

Primi interventi di consolidamento sulle frane dei Boschi di Valoria, di Tolara e Lezza Nuova (Val Dolo e Val Dragone, Appennino modenese)

Enrico Leuratti*, Claudio Corrado Lucente*, Elena Medda*, Vinicio Manzi**, Alessandro Corsini***, Giovanni Tosatti***, Francesco Ronchetti***, Matteo Guerra****

* Regione Emilia-Romagna, Servizio Tecnico Bacini Enza, Panaro e Secchia, Via Fonteraso, 15, 41100 Modena, E-mail: Leuratti@regione.emilia-romagna.it; Clucente@regione.emilia-romagna.it; Emedda@regione.emilia-romagna.it

**Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Parma, Viale delle Scienze 157/A, 43100 Parma, E-mail: vinicio.manzi@unipr.it

***Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Modena e Reggio Emilia, Largo S. Eufemia, 19, 41100 Modena, E-mail: alessandro.corsini@unimore.it; giovanni.tosatti@unimore.it; francesco.ronchetti@unimore.it;

****Provincia di Reggio Emilia, Via Guido da Castello, 13 42100 Reggio Emilia, E-mail: m.guerra@mbox.provincia.re.it

Preliminary stabilisation interventions in the Boschi di Valoria, Tolara and Lezza Nuova landslides (Dolo and Dragone valleys, Modena Apennines, Italy)

ABSTRACT: Following an increase in precipitation intensity starting in autumn 2000, the Emilia Apennines (northern Italy) has been affected by considerable disarray processes. In particular, the area surrounding Monte Modino (Municipalities of Frassinoro and Montefiorino) has been subject to the reactivation of three ancient landslides, which had been active also in the past decades. These reactivations have determined a marked worsening of the general conditions of mass wasting processes and repeatedly caused damage to roads, water supply pipelines and houses. During the past few years the Modena Technical Service of the Panaro and Secchia Basins has carried out numerous interventions aiming to slope movement mitigation and re-establishment of damaged infrastructures. In particular, remedial measures have been concentrated on three particular situations: the Tolara, Boschi di Valoria and Lezza Nuova landslides. The first emergency interventions carried out on each landslide consisted in the re-establishment of slope hydrographic networks, safety measures on the damaged infrastructures and reduction of the hydrogeological risk. The area affected is at present being investigated and monitored in order to define its geological, geomorphological and hydrogeological characteristics. These preliminary investigations are necessary in order to carry out structural stabilisation works of the area adjacent to Monte Modino. The disarray situation which characterises the study area is described and the main consolidation interventions carried out so far are discussed.

Key terms: Complex landslide reactivation, Slope stabilisation, Monte Modino, Emilia Apennines

Termini chiave: Riattivazioni di frane complesse, Interventi preliminari, Monte Modino, Appennino modenese

Riassunto

A seguito degli intensi eventi pluviometrici verificatisi a partire dall'autunno 2000, l'Appennino emiliano è stato interessato da una forte ripresa del dissesto idrogeologico. In particolare, la porzione di territorio che insiste attorno al Monte Modino (Comuni di Frassinoro e Montefiorino) è stata interessata dalla riattivazione di tre frane storiche, già attive negli ultimi decenni. Tali riattivazioni hanno determinato un profondo aggravamento delle condizioni generali di dissesto ed hanno provocato a più riprese danni anche gravi alla rete viaria, principale e secondaria, ad opere acquedottistiche e ad abitazioni private. Negli ultimi anni il Servizio Tecnico Bacini Enza, Panaro e Secchia, sede di Modena, ha realizzato numerosi interventi volti alla mitigazione del dissesto e al ripristino delle infrastrutture danneggiate. Tre sono le località su cui gli interventi sono stati concentrati: la frana di Tolara, la frana dei Boschi di Valoria e la frana di Lezza Nuova. Su ciascuna di esse sono

stati eseguiti, a breve termine dalla riattivazione, degli interventi di emergenza per il ripristino della rete idrografica di versante, preliminari alla realizzazione di interventi strutturali mirati al ripristino e alla messa in sicurezza delle infrastrutture danneggiate e alla riduzione del rischio idrogeologico. L'area interessata è attualmente oggetto di indagini e di monitoraggio volti alla definizione del quadro geologico, geomorfologico ed idrogeologico dell'area. Questi studi si rendono necessari per la realizzazione di interventi di consolidamento complessivo dell'area limitrofa al Monte Modino. L'articolo descrive la situazione di dissesto idrogeologico che caratterizza tale area e fornisce un quadro dei principali interventi di consolidamento finora realizzati.

