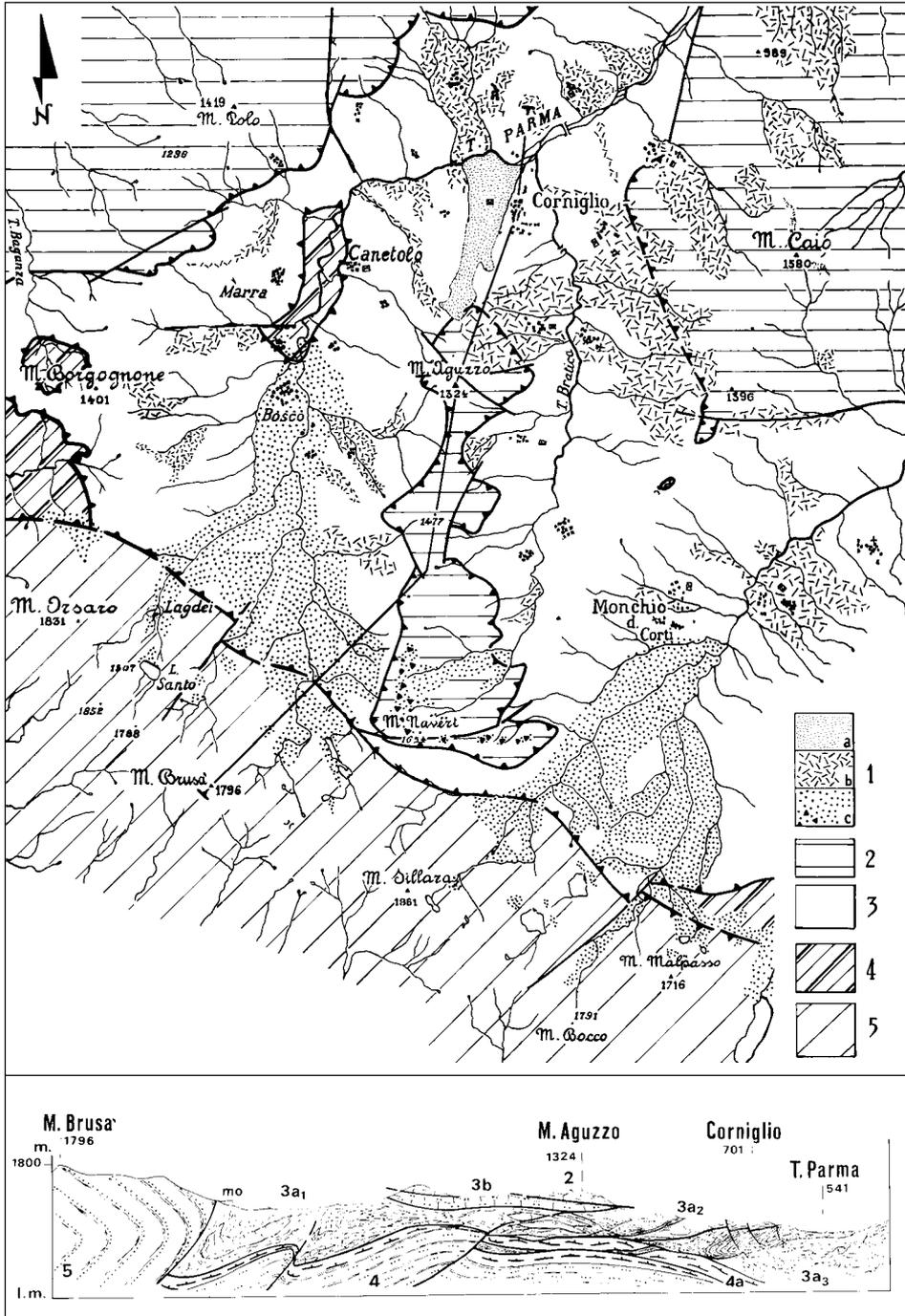


Figure 5. Geological map and schematic sections of the upper Parma valley with the main Quaternary deposits. LEGEND: 1) Slope deposits: 1a) La Lama di Corniglio landslide; 1b) other ancient and recent landslide bodies; 1c) Upper Pleistocene glacial deposits (triangles show Mt. Navert deposits preceding the Val Parma phase); 2) Mt. Caio Ligurian Unit; 3) Canetolo Subligurian Unit: Bratica Subunit (3a₁ – Argille e calcari; 3a₂ – Arenarie di Ponte Bratica; 3a₃ – Mélange di Lago) and Groppo Sovrano Subunit 3b; 4) Cervarola Unit (= Pracchiola) with tectonic element Marra 4a, sometimes detached; 5) Falda Toscana Unit (Macigno).

stratificazione da media a spessa, localmente molto potente e caratterizzata da orizzonti di natura conglomeratica; a letto e a tetto delle Arenarie di Petriagnacola (Oligocene inf.) si riscontrano delle alternanze argilloso-calcaree;

- *Subunità Bratica*, costituita da arenarie basali (litologicamente simili alle Arenarie di Ostia) del Cretacico superiore, sopra le quali stanno stratigraficamente le Argille e calcari, tipiche dei dintorni di Canetolo; nelle Argille e calcari sono intercalati i corpi a dominante calcarea di Groppo del Vescovo e di Staiola, di natura chiaramente torbiditica e in facies di flysch; al di sopra seguono, in continuità e concordanza di sedimentazione, le Arenarie di Ponte Bratica, affioranti nella valle del T. Bratica e nella Val Parma.

In questo settore dell'alto Appennino parmense le Unità dei **Domini Toscani** occupano una posizione strutturalmente inferiore e sono rappresentate da due unità:

A) L'*Unità Cervarola*, che nell'area in studio può essere suddivisa in due *sub-unità*:

- *elemento Marra*, rappresentato da marne silteose grigie d'aspetto massivo e prevalentemente scollato dalle sottostanti Arenarie di Pracchiola; affiora in una piccola finestra tettonica compresa tra l'abitato omonimo e quello di Canetolo, nell'alta Val Parma, subito a monte dell'abitato di Corniglio (fig. 5).

- *elemento Pracchiola*, caratterizzato da torbiditi arenaceo-pelitiche di spessore prevalentemente medio-fine; affiora principalmente nel versante toscano presso la località tipo, mentre, nell'Appennino parmense emerge, in una piccola finestra tettonica presso il ponte sul T. Parma, poco prima di Bosco di Corniglio.

B) l'*Unità della Falda Toscana*, rappresentata dal ben noto Macigno del crinale appenninico, un Flysch arenaceo di età oligocenica, il cui fronte è strutturalmente ripiegato ad anticlinale coricata e rovesciata con asse appenninico e vergenza padana; nell'alta Val Parma il rovesciamento della piega non è sempre evidente, mentre è possibile osservare comunemente la verticalizzazione e la dislocazione degli strati presso la cerniera della piega.

3.2. Le condizioni geologiche presenti al contorno della frana

La situazione geologica, entro la quale si è originata la frana della *Lama*, vede coinvolte rocce e coperture detritiche legate a formazioni appartenenti

alle Unità tettoniche di M. Caio e Canetolo-Subunità Bratica (fig. 6).

La sommità del *coronamento* della frana interessa le potenti sequenze torbiditiche calcareo-marnose, debolmente immergenti a est o a giacitura suborizzontale, del Flysch di M. Caio, che forma la dorsale di M. Aguzzo-M. Navert. Si tratta di una formazione che, nell'area qui considerata, mostra uno spessore di circa un centinaio di metri, e si presenta diffusamente fratturata e segmentata da faglie a direzione W-E. Essa poggia sulla sua base stratigrafica di natura argillosa, qui ridotta a pochi metri per laminazione tettonica a seguito del sovrascorrimento sull'Unità Canetolo; le argilliti di base, attualmente, non sono visibili, perché coperte dal materiale di frana⁽⁸⁾.

Su entrambi i lati della dorsale di M. Aguzzo, ma soprattutto nel versante sinistro del T. Bratica, dove si trova Sivizzo (a SE del coronamento di frana), sono presenti antichi ed estesi accumuli franosi che, per distacchi rotazionali dal flysch, scivolano sulle sottostanti Argille e calcari e Arenarie di Ponte Bratica. Tali corpi di frana associano detrito minuto a giganteschi blocchi o porzioni di flysch traslati in massa, che testimoniano un'antica e perdurante evoluzione gravitativa del versante, non solo verso Sivizzo e Corniglio, ma anche in direzione dell'abitato di Canetolo (fig. 6).

Al di sotto di questi litotipi dell'Unità Caio, e fin oltre il T. Parma, si ritrovano solo due membri rocciosi della sottostante Unità Canetolo. Sul lato occidentale della frana affiora, infatti, un corpo argilloso-calcareo di natura caotica, denominato informalmente, in via preliminare, *Mélange di Lago* (dall'omonimo nucleo abitato posto sul margine ovest del corpo della frana *La Lama*), entro il quale l'andamento della stratificazione è ricostruibile in modo piuttosto sommario dalla giacitura dei corpi litoidi inglobati, indicanti una generica immersione verso NE. Questo litosoma, individuato proprio in occasione delle indagini geologiche effettuate nell'area ad ovest della frana di Corniglio, associa in maniera caotica vari litotipi, dei quali gli studi futuri dovranno precisare estensione areale e collocazione cronologica. Esso ingloba lembi soprattutto di Argille e calcari, e, subordinatamente, di Calcari di Groppo del Vescovo o Flysch di Staiola, Arenarie di Ponte Bratica e corpi sedimentari brecciati (olistostromi).

⁽⁸⁾ Si poterono osservare in affioramento nei primi mesi del 1995; in seguito, furono ricoperte da detriti di frana.

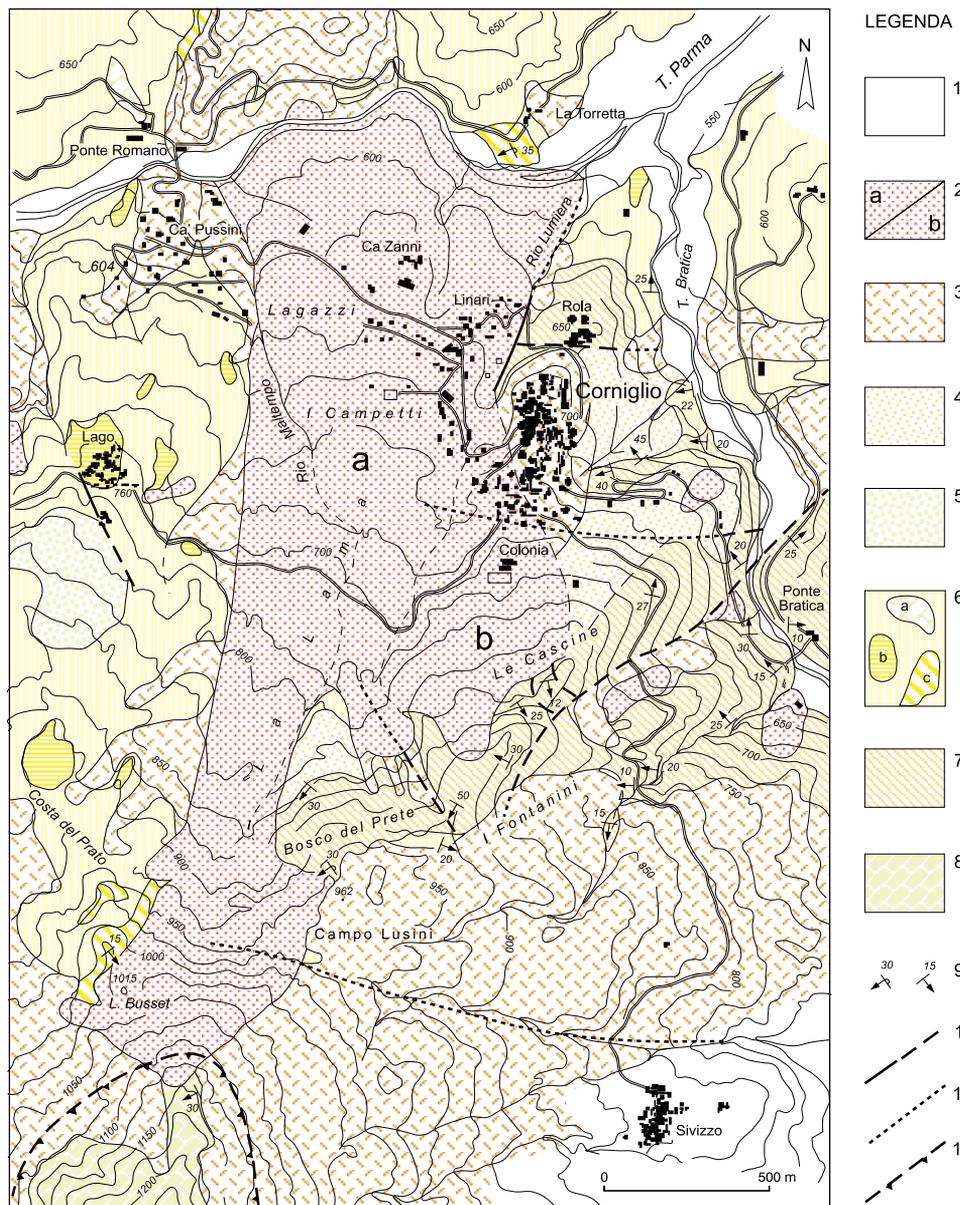


Figura 6. Carta geologica dell'area della frana di Corniglio. **LEGENDA:** 1) alluvioni attuali e recenti; 2) frane attive, comprendenti *La*

Lama di Linari (a) e quella della dorsale di Corniglio-Colonia (b); 3) frane quiescenti; 4) coperture detritiche colluviali; 5) deposito di geliflusso (Pleistocene sup.); 6) *Mélange di Lago* con inglobati corpi calcarei (a), arenacei tipo *Arenarie di Petrignacola* (b) e *Arenarie di Ponte Bratica* (c); 7) *Arenarie di Ponte Bratica*; 8) *Flysch di M. Caio*; 9) giaciture degli strati; 10) faglia e sua probabile prosecuzione; 11) faglia ricoperta da depositi di versante; 12) sovrascorrimento.

Figure 6. Geological map of the Corniglio landslide. **LEGEND:** 1) present and recent alluvial deposits; 2) active landslides, including *La Lama di Linari* landslide (a) and the *Corniglio-Colonia ridge* landslide (b); 3) dormant landslides; 4) colluvial debris deposits; 5) gelifluction deposit (Upper Pleistocene); 6) *Mélange di Lago*, with calcareous fragments (a), with arenaceous fragments of the *Arenarie di Petrignacola* type (b) and *Arenarie di Ponte Bratica* fragments (c); 7) *Arenarie di Ponte Bratica*; 8) *Mt. Caio Flysch*; 9) layers' attitude; 10) fault and its possible continuation; 11) fault buried by slope deposits; 12) overthrust.

All'interno di questo corpo caotico sono piuttosto caratteristici degli ammassi disarticolati e lembi di strati di arenarie verdastre ricche di livelli vegetali, molto simili alle Arenarie di Petriagnacola, riscontrate anche nelle parti basali delle Arenarie di Ponte Bratica.

Il *fianco orientale* della frana è rappresentato prevalentemente dalle Arenarie di Ponte Bratica, che formano la dorsale degradante verso il solco vallivo del T. Bratica, affluente di destra del T. Parma (figg. 2 e 6); queste arenarie appoggiano sul *Mélange* di Lago, che affiora a nord di Rola e in sponda sinistra del T. Parma, di fronte alla frana. Si presume che il limite orientale della frana, ad andamento rettilineo, coincida con una faglia per effetto della quale le Arenarie di Ponte Bratica, ribassate, vengono a contatto per giustapposizione con le argilliti caotiche del *Mélange* di Lago, formanti forse il *substrato* prevalente *del corpo di frana*⁽⁹⁾.

Le **Arenarie di Ponte Bratica** sono costituite da torbiditi, generalmente sottili, di arenarie medio-fini, siltiti e peliti sabbiose di colore grigio e ricche in muscovite; la loro giacitura prevalente mostra immersioni nord-occidentali, con modesta inclinazione, ma non mancano delle pieghe metriche e dislocazioni dovute a faglie. Nella zona della scarpata principale di frana alcuni affioramenti evidenziano l'intercalazione di strati più potenti, ma di modesta estensione laterale, di arenarie verdastre, laminate, con abbondanti frustoli vegetali, livelletti di carbone e *chips* pelitici, che mostrano forti analogie litologiche con le facies delle Arenarie di Petriagnacola. Le Arenarie di Ponte Bratica si alternano a livelli, anche potenti, di peliti di colore grigio scuro (molto prevalenti, rispetto alle arenarie e siltiti), estremamente scagliettate e interessate da innumerevoli piani di taglio dalle superfici traslucide. In esse non mancano anche modeste intercalazioni di argille a struttura brecciata e disordinata, argille e calcari, corrispondenti a livelli di olistostromi e *slumps*. Nell'area del centro abitato di Corniglio (zona Lumiera e Colonia), le intercalazioni argillitiche, a struttura brecciata e disordi-

nata delle Arenarie di Ponte Bratica, sono state rinvenute anche nei sondaggi effettuati sulla dorsale del paese e sembrano costituire superfici preferenziali di taglio per gli scivolamenti rotazionali rilevati.

Tutto l'ammasso roccioso delle Arenarie è disarticolato in grandi blocchi, con vistose discordanze angolari, d'origine tettonica (VESCOVI et al., 1997), che danno luogo a importanti superfici di taglio, una volta interessate dalla decompressione e dall'azione della gravità. Inoltre, l'area del paese, risulta interessata da una situazione litologica assai particolare: sopra le Arenarie di Ponte Bratica è presente una copertura detritica di spessore variabile da 27 a 56 m circa di spessore, a matrice argillosa prevalente, di colore variabile dal giallo ocreo al grigio, forse interpretabile, in analogia con la stessa situazione morfologica rinvenuta sulla dorsale di Lago, come deposito di geliflusso derivante dalla retrostante dorsale (cfr. § 3.3).

Il *fianco occidentale* della frana risulta completamente impostato nel *Mélange* di Lago, il quale alle prevalenti argilliti scure associa corpi circoscritti di Arenarie di Ponte Bratica, arenarie e microconglomerati grigio-verdognoli, in banchi disarticolati molto somiglianti alle Arenarie di Petriagnacola e corpi olistostromici a prevalenza di pelite. Diversi corpi di frane quiescenti e coalescenti a quello principale della *Lama*, in parte riferibili all'evento d'inizio secolo XX, derivano da una tale situazione litologica

A sud di Lago, un lembo circoscritto di un'antica copertura detritica fatta a spese del *Flysch* di M. Caio, suggerisce una messa in posto per fenomeni di geliflusso, legati alle vicende glaciali del tardo Pleistocene (cfr. § 3.3).

I materiali coinvolti dalla riattivazione della frana di Corniglio o, comunque, presenti al contorno di essa, sono caratterizzati, pertanto, da un'estrema eterogeneità litologica e anche da una notevole complessità strutturale, con un'alta densità di discontinuità di origine tettonica (BERTI & CUZZANI, 2001), superficialmente interessate da processi di decompressione e dall'azione della gravità. Dal punto di vista geomeccanico, si tratta pertanto di materiali definibili come «rocce deboli» (BIENIAWSKI, 1989; 1993), strutturalmente e litologicamente complesse, secondo le classificazioni maggiormente in uso (cfr. AGI, 1979; ESU, 1977; 1985).

In presenza di formazioni geologiche di tale complessità litologica, fortemente tettonizzate e a componente argillosa sempre abbondante, i ripetuti

⁽⁹⁾ In corrispondenza dell'abitato di Linari, un sondaggio geognostico effettuato nella primavera del 1995, attraverso, per uno spessore di circa 15 m, un grande blocco di arenarie (A. di Ponte Bratica?), posto ad una profondità di circa 80 m dal piano di campagna. Non si può escludere, pertanto, che il substrato della frana «La Lama» presenti notevoli disomogeneità litologiche e discontinuità strutturali. Nessun sondaggio geognostico ha raggiunto la superficie basale di scivolamento (che è stata peraltro individuata su base sismica).

processi di degradazione meteorica hanno determinato una profonda alterazione dei materiali di versante ed un conseguente decadimento delle loro proprietà meccaniche. La presenza d'inclusi lapidei e di scaglie, inoltre, ad esempio entro il Mélange di Lago, conferisce loro una sensibile anisotropia anche da un punto di vista del comportamento meccanico: tutti i terreni affioranti nell'area hanno caratteristiche disomogenee di sovraconsolidazione e cementazione. Per quanto concerne la caratterizzazione meccanica delle formazioni si vedano, in questo volume, le note di BERTI & CUZZANI (2001) e di TONNI et al. (2001).

3.3. Il ruolo del clima nei processi di degradazione dei versanti

Gli ampi valloni ed i circhi sommitali del crinale appenninico, fra M. Orsaro e M. Sillara, che si stagliano a sud di Corniglio e che costituiscono la testata dell'alta Val Parma (si veda la fotografia di fig. 7), sono le testimonianze più evidenti del grande

sistema glaciale che modellò il crinale appenninico nel Pleistocene superiore, soprattutto da 75.000 a 11.500 anni BP (LOSACCO, 1949; 1982; PANIZZA, 1978; FEDERICI & TELLINI, 1983; GRUPPO NAZIONALE GEOGRAFIA FISICA E GEOMORFOLOGIA-CNR, 1988).

Durante l'ultima, massima culminazione fredda (circa 18 ÷ 20.000 anni fa) l'apparato glaciale dell'alta Val Parma, assieme a quello dell'attigua del T. Cedra, era tra i più tipici ed estesi dell'intero Appennino settentrionale e la sua grande lingua scendeva nel fondovalle per oltre 3 km, riunendo le altre minori provenienti dai valloni dei tre rami del T. Parma (fig. 8). Si trattava, quindi, di un notevole ghiacciaio vallivo composto, il cui bacino era distribuito su circa 20 km². I resti morenici più esterni della lingua frontale si rinvennero, verso sud, presso Staiola e Polita, a poco più di 3 km dalla frana di Corniglio. Non è difficile, pertanto, pensare che nella fase di massima espansione glaciale, così come poté verificarsi anche nelle fasi stadiali precedenti, meno intense, gran parte dell'alta valle fosse sogget-



Figura 7. Veduta panoramica della frana di Corniglio (27.11.1996). Si possono notare le grandi dimensioni dell'area dissestata e le trincee nel crinale retrostante il paese.

Figure 7. General view of the Corniglio landslide (27 November 1996). Notice the large dimensions of the area disarranged and the trenches on the ridge at the back of the village.

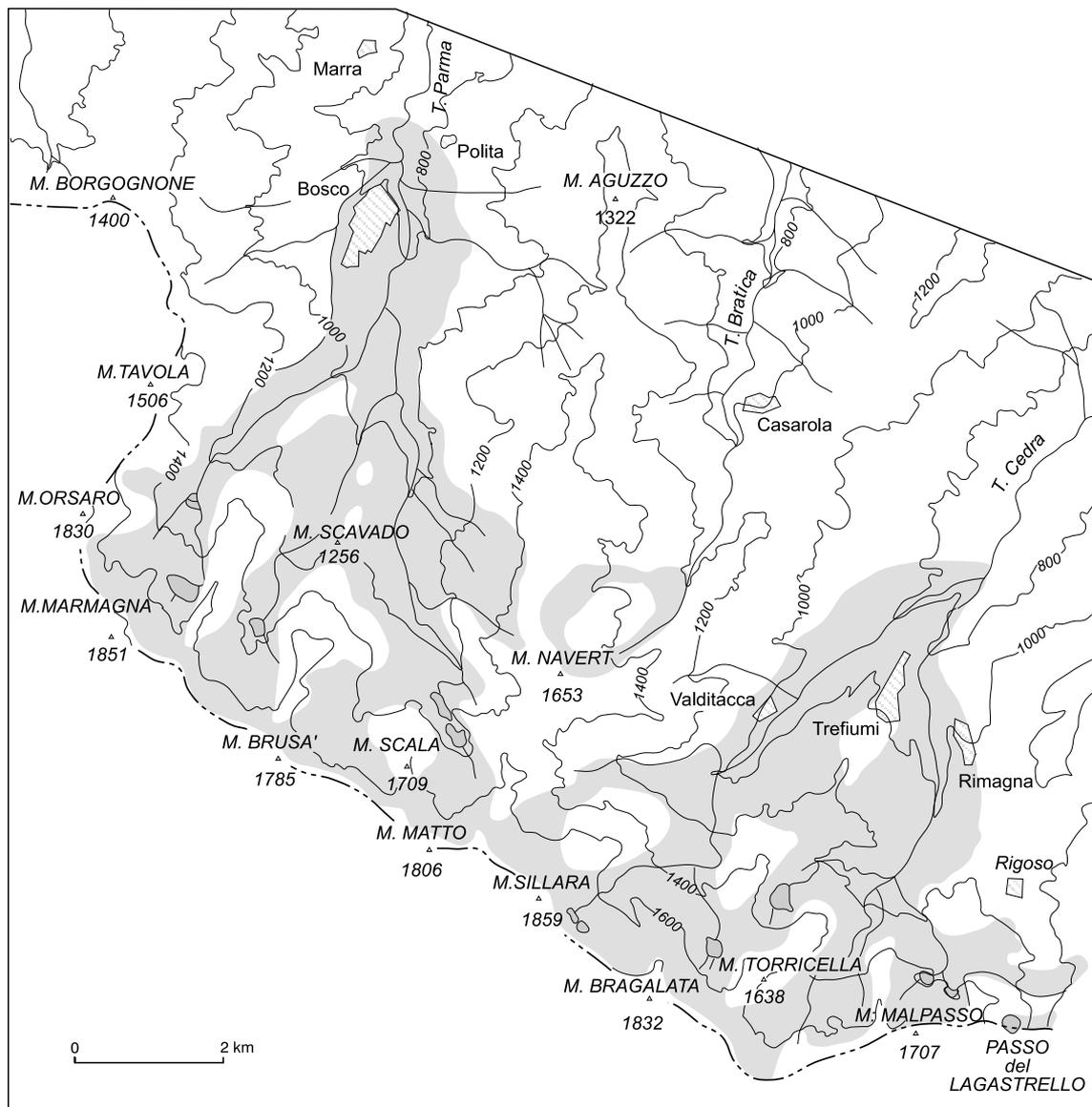


Figura 8. Probabile estensione delle masse glaciali nelle Valli dei Torrenti Parma e Cedra, durante l'ultima espansione glaciale dell'Appennino Settentrionale («Fase Val Parma», circa 18÷20.000 y B.P.).

Figure 8. Probable extension of ice cover in the Parma and Cedra valleys during the Last Glacial Maximum in the Northern Apennines («Val Parma phase», about 18,000÷20,000 yr BP).

ta a processi tipici dell'ambiente crionivale (ovvero periglaciale), in cui la rigidità del clima aveva relegato la vegetazione arborea a quote inferiori, favorendo l'esposizione delle rocce fortemente soggette a crioclastismo, ruscellamento nivale e geliflusso. Di tali processi crionivali sono testimonianza la grande abbondanza di detriti di falda, indice di un'intensa

gelivazione, anche dopo la scomparsa dei ghiacciai, subito, per di più, da rocce «deboli» (BIENIAWSKI, 1989) intensamente tettonizzate. Molti tipi di rocce, in relazione alle loro caratteristiche strutturali, possono avere risentito degli effetti crioclastici anche a profondità di qualche metro, per la presenza di fratture d'origine tettonica ed, eventualmente, «aper-

te» per l'azione gravitativa. Le formazioni argillitiche (tipo Argille e calcari di Canetolo, ecc.), con i relativi suoli, una volta asseggiate alla degradazione meteorica per gelivazione, in fase di disgelo sono state, evidentemente, caratterizzate da una scarsissima resistenza all'erosione areale e lineare e, quando si trovavano allo stato di consistenza plastico e liquido, dovettero scivolare e deformarsi lungo livelli superficiali o colare sotto forma di lobi fangosi.