Introduzione

Il tratto di Appennino compreso tra le province di Bologna e Piacenza è andato soggetto ad una forte ripresa del dissesto

idrogeologico a seguito degli intensi eventi pluviometrici verificatisi a partire dall'autunno 2000. Il territorio attorno al Monte Modino, dei Comuni di Frassinoro e di Montefiorino, è stato interessato dalla riattivazione di tre frane storiche, già attive negli ultimi decenni. Tale riattivazione del dissesto idrogeologico è imputabile ad maggior frequenza di eventi pluviometrici di forte intensità e breve durata, concentrati in periodi dell'anno ben definiti. Le riattivazioni hanno determinato un profondo aggravamento delle condizioni generali del dissesto idrogeologico ed hanno provocato a più riprese danni anche gravi alla rete viaria principale e secondaria, ad opere acquedottistiche e ad abitazioni private.

In questi anni, il Servizio Tecnico Bacini Enza, Panaro e Secchia, sede di Modena (STB MO) ha realizzato interventi, in regime di urgenza, volti alla mitigazione del dissesto e al ripristino delle infrastrutture danneggiate. Tre sono le località principali su cui gli interventi sono stati concentrati: la frana di Tolara, la frana dei Boschi di Valoria e la frana denominata "Lezza Nuova". Su ciascuna di esse sono state eseguiti, a breve termine dallo sviluppo del dissesto, degli interventi di emergenza per il ripristino della rete idrografica di versante, che sono preliminari alla realizzazione di interventi strutturali mirati al ripristino e alla messa in sicurezza delle infrastrutture danneggiate e alla riduzione del rischio idrogeologico. L'area interessata sarà oggetto di indagini e di monitoraggio volti alla definizione del quadro geologico, geomorfologico ed idrogeologico dell'area. Questi studi si rendono necessari per la realizzazione di interventi di consolidamento complessivo dell'area limitrofa al Monte Modino. Scopo di questa nota è quello di descrivere la complessa situazione di dissesto idrogeologico che caratterizza tale area e di fornire un quadro dei principali interventi realizzati fino al 2005. È opportuno altresì premettere che, per quanto riguarda la frana dei Boschi di Valoria, la presente nota si focalizza sulla descrizione degli interventi realizzati a seguito della riattivazione del 2001. La frana ha di fatto dato luogo ad un ulteriore evento di riattivazione nell'inverno 2005-2006, descritto da Ronchetti *et al.* (2007).

Inquadramento geologico

All'interno dell'area studiata sono state riconosciute due unità litostratigrafiche complesse principali: un'unità inferiore, prevalentemente pelitica, ed un'unità superiore arenacea (tra parentesi vengono riportati i termini litostratigrafici utilizzati nella cartografia geologica a scala 1:50.000 della Regione Emilia-Romagna, Foglio 235 - Pievepelago).

L'unità inferiore, caratterizzata dalla diffusa presenza di depositi caotici, comprende dal basso stratigrafico: 1) marne con intercalazioni di sottili strati arenacei (Marne di Civago); 2) argille siltose e marnose grigie ad assetto caotico (Argille di Fiumalbo/Marne di Marmoreto); 3) argille brune, verdastre e rossastre ad assetto caotico (Argille Varicolori); 4) argille grigie con elementi

carbonatici (Argille a palombini); 5) torbiditi calcareo-marnose (Flysch dell'Abetina reale); 6) argille con serpentiniti, ofioliti e blocchi carbonatici (Brecce argillose del Poggio Bianco Dragone); 7) torbiditi calcareo-marnose (Formazione di Romanoro).