Uno di questi antichi accumuli di geliflusso, fatto a spese del Flysch di M. Caio, si trova poco sopra l'abitato di Lago (fig. 6) in una posizione di crinale, attualmente senza raccordo morfologico con la sovrastante area «sorgente»; si può supporre, quindi, che il versante dove la frana si è originata, durante la fase glaciale «Val Parma», avesse una forma diversa, depressa, nella quale potevano discendere le colate di gelifluzione. Analogo significato potrebbe avere la copertura detritica, messa in evidenza dai sondaggi eseguiti sulla dorsale di Corniglio capoluogo⁽¹⁰⁾, la quale, tuttavia, mantiene ancora il raccordo morfologico con le retrostanti Arenarie di Ponte Bratica. D'altra parte, le concavità circoidi, rivolte verso i quadranti settentrionali e riscontrabili su molti rilievi circostanti l'abitato di Corniglio (M. Caio, M. Polo, M. Cervellino e M. Borgognone: fig. 5), e non facenti parte del crinale appenninico, inducono a pensare che esse fossero sede di ampie conche nivali, se non addirittura glacio-nivali. Il calcolo, seppure approssimato, del limite nivale dell'epoca⁽¹¹⁾ risulta, infatti, prossimo a 1250 m di elevazione e consente di ipotizzare la conservazione di conche nivali a quote ad esso superiori di qualche centinaio

di metri nei versanti esposti a settentrione e poco distanti dal crinale.

A causa del miglioramento del clima, il glacialismo appenninico ha avuto, come noto, un progressivo declino nell'ambito del quale sono decifrabili, per ora su base esclusivamente morfologica e non senza difficoltà d'interpretazione, alcuni stadi di ritiro che hanno contraddistinto il cosiddetto Tardiglaciale. Il glacialismo appenninico termina circa 11.500 anni fa (OROMBELLI & RAVAZZI, 1986), poiché il miglioramento climatico dell'interstadio Alleröd è stato decisivo per la definitiva scomparsa dei ghiacciai i quali, nel successivo periodo freddo del Drias recente, non si sono più conservati o riformati se non solo in piccoli circhi di crinale. È da ritenere che, sino a quell'epoca, i processi crionivali fossero di una certa rilevanza, poiché, anche nelle attuali condizioni climatiche, sul crinale dell'alta Val Parma, si manifestano circa 90 giorni nei quali avviene almeno un ciclo giornaliero di gelo-disgelo (ROSSETTI, 1975). I processi d'alterazione biochimica, solo in seguito, prendono il sopravvento su quelli fisici nei materiali dei versanti, favoriti anche dalla rioccupazione delle valli da parte della vegetazione.

L'evoluzione geomorfologica dell'area appare, quindi, abbastanza complessa ed è quasi certo che le condizioni morfoclimatiche glaciali e crionivali della fase Val Parma si fossero manifestate anche in precedenza, vale a dire in occasione di una più antica glaciazione (FEDERICI, 1977; FEDERICI & TELLINI, 1983). Le testimonianze di quest'antica fase glaciale sono ancora ridotte, ma, dove sono state rinvenute⁽¹²⁾, hanno la particolarità di essere situate sempre in condizioni d'inversione del rilievo, oppure su tratti di versante molto elevati rispetto alla quota degli alvei attuali.

In conclusione, sembra evidente che, in presenza di formazioni geologiche di tipo «debole» (BIENIAWSKI, 1989), litologicamente e strutturalmente complesse (AGI, 1979; ESU, 1977; 1985) fortemente tettonizzate e a componente argillosa sempre abbondante, i ripetuti processi di degradazione meteorica, connessi all'alternarsi delle diverse fasi climatiche tardo-pleistoceniche, con tutta probabilità hanno determinato un netto decadimento delle loro proprietà meccaniche, fino a notevole profon-

⁽¹⁰⁾ Il sondaggio A 3-6 registra: dal p.c. a - 27 m di profondità detrito arenaceo in matrice pelitica; da - 27 a - 54 m Arenarie di Ponte Bratica; un livello argilloso brecciato di quest'ultima Formazione, a consistenza plastica, tra - 54 e 66,7 m; da questa profondità, sino a - 90 m Arenarie di Ponte Bratica; tra - 90 e - 100 m livello cataclastico di Arenarie, a cui segue, fino a - 131 m, un livello argillitico con calcari, interpretabile come Mélange di Lago; infine, sino a fondo sondaggio (- 150,7 m) Arenarie di Ponte Bratica.

⁽¹¹⁾ Si precisa che tale dato deve intendersi relativo alla fase Val Parma, cioè della massima espansione glaciale e valido per la sola Val Parma: è noto (LOSACCO, 1982) che tale limite nell'Appennino settentrionale decresce da est verso ovest, con variazioni secondarie in relazione alle esposizioni e ad altri fattori. Da notare anche che la «fase Val Parma» nell'Appennino settentrionale è equivalente al Würm della catena alpina (PENCK & BRUCKNER, 1909).

⁽¹²⁾ In Val Parma sul M. Navert, e nelle valli del Secchia e Secchiello, nella limitrofa Provincia di Reggio Emilia (GRUPPO DI STUDIO UNIVERSITÀ EMILIANE, 1976; GRUPPO RICERCA GEOMORFOLOGIA-CNR, 1982; RONCROFFI, 1998).

tà. Le intense precipitazioni dell'area, che attualmente concentrano, talora, in 2 o 3 mesi la metà degli importi annui (in genere superiori a 1300 mm e corrispondenti a circa 2000 mm nel 1994), possono instaurare, all'interno dei versanti, condizioni idrauliche particolarmente severe, giustificando, in questo modo, l'elevato numero e le dimensioni delle frane, non solo nell'alta Val Parma, ma anche in tutta la corrispondente fascia altimetrica, compresa tra le Province di Bologna e Piacenza. Alle medesime conclusioni si perviene osservando le Carte dell'inventario del dissesto (cfr. pag. 38 di GARBERI et al., 1999): nel versante padano dell'Appennino Settentrionale le grandi frane, per lo più quiescenti, ed i più estesi depositi di versante si distribuiscono nella medesima fascia altimetrica di Corniglio, vale a dire nella media ed alta montagna, dove il crioclastismo, in corrispondenza dei «picchi» glaciali, ha esercitato maggiormente la propria azione meccanica sulle formazioni geologiche affioranti, in un'estesa fascia dominata dall'ambiente periglaciale (BERTOLINI & PELLEGRINI, 2001).

4. CARATTERISTICHE MORFOMETRICHE E CINEMATICHE DELLA FRANA

Nel panorama delle grandi frane che hanno colpito a varie riprese l'Emilia occidentale, ed in particolare il territorio parmense, *La Lama* di Corniglio, pur di dimensioni e volume ragguardevoli, non costituisce il litosoma franoso più grande fra quelli cartografati (GARBERI et al., 1999), ma s'inserisce nelle frane di dimensioni medio-grandi: a questo proposito si può ricordare che sono documentati corpi franosi anche di superficie doppia (ad esempio, in Provincia di Reggio Emilia).

L'innesco delle frane più rilevanti, come precedentemente descritto, è connesso, con tutta probabilità, al deterioramento climatico tardo-pleistocenico che, da un lato, ha favorito la degradazione degli ammassi rocciosi, e dall'altro, ha indotto un approfondimento generalizzato dei corsi d'acqua, con analogo influenza negativa sulla stabilità dei versanti. Esemplicativa a tale riguardo è l'attigua Val Bratica, dove gran parte del Flysch di M. Caio, che sovrasta tettonicamente (e morfologicamente) la sommità delle creste, è stato coinvolto in giganteschi franamenti, i cui corpi ricoprono quasi metà della valle e nei quali s'individuano le riattivazioni antiche, storiche, o quelle recenti ancora vive nella memoria degli abitanti.

Nella stessa Val Parma si riscontrano alcuni grandi

corpi di frana, di tipo complesso, che attendono di essere inseriti in un quadro cronologico sufficientemente preciso. Ciò potrebbe consentire, ad esempio, di verificare se tra le cause del loro innesco assumono rilievo i cambiamenti climatici tardo-quadernari, come sostenuto da molti Autori (MATTHEWS et al., 1997) e come alcune ricerche in corso tentano di dimostrare.

Uno di tali ammassi si trova proprio di fronte alla *Lama* di Corniglio e scende dal crinale prossimo a M. Cervellino sino al T. Parma: si tratta dell'antica frana di Braia, lunga più di 3,5 km e larga in media circa 500 m. Specialmente nella parte alta, si riscontrano settori di recente riattivazione (che hanno messo in pericolo l'abitato stesso nel 1960) e tuttora attivi. Sulla sua sinistra si unisce con un altro corpo franoso e alla frana di Vestana formando accumuli complessivamente estesi per oltre 3 km².

Un'altra grande frana, ora quiescente, occupa la piccola valle di Agna, posta sotto le pendici occidentali di M. Caio; essa è poco più ampia di quella di Corniglio e deriva prevalentemente dallo scivolamento planare di strati a franapoggio del Flysch omonimo, tuttavia, in testata, sotto la cima del monte, le forme gravitative che interessano il fronte degli strati sono di tipo rotazionale.

Analoga a quella di Agna, e sita poco più a valle di tale località, si riscontra la grande frana di Carobbio che dal M. Pesdonica (1303 m) giunge al T. Parma occupando oltre 4 km² di superficie. Con ogni probabilità, si tratta di una frana molto antica, poiché, nel complesso, coinvolge anche buona parte del versante sottostante M. Rotondo su cui poggia il paesino di Casola. In origine il suo innesco potrebbe essere legato alle critiche condizioni climatiche dell'ultima glaciazione (estese dal periodo di massima espansione alla seconda Fase tardiglaciale della Val Parma), e, al suo interno, mostra vari corpi di frana attivatisi in tempi diversi, alcuni dei quali anche in tempi recenti. Le riattivazioni del 1855 e del 1900 hanno, infatti, parzialmente danneggiato l'abitato di Carobbio ed anche Casola, che ha subito dei danni nel XIX secolo (ALMAGIÀ, 1907).

Infine, si può ricordare la frana complessa di Tre Rii, di tipologia ed estensione paragonabile alla *Lama*, la quale dal crinale di M. Fragno arriva al T. Parma. Essa si origina in un tratto di versante in cui il contesto geologico è complicato dalla giustapposizione di due unità tettoniche (l'Unità Cassio sovrastante l'Unità Caio) e dalla presenza di un'unità terziaria, prevalentemente argillitica e a tessitura caotica, d'incerta collocazione geologica (Complesso di Lupazzano: CERRINA FERONI, 1990). Il corpo di frana, che nella parte alta evidenzia alcuni grandi scivolamenti in blocco, verso il basso si organizza in due grandi colate di terra che uniscono le loro unghie aggirando uno sperone roccioso di Flysch di M. Caio, probabilmente radicato, e raggiungendo l'alveo del torrente.

A commento della tab. 1, si può osservare quanto segue: il volume della *Lama* si riferisce esclusiva-

Tabella 1. Schema riassuntivo della localizzazione, morfometria e classificazione della frana di Corniglio.
Table 1. Location, morphometric features and classification of the Corniglio landslide.

Localizzazione topografica dell'area di studio C.T.R. Regione Emilia-Romagna, scala 1:10.000: sezioni n. 217090 (Roccaferrara) e n. 217100 (Corniglio)	
Coordinate geografiche del corpo di frana:	lat. 44°28'20" N; long. 10°04'40" E
Bacino idrografico: Sottobacini:	Torrente Parma Rio Maltempo - Rio Lumiera
Morfometria della frana	
– pendenza media della zona di accumulo: della zona di svuotamento	8° 23°
– dislivello:	600 m
– quota del coronamento:	1150 m
– quota del piede:	550 m
– lunghezza massima:	3100 m
– larghezza massima:	1120 m
– profondità massima:	120 m
– profondità media:	62 m
– superficie dell'area in frana:	$2 \cdot 10^6 \text{ m}^2$
– superficie della <i>Lama</i> :	$1,7 \cdot 10^6 \text{ m}^2$
– volume presunto della <i>Lama</i> :	$110 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
– volume presunto, complessivamente riattivato:	$200 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
Classificazione della frana (secondo CRUDEN & VARNES, 1996) movimento gravitativo complesso e composito (<i>complex and composite landslide</i>), riattivato, manifestato da scorrimenti rotazionali e roto-traslativi di terra profondi (<i>deep rotational and rotational-translational earth slide</i>) e colate di terra superficiali (<i>earth flow</i>).	

mente al corpo della frana «storica» o «principale», mentre il volume riattivato comprende anche le parti laterali, come la dorsale del lato est (costituita dalle Arenarie di Ponte Bratica, su cui sorge il centro storico di Corniglio ed il relativo quartiere «Lu-

miera»), caratterizzati da spostamenti più ridotti e conseguenti alla traslazione della frana principale.

Per quanto riguarda la classificazione (CRUDEN & VARNES, 1996) della *Lama*, occorre osservare che una semplice analisi delle forme del corpo di frana

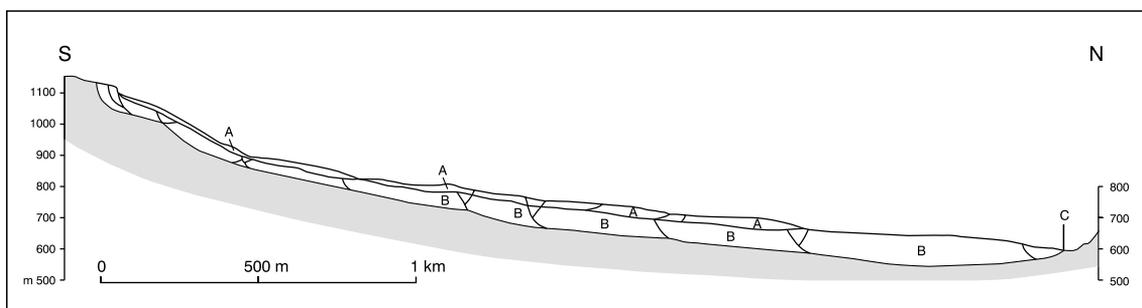


Figura 10. Sezione longitudinale del corpo di frana, ricostruita sulla base delle indagini geognostiche effettuate (sismica a rifrazione e sondaggi meccanici, registrazioni inclinometriche).

Figure 10. Longitudinal section of the landslide body, reconstructed on the basis of prospecting investigations (refraction seismic exploration, mechanical borings and inclinometer measurements).



Figura 9. Deformazioni nel corpo di frana osservabili nel mese di gennaio 1995, circa un anno prima della riattivazione totale del corpo di frana.

Figure 9. Displacements of the landslide body observable in January 1995, about one year before the total landslide reactivation.



Figura 11. Alveo del T. Parma (Novembre 1996), con emersione dell'unghia di frana (a), determinante una progressiva diminuzione della sezione di deflusso ed il sollevamento delle alluvioni fluviali (ghiaie: b).

Figure 11. T. Parma riverbed (on November 1996), showing the advancement of the landslide toe (a) which has caused progressive narrowing of the river flow section and the uplift of alluvial deposits (b: gravel).

porterebbe, forse, a classificarla come «colata» per le sue evidenti deformazioni plastiche osservabili in superficie, sia prima della riattivazione (fig. 9), sia durante e dopo; ma l'esame delle caratteristiche cinematiche d'insieme esclude, in parte, questa definizione.

In corrispondenza di ciascuna riattivazione del periodo 1994-1999, i primi movimenti sono costituiti da grandi scivolamenti rotazionali nell'area di coronamento, in corrispondenza, soprattutto, degli affioramenti di Flysch di M. Caio, dei relativi complessi di base e del *Mélange* di Lago, ad essi geometricamente sottoposti. Ciascuna riattivazione ha determinato un arretramento della scarpata principale, facendo scivolare volumi di roccia variabili, per i diversi eventi, approssimativamente compresi tra 5 e $20 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Il materiale scivolato subisce un rapido decadimento delle proprietà meccaniche, si satura d'acqua e dà luogo a colate, sino allo stato di consistenza

liquido, con spostamenti, che hanno raggiunto velocità massime dell'ordine dei 50 m/d , vale a dire di circa $6 \times 10^{-1} \text{ mm/s}$: nella fase parossistica le colate si possono, pertanto, classificare come *rapide* secondo CRUDEN & VARNES (1996). Le colate, così originate, raggiungono la parte mediana del corpo di frana e si sovrappongono all'accumulo basale, formato da un «ventaglio» ampio e piatto, con pendenze medie di 8° . Nel complesso, dopo le cinque riattivazioni del periodo 1994-1999, il fronte delle colate ha determinato uno spostamento di ben 185 m di una villetta (o dei suoi ruderi), situata lungo il vecchio tracciato della strada per Bosco, all'incirca sul limite tra zona di svuotamento e zona d'accumulo. Lo spessore delle colate o, in ogni modo, delle deformazioni plastiche, sulla base delle registrazioni inclinometriche (spostamenti totali progressivamente crescenti verso l'alto), disponibili nel corpo di frana nell'anno 1995, sembra poter raggiungere i 20 m . Spessori fino a 30 m risultano, invece dall'indagine

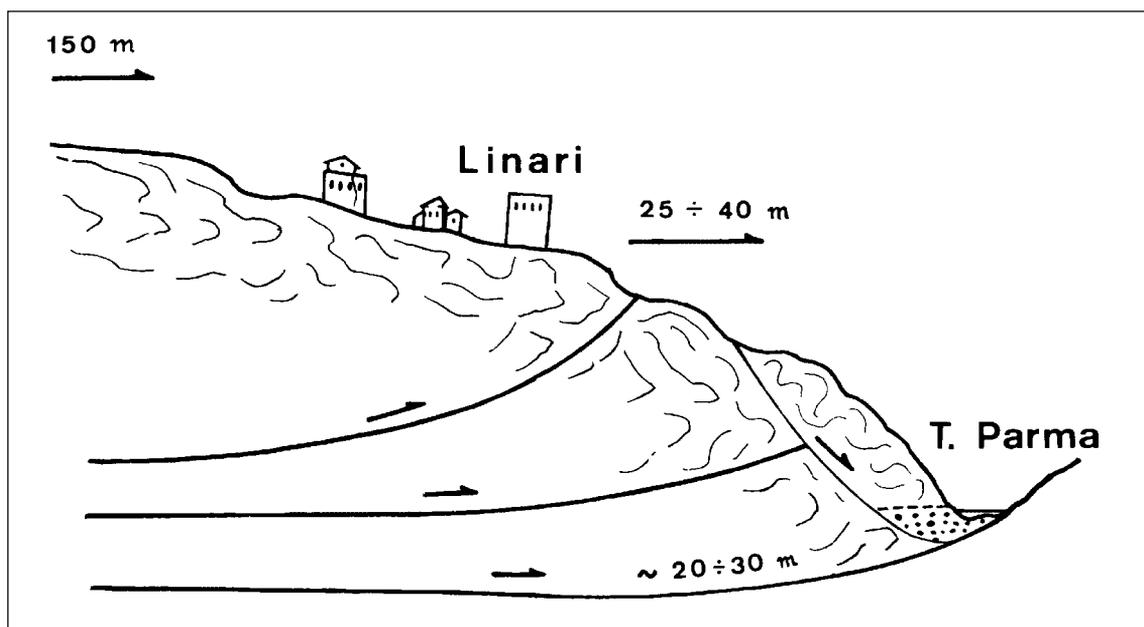


Figura 12. Schizzo sintetizzante i meccanismi di movimento e gli spostamenti del corpo della *Lama* di Corniglio, nel periodo 20 novembre 1994-17 febbraio 1999. Gli spostamenti in superficie risultano dalla somma degli spostamenti dei piani di scivolamenti profondi (da 20 a 120 m) e di quelli derivati dalle colate superficiali, interessanti spessori fino a 30 m. I 150 m di spostamento superficiali sono stati misurati nella parte centrale del corpo di frana; a Linari sono risultati compresi tra 25 e 40 m.

Figure 12. Sketch showing the displacement mechanisms affecting *La Lama* di Corniglio landslide in the 20 November 1994 to 17 February 1999 period. The displacements measured at surface result from the sum of displacements along deep slip surfaces (20 to 130 m) and those deriving from superficial earth flows affecting thicknesses up to 30 m. In the central part of the landslide body a superficial displacement of 150 m was measured, whereas in Linari displacement measurements range between 25 and 40 m.

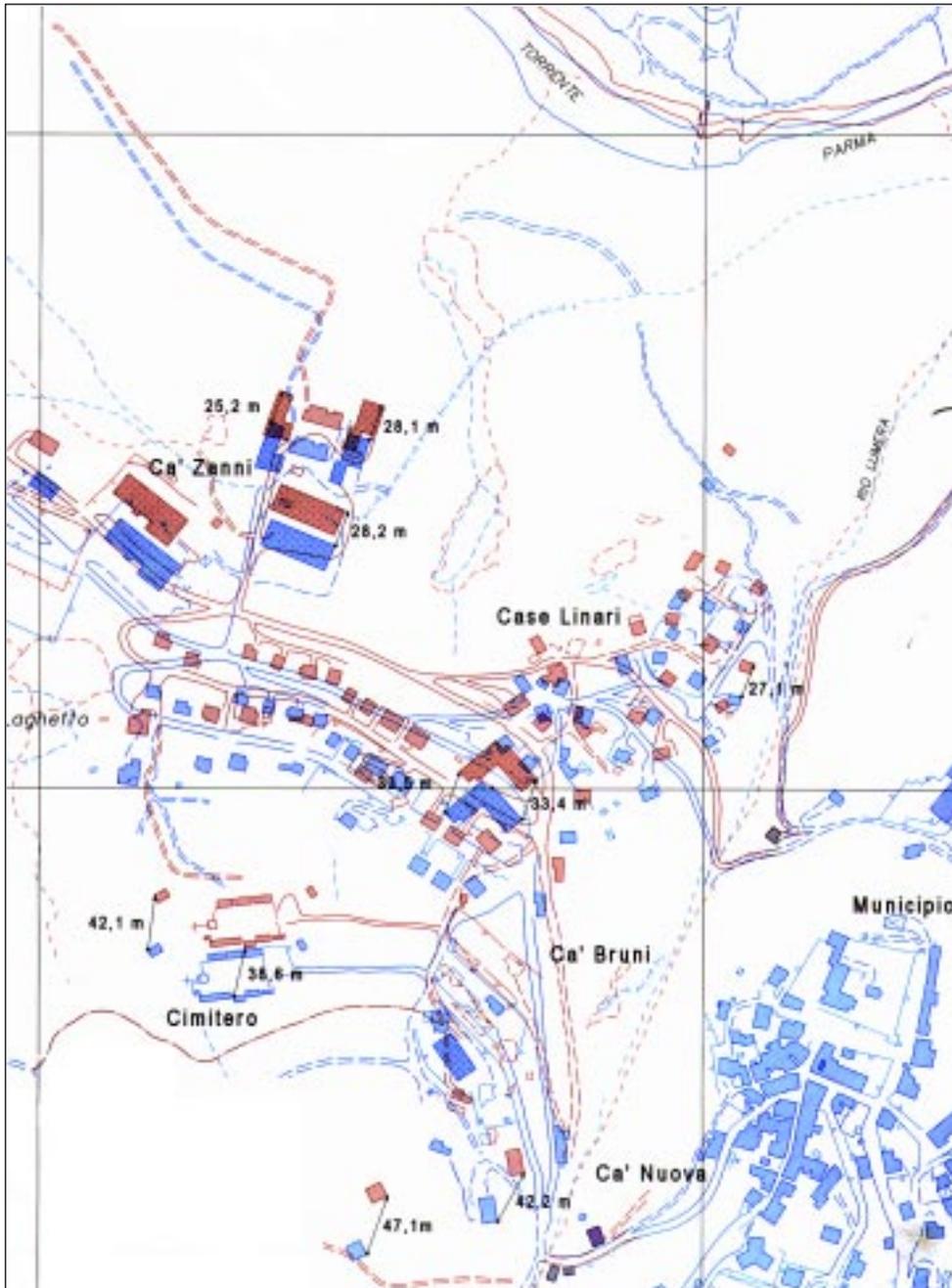


Figura 13. Confronto tra i rilievi topografici ricavati dalla ripresa del dicembre 1994 e quelli del novembre 1999, i valori degli spostamenti sono espressi in metri, mentre i vettori indicano la direzione risultante del movimento. La mappa è stata ricavata da elaborazioni numeriche delle immagini, controllate da misure topografiche dirette (FERRETTI, 2000).

Figure 13. Comparison between topographic aerial surveys of December 1994 and November 1999: displacement values are expressed in meters, whereas vectors show the resulting movement direction. Figure taken from digital imagery elaboration, checked against direct topographic measurements (after FERRETTI, 2000).

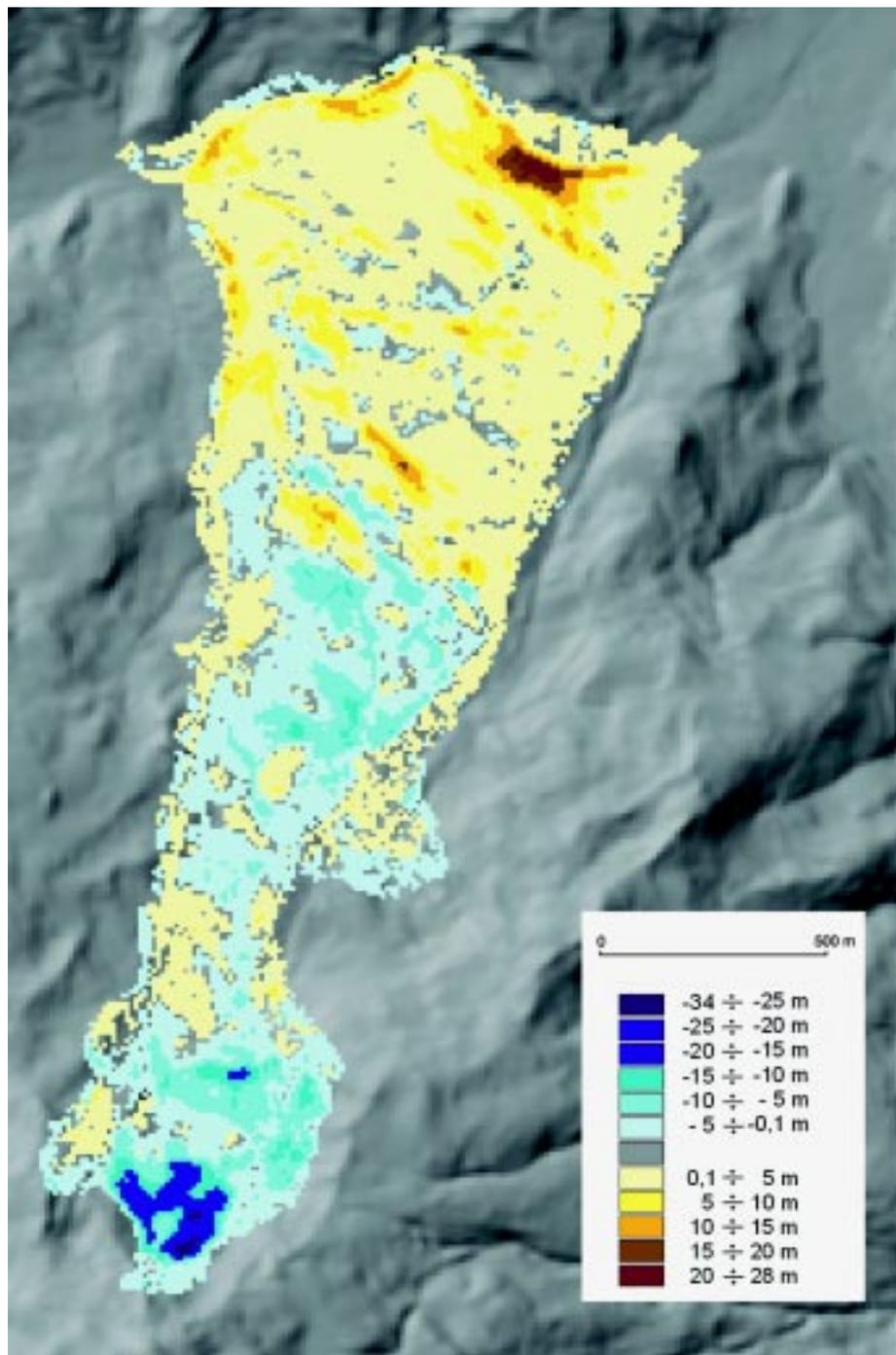


Figura 14. Dalle riprese aerofotogrammetriche eseguite il 15 dicembre 1994 e il luglio 1999, sono stati ricavati due distinti modelli altimetrici del terreno, dai quali è stata ricavata la rappresentazione grafica assonometrica della loro differenza. Le aree rappresentate con le tonalità azzurre rappresentano le masse traslate verso valle, mentre i colori rosso-gialli quelle accumulate o innalzate (FERRETTI, 2000). Le differenze altimetriche riscontrate sono perfettamente congruenti con il modello attribuito alla frana di Corniglio: scivolamento roto-traslato profondo, con colamenti superficiali. LEGENDA: Classi delle differenze altimetriche.

Figure 14. From the aerial surveys carried out on 15 December 1994 and July 1999, respectively, two distinct altimetric terrain patterns have been elaborated. From them, the graphic axonometric projection of their difference was

obtained. Areas shown in blue shades represent soil masses displaced downwards, whereas red-yellow shades represent accumulated or uplifted soil masses (FERRETTI, 2000). Altimetric differences are perfectly consistent with the displacement model attributed to the Corniglio landslide: deep rotational-translational slides with superficial earth flows. LEGENDA: Classes of the altimetric differences.

sismica, come si esporrà in seguito.

Le colate, sovrapponendosi sull'accumulo basale, determinano, forse, un caso di sovraccarico non drenato (HUTCHINSON & BHANDARI, 1971), che provocherebbe un improvviso aumento delle pressioni interstiziali e la conseguente riattivazione complessiva dell'intero corpo di frana, sino al suo piede. È noto, infatti, in letteratura (HUTCHINSON, 1987) che il congiungimento di due frane comporta in genere un'accelerazione dei movimenti. Nel caso della *Lama* di Corniglio la traslazione in massa, lungo una superficie basale poco inclinata (fig. 10), non documentata da misure inclinometriche, ma ben individuata nelle registrazioni sismiche, è tuttavia dimostrata da numerosi fattori: nel febbraio 1996 le teste dei tubi inclinometrici (profondi 90 m) iniziarono a spostarsi senza deformazioni registrabili al loro interno; molti edifici di Linari hanno subito ripetuti spostamenti, con deformazioni relativamente contenute (e alcuni di essi, come già accennato, risalivano al XVII secolo). Il restringimento dell'alveo del T. Parma (circa 30÷40 m) ne rappresenta la deformazione più evidente, con il piano di rottura che emerge in superficie, con sollevamento del substrato dell'alveo (fig. 11). Lo schizzo di fig. 12 sintetizza i meccanismi di deformazione, rilevati per la frana della *Lama* di Corniglio, e gli spostamenti approssimativi, registrati nelle diverse parti. Le velocità di traslazione medie, d'insieme, registrate nel corpo della grande frana possono essere definite prevalentemente di classe 4⁽¹³⁾ secondo CRUDEN & VARNES (1996), risultando in genere di poco superiori a 1 m/h.

Nella tab. 2, che sintetizza gli spostamenti subiti dalle diverse parti della frana, il restringimento dell'alveo del T. Parma può ragionevolmente corrispondere, come ordine di grandezza, all'entità della traslazione in massa della frana, lungo la superficie di scivolamento profonda, mentre gli altri spostamenti, per differenza col precedente valore, forniscono l'entità delle deformazioni plastiche dei primi

20 m. La fig. 13 (FERRETTI, 2000) esemplifica gli spostamenti nell'area urbanizzata di Linari, nel periodo compreso tra dicembre 1994 e gennaio 1996 (fig. 14).

Per quanto riguarda lo *stato*, la *distribuzione* e lo *stile di attività*, la frana della *Lama* di Corniglio deve essere considerata una «frana riattivata» (CANUTI & ESU, 1995; CRUDEN & VARNES, 1996; WP/WPLI, 1994):

- «frana retrogressiva» nella parte alta (entro il *Mélange* di Lago ed il *Flysch* di M. Caio);
- «frana in avanzamento» nella parte bassa;
- «frana in allargamento» su entrambi i fianchi laterali.

La frana è caratterizzata, in sequenza temporale, da fenomeni di scivolamenti roto-traslativi multipli e retrogressivi nella parte alta e scivolamenti traslativi multipli in avanzamento nella parte media e frontale. Localmente, soprattutto nei settori laterali della parte medio-alta della frana si sono verificati fenomeni di colata di terra (*earth flow*) che hanno coinvolto spessori di circa 10÷20 m (figg. 10 e 12).

Le caratteristiche dinamiche della *Lama* sono ben riflesse nella morfologia superficiale della frana che vede nella scarpata principale l'elemento in continua trasformazione morfologica, anche quando il resto della massa rimane temporaneamente quiescente, sia per retrogressione della corona, sia per lo smembramento e collasso delle parti instabili della scarpata.

Con la riattivazione della fine del 1994, s'iniziano rapide trasformazioni delle forme, con formazione di vere e proprie colate superficiali, localizzate soprattutto nel settore centrale e di sinistra del corpo di frana (si veda, ad esempio, la fig. 15), con evoluzione più o meno rapida, che dipende dall'intensità e frequenza delle precipitazioni piovose.

Fra le modificazioni più caratteristiche, si può sottolineare la creazione e la successiva scomparsa dei laghi di frana, a valle della zona di svuotamento. Almeno i più profondi ed estesi, tendono a formarsi sempre nella stessa posizione: anche una fotografia, riportata da ALMAGIÀ (1907, pag. 98) sembra confermare questa situazione. La loro formazione potrebbe essere connessa a «trincee» di distensione, delimitate da superfici di taglio, che si raccordano con il piano basale di scivolamento, secondo il modello proposto in fig. 10.

Il ventaglio d'accumulo basale, che si sposta in massa, costituisce sempre la parte di frana relativamente meno deformata, con spostamenti rilevabili solo strumentalmente; naturalmente fa eccezione la

⁽¹³⁾ Lo «scenario» distruttivo più probabile per le classi di velocità determinate risulta il seguente: *Moderate*, si può prevedere il mantenimento temporaneo di alcune strutture meno sensibili alle deformazioni; l'evacuazione anticipata di beni e persone risulta possibile, senza perdita di vite umane. *Slow*, interventi di consolidamento degli edifici possono essere realizzati durante il movimento; alcune strutture, meno sensibili alle deformazioni, possono essere conservate con frequenti interventi di restauro, se il movimento non è troppo ampio durante fasi particolari di accelerazione.

Tabella 2. Sintesi degli spostamenti di alcuni settori della frana della Lama dal 31-3-1995 al 21-6-1999.

Table 2. Synthesis of displacements affecting some portions of La Lama landslide from 31 March 1995 to 21 June 1999.

<i>Settore di frana, località</i>	<i>Spostamento totale (m)</i>
Edificio a valle della zona di svuotamento (S.P. per Bosco)	185
Cimitero di Linari (settore mediano)	71
Edifici vari di Linari (accumulo basale)	32 ÷ 47
Restringimento alveo T. Parma (unghia di frana)	21 ÷ 28

ripida scarpata del fronte, lungo il T. Parma, interessata da continui scivolamenti rotazionali e colamenti.

Lo stato deformativo superficiale nel periodo 1994-1999 è sintetizzato nelle figg. 16 e 17, dalle quali si evidenzia che dal gennaio 1996 e sino alla fine del 1999 le forme progressivamente dominanti in superficie sono quelle delle colate e delle deformazioni plastiche, che, nel complesso, modellano attualmente (inizio 2000) circa i 2/3 della superficie. In tal modo, la morfologia della superficie della frana, quantunque la sua tipologia e caratteristiche dinamiche siano piuttosto complesse, assume, con il succedersi delle riattivazioni, l'aspetto superficiale delle colate. Questa situazione era particolarmente evidente anche nel gennaio 1995, a valle della parte alta, riattivata (fig. 18).

Direttamente correlati con le riattivazioni della frana storica della *Lama* di Corniglio sono gli spostamenti della frana in blocchi (*rock block slide*) della dorsale in Arenarie di Ponte Bratica, posta sul margine est del corpo della *Lama*, e sulla quale sorge parte del Capoluogo (quartiere Lumiera) e l'edificio dell'ex Colonia Montana (area 2b di fig. 6). Tali spostamenti, caratterizzati da velocità dell'ordine di 1,5 cm/d, rientrano, pertanto, nella *classe 3 (slow)* di CRUDEN & VARNES (1996). Per questo corpo di frana si può stimare che le deformazioni subite dal 1996 al 1999, sulla base anche di semplici osservazioni morfologiche, siano state dell'ordine di circa 2 m, coinvolgendo un ammasso di volume di circa $30 \times 10^{-6} \text{ m}^3$.

L'indagine fotointerpretativa conferma che gran parte del versante retrostante la Colonia è stato interessato, anche in passato – in epoche imprecise e, forse, in occasione di ogni riattivazione della *Lama* – da una serie di scivolamenti rotazionali, che hanno scompaginato l'ammasso roccioso delle Arenarie di Ponte Bratica. Questi hanno determinato, nelle rispettive zone di distacco, la creazione di

contropendenze e profonde trincee, di profondità talora uguale all'altezza del versante, separanti le varie masse dislocate, perciò tale settore può essere inquadrato negli scivolamenti secondo superfici di rottura profonde, rotazionali, tipo *slumps*, al contatto con il *Mélange* di Lago. Su tale Unità, infatti, poggia l'accumulo frontale della massa dislocata, che un sondaggio attesta essere spesso oltre 24 m. Ma tale condizione si ripercuote anche lateralmente, cioè più a nord, dove i piani di tali scivolamenti intersecano il versante, che digrada su Corniglio e sul quale è edificato il quartiere Lumiera.

Il monitoraggio inclinometrico ed il controllo topografico indicano una varietà di spostamenti (generalmente verso ONO, ma anche verso NE e N) a «blocchi», sino a quasi 70 m di profondità, sino cioè alla base argillitica delle Arenarie di Ponte Bratica; alla fine di marzo 1996 gli edifici risultarono spostati mediamente di circa 20 cm; alla fine di aprile lo spostamento, almeno in corrispondenza di un inclinometro, era stato, però, completamente «riassorbito», essendo risultato, durante quel mese, di segno esattamente contrario a quello iniziale (fig. 19).

Le deformazioni gravitative, interessanti dorsale sulla quale sorge il nucleo abitato del Capoluogo (centro storico, quartiere Lumiera e area Colonia), sulla base delle registrazioni inclinometriche e dei rilievi topografici, correlati con l'andamento delle precipitazioni, sembrerebbero essere di due tipi (figg. 20, 21, 22, 23):

- spostamenti con gradiente verso NW, secondo la direzione di massima pendenza del versante, confinante col litosoma della *Lama*, controllati principalmente dai livelli piezometrici interni all'ammasso, strettamente dipendenti dalle precipitazioni più intense;
- spostamenti verso N e NE, verso il solco vallivo del T. Bratica, chiaramente collegati con

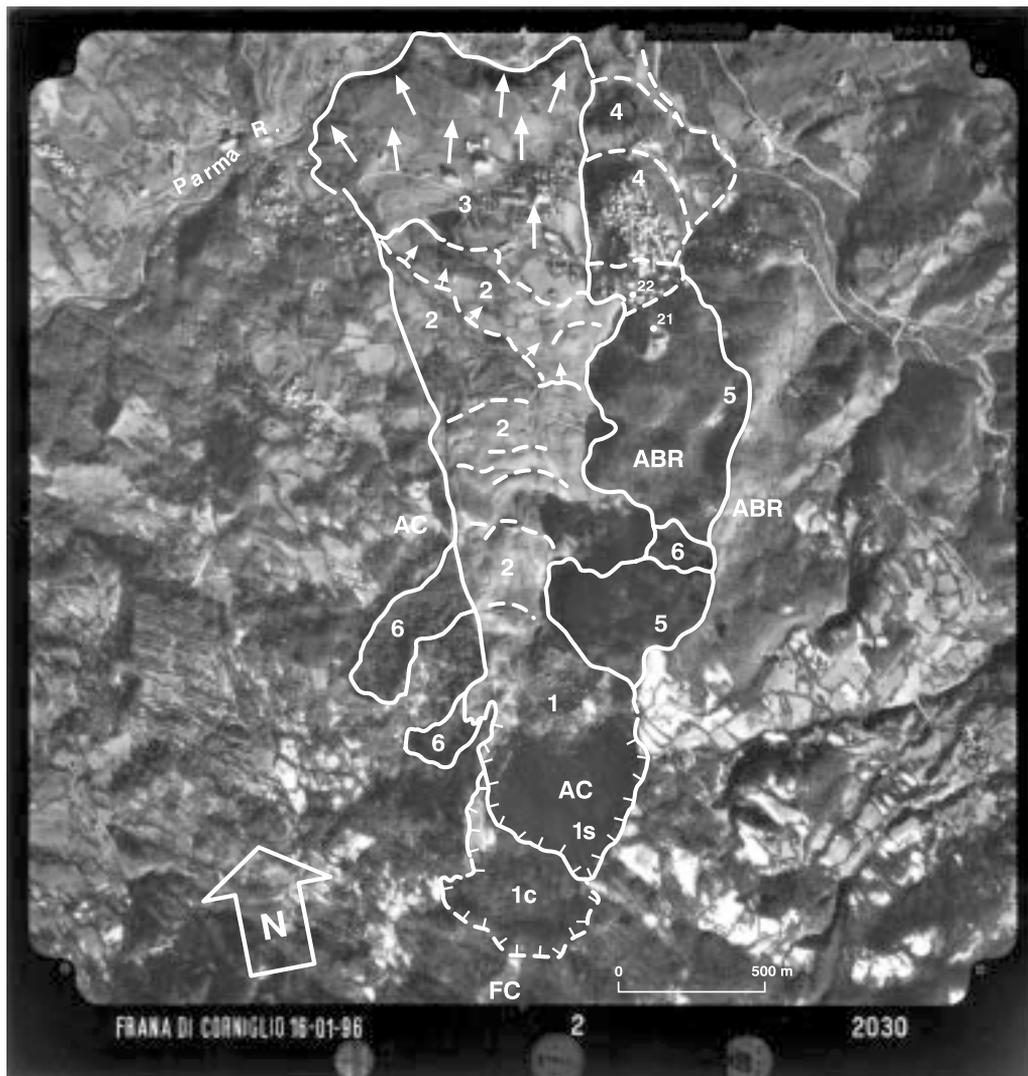


Figura 15. Ripresa aerea della frana di Corniglio (volo del 16/01/1996, per gentile concessione della COMPAGNIA GENERALE RIPRESEAEERE di Parma; concessione Min. Difesa, Aeronautica n° 1-46 del 30/01/1996). LEGENDA: FC = Flysch di M. Caio; AC = Mélange di Lago; ABR = Arenarie di Ponte Bratica; 1c = zona di coronamento; 1s = scarpata principale; 1 = scivolamento rotazionale del 01/01/1996; 2 = scivolamenti rototraslativi e colamenti superficiali; 3 = scivolamento planare in massa (febbraio – aprile 1996) su una superficie profonda > 100 m; 4 = parte di frana non riattivata; 22 = inclinometro e area «Lumiera» con spostamenti verso NNO nel periodo febbraio – aprile 1996, in seguito parzialmente annullati da spostamenti di segno contrario; 5 = scivolamenti rotazionali entro ABR, con formazione di trincee e conche chiuse; 21 = inclinometro della Colonia, con deformazioni ad oltre 80 m di profondità; 6 = settori di frana riattivati nel 1902.

Figure 15. Aerial view of the Corniglio landslide (16 January 1996 survey, by courtesy of COMPAGNIA GENERALE DI RIPRESEAEERE, Parma; Italian Air Force authorization no. 1-46 of 30/01/1996). LEGEND: FC = Mt. Caio Flysch; AC = Mélange di Lago; ABR = Arenarie di Ponte Bratica; 1c = crown zone; 1s = main scarp; 1 = rotational slide of 01/01/1996; 2 = rotational-translational slides and superficial earth flows; 3 = «en masse» translational slide (February–April 1996) along a deep surface of failure >100 m; 4 = portion of landslide not reactivated; 22 = inclinometer and Lumiera area, with NNW displacements occurring in February–April 1996, afterwards partially annulled by displacements of opposite direction; 5 = rotational slides within ABR, with formation of trenches and para-karst depressions; 21 = Colonia area inclinometer, showing displacements exceeding 80 m in depth; 6 = landslide sectors reactivated in 1902.

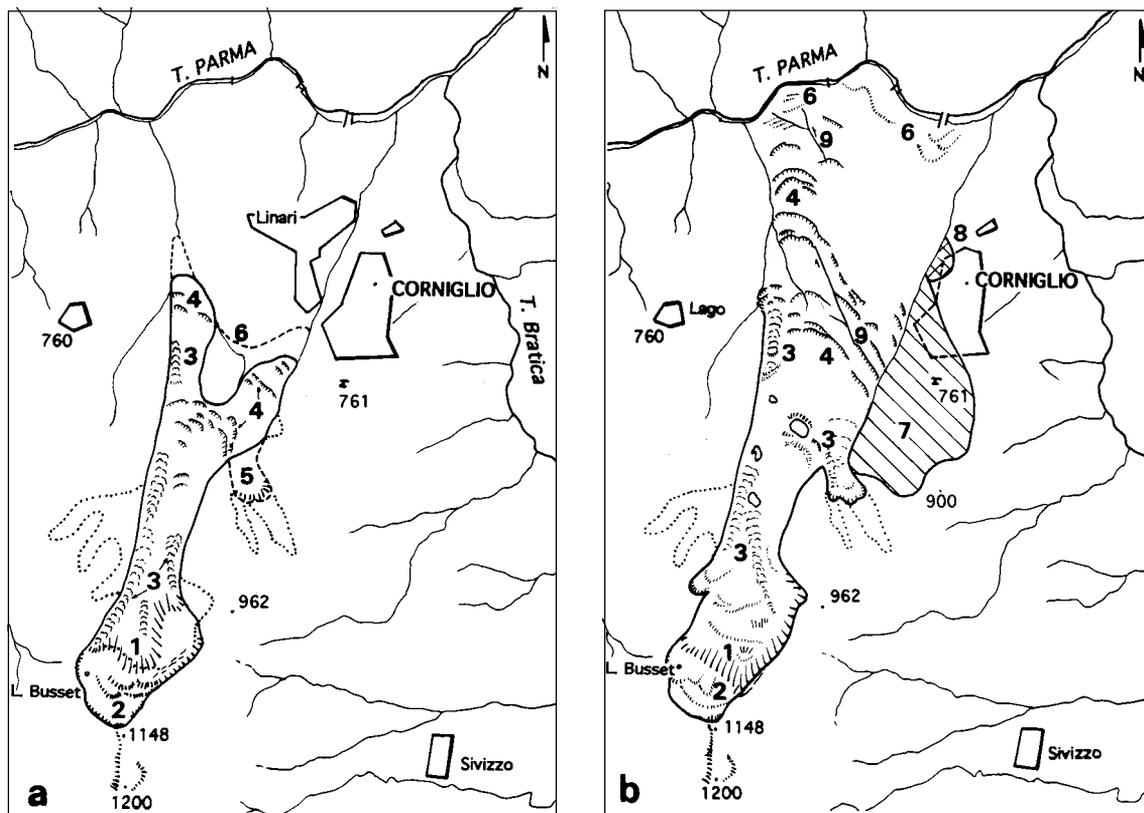


Figura 16. Ricostruzione della riattivazione del novembre - dicembre 1994 (a) e del gennaio - febbraio 1996 (b). **LEGENDA:** (a) 1 = scarpata principale; 2 = coronamento; 3 = scivolamenti rototraslativi profondi con colate superficiali (spessore fino a circa 20 m); 4 = grandi deformazioni plastiche; 5 = riattivazione di frana laterale; 6 = fronte di riattivazione (in b nell'alveo del T. Parma); 7 = scivolamenti rotazionali entro ABR della dorsale Corniglio Lumiera - Colonia, laterali alla Lama; 8 = deformazioni rilevabili a livello strumentale entro il centro storico; 9 = superfici di taglio longitudinali, connesse a scivolamenti di parti del corpo di frana, caratterizzate da velocità disomogenee.

Figure 16. Reconstruction of reactivations of November-December 1994 (a) and January-February 1996 (b). **LEGEND:** (a) 1 = main scarp; 2 = crown; 3 = deep rotational-translational slides with superficial earth flows (thickness up to about 20 m); 4 = large-scale ductile deformations; 5 = lateral landslide reactivation; 6 = reactivation front (b in the T. Parma riverbed); 7 = rotational slides within ABR on the Corniglio-Lumiera-Colonia ridge, lateral to La Lama landslide; 8 = deformations detectable by instruments in the Corniglio civic centre; 9 = longitudinal shear surfaces, connected to slides affecting portions of the landslide body, characterised by dishomogeneous velocities.

l'attività della Lama.

I primi, in genere, sono più veloci e si esauriscono rapidamente nel tempo, conseguentemente al rapido abbassamento dei livelli piezometrici al cessare delle precipitazioni.

Sempre sulla base delle registrazioni inclinometriche, si sono potute stabilire le profondità delle superfici di taglio all'interno della dorsale Corniglio-Colonia, consentendo di distinguere piani di scivolamento:

- superficiali, con profondità variabile da circa

6 m a 9 m e fino a 20 m;

- profondi, alle profondità di 45, 48, 57 e 78 m; deformazioni evidenti, anche se con distribuzione irregolare ed evoluzione discontinua, si sono registrate anche a profondità maggiori, prossime a 111 m.

Le registrazioni di due inclinometri installati nel centro storico (Piazza Castello) indicano spostamenti, che non sono mai risultati di entità significativa (di poco superiori alla tolleranza strumentale, comparativamente a quelli verificatisi in altre aree adiacenti.

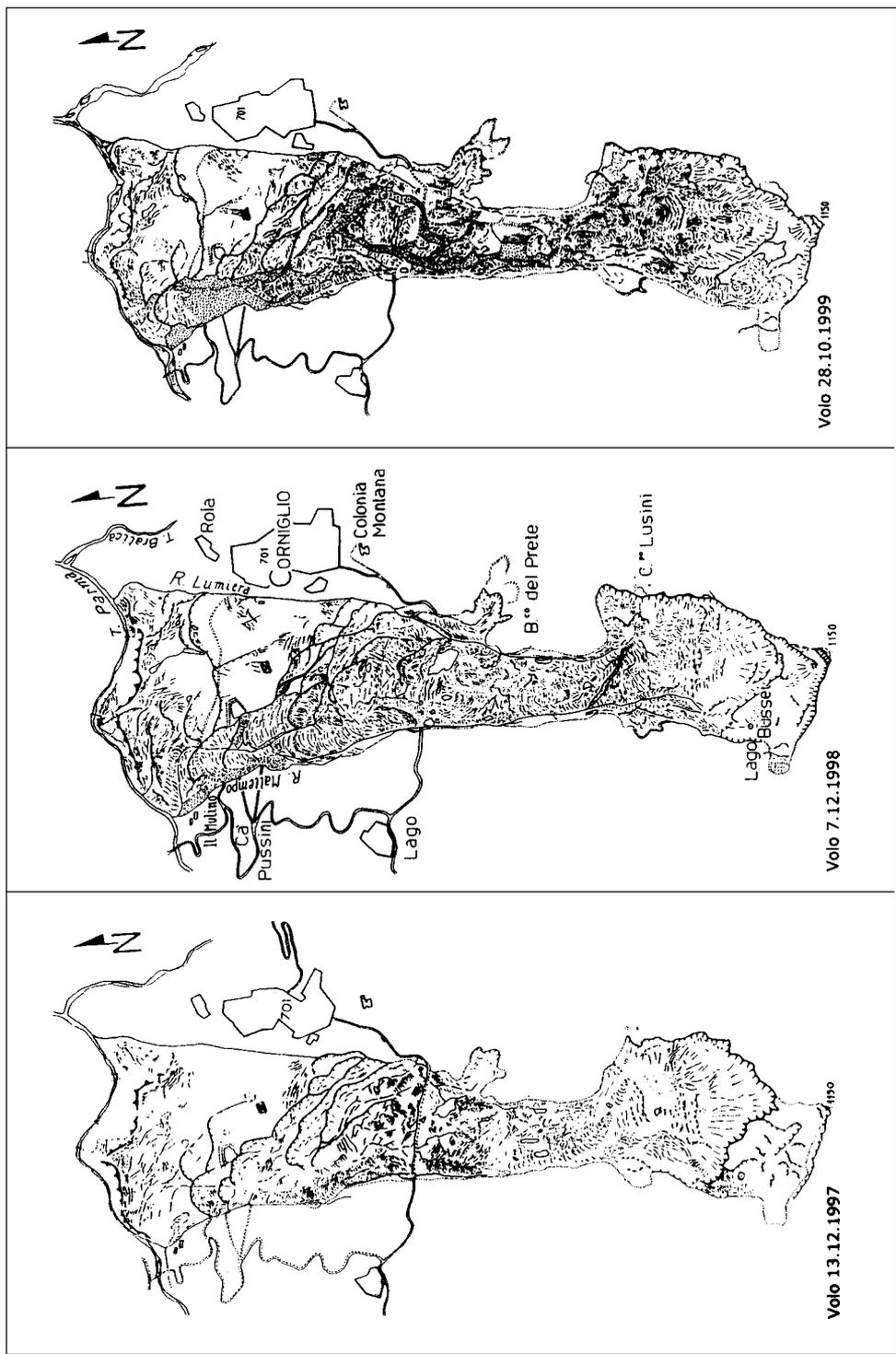


Figura 17. Evoluzione delle forme del corpo di frana dal 13/12/1997 al 28/10/1999; si osserva il graduale collasso dell'intero corpo di frana, sino al fronte, con formazione di colate superficiali sempre più diffuse; nella raffigurazione del 1999 il puntinato fitto rappresenta 4 aree di movimentazione terra e ripristino dei canali di drenaggio.

Figure 17. Morphological evolution of the landslide body from 13/12/1997 to 28/10/1999; the progressive collapse of the whole landslide body with widespread superficial earth flows can be observed.



Figura 18. Deformazioni del fronte della parte di frana riattivata nel gennaio 1996, prima della riattivazione totale del successivo mese di febbraio; si osservino gli stabilimenti di stagionatura dei prosciutti, ancora integri.

Figure 18. Deformations at the front of the landslide portion reactivated in January 1996, before the total reactivation taking place in the following February; the still undamaged storehouses for the seasoning of Parma ham, can be observed.