L'unità arenacea è costituita da depositi torbiditici arenaceo-pelitici di colore grigio, in strati da sottili fino a spessi e molto spessi (Arenarie del Poggio Mezzature) a cui sono intercalate a vari livelli orizzonti di argilliti rossastre (Argilliti dell'Uccelliera), localmente oggetto di attività estrattiva. Questa unità ha spessori di alcune centinaia di metri, ed è caratterizzata da una buona permeabilità secondaria causata da un elevato grado di fratturazione.

Secondo la carta geologica a scala 1:50.000 della Regione Emilia-Romagna, Foglio 235 - Pievepelago, l'unità arenacea costituisce l'unità tettonica di Venano di provenienza Ligure (Domino paleogeografico Ligure) mentre la successione stratigrafica dell'unità inferiore appartiene all'unità tettonica Modino (sottounità Modino-Ventasso) come parte della Successione Toscana. Tale unità sormonta la successione torbiditica del M. Cervarola affiorante in finestra tettonica nella valle del Torrente Dolo.

Sul versante in destra idrografica del Torrente Dragone affiorano inoltre alcuni lembi appartenenti all'Unità Inferiore dei Flysch ad Elmintoidi (Formazione M. Venere, unità tettonica Monghidoro). Si tratta di una successione atipica, caratterizzata da spessori ridotti e da scarsa continuità laterale, affioranti localmente sopra a argillosi contenenti calcari e ofioliti. Soltanto in due settori nella porzione più settentrionale dell'area del Monte Modino e nel versante reggiano del T. Dolo, tali depositi affiorano in maniera più consistente dando origine a spesse placche stratificate poggianti al di sopra delle unità ofiolitiche.

Studi recenti (Guerra, 2002) hanno messo in evidenza all'interno dell'unità inferiore la presenza diffusa di depositi caotici, la cui interpretazione ha subito nel corso degli anni notevoli cambiamenti. Dal punto di vista paleogeografico, piuttosto che rappresentare l'impilazione tettonica di elementi strutturali riferibili a domini paleogeografici distinti, l'unità argillosa inferiore potrebbe appartenere al complesso deposizionale di scarpata dell'Unità Modino-Cervarola (dominio paleogeografico toscano) del Miocene inferiore e riferibile all'Unità Sestola-Vidiciatico (Daniele *et al.*, 1995; Plesi *et al.*, 2002).

Inquadramento geomorfologico ed assetto idrogeologico

L'area di studio si colloca al margine sud-occidentale del territorio provinciale di Modena, all'interno dello spartiacque naturale che divide i corsi dei torrenti Dolo e Dragone, affluenti di destra del Fiume Secchia. Si tratta di un rilievo montuoso allungato in direzione ENE-WSW, che mantiene per oltre 6 km un'altezza media superiore a 1300 m s.l.m. Le principali culminazioni di tale rilievo sono: il Monte Modino (1414 m), il Poggio Mezzature (1384 m), il Monte Spalanco (1380 m), il Monte Mattioli (1334 m) e

l'Uccelliera (1325 m). La morfologia dei versanti è caratterizzata da rilievi relativamente modesti nelle parti medio-basse e da forme più acclivi che compaiono a quote altimetriche superiori a 900-1000 m. Questa bipartizione

morfologica ricalca l'assetto geologico strutturale generale dell'area, sopra descritto, caratterizzato da un'unità inferiore, prevalentemente argillosa, sopra la quale poggia una unità superiore arenacea, più competente.