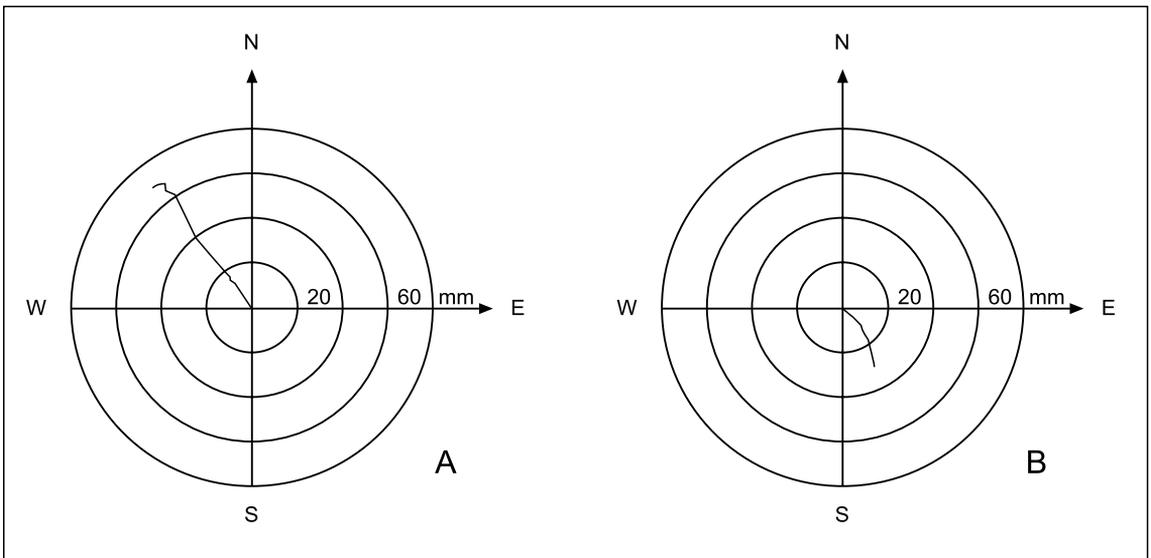


Figura 19. Diagrammi degli spostamenti registrati nel tubo inclinometrico 2.2 (cfr. fig. 21) a profondità comprese tra 46 e 48 m nell'area di Lumiera: A) fine marzo 1996; B) fine aprile 1996. Si osservi l'inversione dell'azimut di spostamento rilevata.

Figure 19. Diagrams of displacements recorded by inclinometer 2.2 (see fig. 21) at depths of 46 to 48 m in the Lumiera area: A) late March 1996; B) late April 1996. The reversal of the surveyed azimuth displacement can be observed.

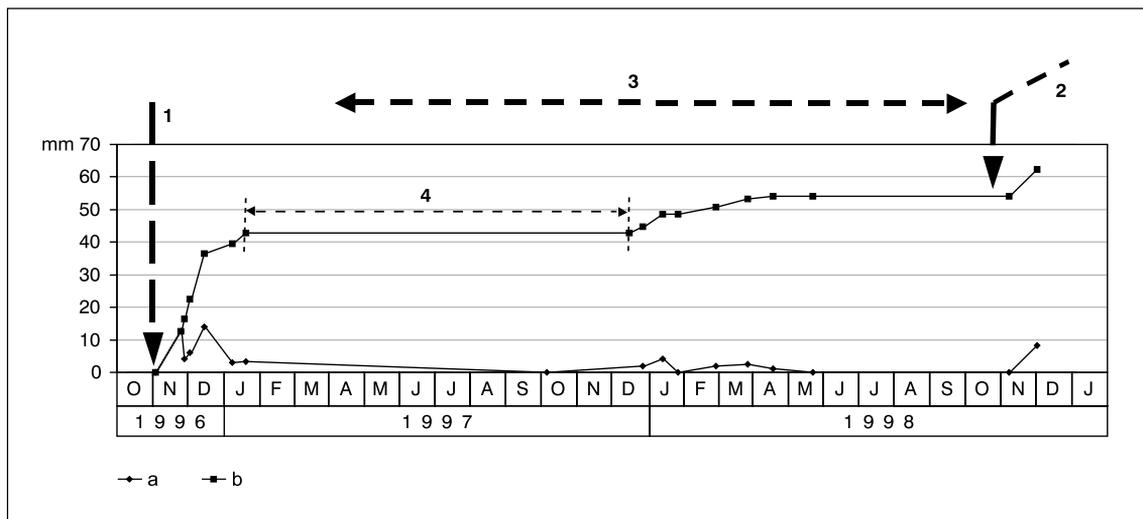


Figura 20. Diagramma degli spostamenti rilevati in un tubo inclinometrico (A.2.6) posizionato in località Lumiera (settore sud del Capoluogo di Corniglio), alla profondità di 55 m dal p.c.: esso evidenzia l'incremento di spostamento che si determina in concomitanza delle fasi di riattivazione della limitrofa frana della Lama. LEGENDA: a) spostamenti locali (valore per ogni misura, in mm); b) spostamenti integrali (mm); 1) riattivazione del 18/10/1996; 2) riattivazione del 14/10/1998; 3) periodo di quiescenza o di debole attività; 4) intervallo di tempo entro il quale non sono state eseguite misure inclinometriche.

Figure 20. Diagram of displacements recorded by inclinometer A.2.6, located in the Lumiera area (southern sector of Corniglio civic centre), at a depth of 55 m: the displacement increase recorded in concomitance with the reactivation phases of the adjacent La Lama landslide is emphasized. LEGEND: a) local displacements (value for each measurement expressed in mm); b) total displacements (mm); 1) reactivation of 18/10/1996; 2) reactivation of 14/10/1998; 3) period of dormancy or very low activity; 4) time lag of inclinometer measurements.

Le misure effettuate segnalavano, dapprima, un vettore degli spostamenti diretto verso N, in periodi successivi verso SW. I meccanismi di deformazione, anche in questo caso, sono complessi, alternativamente controllati dall'attività della limitrofa frana (spostamenti verso N) e da condizioni d'instabilità delle scarpate sottostanti l'abitato. In questo settore le Arenarie di Ponte Bratica sono ricoperte da una coltre di ben 27 m di spessore, costituita da detriti arenacei in abbondante matrice pelitica, che, evidentemente, costituisce tali scarpate.

Tutte queste osservazioni portano a ipotizzare che la zona di Corniglio-Lumiera-Colonia, sita a cavaliere della dorsale costituita di Arenarie di Ponte Bratica, dal punto di vista delle deformazioni gravitative, probabilmente, subisce un'azione di controllo, da parte sia della frana (sul lato ovest), sia del versante rivolto verso l'incisione del T. Bratica (lato nord est). In altre parole, i blocchi di arenarie che costituiscono il sottosuolo del settore meridionale del centro abitato di Corniglio, potrebbero subire deformazioni per effetto di fenomeni diversi sui due lati del crinale ed alternare fasi di «deriva» verso

l'uno o verso l'altro settore (figg. 20, 21, 22, 23).

Solo un costante monitoraggio strumentale, da mantenere attivo negli anni futuri, potrà consentire di interpretare con maggior chiarezza la dinamica delle deformazioni nel sottosuolo del centro storico di Corniglio, in rapporto sia alle riattivazioni della frana, sia alle condizioni di stabilità del versante sinistro del limitrofo solco vallivo del T. Bratica.

5. LINEAMENTI IDROGEOLOGICI

La caratterizzazione idrogeologica del corpo di frana e, pertanto, le condizioni idrauliche interne che ne regolano la stabilità rappresentano senza dubbio uno degli aspetti meno investigati, dal momento che le indagini hanno quasi sempre privilegiato un monitoraggio finalizzato ad interventi d'emergenza. È anche vero che eventuali piezometri costruiti nel corpo di frana sarebbero andati ripetutamente distrutti; le sorgenti, inoltre, che venivano a giorno dopo ciascuna riattivazione, erano rchiuse dalla successiva e sostituite da nuove. Uno studio idrogeologico, di tipo quantitativo, potrà essere ese-

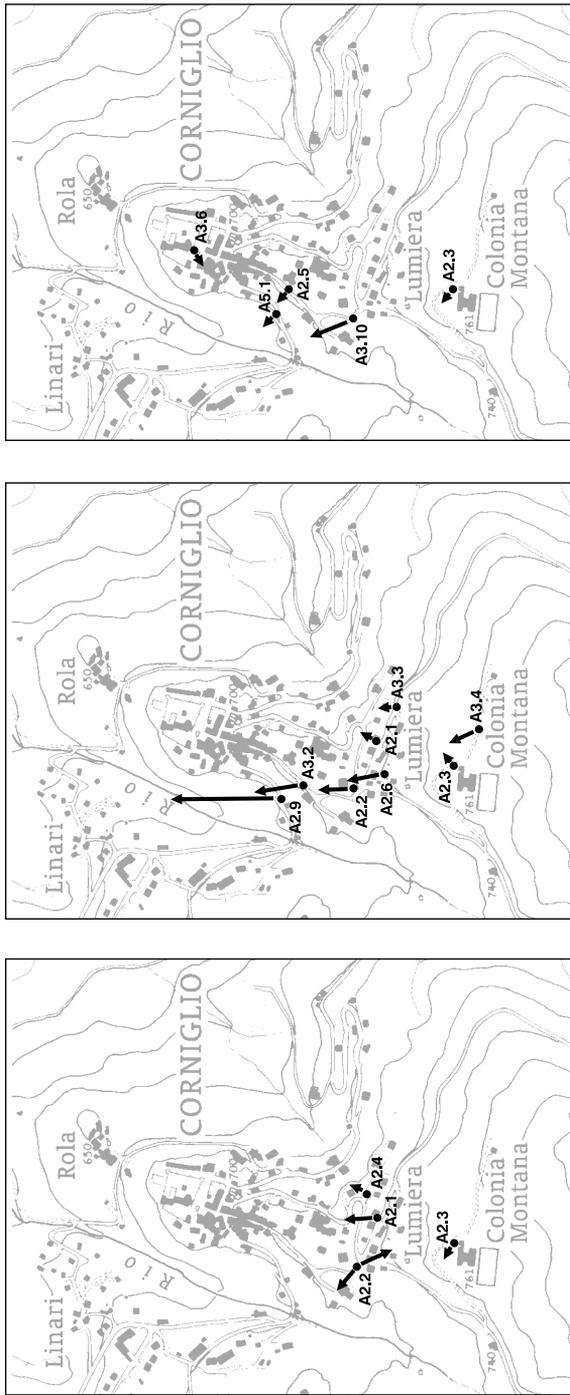


Figura 21. Rap-presentazione dei vettori degli spostamenti inclino-metrici, rilevati durante vari periodi, in zona «Lumiera» (settore sud di Corniglio capoluogo). LEGENDA: 1) scala grafica degli spostamenti misurati nei tubi inclinometrici; 2) scala grafica della base topografica.

a) febbraio - maggio 1996. Dopo la riattivazione del gennaio 1996 della limit-ofa frana della Lama (posta ad ovest), tra le case del quartiere si notano *tension cracks*; i tubi inclinometrici installati registrano prevalenti deformazioni verso NNO. Si noti il comportamento del tubo inclinometrico A 2.2, già evidenziato in fig. 19.

b) luglio 1996 - gennaio 1997. Dopo la quiescenza estiva del 1996, nel mese di ottobre 1996 si riattiva la Lama, con attività che perdura fino ai primi mesi del 1997. Nel quartiere Lumiera, i vettori degli spostamenti evidenziano una rotazione degli azimut verso N, forse per una maggiore «compressione» esercitata dal corpo della Lama, sul versante posto sul suo fianco destro (dorsale di Corniglio-Colonia). Un analogo comportamento è stato osservato anche in fasi successive, ad esempio, nel periodo gennaio-aprile 1999.

c) novembre-dicembre 1999. In questo periodo lo stato di attività della Lama risulta sospeso; nonostante ciò, nella zona «Lumiera» si verificano spostamenti rilevanti. Tali movimenti sono successivi ad una fase di intense e prolungate precipitazioni che fanno innalzare di vari metri i livelli piezometrici della falda; l'azimut dei vettori di spostamento si dispone nuovamente (come nella fase di febbraio-maggio 1996) con direzione prevalente NNO (gradiente di pendio). La Lama, caratterizzata da uno stato di quiescenza perdurante da almeno 6 mesi, non esercita alcuna influenza apparente sugli spostamenti della zona «Lumiera», che, in questo caso, sembrano essere controllati dalle pressioni idrostatiche del substrato.

Figure 21. Vectors of inclinometer displacements recorded during various periods in the Lumiera area (Corniglio southern sector). LEGEND: 1) graphic scale of displacements measured by means of inclinometers; 2) graphic scale of topographic map.

a) February-May 1996. After the January 1996 reactivation of the adjacent La Lama landslide (to the west), tension cracks appeared on the houses of this area; inclinometers recorded mainly NNW-trending displacements. Notice the behaviour of inclinometer pipe A 2.2, already shown in fig. 19.

b) July 1996-January 1997. After the 1996 summer dormancy, in October 1996 La Lama landslide resumes its activity which lasts till early 1997. In the Lumiera area, vectors of displacements pinpoint a northward azimuth rotation, owing perhaps to a greater «compression» of La Lama landslide body on the slope located on its right flank (Corniglio-Colonia ridge). A similar behaviour was observed also in subsequent phases, for example in the January-April 1999 period.

c) November-December 1999. In this period the state of activity of La Lama is suspended; notwithstanding this, in the Lumiera area considerable displacements are recorded. These movements are successive to a phase of intense and prolonged precipitation which causes a rise of several metres of the piezometric levels; the azimuth of the displacement vectors is again arranged (as in the February-May 1996 phase) in a prevailing NNW direction (slope gradient). La Lama landslide, characterised by a state of dormancy lasting for at least six months, does not exert any apparent influence on the displacements occurring in the Lumiera area, which, in this case, seem to be controlled by the bedrock hydrostatic pressure.

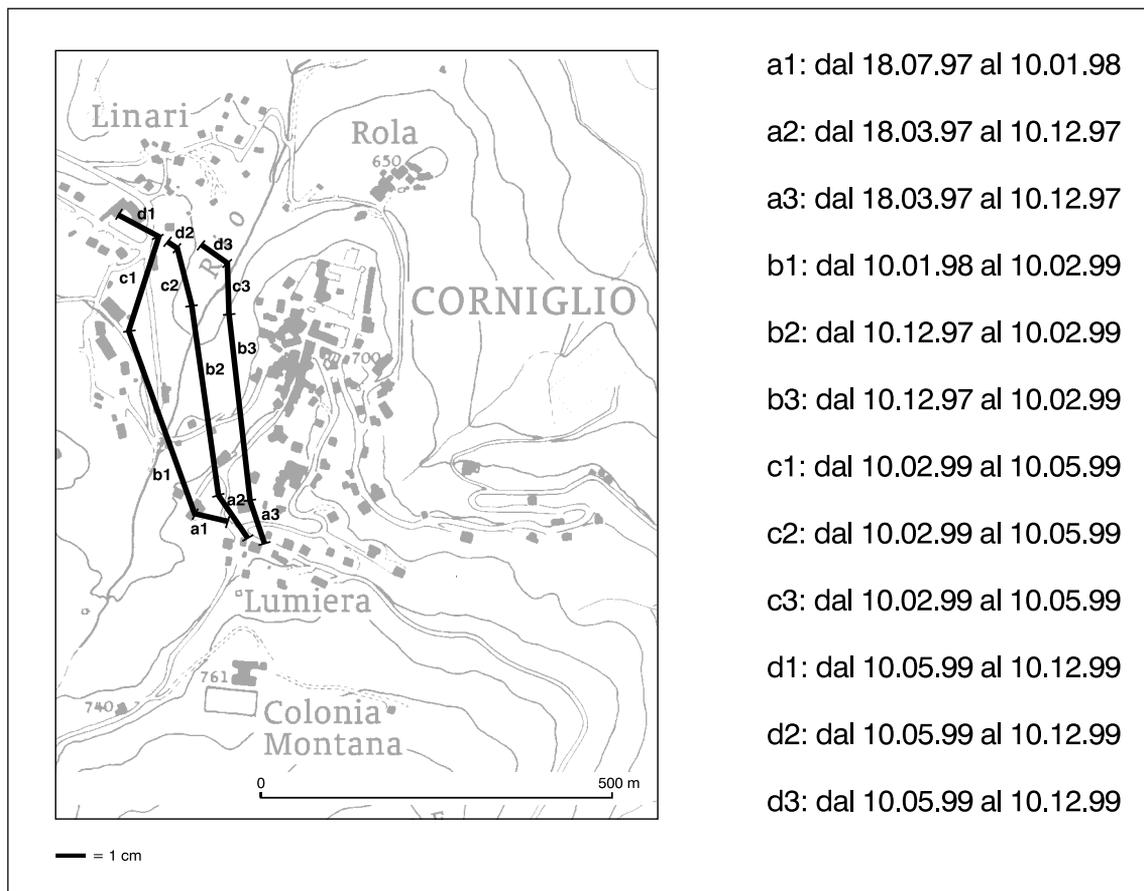


Figura 22. Rappresentazione dei vettori di spostamento topografico in alcuni punti della zona «Lumiera» dal marzo 1997 al dicembre 1999.

Le spezzate che compongono i vettori distinguono comportamenti differenziati:

- gli azimut dei tratti «a» e «d», corrispondenti a fasi di sostanziale quiescenza della *Lama* tendono ad orientarsi in direzione O e NO, conformemente al gradiente di pendio;
- gli azimut dei tratti «b» e «c», relativi a fasi alterne di quiescenza e di attività della *Lama*, tendono, invece, ad orientarsi in direzione NNO.

I vettori degli spostamenti rilevati in superficie risultano sostanzialmente concordanti con quelli misurati in profondità, entro i tubi inclinometrici.

Figure 22. Vectors of topographic displacement in some points of the Lumiera area, during the period march 1997-december 1999.

Broken lines making up the various vectors mark different kinds of behaviour:

- azimuth angles of «a» and «d» tracts, which correspond to phases of dormancy of La Lama landslide, tend to assume a W and NW orientation, conformably to slope gradient;
- azimuth angles of «b» and «c» tracts, which correspond to alternate phases of dormancy and activity of La Lama landslide, tend, on the contrary, to assume a NNW orientation.

Vectors of displacements recorded at ground level are substantially concordant with those measured at depth, inside inclinometer pipes.

guito solo dopo che il corpo di frana avrà acquisito un nuovo, temporaneo equilibrio: senza queste conoscenze non si potrà eseguire un'analisi di stabilità

sufficientemente attendibile.

Presso il coronamento di frana, posto sotto M. Aguzzo, il contatto tra il Flysch di M. Caio – local-

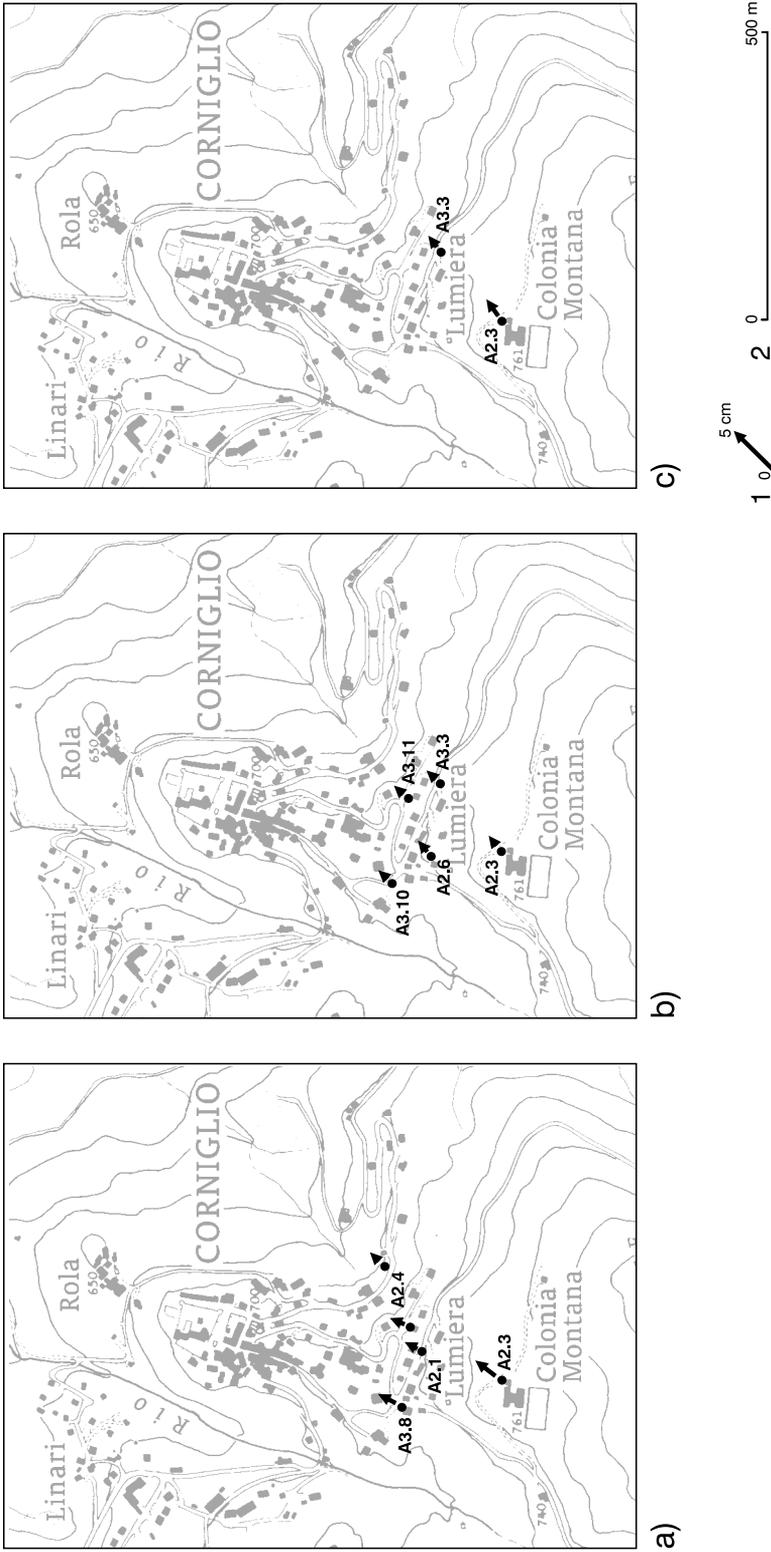


Figura 23. Vettori degli spostamenti e inclinometrici, presso il quartiere Lumiera di Corniglio, nel versante rivolto verso il solco vallivo del T. Bratica. LEGGENDA: 1) scala grafica degli spostamenti; a) periodo luglio 1996-gennaio 1997, comprendente la fase di riattivazione della Lama nell'ottobre 1996; b) periodo maggio 1997-maggio 1998 (fase di quiescenza della Lama); c) periodo marzo 1999-novembre 1999, comprendente la fase finale della riattivazione della Lama nell'inverno 1998-99; 2) scala grafica della base topografica. Le misure effettuate in questi periodi evidenziano spostamenti generalizzati verso NE; in alcuni inclinometrici si sono registrati, in tempi diversi, spostamenti di segno opposto, verso NNO (fig. 21). Un'interpretazione possibile del fenomeno ipotizza che gli spostamenti verso il solco vallivo del T. Bratica corrispondano a fasi compressive esercitate dal corpo della Lama; mentre gli spostamenti verso NNO (verso il corpo di frana) sarebbero collegati a fasi di decompressione, per «svuotamento» della parte intermedia della frana. Figure 23. Vectors of inclinometer displacements at Lumiera of Corniglio, on the slope facing the T. Bratica riverbed. LEGEND: 1) graphic scale of displacements; a) July 1996 to January 1997 period, including the «La Lama» reactivation phase of October 1996; b) May 1997 to November 1999 period («La Lama» dormancy phase); c) March 1999 to November 1999 period, including the final reactivation phase of «La Lama» landslide in winter 1998-99. Inclinometer measurements carried out in these periods pinpointed generalised NE displacements; 2) graphic scale of topography base map. Nevertheless, in different observation periods some inclinometers have recorded displacements of opposite direction, i.e. toward NNW (fig. 22). A possible interpretation of this phenomenon hypothesizes that the displacements towards the T. Bratica riverbed correspond to compressive phases exerted by the «La Lama» landslide body; whereas the NNW displacements (i.e. towards the landslide body mid-portion) seem to result from extensional phases, owing to «depletion» of the landslide body mid-portion.

mente molto fratturato e con scarsi interstrati pelitici – ed i sottostanti complessi argillosi di base (della stessa Unità e dell'Unità Canetolo sottostante) rappresenta un'importante soglia di permeabilità, che precedentemente alla riattivazione della fine del 1994, determinava una parziale emergenza delle acque presso il cosiddetto L. Busset (fig. 2): parte dell'acqua proveniente dal Flysch, allora come attualmente, s'infiltra sicuramente nel corpo di frana, controllandone i livelli idrostatici al suo interno, rilevati, purtroppo, in un solo punto (parte mediana, presso Linari) e per un periodo molto breve.

Un acquifero, ancora più permeabile del Flysch di M. Caio, corrisponde alla dorsale del fianco est di frana, costituita da Arenarie di Ponte Bratica; l'elevata permeabilità è controllata essenzialmente da una macrofratturazione, tipica della formazione (VESCOVI et al., 1997), con apertura accentuata dalle deformazioni gravitative. Le Arenarie svolgono il ruolo idrogeologico di serbatoio, che trasferisce tutte

le acque sino al contatto con il *Mélange* di Lago, ad esse basali, e verso la vicina frana principale, sicuramente anche direttamente verso il piano di scivolamento basale, come si è potuto osservare durante alcune fasi di attività della frana, tant'è vero che durante il 1995, alla base della dorsale, sul corpo di frana furono costruite trincee drenanti profonde oltre 10 m (fig. 24), nel tentativo di raccogliere tali acque.

I rilievi piezometrici eseguiti in questo settore (piezometri a tubo aperto e celle di Casagrande) hanno delineato, entro i blocchi di arenaria, una situazione idrostatica, tipica di un acquifero in rete, con fratturazione «in grande»: i livelli piezometrici, generalmente attestati a profondità elevate dal p.c. (34÷36 m), risalgono velocemente (nell'arco di poche ore) in concomitanza delle precipitazioni più intense, restando elevati solamente per qualche giorno. La correlazione fra le portate di fori suborizzontali (fig. 25) e dei pozzi (fig. 26) drenanti, eseguiti in



Figura 24. Trincea drenante realizzata nell'estate 1995, per il consolidamento del corpo di frana caratterizzato da colate superficiali. In molte trincee furono utilizzati, come materiale drenante, tronchi, ravvolti in geotessile, provenienti dalla pineta distrutta dalla prima riattivazione e non riutilizzabili diversamente (cfr. fig. 30).

Figure 24. Draining trench made in summer 1995 for consolidating the landslide body characterised by superficial flows. In many trenches, tree trunks wrapped up in geotextile were utilised as draining material; they came from the coniferous plantation destroyed by the 1994 reactivation (see fig. 30).

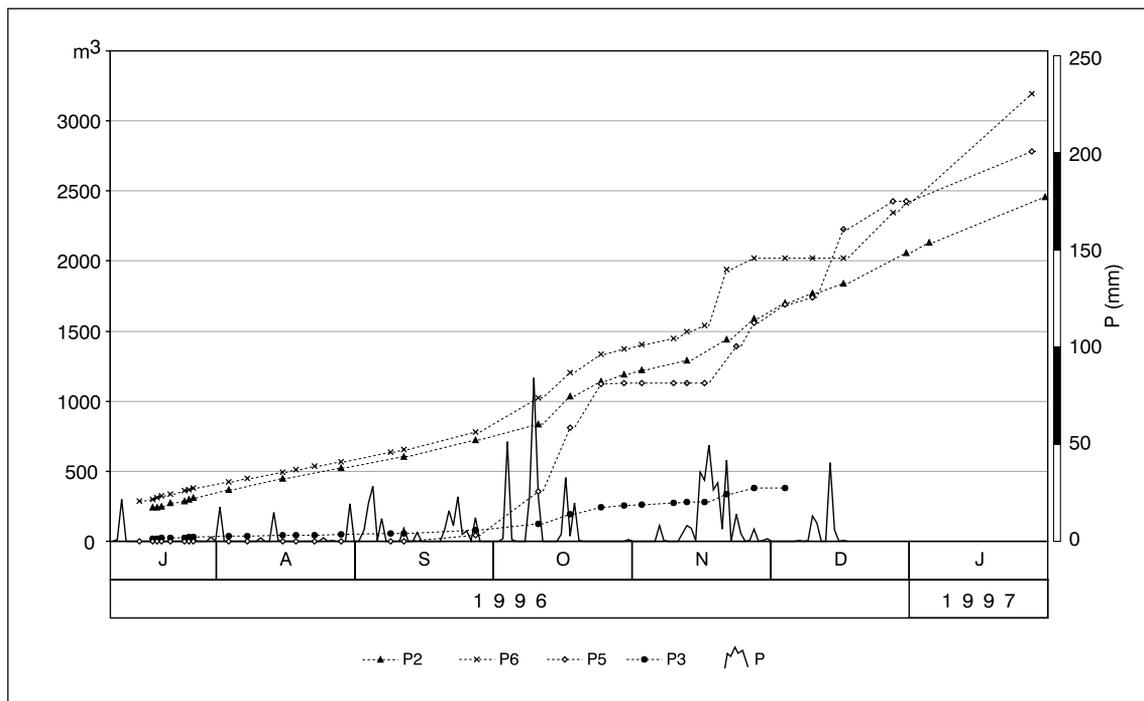


Figura 25. Diagramma delle portate estratte da pozzi drenanti (P2, P6, P5, P3), costruiti nella zona «Lumiera» del centro storico nel periodo luglio 1995-gennaio 1996, correlate con le precipitazioni (P) nel pluviometro di Marra.
Figure 25. Diagram of water discharges pumped from draining wells (P2, P6, P5, P3), installed in the Lumiera area in the July 1995-January 1996 period, correlated with the precipitation (P) recorded at the Marra rain gauge.

località «Lumiera», e l'andamento delle precipitazioni confermano questo regime delle acque sotterranee.

Il foro drenante lungo 200 m, sotto il quartiere Lumiera ha fornito, subito dopo la sua perforazione, un altro utile dato di confronto, relativamente al comportamento idraulico delle Arenarie: è stato caratterizzato, infatti, da portate iniziali di svuotamento, pari a circa 50 l/min, mantenute costanti per almeno una settimana e correlabili con la macrofratturazione dell'ammasso, e da successive portate dell'ordine del l/min, ma con curva di esaurimento caratterizzata da un coefficiente angolare molto basso, evidentemente connesse alla fratturazione di minor spaziatura ed apertura.

6. EVOLUZIONE RECENTE DELLA FRANA

6.1. Evoluzione e stato di attività della frana dal 1902 al novembre 1994

La ricostruzione di fig. 27 deriva sostanzialmente dai lavori di ALMAGIÀ (1907) e MARTELLI (1916),

mentre una verifica indiretta dello stato di evoluzione della frana, nel periodo compreso fra il 1902 ed il novembre 1994, è stata ottenuta mediante indagine fotointerpretativa di alcune riprese aeree e precisamente il Volo GAI del luglio 1954 (fig. 28), il Volo RER 1976 (fig. 16) ed il Volo IGM 1990 (infrarosso).

L'evento del 1902

Nel mese di maggio 1902 si ha un arretramento della scarpata principale (tra L. Busset e Campo Lusini: per i toponimi si faccia riferimento sempre alla fig. 2) a partire da quota 1050 m, per una larghezza della corona di circa 1000 m, con traslazione dei blocchi fino alla quota di 770 m, che sconvolsero boschi, prati e colture. Alla fine del mese, la riattivazione interessava l'area rappresentata a tratto inclinato in fig. 27. Pochi giorni dopo, si staccava dal versante destro della scarpata principale, poco più in basso della località detta Bosco del Prete, un'altra frana che, riunitasi alla maggiore, a quota di 770 m circa, «...chiudeva le numerose fonti vive di ottima acqua che davano origine al Rio Maltempo e ostrui-

va il rio stesso.» (ALMAGIÀ, 1907, pag. 97), determinando la formazione di alcuni laghetti nel corpo di frana. Nella sua progressiva discesa la massa distrusse le case de' La Maestà, site circa 200 m a sud dei Campetti, ed altre vicine e poi parve per qualche giorno fermarsi. Il 10 giugno il movimento riprese suddividendosi in due tronconi che rovinarono campi, boschi, ponti, acquedotto e case poste sia in sinistra del R. Lumiera (Linari, Ca' Zanni), sia in destra del R. Maltempo danneggiando anche il nuovo cimitero. Verso la fine di giugno, la frana raggiunse il T. Parma restringendone l'alveo, e la fluidificazione di un settore frontale della frana vicino al R. Lumiera determinò una colata di terra che, chiudendo il T. Parma, formò un lago di sbarramento che perdurò per qualche tempo.

Molto interessante anche la segnalazione che nel

paese di Corniglio (ci si riferisce alle case più meridionali segnate in fig. 27: area «L») si verificarono dei dissesti a manufatti, per i quali ALMAGIÀ (cfr. 1907, pag. 99) precisa: «...due o tre delle case estreme, per l'urto delle masse frananti contro la parete laterale rimasta ferma, ebbero lesioni». Da ciò si può ragionevolmente dedurre che anche in quest'evento la zona meridionale dell'abitato, attualmente detta «Lumiera», abbia manifestato delle interferenze con la massa della frana, subendo una traslazione verso NW, all'epoca passata inosservata, perché il movimento era molto lento. Naturalmente, la frana sconvolse il reticolo idrografico all'interno del proprio corpo e, oltre alla formazione di vari laghetti, si verificarono delle variazioni nel tracciato così che, per esempio, il R. Lumiera si trovò decapitato del suo tratto superiore a favore del R. Maltempo.

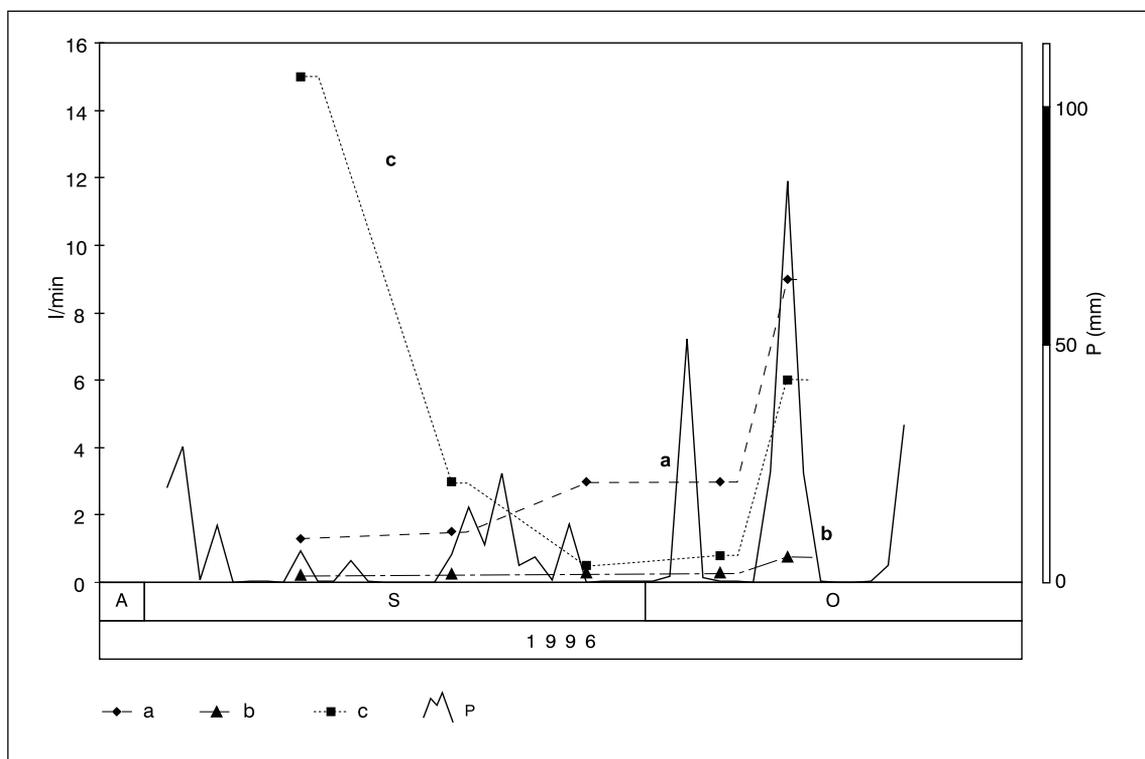


Figura 26. Diagramma delle portate estratte in alcuni dreni suborizzontali (a, b, c), perforati al di sotto del quartiere Lumiera, correlate con le precipitazioni (P) registrate alla stazione di Marra. Anche questo diagramma evidenzia il rapido incremento di portate (da alcune ore a pochissimi giorni) in tempi successivi a periodi di intense precipitazioni. Il primo tratto della curva del drenò c è relativo allo svuotamento iniziale, immediatamente successivo alla perforazione.

Figure 26. Diagram of water discharges from some sub-horizontal drains (a, b, c) dug in the Lumiera area, correlated with the precipitation (P) recorded at the Marra rain gauge. Also this graph emphasizes the fast discharge increase (from a few hours to a few days) in periods following intense precipitation. The first tract of drain c curve is referred to the initial depletion, immediately following the boring drill.

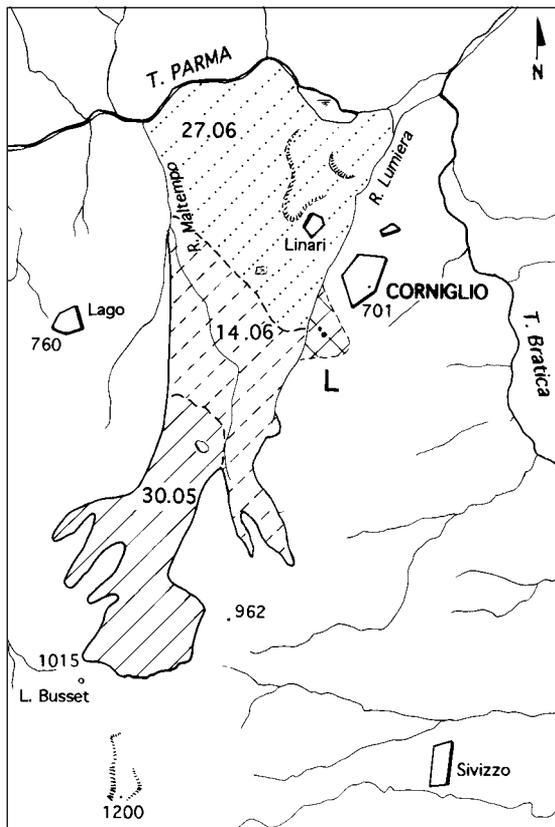


Figura 27. Ricostruzione della riattivazione della frana avvenuta nel 1902, in base alle note di **ALMAGIÀ (1907)** e **MARTELLI (1916)**, dalle quali si evince che la riattivazione completa del corpo di frana si esplica in poco meno di un mese. I diversi retini separano aree riattivate dal 30/05/1902 al 27/06/1902. L = lesioni riscontrate nelle abitazioni dell'estremità sud del paese (attuale quartiere Lumiera).

*Figure 27. Reconstruction of the landslide occurring in 1902, on the basis of observations by **ALMAGIÀ (1907)** and **MARTELLI (1916)**. According to these Authors, the complete reactivation of the movement took place in less than a month. The various shades define areas reactivated between 30 May and 27 June 1902. L = tension cracks recorded in the houses located in the southernmost area of the village (Lumiera area).*

Volo GAI 1954

Dalle foto aeree, alla scala 1:66.000 circa, di discreta qualità, è possibile decifrare evidenze significative di movimento in alcuni settori del corpo di frana. Da notare che lo sviluppo del bosco di conifere, messo a dimora dal Corpo Forestale dello Stato a

partire dalla fine degli anni '20, non aveva ancora raggiunto dimensioni tali da mascherare le forme del rilievo, perciò ondulazioni, depressioni, blocchi dislocati, canali di drenaggio e zone in movimento attivo sono ben visibili.

In fig. 28 la linea tratteggiata (3) delimita la parte

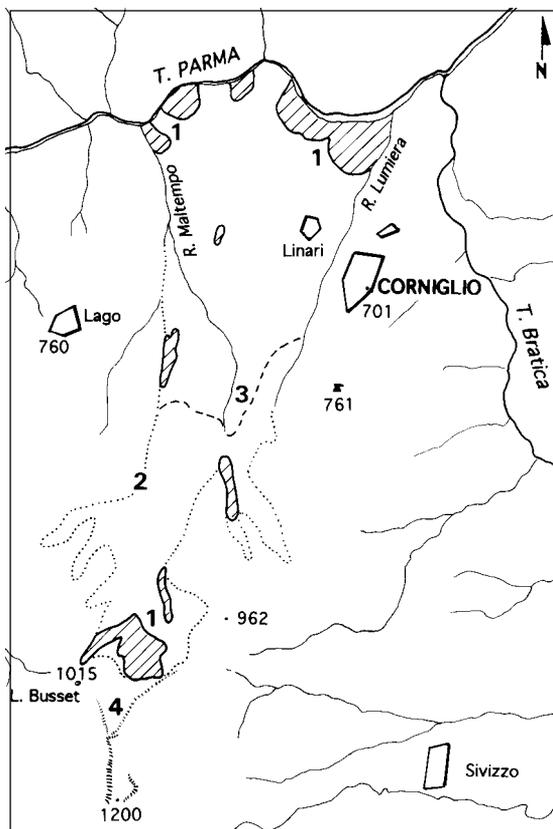


Figura 28. Ricostruzione, mediante fotointerpretazione del Volo GAI, dello stato di fatto nel luglio 1954: molte aree mostrano ancora una certa attività sia in coronamento, sia al piede. **LEGENDA:** 1) aree di attività, 2) limiti della riattivazione del 1902, 3) limite dell'area con forme di marcata deformazione (indicanti, forse, uno stato di attività perdurante), 4) scarpata secondaria nel coronamento di frana, che nel 1994 delimiterà il nuovo ammasso scivolato.

*Figure 28. Reconstruction, by means of aerial photo-interpretation (Italian Air Force survey) of the situation in July 1954: many areas still show a certain degree of activity both at crown and foot. **LEGENDA:** 1) areas in activity, 2) boundaries of the 1902 reactivation, 3) boundary of the area showing considerable deformation landforms (pointing, perhaps, to a state of persisting activity), 4) secondary scarp in the landslide crown which, in 1994, will border the new displaced soil mass.*

medio-alta del corpo franoso, che mostra forme di relativa freschezza, mentre il tratto a puntini (2) ricalca il limite della frana del 1902 a scopo di riferimento per questa e le altre figure. Le aree tratteggiate (1), indicanti zone attive, s'individuano nella scarpata principale, presso il L. Busset, in settori di perdurante saturazione (aree di forma allungata) e sul fronte della frana. In quest'ultimo settore si può supporre l'esistenza di parti ancora allo stato plastico e che la massa non avesse ancora raggiunto condizioni d'equilibrio, per effetto della continua erosione torrentizia sul fronte di frana. Da rilevare, infine, nel coronamento, l'evidenza di scarpate (4) che sembrano delimitare l'area che sarà coinvolta nella futura riattivazione.

Volo RER 1976

L'analisi dei fotogrammi, alla scala di 1:14.000 circa, evidenzia che, dopo oltre settant'anni, la parte medio-alta della frana di Corniglio appare densamente ricoperta dall'impianto artificiale di conifere, che si spinge poco sotto la strada per Bosco (fig. 29). La restante parte della frana appare coltivata ed i ripetuti lavori agricoli hanno addolcito le asperità del terreno. Attorno al borgo di Linari sorge la nuova espansione di Corniglio. Il corpo di frana appare, per la maggior parte, quiescente fatta eccezione per due piccole aree di evidente attività (1), site rispettivamente nella scarpata principale, dove anche la vegetazione spontanea non è attecchita, e sul confine sinistro della frana, immediatamente sotto la strada per Bosco. Nella prima zona, sembrano attivi degli scivolamenti superficiali, per continua erosione e degradazione dei materiali sciolti della scarpata, mentre nella seconda area si nota una piccola colata di terra.

Volo IGM 1990

L'analisi condotta su questi fotogrammi all'infrafrasso, in scala 1:34.000 circa, non rivela sostanziali differenze da quanto interpretato sui fotogrammi del 1976 perciò la situazione non è raffigurata; infatti il dissesto nella scarpata persiste visibilmente mentre la colata appare in condizioni di temporanea quiescenza.

6.2. La riattivazione del novembre 1994

Nel corso dell'anno 1992, in occasione di intense precipitazioni, si manifestano segni premonitori di cedimenti nella zona della vecchia scarpata di frana, e nel novembre 1994 la grande frana detta *La Lama* di Corniglio si riattiva parzialmente.

All'incirca verso la terza settimana del mese

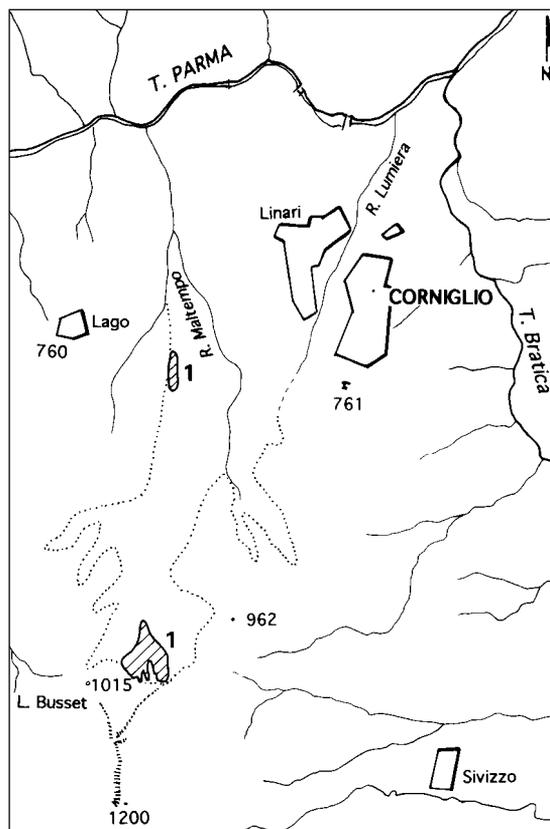


Figura 29. Ricostruzione, mediante fotointerpretazione, del Volo RER 1976 a colori, quando il corpo franoso era quasi completamente quiescente, ad eccezione della scarpata principale e di una piccola colata sul fianco sinistro (1).

Figure 29. Reconstruction, by means of colour aerial photo-interpretation (RER 1976 survey) when the landslide was nearly completely dormant, except its main scarp and a small earth flow on its left flank (1).

(dopo un periodo di intense precipitazioni che assommano, dal 1° settembre al 15 novembre, a 1070 mm, di cui 704 nel solo mese di settembre: GALLIANI et al., 2001 e LOLLINO et al., 2001), si determina una riattivazione di scivolamenti rotazionali nella zona di coronamento, sottostante la dorsale settentrionale di M. Aguzzo (entro il Flysch di M. Caio e i sottostanti complessi argillosi), ad una quota di 1150 m (fig. 16 a). Si produce una grande scarpata (1) e numerose altre scarpate secondarie (2), che fanno arretrare di oltre 200 m il limite superiore del coronamento rispetto a quello dell'evento del 1902: tale situazione è fotografata dal volo Corniglio del 15.12.1994.

Il materiale scivolato verso valle ricopre l'antico

Tabella 3. Sequenza degli eventi storici relativi alle riattivazioni della Lama di Corniglio.
Table 3. Sequence of historical events concerning the reactivations of the Corniglio landslide.

<i>Data</i>	<i>Evento</i>
Alto Medioevo (secolo IX circa)	Leggenda della maledizione dei Santi pellegrini irlandesi Lucio e Amanzio contro gli abitanti di Corniglio per la loro inospitalità e conseguente attivazione della frana.
secolo XVI	Testimonianza di ANONIMO (1541-1559) su una riattivazione del movimento, riportata negli Estimi catastali conservati presso l'Archivio di Stato di Parma.
1612	Prima riattivazione documentata.
1740	Seconda riattivazione documentata.
1902	Terza riattivazione, descritta dettagliatamente da ALMAGIÀ (1907).
decenni 1920 e 1930	Sistemazione idraulico-forestale, con impianto di un bosco a conifere nella porzione medio-superiore del corpo di frana, e ripristino dei corsi d'acqua laterali, con sezioni sagomate e numerose briglie.
decenni 1970 e 1980	Sviluppo urbanistico nella porzione medio-inferiore del corpo di frana.
settembre 1994	Afflusso meteorico mensile di 700 mm.
ottobre-novembre 1994	Afflusso meteorico per i due mesi, pari a 670 mm.
novembre-dicembre 1994	Riattivazione della porzione medio-superiore del corpo di frana.
anno 1995	Fase di quiescenza; prime indagini e interventi di consolidamento
31 dicembre 1995	Terremoto del V° grado MCS (magnitudo 3,3).
1 gennaio 1996	Ripresa del movimento lungo superfici roto-traslative di neoformazione.
29 gennaio 1996	Scossa sismica del II° grado MCS (magnitudo 2,2) e simultaneo avanzamento della porzione inferiore del corpo di frana.
3 febbraio 1996	Evacuazione del borgo di Linari (70 abitazioni abbandonate e 253.000 prosciutti rimossi da 5 stabilimenti di stagionatura).
gennaio-aprile 1996	Velocità di traslazione dell'intero ammasso franoso, intorno a 25 cm/d; presenza di lesioni e fessure negli edifici e nelle strade di Corniglio.
15 ottobre 1996	Terremoto del VII° grado della scala MCS con epicentro a circa 90 km a NE di Corniglio.
dal 17 ottobre 1996 alla fine di novembre 1996	Il corpo di frana subisce un ulteriore avanzamento da 6 a 8 m con sollevamento dell'alveo del T. Parma.
novembre 1996- gennaio 1997	Spostamenti medi di 5 cm/d, con punte di 10,4 cm/d.
febbraio-marzo 1997	Spostamenti medi di 2,6 cm/d, con punte di 4 cm/d.
marzo 1997- 13 ottobre 1998	Periodo di quiescenza; gli spostamenti, mai del tutto arrestati, sono di scarsa entità.
14 ottobre 1998	Nuova riattivazione generale della frana storica, dopo un periodo di intensa piovosità (636 mm nei 45 giorni precedenti alla riattivazione).
novembre-dicembre 1998	Notevole incremento degli spostamenti; il fronte della frana avanza nell'alveo del T. Parma distruggendo definitivamente le briglie; si formano gradini e cascate di qualche metro di altezza nell'alveo del torrente; la frazione di Ca' Pussini è minacciata dalla espansione di una colata sul fianco ovest di frana e dallo straripamento del Rio Maltempo.
prima metà di gennaio 1999	Breve periodo di rallentamento degli spostamenti.
seconda metà di gennaio - fine di febbraio 1999	Nuovo incremento degli spostamenti nell'alveo del T. Parma e sul lato ovest della frana dalla zona di Ca' Pussini fino alla località «Il Mulino» (immediatamente a lato dell'alveo del T. Parma).
marzo-aprile 1999	Le prime piene primaverili iniziano ad asportare parte del materiale franato che ingombrava l'alveo.
maggio-agosto 1999	Graduale rallentamento degli spostamenti di frana.
seconda metà di ottobre 1999	Precipitazioni cospicue, culminanti nella piena del T. Parma del 23-24 ottobre, rimettono in movimento il settore medio-alto della frana; la piena del torrente, fortemente erosiva, da un lato allarga la sezione dell'alveo e dall'altra danneggia le difese spondali e sifona la briglia di valle.

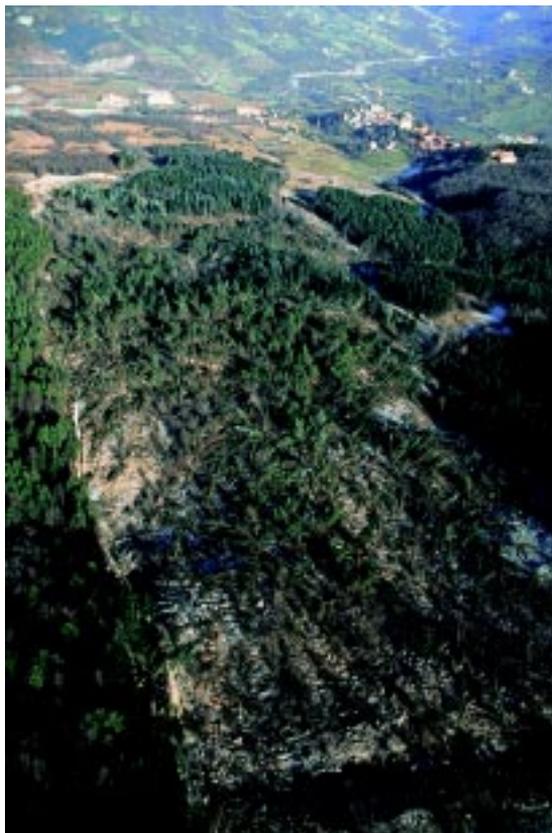


Figura 30. Distruzione del bosco a conifere, d'impianto artificiale, subito dopo la riattivazione del novembre-dicembre 1994.

Figure 30. Destruction of the coniferous plantation immediately after the reactivation of November-December 1994.

corpo franoso sottostante, determinando al suo interno, dalla fine di novembre alla prima metà di dicembre, nuove superfici di rottura di tipo roto-traslattivo; nelle parti più superficiali, con spessori compresi tra 10 e 20 m, la plasticizzazione della componente argillosa determina la formazione di colate (3), che, come già accennato, nella fase parossistica avanzano di oltre 50 m/d. Rigonfiamenti e deformazioni di taglio (4), prodotti a seguito delle spinte compressive del corpo in movimento, si manifestano sino a valle della strada provinciale per Bosco. Il movimento si arresta in corrispondenza della parte mediana del litosoma franoso, distruggendo quasi completamente il bosco di conifere (fig. 30) e la rete drenante: crolla una sola villetta, sita lungo la strada provinciale per Bosco.

Il movimento, successivamente, pur espanden-

dosi sul lato destro (5), rallenta e, anche per le favorevoli condizioni meteorologiche determinatesi nel frattempo (gelo e tempo soleggiato), si attesta presso la linea tratteggiata (6) di fig. 16a e per gli edifici residenziali e produttivi della sottostante frazione di Linari si determina solo un grave stato di rischio. Per tutto l'anno 1995 si registra una fase di quiescenza, che permette di progettare ed iniziare interventi di consolidamento della massa franosa.

6.3. Le riattivazione del 1996

Il 31 dicembre 1995, alle ore 23:45 locali, si registra una scossa sismica del V° scala MCS (Magnitudo 4) con epicentro posto a circa 35 km verso ESE, presso Toano, in Provincia di Reggio Emilia. Il 1° gennaio 1996, il movimento si riattiva, mediante nuovi scivolamenti rotazionali entro il Flysch di M. Caio e i relativi complessi argillosi di base, coinvolgendo le masse instabili del coronamento di frana (fig. 16 b). Arretra e si amplia la scarpata principale (1), mentre nel coronamento si formano altre fessure (2). Si rinnovano, si ampliano e aumentano di spessore sia le colate (3), che si originano nei consueti punti di emergenza delle acque, sia le porzioni in traslazione (4) che si accavallano una sull'altra secondo percorsi obliqui (preferibilmente diretti verso il Rio Maltempo), evidenziate sul terreno da fratture anche di tipo trascorrente (5). Si formano numerosi laghetti di frana di cui uno profondo oltre 11 m, probabilmente in corrispondenza di un *trench*.