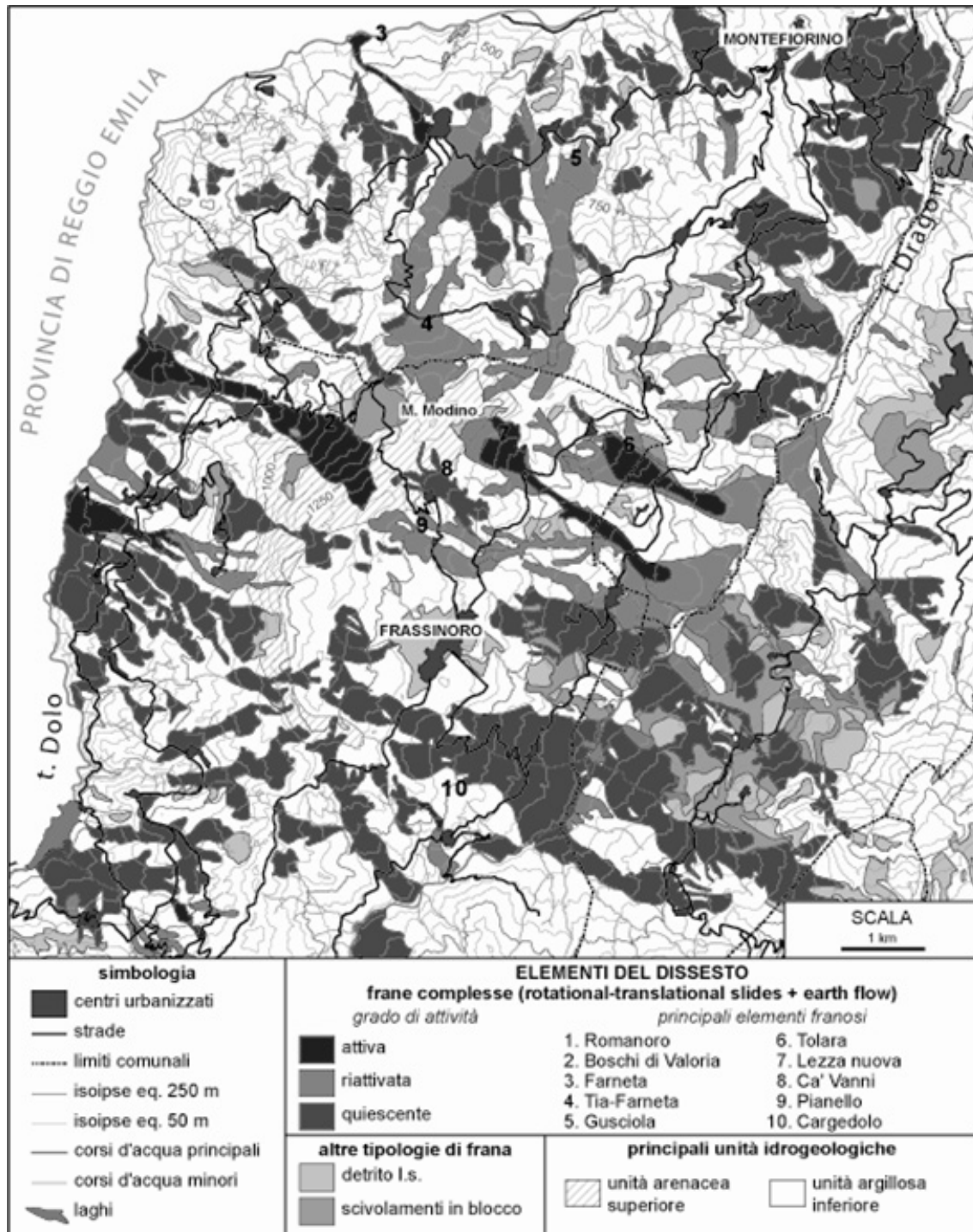


Fig. 1 – Carta geomorfologica dell'area di studio riportante l'ubicazione dei principali fenomeni franosi ed il loro stato di attività. Notare la distribuzione a raggiera dei movimenti franosi attorno al Monte Modino (da Manzi et al., 2004)

Fig. 1 – Geomorphological map of the study area showing location of the main landslides and their state of activity. Notice the radial distribution of landslides around Mt. Modino (after Manzi et al., 2004)