Alla fine del mese di gennaio la frana si riattiva nel settore coinvolto dal movimento del 1994-95, facendo scattare nuovamente l'emergenza per gli abitati sottostanti e inducendo la Prefettura di Parma a predisporre un piano d'evacuazione.

Il 29 gennaio 1996 si registra una lieve scossa sismica (II° grado della scala MCS, Magnitudo 2,2) nella vicina Lunigiana; a Parma non è registrata nemmeno a livello strumentale, mentre a Corniglio è avvertita in maniera molto amplificata. Contestualmente inizia a spostarsi in massa tutta la parte inferiore del corpo principale di frana, caratterizzata da bassa acclività, sino all'alveo del sottostante T. Parma. È verosimile che lo *shock* avvertito sia conseguenza dell'amplificazione locale del segnale (MEDVEDEV, 1965; FACCIOLI & RESENDIZ, 1976; SIRO, 1985) e di una contemporanea ed improvvisa riattivazione in massa della frana, come del resto è plausibile sulla base di quanto sarebbe stato osservato nei giorni seguenti.

Il 3 febbraio inizia l'evacuazione della frazione di Linari (allontanamento di persone e arredi da circa



Figura 31. Veduta della dorsale di ABR (zona Corniglio e Colonia), con evidenti trincee e conche chiuse, determinate da scivolamenti rotazionali in connessione con il limitrofo corpo della Lama.

Figura 31. View of the Arenarie di Ponte Bratica ridge (Corniglio and Colonia areas), with evident trenches and parakarst depressions caused by rotational slides connected to the adjacent La Lama landslide body.

70 edifici; oltre 253.000 prosciutti e impianti tecnologici dai cinque stabilimenti di stagionatura), che si conclude entro una settimana. L'ordine di evacuazione è dato sulla base del controllo topografico: infatti, nonostante che le deformate risultanti dalle letture inclinometriche (dei tubi profondi 80 m) non mostrino tracce sensibili di spostamenti, le loro teste, come gli edifici limitrofi, iniziano a spostarsi con una velocità di circa 25 cm/d. Questa velocità di spostamento si manterrà costante, per poco meno di tre mesi. Evidentemente il corpo di frana, per tutta la parte basale, si sta muovendo in massa lungo una superficie profonda oltre 80 m e coincidente con un riflettore di fondo, individuato dall'indagine sismica e situato a profondità sempre superiori ai 100 m nella zona circostante Linari.

Il corpo di frana mostra segni di rotture, rigonfiamenti e nuove scarpate (6) sin presso l'alveo del T. Parma, che inizia a restringersi e sollevarsi, con deformazione e rottura delle briglie presenti in alveo; il deflusso delle acque è garantito con asportazione di materiale mediante mezzi meccani-

ci. Il restringimento finale (aprile 1996) risulterà di circa 20 m (circa 1/3 della sezione originaria).

Deformazioni nell'abitato di Corniglio. Nei primi giorni del mese di febbraio, contemporaneamente alla riattivazione in massa della frana «storica», si formano nel terreno «*tension cracks*» e fessurazioni negli edifici e nelle strade nella zona meridionale del centro storico, localmente denominata «Lumiera», in fig. 16b indicata dall'area tratteggiata obliqua (7). Esse derivano dai movimenti descritti nel § 4, relativamente alla dorsale arenacea della Colonia Montana (fig. 31). Anche il pendio occidentale del rilievo su cui sorge il castello (8) sembra risentire, in qualche misura, della dinamica della massa della frana principale e le tensioni cui è sottoposto determinano delle leggere fessurazioni negli edifici. Nell'area dislocata in località Colonia montana, (area 7 di fig. 16b), nel mese di aprile si sono potute osservare molto chiaramente superfici di taglio riattivate: del resto un tubo inclinometrico della zona Lumiera ha registrato lievi deformazioni lungo tutto il tubo, sino alla sua estremità inferiore (= 80 m). L'entità e le caratte-

ristiche delle deformazioni, che hanno interessato la strumentazione inclinometrica, sono tipiche di movimenti gravitativi «a blocchi rigidi», con spostamenti di taglio localizzati su superfici fortemente condizionate dalle caratteristiche strutturali del sottosuolo della dorsale, situate in corrispondenza delle discontinuità fra blocchi di ABR e fra questi ed il substrato argillitico sottostante la dorsale di Corniglio.

I monitoraggi inclinometrici e topografici hanno evidenziato degli spostamenti in punti di riferimento prescelti su costruzioni del centro storico, con valori fino a 25 cm nel periodo febbraio-aprile 1996 nel corso della riattivazione della frana⁽¹⁴⁾.

Il 15 ottobre 1996 si verifica un'altra scossa sismica (VII° grado della scala MCS) con epicentro nella pianura reggiana (circa 90 km verso NE), che è avvertita anche nella zona di Corniglio; il 16 ottobre, anche per la concomitanza di prolungate ed intense precipitazioni, la frana «storica» si riattiva ancora a partire dalla zona di coronamento. In pochi giorni gli spostamenti della massa si propagano sino alla parte mediana e dopo 15 giorni circa sino all'alveo del T. Parma: appare chiaro che, ad ogni riattivazione totale, i tempi di traslazione della massa da monte sino all'alveo del T. Parma si riducono, per il probabile, progressivo decadimento delle resistenze residue mobilizzate lungo il piano di scivolamento basale. Dal 17 ottobre e sino alla fine di novembre, quando sono cessati i movimenti più evidenti, il corpo di frana ha subito uno spostamento compreso tra 6 e 8 m.

All'inizio di novembre 1996, tutte le strutture edilizie e tecnologiche, presenti sul corpo della frana storica, si presentano gravemente lesionate o distrutte; le vecchie case di Linari, scampate alla frana del 1902, ancora resistono, seppure ulteriormente deformate e colpite da nuove e gravi lesioni.

A partire dalla metà di novembre si riattiva anche il movimento all'interno del centro storico, dove si sono registrati i seguenti spostamenti totali:

- periodo novembre 1996-gennaio 1997: in media 5 cm, con valori massimi di 10,4 cm;
- periodo febbraio-marzo 1997: in media 2,6 cm, con valore massimo di 4 cm.

Nel medesimo centro abitato furono installati, alcuni tubi inclinometrici (profondità sino a 150 m). Gli spostamenti totali, da un valore medio di circa $0,1 \pm 0,3$ mm/d nella prima metà del mese di ottobre 1996, raggiunsero valori assai maggiori a

partire circa dal 20 novembre: da tale data, nell'inclinometro più prossimo alla frana (località «Lavatoi») si rilevarono spostamenti fino a 4 mm/d. In data 21 novembre gli spostamenti raggiunsero i valori previsti per la dichiarazione dello stato d'allarme del Piano di Protezione Civile: tale situazione imponeva, in particolare, l'evacuazione di un edificio prossimo all'inclinometro dei Lavatoi. Altri tubi inclinometrici risultarono tranciati in vari punti del centro storico. In altre parti ancora, si registrarono notevoli spostamenti a profondità elevate, come ad esempio il valore di 12 mm alla profondità di 78 m nell'inclinometro in prossimità della «Colonia» (sita immediatamente a monte della località Lumiera).

Le misure inclinometriche e topografiche indicano spostamenti nuovamente in direzione NNW, all'incirca nella direzione di massima pendenza, verso la frana della *Lama*, come già osservato nel corso della precedente riattivazione). Nel complesso non si verificarono evidenti aggravamenti dello stato fessurativo nelle costruzioni del centro storico, monitorate mediante fessurimetri.

A partire dal mese di gennaio 1997 gli spostamenti rilevati negli inclinometri evidenziarono una progressiva e costante riduzione, favorita sia dall'attenuazione delle precipitazioni sia dal generale rallentamento degli spostamenti nel corpo di frana principale.

Il monitoraggio inclinometrico fu ripreso, dopo un periodo d'interruzione, nel dicembre del 1997; pur non rilevando evidenti riattivazioni del corpo della frana *La Lama*, i controlli inclinometrici eseguiti nel centro storico nel periodo dicembre 1997 - maggio 1998 evidenziarono spostamenti in tutti gli inclinometri, anche se non si raggiunsero i valori osservati nel corso delle precedenti fasi di riattivazione della frana: i valori medi degli spostamenti sono compresi fra circa 7 e 25 mm, pari a velocità di circa 0,05-0,15 mm/d.

6.4. La riattivazione del 1998

Una nuova completa riattivazione di tutto il corpo della frana è avvenuta il 14 ottobre 1998, dopo un lungo periodo di scarsa o impercettibile attività, perdurante dal gennaio 1997. Analogamente alle precedenti riattivazioni, la ripresa dei movimenti è stata preceduta da periodi di intensa piovosità: nel mese di settembre 1998 gli afflussi meteorici registrati alla stazione di Lagdei hanno raggiunto il valore di 475 mm, mentre nella prima quindicina del mese di ottobre sono stati registrati 160 mm di pioggia, per complessivi 636 mm nei 45 giorni precedenti la riattivazione.

La riattivazione di metà ottobre ha determinato

⁽¹⁴⁾ Tali valori saranno registrati anche nelle successive riattivazioni dell'ottobre 1996 e dell'ottobre 1998.

nell'ampia zona di coronamento un ulteriore arretramento della scarpata principale, valutabile approssimativamente tra i 5 e 10 m secondo la posizione, e la creazione di altre fessure di tensione predisponenti al collasso di nuove porzioni di versante, sia in detriti, sia negli ammassi rocciosi. In particolare, molto cambiata appare la morfologia dell'area sovrastante il L. Busset, che con quest'ultima riattivazione si è ulteriormente abbassata di quota e «distesa» secondo scivolamenti roto-traslativi (fig. 17).

Lo scivolamento di una notevole quantità di materiali resi instabili dalle precedenti riattivazioni e distaccati dal coronamento della frana, ha sovraccaricato la parte sottostante, determinando la traslazione dapprima del settore intermedio del corpo di frana e, successivamente, anche della parte basale, con il meccanismo descritto in precedenza, in analogia a quanto riportato da HUTCHINSON & BHANDARI (1971) e HUTCHINSON (1987).

Nel coronamento si sono manifestate numerose piccole colate fangose, determinate dalle emergenze d'acqua al contatto tra la copertura detritica del *Flysch* di M. Caio e le sottostanti peliti ed arenarie dell'Unità Canetolo; le colate confluivano nella conca sottostante alla scarpata principale, alimentandone altre più importanti, che scorrevano, soprattutto, su entrambi i fianchi del corpo di frana. Si può sottolineare che i colamenti hanno interessato specialmente il fianco sinistro della frana, lungo il Rio Maltempo, ampliandosi notevolmente rispetto alla riattivazione del 1996. La colata limitrofa al Rio Maltempo, nella sua rapida discesa ha fortemente ristretto l'alveo ed ostruito in due punti il corso del rio medesimo, creando una situazione di pericolo per l'abitato di Ca' Pussini, in relazione ad una possibile tracimazione, sia della massa fangosa sia delle acque di scolo laterale della frana. Nella parte medio-alta della frana, gli spostamenti, relativamente rapidi della massa, hanno creato un continuo succedersi, nello spazio e nel tempo, di avvallamenti, con conseguenti ristagni d'acqua, e rigonfiamenti, che hanno causato il lento svuotamento dei ristagni precedentemente formati, con caratteristica esposizione subaerea dei fondali fangosi.

Il sistema di drenaggio superficiale realizzato sul corpo di frana dopo la riattivazione del gennaio 1996, d'indubbia efficacia nel drenare la massa franosa più superficiale (vale a dire i colamenti), appariva completamente distrutto; tale sistema era già stato notevolmente compromesso dalla riattivazione dell'ottobre 1996. Nell'autunno 1998, la frana era in continua e rapida evoluzione ed anche i tempi di riattivazione completa della massa si sono ridotti rispetto alle precedenti riattivazioni del gen-

naio e ottobre 1996; i movimenti del corpo di frana, infatti, si erano trasmessi dalla conca del coronamento alla parte frontale, in circa due settimane. Evidentemente, lo stato di quiescenza, durato poco meno di due anni, non aveva consentito il recupero dei valori della resistenza al taglio, antecedenti alla riattivazione.

Lo stato tensionale del corpo di frana era evidenziato anche nella parte di accumulo frontale da innumerevoli fenditure, più frequenti nei fianchi, limitrofi ai collettori laterali (R. Maltempo e R. Lumiera). Il piede della frana, per tutta la sua estensione, ha subito un lento, ma evidente avanzamento nell'alveo del T. Parma, con deformazioni che si esplicavano con rigonfiamenti, colamenti sul fronte e sollevamenti del letto del torrente, simili a briglie naturali, rapidamente erose dalle acque del Torrente.

Il monitoraggio inclinometrico nel centro storico, indicò, per il periodo compreso fra maggio e novembre 1998, spostamenti in genere assai modesti, con valori di circa 3÷4 mm totali nel periodo. Da sottolineare lo spostamento di 7 mm alla profondità di ben 73 m misurato in un inclinometro sito ad est della «Colonia» e la registrazione d'indizi di spostamento nell'inclinometro sito in Piazza Castello, in altre parole in un'area esterna al quartiere Lumiera, a profondità di 16 e 111 m circa (il valore dello spostamento a 111 m risulta di circa di 6 mm).

Le successive letture negli inclinometri hanno evidenziato, nel periodo novembre 1998 – marzo 1999, un generale incremento delle velocità di spostamento nei tubi, similmente a quanto osservato nel corso delle precedenti fasi di riattivazione della frana, anche se gli spostamenti, nel complesso, sono risultati di minore entità. Nel corso di quest'ultima fase di riattivazione della frana, il monitoraggio ha confermato alcuni caratteristici comportamenti dell'andamento degli spostamenti osservati nelle precedenti riattivazioni (1996 in particolare).

La costruzione di nuovi tubi inclinometrici anche ad est del Capoluogo, sul versante sinistro della valle del T. Bratica ha consentito di evidenziare anche spostamenti verso quest'ultima valle, in concomitanza di quelli «di richiamo» della grande frana *La Lama*: evidentemente, tutta la dorsale costituita da Arenarie di Ponte Bratica e da materiali detritici, risulta profondamente collassata e, pertanto, «sensibile» fino nell'adiacente solco vallivo alle pressioni indotte dalla grande frana. Nella medesima zona (quartiere Lumiera) è stata realizzata l'installazione di un tubo inclinometrico del Sistema Inclinometrico Automatizzato, in collegamento con il CNR-IRPI (Reparto Monitoraggio) di Torino, per il monitoraggio in continuo dei movimenti (LOLLINO et al., 1999).

6.5. La riattivazione del 1999

Nella seconda metà di gennaio e sino a febbraio, si assiste ad una ripresa dei movimenti di tutta la frana: quelli veloci (*rapid* secondo CRUDEN & VARNES, 1996) delle colate interessano nuovamente il lato occidentale della frana, con ripercussioni per la sicurezza di Cà Pussini (fianco ovest della frana: fig. 17), mentre quelli lenti della massa terminale determinano variazioni di forma delle ondulazioni della zona di Linari, nuovi collassi del fronte sul T. Parma, con conseguente restringimento della sezione di deflusso. Nonostante la gran mole di lavori di movimento terra per il mantenimento dei canali di scolo delle acque, durante qualche settimana, le colate del R. Maltempo costituiscono un continuo pericolo per la frazione e per questa ragione quattro abitazioni, poste in fregio al Rio, sono fatte evacuare e protette da un'eventuale tracimazione mediante un argine di sacchi di sabbia.

Nella tarda primavera e ad inizio estate si assiste ad un progressivo rallentamento dei movimenti che consentono di intervenire sul corpo di frana, sia con ingenti lavori di canalizzazione sia con interventi di riassetto e mantenimento della viabilità, peraltro solo deformata e mai interrotta dagli spostamenti.

Il rallentamento degli spostamenti della frana permane sino all'autunno, quando le precipitazioni piovose di ottobre, particolarmente incisive nei giorni 23 e 24 e responsabili di una grande piena (tempo di ritorno stimato: 50 anni) nel T. Parma, riattivano i movimenti riproponendo le stesse vicende di un anno prima. La piena del T. Parma erode l'alveo e il fronte delle frana, distruggendo le difese spondali da poco costruite. La piena mobilita una gran quantità di materiali alluvionali che rialzano notevolmente il letto del T. Parma, specialmente a monte dello sbarramento del corpo della frana.

Qualche giorno dopo le piogge del 23-24 ottobre, il monitoraggio della zona meridionale del Capoluogo (Lumiera) registra uno spostamento di alcuni millimetri; valori più elevati (46 mm) furono registrati all'inizio del mese di dicembre in uno degli inclinometri, dando luogo ad un allarme; fortunatamente i movimenti della frana a blocchi, laterale alla frana storica, nei giorni seguenti, non si sono più verificati, facendo rientrare lo stato di allerta.

7. INDAGINI GEOGNOSTICHE E MONITORAGGIO

Il grave rischio indotto dalla frana *La Lama*, sia

sugli agglomerati urbani insistenti sul corpo di frana, sia sul Capoluogo del Comune di Corniglio, ha portato al riconoscimento, da parte del Governo, dello stato d'emergenza; con successive ordinanze del Presidente del Consiglio dei Ministri furono finanziati interventi di emergenza ed indagini geognostiche per lo studio e monitoraggio del fenomeno gravitativo.

Le indagini geognostiche ed il monitoraggio, iniziati immediatamente nel dicembre 1994 (con perforazioni sulla frana storica) sono proseguite, in pratica ininterrottamente, in tutti gli anni successivi. Le varie campagne d'indagine eseguite hanno compreso:

- esecuzione di riprese aeree, dopo ogni riattivazione, e relativa restituzione topografica;
- rilievo di traverse sismiche a rifrazione ed a riflessione e tomografie sismiche;
- perforazioni, a carotaggio continuo, a scopo diagnostico, per l'installazione di inclinometri, piezometri (a tubo aperto e celle di Casagrande) e per la predisposizione di fori per la taratura sismica «*down hole*» e la registrazione di tomografie sismiche fra gruppi di fori (fig. 32);
- prove in foro di sondaggio (prove di permeabilità di tipo Lugeon e Lefranc, prove pressiometriche Ménard);
- prove in laboratorio (prove di classificazione, determinazione di parametri di resistenza al taglio).

7.1. Indagini sismiche nella *Lama* (1995)⁽¹⁵⁾

Durante l'estate 1995 è stato eseguito, nel corpo di frana, il rilevamento sismico con la tecnica della rifrazione (sorgente di energia per mezzo di cariche esplosive), del *down-hole* e della tomografia. Obiettivi dell'indagine sismica erano l'individuazione del piano basale di scivolamento rototraslativo e la caratterizzazione, sotto l'aspetto della risposta sismica, delle formazioni fino a una profondità di 100 metri dal piano campagna, per pervenire, anche attraverso una rielaborazione dei dati geognostici (sondaggi meccanici, inclinometri, piezometri) e geologici disponibili, ad una ricostruzione geometrica completa del complesso fenomeno franoso, condizione indispensabile per la progettazione di opere di consolidamento.

Secondo le tecniche usuali, il rilievo sismico a rifrazione è stato realizzato mediante una serie di linee sismiche, disposte sia longitudinalmente sia

⁽¹⁵⁾ Contributo del Dott. G. BRUZZI, GEOINVEST, Piacenza (indagini del 1995) e del Dott. C. MALAGUTI (per le indagini del 1996).

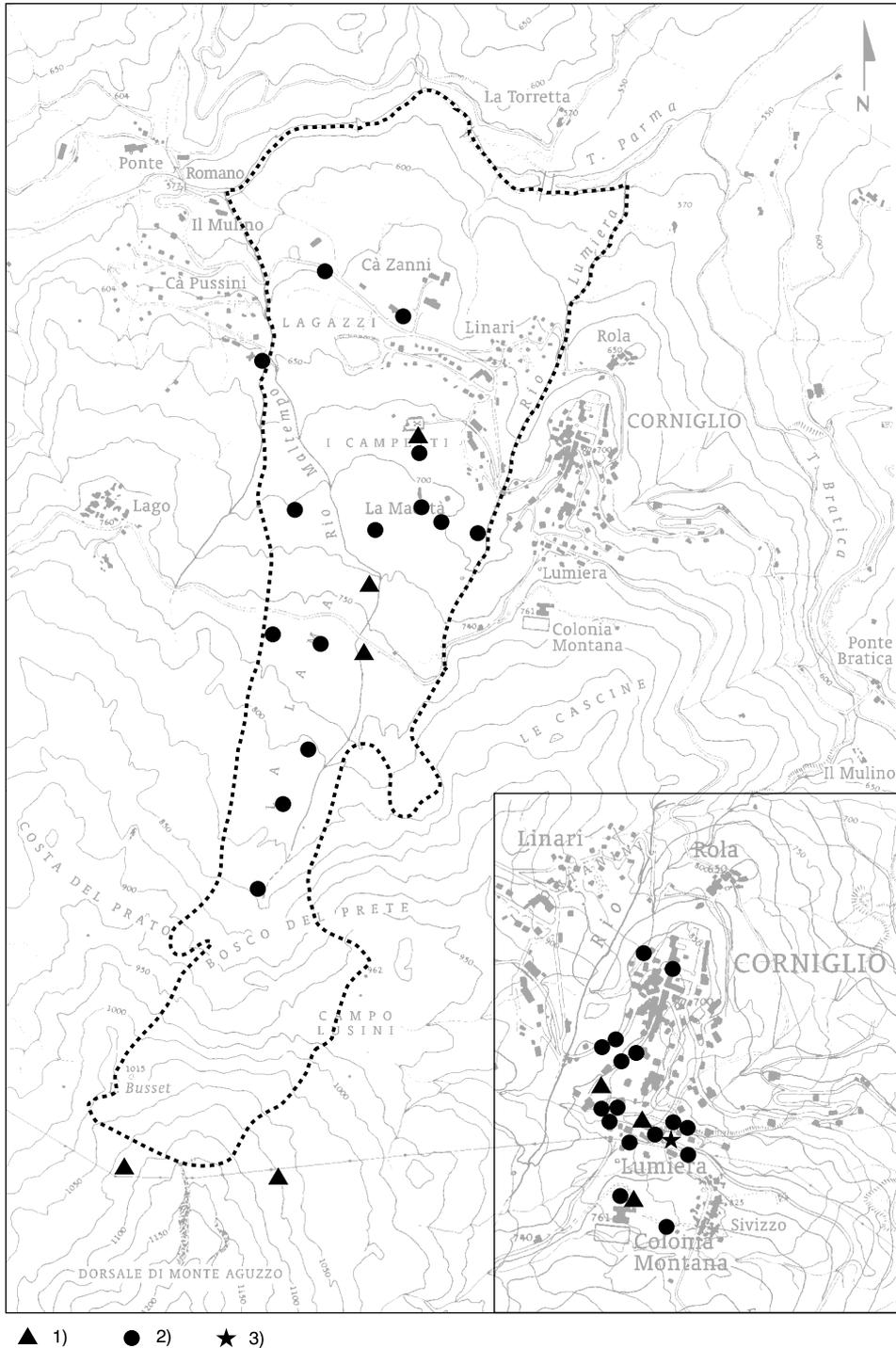


Figura 32. Ubicazione dei piezometri (1), tubi inclinometrici (2) e dell'inclinometro automatizzato (3), utilizzati per il monitoraggio della frana di Corniglio.

Figure 32. Location of piezometers (1), inclinometer pipes (2) and the automated inclinometer (3) utilised for monitoring the Corniglio landslide.

trasversalmente al corpo di frana, formate dalla giustapposizione di moduli unitari di stese sismiche da 48 sensori con spaziatura di 10 metri. I sensori, costituiti da geofoni di tipo verticale con frequenza caratteristica di 14 Hz, sono stati collegati, tramite un cavo multipolare, all'unità di registrazione (sismografo) che raccoglie in ordine temporale il segnale sismico ricevuto dai vari geofoni. Nel complesso, sono state registrate n. 23 linee sismiche, per un totale di oltre 10 km. Per ogni modulo standard, della lunghezza unitaria di 470 m sono state effettuate 13 registrazioni relative ad altrettanti punti di energizzazione (uno ogni 60 metri, più 4 a 120 e 240 metri dagli estremi).

L'energizzazione del terreno, al fine di garantire la qualità di registrazione ed il raggiungimento delle profondità di investigazione richieste, è stata fornita esclusivamente mediante esplosivo di tipo gelatinoso, in quantità utile a fornire buone registrazioni dei primi segnali rifratti su tutte le tracce dei sismogrammi. Le cariche esplosive sono state alloggiare in appositi fori di mina, opportunamente predisposti, con profondità di sicurezza ampiamente sufficienti a garantire la migliore trasmissione dell'energia ed adeguatamente borrati per evitare il lancio di materiali conseguenti all'esplosione.

L'analisi dei sismogrammi ha permesso la ricostruzione dei diagrammi spazio-tempo (dromocrone) la cui elaborazione, eseguita mediante il «metodo delle intercette» e verificata con programmi di calcolo automatico, ha consentito la distinzione delle diverse unità sismiche presenti nell'area di indagine in base alle loro velocità caratteristiche.

In fig. 33 sono riportate quattro sezioni sismiche, fra le più significative dell'intero rilievo, costruite con l'interpretazione dei profili eseguiti. Nelle sezioni è riportata anche la successione stratigrafica delle unità sismiche individuate, rilevate in base a tutti i dati disponibili, derivanti sia da sondaggi meccanici, prove *down-hole* e registrazioni inclinometriche, sia dal rilevamento geologico. Nelle sezioni sono state disegnate anche le probabili superfici di rottura e i limiti rilevabili della *Lama* di Corniglio, nonché le principali discontinuità tettoniche (faglie e sovrascorrimenti).

Le sezioni evidenziano l'andamento e i rapporti geometrici delle unità sismiche rilevate: queste sono state distinte in base alle caratteristiche di velocità sismica e sono separate fra loro da linee continue (o a tratteggio), rappresentanti le superfici di discontinuità rilevate dal responso sismico, corrispondenti a limiti sismostratigrafici (o i presunti limiti). Con linea a tratto più marcato è stato rappresentato il

limite con il «substrato» compatto di fondo costituente l'unità sismica più veloce dell'intero corpo investigato. Nel dettaglio, sono state distinte le seguenti unità sismiche:

– *Strato areato*: caratterizzato da valori di velocità sismica inferiori a 0,7 km/s (mediamente $0,3 \div 0,4$ km/s) e da pochi metri di spessore. Rappresenta la pellicola più superficiale e più «soffice» del terreno investigato.

– *Strato lento superficiale*: è caratterizzato da bassi valori di velocità sismica, compresi tra 0,7 e 1,6 km/s (normalmente compresi tra 1,2 e 1,4 km/s). Rappresenta la porzione più «allentata» e con caratteristiche geomeccaniche più scadenti dell'intero corpo investigato e costituisce generalmente la parte dei terreni di copertura, interessati, con tutta probabilità, da spostamenti di tipo *earth-flow*. La potenza di questa unità varia, in modo consistente e irregolare da spessori di circa 10 m a massimi di circa 30 metri.

– *Strato intermedio relativamente compatto*: è contraddistinto da velocità sismiche comprese tra 1,6 e 2,6 km/s (mediamente $2,1 \div 2,2$ km/s) e da considerevoli variazioni di spessore, da valori minimi di una decina di metri (Profilo 1 in fig. 33) fino a oltre 100 m. Lo spessore medio dell'unità, nella parte iniziale dell'accumulo basale della frana, presenta valori medi ancora elevati valutabili in 80 m circa. Lungo la sezione longitudinale mediana, che attraversa l'intero corpo franoso dal coronamento sino al piede, si può vedere chiaramente la caratteristica di irregolarità dell'andamento di tali spessori. Questa unità può essere attribuita all'intero litosoma franoso, costituito da parti caratterizzate da diverse litologie differenti, con grado di addensamento (consolidazione) variabile. I risultati delle prove *down-hole* confermano pienamente tale situazione, evidenziando una successione di livelli disomogenei caratterizzati da velocità sismiche anche molto differenti fra loro. Questa unità sismica, unitamente a quelle precedenti, costituisce la «coltre di copertura», che poggia sul substrato compatto di fondo. Tale copertura presenta, nel suo insieme, una potenza rilevante: 60-80 metri mediamente, arrivando anche a 100 di spessore nella parte di frana in prossimità dell'abitato di Corniglio (zona Linari). L'unità va esaurendosi verso il Torrente Parma (al di sotto del quale, peraltro, presenta ancora uno spessore di oltre 10 metri) fino ad annullarsi, oltre lo stesso corso d'acqua, in corrispondenza della fianco sinistro della valle.

– *Unità compatta di fondo*: è caratterizzata da valori di velocità sismica compresi tra $2,7 \div 3,7$ km/s (mediamente $2,9 \div 3,3$ km/s). Anche se può non corrispondere ad un'unica formazione, distinta da

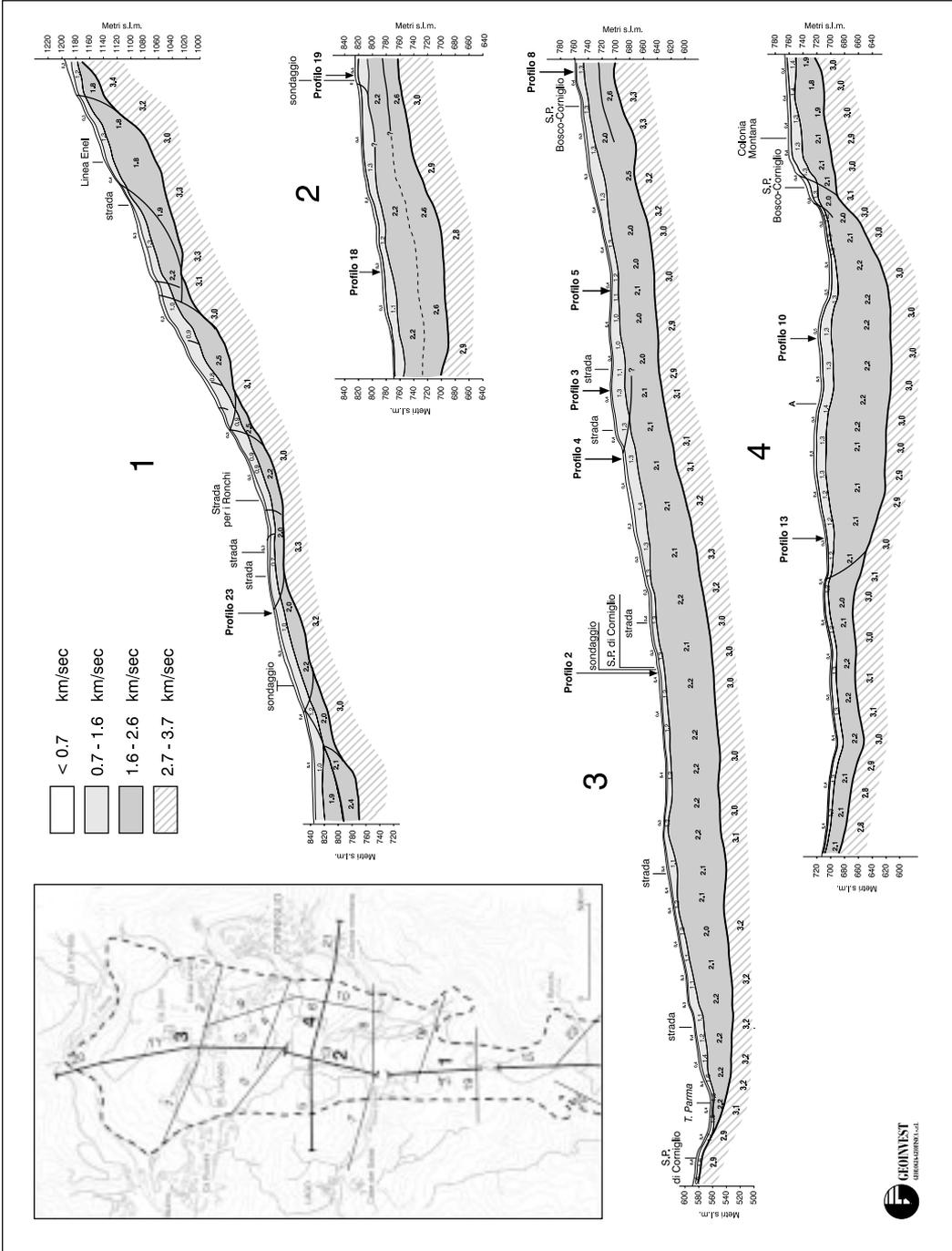


Figura 33. Profili sismici 1, 2, 3) longitudinali, 4) trasversale, che ricostruiscono la geometria profonda del corpo di frana della Lama.

Figure 33. Seismic profiles: longitudinal (1, 2, 3), transversal (4), which reconstruct the deep geometrical features of La Lama landslide body.



quelle soprastanti, quest'unità sismica rappresenta il substrato compatto sottostante alla coltre dei materiali «lenti», di copertura.

È stato evidenziato, inoltre, che anche in corrispondenza del versante di raccordo al fianco est della frana (dorsale di Corniglio-Colonia Montana: Arenarie di Ponte Bratica) risulta presente ancora una potente copertura di materiali a bassa o medio-bassa velocità sismica superficiale. Tale evidenza fu, di fatto, confermata da quanto si verificò a partire dal mese di gennaio 1996 all'interno del centro abitato di Corniglio, perciò si cercò di proseguire le indagini sismiche su tale dorsale. Il rilievo sismico a rifrazione, colà effettuato, non ha, però, consentito di raggiungere le profondità necessarie (120÷150 m) per la definizione della struttura d'insieme, nonostante il rilievo con 48 canali in linea ed adeguate energizzazioni con esplosivo nei punti prefissati interni ed esterni alle basi sismiche; la profondità, fino alla quale sono state risolte le geometrie, è risultata di circa 80 m.

Il rilievo *down-hole* e la tomografia sismica hanno evidenziato le cause di questo scarso responso sismico: tra il substrato compatto di fondo (presente a profondità maggiori di 120-150 m) ed un orizzonte relativamente «veloce» (3,2 km/s) più superficiale, sono interposti livelli a bassa velocità sismica, che «smorzano» le onde sismiche rifratte, impedendone il rilevamento con la strumentazione in superficie. La suddivisione in blocchi della formazione delle Arenarie di Ponte Bratica, in affioramento impedisce, inoltre, un'efficace energizzazione dei terreni e la regolare propagazione delle onde sismiche.

Le tomografie ottenute con l'indagine sismica eseguita forniscono, in effetti, un modello geofisico tridimensionale coerente con le litostratigrafie rilevate nei sondaggi meccanici: le sezioni tomografiche illustrano un sottosuolo suddiviso in lembi rocciosi, di varie dimensioni e potenza e relativamente «veloci», separati da discontinuità riempite di detrito «lento», poggiati su un substrato profondo (almeno 150 m), rispetto al quale i blocchi possono compiere un moto di «deriva», in seguito alla variazione delle condizioni di confinamento al piede del versante conseguenti alla evoluzione manifestata dalla frana *La Lama*. La presenza di vistose deformazioni (profonde trincee) nella dorsale delle Arenarie conferma, d'altra parte, quanto emerso.

7.2. Monitoraggio degli spostamenti

Il monitoraggio degli spostamenti del corpo di frana è stato iniziato immediatamente dopo la prima riattivazione del novembre 1994, al fine di adottare,

con congruo anticipo, eventuali interventi di evacuazione nelle zone soggette a rischio. Esso fu fatto, oltre che con controllo visivo diretto, con rilievi topografici (allineamenti di picchetti infissi nel corpo di frana e caposalda sulle strutture murarie) e con l'installazione di 15 inclinometri e 3 piezometri sulla frana e in località Linari.

In mancanza di altre indagini non eseguibili in tempi rapidi, in relazione alla situazione di emergenza, la profondità (90 m) dei tubi inclinometrici fu determinata sulla base delle osservazioni litostratigrafiche dedotte dai campioni derivanti dal carotaggio; negli ultimi 20 m erano state campionate, infatti, marne e arenarie (attribuite alla formazione delle Arenarie di Ponte Bratica), perciò si supposeva di avere raggiunto il substrato di frana.

Dopo la quiescenza estiva del 1995, il monitoraggio fu ripreso nel gennaio 1996 in occasione della nuova e ben più intensa riattivazione. Il monitoraggio topografico sul corpo di frana, sebbene eseguito in modo discontinuo (anche a causa della difficoltà di mantenere in efficienza gli allineamenti, ripetutamente distrutti dalle colate in avanzamento) ha consentito di valutare l'entità e velocità degli spostamenti, nelle diverse parti interessate dalla riattivazione.

Quando, nel mese di febbraio 1996 si segnalò un dissesto anche in una parte del centro storico di Corniglio, fu approntato un accurato monitoraggio di tali fenomeni comprendente:

- l'apposizione e controllo (anche giornaliero) di fessurimetri graduati sulle lesioni apertesesi negli edifici;
- rilievo topografico dello spostamento di vertici e punti prestabiliti delle costruzioni, riferito ad un caposaldo esterno in area stabile;
- l'installazione di nuovi piezometri ed inclinometri, perforati a profondità variabile da 80 m fino a oltre 170 m.

Il monitoraggio nel centro storico di Corniglio, iniziato nel febbraio del 1996 con l'installazione di inclinometri e l'esecuzione di rilievi topografici, ha richiesto un notevole impegno sia tecnico sia economico, per consentire di individuare l'estensione, le caratteristiche e la dinamica dei movimenti gravitativi avvenuti in concomitanza alle varie fasi di riattivazione della limitrofa frana della *Lama*. Fra il 1996 ed il 1999 sono state intraprese, infatti, a più riprese campagne di monitoraggio inclinometrico e piezometrico, che hanno progressivamente ampliato ed infittito la rete di controllo, sulla base dei dati acquisiti e sulle necessità che si andavano evidenziando nelle riattivazioni succedutesi nel tempo.

L'evoluzione degli spostamenti, inoltre, ha portato alla rottura rapida di vari inclinometri: ad esempio, nella zona Lumiera, i tubi A2.2 e A3.8 sono stati «tranciati» dagli spostamenti nell'arco delle poche ore fra due misurazioni successive, effettuate nel corso dell'emergenza del novembre 1996 (nel periodo di massima intensità dei movimenti). Anche nel versante della dorsale rivolto verso il T. Bratica si è verificata la rottura rapida (nell'arco di una notte) dell'inclinometro A2.4, conseguente ad un movimento stimato in circa 200 mm. Tuttavia, circa la metà degli inclinometri installati a partire dal 1996 è ancora in efficienza nel maggio del 2000 (figg. 20, 21, 22, 23).

L'installazione ed il monitoraggio degli inclinometri sono stati specificamente progettati ed eseguiti al fine di controllare i fenomeni franosi in atto nel centro storico e con lo scopo di annullare o mitigare i rischi riguardanti la pubblica incolumità. Con il supporto fornito dalla Commissione Tecnico Scientifica nominata dalla Regione Emilia Romagna, comprendente anche esperti del GNDCL, furono fissati i parametri (velocità ed entità degli spostamenti inclinometrici rilevati) di riferimento al fine di dichiarare una prima fase di «*attenzione*»⁽¹⁶⁾ e una successiva fase di «*allarme*», in seguito a determinati e rilevanti spostamenti, preliminari a decisioni di evacuazione delle aree esposte a rischi insostenibili. Nel corso del periodo di controllo, perdurante dal febbraio del 1996, furono, effettivamente, dichiarate 3 fasi di allarme che comportarono (nel novembre 1996) anche la dichiarazione di inagibilità (poi rientrata) di una costruzione sita in zona Lumiera. Un'altra costruzione, troppo gravemente danneggiata era stata, in precedenza, definitivamente dichiarata inagibile (e sgomberata dai residenti) nel corso della prima e più grave fase di dissesto verificatasi dal febbraio all'aprile del 1996.

8. INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO E DI CONSOLIDAMENTO DELLA FRANA

Come già accennato, dopo gli interventi eseguiti dal Corpo Forestale dello Stato tra gli anni '20 e '30 del XX secolo, non furono eseguiti altri interventi di consolidamento e, anzi, l'area di Linari fu impropriamente urbanizzata e tale situazione rimase di

fatto invariata sino al novembre del 1994: risultò subito evidente che non erano proponibili, in relazione alle dimensioni e alle caratteristiche cinematiche della frana, interventi di generale ed efficace consolidamento, almeno in tempi e a costi ragionevoli. Ogni intervento, eseguito da allora in poi, ha avuto per obiettivo, pertanto, la sola salvaguardia della pubblica incolumità dei residenti nelle aree a rischio, dapprima (1994, 1995 e gennaio 1996) localizzate nella frazione di Linari ed estese, dopo l'evacuazione e il dissesto di questa (febbraio 1996), anche a larga parte del Capoluogo.

I primi lavori per la mitigazione del rischio da frana iniziarono subito nel 1994 con il taglio del bosco divelto, cui seguì, già nel mese di marzo 1995, il livellamento del corpo di frana a partire dalla base della scarpata principale sino alla strada provinciale. Fu risistemata, inoltre, la rete scolante con svuotamento dei «laghi» di frana perché possibili cause di colate rapide di fango. Si realizzarono, inoltre, delle trincee drenanti profonde sino a 12 m (fig. 24) che determinarono l'abbassamento della falda, ripristinando localmente (a monte del tracciato della strada provinciale) condizioni di sicurezza accettabili ($F_s > 1$).

Gli interventi hanno riguardato soprattutto la mitigazione del rischio⁽¹⁷⁾, piuttosto che il consolidamento, interessando sia l'area di frana vera e propria o quelle immediatamente limitrofe, sia quelle comunque soggette a rischi da essa indotti: come quello idraulico, eventualmente conseguente alla rottura della soglia di un lago di sbarramento nell'alveo del T. Parma, in analogia a precedenti casi verificatisi nell'Appennino emiliano⁽¹⁸⁾ (CASAGLI & ERMINI, 1997).

Nell'ipotesi, che si possa ripetere una completa ostruzione dell'alveo come quella verificatasi nel corso della riattivazione del 1902 e quasi raggiunta durante quella del 1998/99, si formerebbe un lago di sbarramento, con capacità d'invaso valutabile, in circa 1.000.000 di m³ (si veda anche la nota di CLERICI & PEREGO, 2000). La formazione

⁽¹⁷⁾ Essi furono eseguiti con finanziamenti statali, regionali e, soprattutto, derivanti da Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri, in seguito alla dichiarazione dello stato d'emergenza per il Comune di Corniglio.

⁽¹⁸⁾ Si eseguirono risagomature d'alveo e difesa delle sponde in massiciata, a valle del corpo di frana (in località Ghiare e Signatico), al fine di rendere idoneo l'alveo del T. Parma al transito di portate, anche conseguenti ad un rapido svaso dell'eventuale bacino di sbarramento e concomitanti ad onda di piena.

⁽¹⁶⁾ Fase di attenzione: incremento della velocità di spostamento, in un qualsiasi tubo inclinometrico, di 0,5 mm/d, nell'arco di 30 giorni, oppure con il raggiungimento di uno spostamento totale di 5 cm.

Tabella 4. Prospetto riassuntivo dei sondaggi geognostici e della strumentazione di campo installata.**Table 4. Synoptic table of prospecting investigations and field equipment.**

<i>Utilizzazione del sondaggio</i>	<i>Frana La Lama</i>	<i>Centro abitato di Corniglio</i>	<i>Cà Pussini</i>
Inclinometri	15	20	2
Piezometri	3	3	–
Fori per taratura sismica e «down hole»	2	1	

di tale lago determinerebbe due principali conseguenze:

- l'allagamento di alcuni edifici rurali ed uno stabilimento di stagionatura prosciutti, che sorgono in prossimità dell'alveo;

- un rischio idraulico nelle aree rivierasche del T. Parma, per circa 10 km verso valle, nell'ipotesi che si possa verificare l'improvvisa rottura della soglia dell'invaso in occasione di un evento di piena, con incremento della portata in uscita dalla strettoia determinata dalla frana stessa. Il rischio sarebbe notevole presso la frazione di Ghiare, parte della quale sita su terrazzo di poco sopraelevato rispetto all'alveo. Questo forma un ampio bacino, prima di restringersi nuovamente, in corrispondenza della strettoia determinata dal fronte della frana di Signatico, posta solo 2 km a valle di Ghiare, la cui riattivazione, in passato (1906, 1945-47), provocò anch'essa un lago di sbarramento temporaneo.

Le opere eseguite possono essere così sintetizzate⁽¹⁹⁾:

1. *sul corpo della Lama*: ripristino della rete scolante superficiale, distrutta dalle diverse riattivazioni, ripetuto almeno tre volte (1995, 1996 e 1999)⁽²⁰⁾; livellamento della superficie topografica, con movimento di terra, per ripristinare il normale

⁽¹⁹⁾ Altri tipi d'intervento hanno riguardato il ripristino della viabilità per l'esecuzione dei lavori sulla frana, di collegamento alle abitazioni ed infrastrutture, per evacuare persone e beni dalle aree urbanizzate, per trasferire le salme dal cimitero comunale e tutto un insieme d'interventi di soccorso alle popolazioni compiuti nel corso dell'emergenza 1996.

⁽²⁰⁾ Interventi di scavo, particolarmente impegnativi e prolungati nel tempo, sono stati, ad esempio, effettuati, per tutto l'inverno 1998-99, in località Cà Pussini, per garantire il deflusso delle acque del Rio Maltempo ed impedirne lo straripamento, insieme al materiale di frana, verso alcune unità abitative della frazione.

ruscellamento di superficie; esecuzione di drenaggi in trincea;

2. *sul fronte di frana*, nell'alveo del T. Parma: riapertura della sezione di deflusso, con escavazione ed allontanamento del materiale di frana; esecuzione di opere di difesa spondale;

3. *nel sottosuolo del centro storico*: costruzione di pozzi e dreni suborizzontali.

A commento di quanto effettuato in occasione delle riattivazioni della frana nel periodo posteriore al novembre 1994, si deve rilevare ancora una volta, che si tratta, nel complesso, soprattutto per quelli elencati nei punti 1 e 2, di *interventi indispensabili ai fini della salvaguardia della pubblica incolumità e della protezione civile in genere, assai costosi, ma di esito ed efficacia limitata ai fini di un vero e proprio consolidamento dei movimenti franosi, che coinvolgono volumi enormi.*

Le opere effettuate nell'abitato del Capoluogo devono, invece, considerarsi il primo stralcio di un piano di consolidamento nell'area. Esse sono consistite, a tutt'oggi, in strutture drenanti: 7 pozzi verticali, aventi un diametro di 300 mm e profondità fino a 50 m; batterie di dreni perforati suborizzontali, lunghi fino a 100 m, con varie inclinazioni, da 3° rispetto all'orizzontale, con direzione e verso conforme alla pendenza del versante, e fino a 6° in contropendenza. I dreni più produttivi sono risultati quelli perforati in contropendenza, che hanno prodotto portate massime di 15 l/min. Sono stati eseguiti, inoltre, due fori direzionali suborizzontali, lunghi oltre 200 m, nel sottosuolo del centro storico, con il duplice scopo di studiarne le caratteristiche litologiche ed idrogeologiche⁽²¹⁾, e di drenare le acque sotterra-

⁽²¹⁾ Anche in funzione di un possibile progetto di una galleria drenante.

Tabella 5. Costi sostenuti a causa della riattivazione della frana di Corniglio (fonte dei dati: Amministrazione comunale di Corniglio).
Table 5. Costs supported as a consequence of the Corniglio landslide reactivation (data source: Corniglio Municipal Administration).

<i>Tipo di investimento</i>	<i>Costo in Lire Italiane (x 1.000.000)</i>
Indagini geognostiche e monitoraggio	2.000
Consolidamento centro storico di Corniglio	4.000
Lavori sulla frana <i>La Lama</i>	8.500
Interventi di tipo «sociale»	31.500
	=====
TOTALE	46.000

nee; essi hanno intercettato, infatti, abbondanti acque (anche solfuree), con portate iniziali (mantenute per almeno una settimana) pari a circa 50 l/min, e con successive portate di esaurimento molto piccole, formanti una curva con coefficiente angolare molto basso.

Queste opere sono ancora inadeguate per quantità, poiché le misure evidenziano ancora elevati incrementi dei livelli piezometrici all'interno degli ammassi rocciosi, almeno in corrispondenza delle precipitazioni più intense.

La tab. 5 riepiloga, sino l'anno 2000, i costi sostenuti a partire dal novembre 1994 per far fronte all'emergenza causata dalla frana, compresi gli importi per il mantenimento ed adeguamento delle sedi stradali, per l'evacuazione e i contributi ai cittadini residenti per la ricostruzione di case, stabilimenti, cimitero ed impianti pubblici.

9. CONCLUSIONI

Si deve, prima di tutto, ricordare che la frana di Corniglio non rappresenta certamente un fenomeno unico o raro nel panorama dell'Appennino emiliano, né per tipologia, né per dimensioni. La lettura di ALMAGIÀ (1907) e l'esame di carte geologiche o tematiche sulle frane (BERTOLINI & PELLEGRINI, 2000, REGIONE EMILIA-ROMAGNA, 1999) sono sufficienti a documentarsi in tal senso. Si ricordi, inoltre, che tanti centri abitati anche importanti, come Sestola in Provincia di Modena, si sono sviluppati su frane simili a quella di Corniglio (NORA et al., 1996) e per le quali esiste la documentazione storica di periodiche riattivazioni totali e/o parziali.

Corpi di frana, quiescenti per attività, di dimensioni ancora più grandi di quella di Corniglio, sono

presenti, ad esempio, in Provincia di Reggio Emilia. La frana di Corniglio rappresenta un esempio interessante per il solo fatto che è la prima volta che in tempi relativamente recenti, con le tecniche di indagine geognostiche a disposizione, si riesce a documentare la riattivazione completa di una grande frana, di tale tipologia e dimensione, e a seguirne l'evoluzione.

Il rapporto tra frane ed urbanizzazione costituisce un problema rilevante per l'Appennino Settentrionale e non sempre di facile soluzione: infatti, lo sviluppo di tanti centri abitati è avvenuto in condizioni di instabilità, poiché spesso mancano aree sicuramente stabili, in pratica alternative possibili. In altri casi, è stata proprio la presenza di queste grandi frane, con i loro accumuli frontali assai poco acclivi, a consentire lo sviluppo, sin dall'antichità, di molti centri abitati. Nel caso specifico di Corniglio, l'urbanizzazione recente, avvenuta sul corpo di frana, è stata conseguente ad una «perdita di memoria» di eventi relativamente recenti, come la riattivazione del 1902, perfettamente documentata, ma, come si è visto, molto spesso «scomparsa» anche nella letteratura e cartografia geologica del settore stratigrafico e tettonico.

Per quanto riguarda le *cause* della frana di Corniglio, formatasi in epoca imprecisata (forse in clima periglaciale, in concomitanza di periodi freddi del tardo Pleistocene) e già ricordata come attiva nell'alto medioevo, esse vanno ricercate, innanzi tutto, in un fattore forse comune a tutte le grandi frane dell'Appennino emiliano e poste nella medesima fascia altimetrica. Il susseguirsi di periodi freddi, con ghiacciai lungo il crinale appenninico, ha determinato una profonda degradazione meteorica degli ammassi rocciosi, con produzione d'enormi quantità

di depositi di versante: proprio nella Val Parma, a breve distanza da Corniglio, sono documentati forme e depositi riferibili a due distinte fasi glaciali. La più antica (depositi di Monte Navert: FEDERICI & TELLINI, 1983) è, forse, ricollegabile a quella del Riss nella catena alpina; la più recente, definita «Fase Val Parma» da PELLEGRINI et al. (1998), ricollegabile a quella del Würm nelle Alpi. L'intensa e prolungata degradazione per crioclastismo, quindi, ha influito, forse in maniera determinante, almeno in affioramento e per diversi metri in profondità, sulle caratteristiche di resistenza al taglio di molte formazioni, già fortemente fratturate e dislocate dalla tettonica.

Le cause della frana di Corniglio devono essere ricercate, quindi, in analogia a molte frane dell'Appennino emiliano (BERTOLINI & PELLEGRINI, 2001) nel decadimento delle caratteristiche geomeccaniche, per effetto del crioclastismo, e nell'attività sismica, a lungo termine. Nel breve termine, appaiono invece determinanti le sottospinte idrauliche, conseguenti a periodi di precipitazione di particolare intensità, come documentato da LOLLINO et al. (2001) e da GALLIANI et al. (2001), nel presente volume. Tra le cause, che a breve termine hanno condizionato la stabilità del corpo di frana di Corniglio e che, anche, sicuramente controllano quella di tante altre frane, vanno inoltre considerati i terremoti (MAZZINI, 1995; BERTI et al., 1996), anche di debole intensità, ripetuti nel tempo. D'altra parte la montagna parmense e, soprattutto, le limitrofe regioni della Garfagnana e della Lunigiana, sono caratterizzati da intensi e frequenti eventi macrosismici.

Nella frana di Corniglio è molto importante, almeno ai fini delle cause di riattivazione, la situazione idrogeologica presente al contorno. Nel coronamento e su quasi tutto il fianco sinistro, sono presenti importanti soglie di permeabilità rappresentate rispettivamente dal Flysch di M. Caio, sovrapposto ai complessi argillitici di base, e dalle Arenarie di Ponte Bratica. Soprattutto quest'ultima formazione, per il suo intenso stato di fratturazione e per le deformazioni gravitative subite, appare caratterizzata da un elevato grado di permeabilità e costituisce un acquifero in rete, con fratture molto aperte, di apertura decimetrica o addirittura metrica, come evidenziato dai sondaggi meccanici e dalle registrazioni della tomografia sismica. La dorsale delle Arenarie di Ponte Bratica (zona Corniglio e Colonia) trasferisce tutta l'acqua infiltrata verso l'ammasso su cui sorge l'abitato e verso il corpo di frana della *Lama*, contribuendo, forse in maniera determinante, a condizioni di elevate pressioni idrostatiche alla sua base. Da ricordare

che non sono note in alcun modo le condizioni idrogeologiche della superficie traslativa principale della grande frana, poiché non raggiunta da alcun sondaggio e quindi mai monitorata relativamente alle condizioni idrauliche interne.

Le deformazioni dell'abitato di Corniglio e di tutto il fianco destro della *Lama*, costituito da Arenarie di Ponte Bratica, corrispondono a scorrimenti rotazionali profondi e a spostamenti tra grandi blocchi disarticolati della formazione; esse sono chiaramente correlate con lo stato d'attività di quest'ultima, come dimostrato anche nelle note, contenute nel presente volume, di BERTI & CUZZANI (2001) e di TONNI et al. (2001). Le vistose trincee allungate e doliniformi, presenti a monte della Colonia, e le stesse superfici di taglio riattivate, con spostamenti di entità decimetrica, osservati sulle loro pareti nell'aprile 1996, ne sono un'evidente dimostrazione. Nell'area sud del Capoluogo, tuttavia, le deformazioni dei versanti indicano componenti traslative di segno anche opposto, sia verso la limitrofa *Lama*, sia verso l'adiacente solco vallivo; alternanze nella direzione dei vettori degli spostamenti sono state registrate anche in alcuni tubi inclinometrici.

La qualità, la densità e la tipologia delle indagini geognostiche eseguite si può ritenere sufficiente per una conoscenza delle deformazioni e delle loro caratteristiche cinematiche; l'unica informazione veramente carente riguarda, come accennato, il piano di scorrimento principale della *Lama*, mai raggiunto da sondaggi meccanici e da strumentazione di monitoraggio. Le indagini ed il controllo interno delle diverse parti del grande movimento franoso del suo complesso, infatti, hanno avuto obiettivi quasi sempre tesi ad interventi di protezione civile, vale a dire di individuare i meccanismi e le velocità di spostamento per assumere, in tempi sufficienti, le decisioni necessarie per la messa in sicurezza, soprattutto delle persone.

I diversi interventi direttamente effettuati sul corpo di frana (rimodellamenti, ripristino in più riprese della rete scolante, costruzione di trincee drenanti, ecc.) e nell'alveo del T. Parma, lungo il piede dell'accumulo basale, hanno avuto carattere di pronto intervento, piuttosto che di consolidamento vero e proprio: eliminazione di gravi rischi (innesco di colate rapide di fango per rottura di laghetti nel corpo di frana, formazione di un invaso nell'alveo del T. Parma, per sbarramento da frana, ecc.), messa in sicurezza di tracciati stradali e di edifici presenti al contorno, piuttosto che di consolidamento del corpo franoso.

Nel grande litosoma della *La Lama*, il «rischio»

da frana è stato, di fatto, in gran parte eliminato con la perdita (crollo o grave lesionamento) di tutte le strutture abitative e di urbanizzazione: il consolidamento di una frana così grande e di questa tipologia sarebbe praticamente impossibile, almeno con costi ragionevoli. Gli interventi futuri potranno riguardare, anche in occasione di nuove riattivazioni, l'eliminazione del rischio idraulico lungo l'alveo del T. Parma e lungo le aste dei corsi d'acqua minori presenti, al contorno e all'interno del corpo di frana, ed il mantenimento dei tracciati stradali indispensabili per l'economia della zona.

Nell'area del Capoluogo comunale (centro storico, area Lumiera, Colonia Montana), le deformazioni, correlate con le fasi d'intensa attività della limitrofa, grande frana, fanno registrare spostamenti centimetrici o al massimo metrici, di tipo lento, che, con pochissime eccezioni (un solo edificio è stato gravemente lesionato), sono stati «tollerati» dagli edifici esistenti e dalle infrastrutture, anche nei periodi di più intensa attività di frana. Gli interventi di consolidamento, sino ad ora eseguiti nell'area del centro storico, consistenti in opere drenanti di vario tipo, hanno dimostrato un'indubbia efficacia, pur nella loro inadeguatezza per numero e dimensione: gli interventi futuri di consolidamento dovranno, pertanto, essere concentrati nell'area del Capoluogo, ove esistono anche le condizioni morfologiche e litologiche per eventuali opere di tipo strutturale.

Un'ultima considerazione va fatta relativamente ai «costi» della frana (tab. 5), indubbiamente indispensabili (e forse inferiori alle reali necessità) per «mitigare» i danni, ma certamente un'enormità, se rapportati al fatto che l'urbanizzazione recente è conseguente alla «perdita di memoria» di un evento ricorrente, anche in tempi relativamente recenti.

RINGRAZIAMENTI

- Il **Corpo Forestale dello Stato**, nelle persone dei Dottori Saverio BONANI (Coordinatore Provinciale di Parma), Ernesto CRESCENZI e Luca TURRINI (Coordinatori Regionali), ed il Vice-soprintendente Angelo PAROLARI (Stazione di Corniglio), per aver agevolato e partecipato ai rilevamenti sul campo;

- Il personale tecnico della **Regione Emilia-Romagna, Servizio Difesa del Suolo, Risorse Idriche e Forestali, sede di Parma**, che a diverso titolo ha partecipato al monitoraggio della frana: Ing. Giuseppe MAGNANI, Perito Agrario Luigi ZANICHELLI, Geom. Elia ALLEVA, Geom. Antonio AMBANELLI, Ing. Alfonso ALBANELLI;

- Il Dott. Licinio FERRETTI (COMPAGNIA GENE-

RALE RIPRESE AEREE SpA, Parma) per la disponibilità e tempestività dimostrata per la fornitura delle fotografie aeree e per averci consentito la riproduzione delle immagini allegate alla presente nota;

- I Dottori Geol. Enrico PANICIERI e Paolo PANICIERI, il Geom. Giorgio GHITTONI, che hanno effettuato le letture inclinometriche;

- La Sig.a Edvige MASINI (Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Parma) per l'esecuzione di parte dei disegni.

BIBLIOGRAFIA

A.G.I. - ASSOCIAZIONE GEOTECNICA ITALIANA (1979) - *Some Italian experiences on the mechanical characterization of structurally complex formations*. Proc. Internat. Congr. on Rock Mechanics, Montreaux, Suisse.

AGNESINI S., FOUQUÉ G. & PAPANI G. (1978) - *La carta delle forme di degradazione dei versanti dell'Appennino parmense*. Quad. «Gruppo di Studio del Quaternario Padano», **4**, pp. 163-188.

ALMAGIÀ R. (1907) - *Studi geografici sulle frane in Italia*. Mem. Soc. Geogr. It., **13** (1), pp. 1-342, Roma.

ANELLI L., ALBERTELLI L., BACCHI G., CINELLI D., DALLA CASA G., GHELARDONI R., LA TORRACA F., MARCHESI R., MAZZEI R., NICASTRO GUIDICIONI M. e THIEME R. (1968) - *Carta geologica d'Italia, Foglio 85 I:100.000 Castelnovo ne' Monti*. Serv. Geol. d'It., Roma.

ANELLI M. (1905) - *La geologia della Val Parma*. Univ. Studi Parma, Fac. Sc. Nat., Tesi Laurea ined., Parma.

ANELLI M. (1908) - *L'Eocene nella vallata del Parma*. Boll. Soc. Geol. It., **27**, pp. 124-158, Roma.

ANNOVI A. & SIMONI G. (a cura di, 1993) - *Atlante dei centri abitati instabili dell'Emilia-Romagna. Provincia di Parma* (a cura di GOLA L.), CNR-GNDICI, Reg. Emilia-Romagna, Bologna.

ANONIMO (1541-1559) - *Fondo Feudi e Comunità, Corniglio*. B. pp. 53-54, fasc. *Estimi catastali*, anni 1541-1559, Archivio di Stato di Parma.

AUTORI VARI (a cura di G. ZANZUCCHI, 1994) - *Guide geologiche regionali: «Appennino ligure-emiliano»*, **6**, Soc. Geol. It., 381 pp., BE-MA Ed., Milano.

AUTORI VARI (a cura di BORTOLOTTI V., 1994) - *Guide geologiche regionali: «Appennino tosco-emiliano»*, **4**, Soc. Geol. It., pp. 331, BE-MA Ed., Milano.

BARBIERI G. (1995) - *Rilevamento dell'alta Val Bratica (1:5000): rapporti fra l'Unità Gruppo Sovrano e l'Unità Canetolo*. Tesi Laurea ined., Dipart. Sc. Terra, Univ. Studi Parma.

BERNARDINI F. (1957) - *Contributo alla sistemazione delle frane dell'Appennino Emiliano*. Monti e Boschi, **8** (7-8),

parte prima 310-321 e parte seconda 365-374, Bologna.

BERTI M. (2000) - *Condizionamenti geologici-tecnici nel centro storico di Corniglio (Appennino Parmense): effetti delle recenti riattivazioni della grande frana*. Proc. GeoBen 2000 *Geological and geotechnical influence in the preservation of historical and cultural heritage*. CNR-IRPI, Torino.

BERTI M., GENEVOIS R., GHIROTTI M. & TECCA P.R. (1996) - *Mechanical characteristics of a complex formation by landslide investigation and analysis*. Proc. 7th Internat. Symp. on Landslides, 17-21 June 1996, Trondheim, Norway.

BERTI M. & CUZZANI M.G. (2001) - *Caratterizzazione geomeccanica ed analisi dei fenomeni deformativi nell'area di Corniglio (Appennino parmense)*. Quad. Geol. Appl., 8-2, Pitagora Ed., Bologna.

BERTOLINI G. & PELLEGRINI M. (2001) - *The landslides of the Emilia Apennines (northern Italy) which resumed activity in the 1994-99 period and required Civil Protection interventions*. Quad. Geol. Appl., 8-1, Pitagora Ed., Bologna.

BIENIAWSKI Z.T. (1989) - *Engineering Rock Mass Classifications*. 4, pp. 51-72, Wiley, New York.

BIENIAWSKI Z.T. (1993) - *Classification of rock masses for engineering: the RMR system and future trends*. In: «*Comprehensive Rock Engineering*», 3, pp. 553-573.

BOCCIA A. (1804) - *Viaggio ai monti di Parma*. Palatina Ed., 193 pp., Parma.

BRADLEY F. & MILAZZO G. (1986) - *Carta geologica dell'Appennino emiliano-romagnolo, Sez. 217090 Roccaferara, scala 1:10000*. Reg. Emilia-Romagna, S.EL.CA. Firenze.

CANUTI P. & ESU F. (1995) - *Glossario Internazionale per le frane*. Riv. Ital. Geotecnica, 29-2, pp. 143-150, A.G.I., Roma.

CARRARA A, D'ELIA B & SEMENZA E. (1985) - *Classificazione e nomenclatura dei fenomeni franosi*. Geol. Appl. e Idrogeol., 20(2), pp. 223-243, Bari.

CASAGLI N. & ERMINI L. (1997) - *Geomorphic Analysis of Landslide Dams in the Northern Apennine*. Transactions Japanaise Geomorphological Union, 20(3), 219-249.

CERRINA FERONI A. (a cura di, 1990) - *Carta geologica dell'Appennino emiliano-romagnolo, scala 1:50.000, Foglio 217 «Neviano degli Arduini»*. Reg. Emilia-Romagna, Uff. Cartografico, S.EL.CA., Firenze.

CERRINA FERONI A., ELTER P., PLESI G., RAU A., RIO D., VESCOVI P. & ZANZUCCHI G. (1990) - *Il Foglio 217 «Neviano degli Arduini» nel quadro della geologia dell'Appennino Emiliano-Romagnolo: dati nuovi, problemi e prospettive*. Reg. Emilia-Romagna, Serv. Informativo e Statistica, Uff. Cartografico, Bologna.

CLERICI A. & PEREGO S. (2000) - *Simulation of the Parma River blockage by the Corniglio landslide (Northern Italy)*. Geomorphology, 33, pp. 1-23, Elsevier, Amsterdam.

CRUDEN D.M. & VARNES D.J. (1996) - *Landslide Types and Processes*. In: A.K. TURNER & R.L. SCHUSTER (eds.): *Landslides Investigation and Mitigation*, Special Report 247, T.R.B., National Research Council, 3, pp. 36-75, Washington, D.C.

DEANGELI C., SEGALINI A. & GIANI G.P. (1997) - *Studies aimed at the consolidation of the cliff where the medieval Corniglio town is built*. In: C. VIGGIANI (Ed.) «Proc. Internat. Symp. on «*Geotechnical Engineering for the Preservation of Monuments and Historic Sites*», pp. 139-144, Balkema, Rotterdam.

ELTER P. (1972) - *Lineamenti tettonici ed evolutivi dell'Appennino settentrionale*. In: «*Moderne vedute sulla geologia dell'Appennino*», Acc. Naz. Lincei, 183, pp. 97-118, Roma.

ELTER P. (1994) - *Introduzione alla geologia dell'Appennino ligure-emiliano. Guide geologiche regionali: «Appennino ligure-emiliano»*, 6, Soc. Geol. It., BE-MA Ed., pp. 17-24, Milano.

ESU F. (1977) - *Behaviour of slopes in structurally complex formations*. Proceed. Int. Symp. «*The Geotechnics of structurally complex formations*», Gen. Rep., 2, pp. 292-304, Capri.

ESU F. (a cura di, 1985) - *Geotechnical properties and slope stability in structurally complex clay soils*. In: *Geotechnical engineering in Italy. An overview, 1985*. Publ. in the occasion of the ISSMFE Golden Jubilee, A.G.I., Roma.

FACCIOLI E. & RESENDIZ D. (1976) - *Soil dynamics: behaviour including liquefaction*. In LOMNITZ C. & ROSENBLUETZ E. (a cura di): *Development in geotechnical engineering*. Vol. 15.

FEDERICI P.R. (1977) - *Tracce di glacialismo pre-würmiano nell'Appennino parmense*. Riv. Geogr. It., 84, pp. 205-216, Roma.

FEDERICI P.R. & TELLINI C. (1983) - *La geomorfologia dell'Alta Val Parma (Appennino Settentrionale)*. Riv. Geogr. It., 90, pp. 393-428, Roma.

FERRETTI L. (2000) - *Tecnologie innovative per l'analisi e il monitoraggio delle aree a rischio idrogeologico*. Tesi laurea (ined.) *honoris causa*, Fac. Sc. Mat., Fis. e Nat., Univers. Studi Parma.

GALLIANI G., POMI L., ZINONI F. & CASAGLI N. (2001) - *Analisi meteo-climatologica e soglie pluviometriche di innesco delle frane nella Regione Emilia-Romagna negli anni 1994-1996*. Quad. Geol. Appl. 8-2, Pitagora Editrice, Bologna.

GARBERI M. L., PALUMBO A. & PIZZIOLLO M. (a cura di, 1999)

- *I numeri delle frane*. Direz. Gen. Sistemi Informativi e Telematica, Serv. Cartogr. e Geol., 94 pp., Reg. Emilia-Romagna, Bologna.
- GOTTARDI G., MALAGUTI C., MARCHI G., PELLEGRINI M., TELLINI C. & TOSATTI G. (1998) - *Landslide risk management in large, slow slope movements: an example in the Northern Apennines (Italy)*. Proc. 2nd Internat. Conf. on Environmental Management (ICEM 2), Wollongong, Australia, pp. 951-962, Elsevier, Amsterdam.
- GOTTARDI G., MARCHI G. & RIGHI P.V. (1998) - *Learning from a large landslide in Northern Italy*. In: B. MARIC, Z. LISAC & A. SZAVITS-NOSSAN (eds.): «*Geotechnical Hazards*», pp. 811-818, Balkema, Rotterdam.
- GOTTARDI G. & TONNI L. (1999) - *An investigation on the stability of two adjacent slope movements*. In: N. Yagi, T. Yamagami & J.C. Jiang (eds.) Proc. Internat. Symp. «Slope Stability Engineering», pp. 1211-1216, Balkema, Rotterdam.
- GOTTARDI G. & TONNI L. (2000) - *Interpretation of the slope movements induced by an adjacent large landslide in northern Italy*. Proc. Internat. Symp. on Environmental Geotechnology and Global Sustainable Development, Belo Horizonte, Brazil (in stampa).
- GRUPPO DI STUDIO UNIVERSITÀ EMILIANE PER LA GEOMORFOLOGIA (1976) - *Geomorfologia dell'area circostante la Pietra di Bismantova (Appennino reggiano)*. Bol. Serv. Geol. d'Italia, **97**, pp. 107-214, Roma.
- GRUPPO NAZIONALE GEOGRAFIA FISICA E GEOMORFOLOGIA C.N.R. (a cura di M. PANIZZA & A. CARTON, 1988) - *Il paesaggio fisico dell'alto Appennino emiliano. Studio geomorfologico per l'individuazione di un'area da istituire a parco*. Ist. Beni Culturali Reg. Emilia-Romagna, pp. 181, Grafis Ed., Casalecchio di Reno (BO).
- GRUPPO RICERCA GEOMORFOLOGIA CNR (1982) - *Geomorfologia del territorio di Febbio tra il M. Cusna e il F. Secchia (Appennino emiliano)*. Geogr. Fis. Din. Quat., **5**, pp. 285-360, S.A.N., Torino.
- HUTCHINSON J.N. & BHANDARI R.K. (1971) - *Undrained loading, a fundamental mechanism of mudflows and other mass movements*. Géotechnique, **21**, pp. 353-358, London.
- HUTCHINSON J.N. & DEL PRETE M. (1985) - *Landslides at Calitri, Southern Apennines, reactivated by the earthquake of 23rd November 1980*. Geologia Appl. e Idrogeol., **20**, pp. 9-38, Bari.
- HUTCHINSON J.N. (1977) - *Assessment of the effectiveness of corrective measures in relation to geological conditions and types of slope movements*. IAEG Bull., **16**, pp. 131-155.
- HUTCHINSON J.N. (1987) - *Mechanisms producing large displacements in landslides on pre-existing shears*. 1st Sino-British Geol. Conf., Memoir of the Geological Survey of China, **9**, pp. 175-200, Taipei.
- ISTITUTO DI GEOLOGIA DI PARMA (1966) - *Carta geologica della Provincia di Parma e zone limitrofe (1:100.000)*. Lit. Art. Cart., Firenze.
- LABAUME P. (1992) - *Evolution tectonique et sédimentaire des fronts de chaîne sous-marins. Exemples des Apennins du nord, des Alpes françaises et de Sicile*. Thèse de Doctorat, 470 pp., Université de Montpellier II.
- LARINI G., MARCHI G., PELLEGRINI M. & TELLINI C. (1997) - *La grande frana di Corniglio (Appennino settentrionale, Provincia di Parma) riattivata negli anni 1994-96*. Proc. Internat. Conf. «*La Prevenzione delle Catastrofi Idrogeologiche: il Contributo della Ricerca Scientifica*», Alba 5-7 nov. 1996, pp. 1-12, CNR-IRPI, Torino.
- LOLLINO G., BRUNAMONTE F., LARINI G. & MALAGUTI C. (1999) - *Sperimentazione di un monitoraggio in continuo e analisi delle precipitazioni precedenti la frana del novembre 1994 a Corniglio (PR)*. Atti XX Conv. Naz. di Geotecnica «Sviluppi nell'esecuzione e nell'impiego delle indagini geotecniche», pp. 489-496, Parma 22-25 settembre 1999, Pàtron Ed., Bologna.
- LOLLINO G., BRUNAMONTE F., LARINI G. & MALAGUTI C. (2000) - *La sperimentazione del sistema inclinometrico automatizzato nel monitoraggio in continuo della frana di Corniglio (Parma) e ricerca di correlazioni significative fra le precipitazioni e la riattivazione del novembre 1994*. Quad. Geol. Appl. **7-2**, Pitagora Editrice, Bologna.
- LOSACCO U. (1949) - *La glaciazione quaternaria dell'Appennino Settentrionale*. Riv. Geogr. It., **56**, pp. 1-142, Roma.
- LOSACCO U. (1982) - *Gli antichi ghiacciai dell'Appennino Settentrionale. Studio morfologico e paleogeografico*. Atti Mem. Soc. Nat. Mat. di Modena, **113**, pp. 1-224.
- MARTELLI A. (1916) - *Contributi di Geologia applicata alle sistemazioni idraulico-forestali. I: la frana di Corniglio*. Ann. R. Ist. Sup. Forest. Naz., **1**(a), 1914-15, pp. 1-31, Roma.
- MARTINI G. & RAU A. (1988) - *Carta geologica dell'Appennino emiliano-romagnolo, Sez. 217100 Corniglio, scala 1:10000*. Regione Emilia-Romagna, S.EL.CA. Firenze.
- MATTHEWS J.A., BRUNDSSEN D., FRENZEL B., GLÄSER B. & WEISS M.M. (Eds.) (1997) - *Rapid mass movement as a source of climatic evidence for the Holocene*. Paläoklimaforschung - Palaeoclimate Research, **19**, Special Issue: ESF Project «European Palaeoclimate and Man» 12, Fischer Verlag Ed., Stuttgart.
- MAZZINI E. (1995) - *Alcuni casi di franamento indotti nel versante appenninico emiliano dal terremoto della Garfagnana del 7 settembre 1920. Possibili indicatori paleosismici?* Atti IV Conv. Giovani Ricercatori, Quad. di Geol. Appl., **2**, pp. 139-146, Pitagora Ed., Bologna.

- MAZZONI M. (1993) - *Studio litomorfologico dell'alta Val Parma tra Bosco e Corniglio con proposte metodologiche finalizzate alla sistemazione di aree a rischio di dissesto*. Tesi Laurea ined., Dipart. Sc. Terra, Univ. Studi Parma.
- MEDVEDEV S.C. (1965) - *Engineering seismology*. Israel Program for Scientific Translation. Jerusalem.
- MONTANARI L. & ROSSI M. (1982) - *Evoluzione delle unità stratigrafico-strutturali terziarie del nordappennino: 1. L'Unità di Canetolo*. Boll. Soc. Geol. It., **101**, pp. 275-289, Roma.
- NORA E., PELLEGRINI M. & ZANOTTI A. (1996) - *Cartografia del rischio da frane intermittenti e a cinematica lenta in aree urbanizzate: esempi del versante padano dell'Appennino Settentrionale*. Quad. Geol. Appl., **3**(1), pp. 141-164., Pitagora Ed., Bologna.
- OROMBELLI G. & RAVAZZI C. (1996) - *The Late Glacial and early Holocene: chronology and paleoclimate*. «Il Quaternario», Ital. Jour. Quater. Sc., **9**(2), 439-444, A.Graf. Giannini, Napoli.
- PANIZZA M. (1978) - *Héritages periglaciaires würmiens dans l'Apennin Emilien*. Coll. sur le Periglaciaire d'altitude du domaine méditerranéen et abords, Strasbourg, 12-14 Mai 1977, 205-208, France.
- PAPANI G. & TELLINI C. (1976) - *Caratteristiche litologiche e geomorfologiche del bacino del T. Parma, con particolare riferimento ai dissesti in atto sui versanti*. Relaz. al Convegno su: «Il Bacino del T. Parma» (20-21 aprile 1974), p. 23, Grafiche STEP, Parma.
- PELLEGRINI M., TELLINI C., VERNIA L., LARINI G. & MARCHI G. (1998) - *Caratteristiche geologiche e morfologiche della grande frana di Corniglio (Appennino settentrionale, Provincia di Parma)*. Mem. Soc. Geol. It., **53**, pp. 543-561, Roma.
- PENCK A. & BRUCKNER E. (1909) - *Die Alpen im Eiszeitalter*. 3 voll., Tauchnitz Ed., Leipzig.
- PEREGO S. & VESCOVI P. (2000) - *Relationship between mass wastings and rainfall in the Parma Valley (northern Apennines)*. Geogr. Fisica e dinam. quatern., **23**, pp. 153-164; Torino.
- PLESI G., BONANNI G., BOTTI F., DANIELE G. & PALANDRI S. (1998) - *Processi e tempi di costruzione della Catena Appenninica nelle sue fasi oligo-mioceniche: l'esempio della finestra di Pracchiola (biostratigrafia, petrografia e analisi strutturale, con carta geologico strutturale scala 1:20000)*. Boll. Soc. Geol. It., **117**(3), pp. 841-894, Roma.
- REGIONE EMILIA-ROMAGNA (a cura di CERRINA FERRONI A, 1990) - *Carta geologica dell'Appennino emiliano-romagnolo, scala 1:50.000, Foglio 217 «Neviano degli Arduini»*. Reg. Emilia-Romagna, Uff. Cartografico, Bologna.
- REGIONE EMILIA-ROMAGNA (1999) - *I numeri sulle frane*. A cura di GARBERI M.L., PALUMBO A. & PIZZOLO M. con la collaborazione di BALDELLI C., BARCHIESI, P., BERTOLINI G. & DE NARDO M.T.; Serv. Cartograf. e Geol., Pendragon ed., Bologna.
- RONCROFFI P. (1997) - *Aspetti geomorfologici dell'alto Appennino reggiano*. Univ. Studi Parma, Facoltà di Scienze, Dip. Sc. Terra, Tesi Laurea ined., a.a. 1996-97, Parma.
- ROSSETTI G. (1975) - *Caratteristiche termopluviometriche del bacino del T. Parma*, «Il Frantoio», agosto 1975, pp. 1-22. Ed. PEI, Parma.
- SACCO F. (1890-91) - *Carta Geologica d'Italia, F° 85 Castelnovo ne' Monti*. R. Serv. Geol. d'It., Roma.
- SACCO F. (1893) - *L'Appennino dell'Emilia*. Boll. Soc. Geol. It., XI (3), p. 425, Roma.
- SACCO F. (con la coll. di ANELLI M.) (1932) - *Carta Geologica d'Italia, F° 85 Castelnovo ne' Monti*. R. Serv. Geol. d'It., Roma.
- SGAVETTI M. (1972) - *Contributo dell'indagine fotointerpretativa allo studio dell'erosione nella media-alta Val Parma*. Mem. Soc. Geol. It., **11**, pp. 293-308, Roma.
- SIRO L. (1985) - *I contributi geologici, geotecnici e geofisici alla microzonazione sismica e gli approcci semplificati*. Proc. 1° Workshop Aree sismogenetiche e rischio sismico in Italia, Erice 27/8-5/9 1985, 399-447.
- SOWERS G.F. & ROYSTER D.L. (1978) - *Field Investigations*. In: SCHUSTER R.L. & KRIZEK R.J. (eds.): *Landslides, Analysis and Control*, Special Report 176, T.R.B., National Research Council, **4**, pp. 81-111, Washington, D.C.
- STROUD M.A. & BUTLER F.G. (1975) - *The Standard Penetration Test and engineering properties of glacial materials*. Proc. Symp. *The engineering behaviour of glacial materials*, University of Birmingham.
- TELLINI C. & VERNIA L. (1996) - *La frana di Corniglio: una catastrofe naturale ricorrente*. «L'Orsaro», s. **4**, 26-1, pp. 4-19, C.A.I., sez. di Parma.
- TONNI L., GOTTARDI G. & MARCHI G. (2001) - *Analisi di stabilità e modellazione numerica dei movimenti di versante nell'area di Corniglio (PR)*. Quad. Geol. Appl., **8-2**, Pitagora Ed., Bologna.
- VARNES D.J. (1978) - *Slope Movement Types and Processes*. In: R.L. Schuster & R.J. Krizek (eds.) «*Landslides: Analysis and Control*», Special Report 176, TRB, National Research Council, pp. 12-33, Washington, D.C.
- VESCOVI P. (1988) - *La linea trasversale Passo della Cisa-Bassa Val d'Enza: 1. Sistema trascorrente sinistro nella zona del Passo della Cisa (Prov. di Parma)*. L'Ateneo Parmense - Acta Nat., **24**, pp. 221-243, Parma.
- VESCOVI P., VILLA G. & BARBIERI G. (1997) - *L'Unità tettonica di Groppo Sovrano (Alta Val Bratica, Provincia di Parma)*. Atti Ticinesi Sc. Terra, **40**, pp. 15-31, Pavia.

WORKING PARTY ON THE WORLD LANDSLIDE INVENTORY & CANADIAN GEOTECHNICAL SOCIETY (1993) - *Multilingual Landslide Glossary*. BiTech Publishers, Richmond, B.C.

ZACCAGNA D. (1898) - *Nuove osservazioni sui terreni costituenti la zona centrale dell'Appennino adiacente all'Alpe Apuana*. Boll. R. Com. Geol. It., **29**, pp. 83-97 e 174-248, Roma.

ZANZUCCHI G. (1963) - *La geologia dell'alta Val Parma*.

Mem. Soc. Geol. It., **4**, pp. 131-212, Roma.

ZANZUCCHI G. (1980) - *I lineamenti geologici dell'Appennino Parmense. Note Illustrative alla Carta e Sezioni geologiche della Provincia di Parma e zone limitrofe (1:100.000)*. Scritti degli Istituti di Geol., Paleontol. e Geogr., Petrogr., Giac. Miner. e Mineral., «Volume dedicato a Sergio Venzo», pp. 201-233, Grafiche STEP Ed., Parma.