All'interno di questo settore dell'Appennino modenese è possibile ricostruire un quadro geomorfologico piuttosto complesso, prodotto dalla presenza di elementi di dissesto diversi sia per età sia per evoluzione. La presenza di elementi litologici a forte contrasto meccanico (arenarie e argilliti) ha favorito lo sviluppo di grossi franamenti probabilmente già a partire dall'Olocene medio. Datazioni radiometriche di tronchi fossili con il ^{14}C hanno fornito età variabili tra 7800-7580 cal. yr BP (Bertolini, 2003) e 2780 ± 60 cal. yr BP (Bertolini *et al.*, 2001). Nel versante destro della Val Dolo compreso tra le località I Boschi e Romanoro, è ben riconoscibile un ampio settore caratterizzato da scivolamenti in blocco (Fig. 1; es. in località Venano e Pian di Venano) riferibili a franamenti preistorici, nonostante risulti parzialmente obliterato da franamenti successivi di natura più superficiale.

Complessivamente nel settore di studio si possono riconoscere dei dissesti complessi (*complex*, cfr. Cruden & Varnes, 1996) prevalentemente riconducibili a scorrimenti roto-traslativi di roccia (*rotational-translational rock slide*)

associati a colate e scorrimenti roto-traslativi di terra (*earth flow-earth slide*).

La distribuzione dei dissesti nell'area studiata mostra un caratteristico sviluppo a raggiera attorno al Monte Modino. Una decina sono gli elementi degni di nota; di questi, sei mostrano caratteri geomorfologici e genetici simili e risultano inquadrabili tra i fenomeni complessi (Fig. 1). Procedendo in senso orario dalla Val Dolo alla Valle del Dragone si possono riconoscere i seguenti movimenti franosi: Romanoro, Boschi di Valoria, Tia-Farneta, Gusciola, Tolara e Lezza Nuova (anche nota come frana di Sassatella). Nonostante si tratti di fenomeni franosi tra loro distinti e caratterizzati da attivazioni non concomitanti, il loro sviluppo è intrinsecamente legato alle simili condizioni idrogeologiche e geomorfologiche del settore, caratterizzato da depositi argillitici ad assetto più o meno caotico e bassa permeabilità nella parte medio-bassa del versante, sopra cui poggiano, con forte contrasto geomeccanico, depositi arenacei ad elevato grado di fatturazione e, di conseguenza, a maggiore permeabilità.

Tab. 1 – Schema riassuntivo della localizzazione, morfometria e classificazione delle frane di Boschi di Valoria, Tolara e Lezza Nuova
 Tab. 1 – *Location, morphometric features and classification of the Boschi di Valoria, Tolara and Lezza Nuova landslides*

Frana	Boschi di Valoria		Tolara		Lezza Nuova	
Localizzazione						
CTR RER, scala 1:10.000	235070		235080		235070-235080	
Coordinate geografiche (apice) UTM						
latitudine*	4.907.765,34		4.908.621,23		4.908.659,99	
longitudine*	624.398,15		626.296,75		625.851,04	
bacino idrografico	Fiume Secchia		Fiume Secchia		Fiume Secchia	
sottobacino	Torrente Dolo		Torrente Dragone		Torrente Dragone	
<i>Morfometria della Frana</i>						
grado di attività	A	Q	A	Q	A	Q
pendenza media (°)	13	13	6	8	10	11
dislivello (m)	810	495	306	520	490	670
quota coronamento (m)	1330	1120	956	1150	1220	1280
quota piede (m)	520	625	650	610	730	610
lunghezza massima (m)	3500	2090	1700	3800	2870	3150
larghezza massima (m)	620	250	390	680	300	660
profondità media stimata (m)	10	?	7	?	5	?
profondità max stimata (m)	>20	?	> 15	?	> 10	?
direzione media movimento (°N)	305	305	135	135	135	135
superficie totale frana(m ²)	$1,3\cdot 10^6$	$0,3\cdot 10^6$	$0,6\cdot 10^6$	$1,4\cdot 10^6$	$0,4\cdot 10^6$	$1,3\cdot 10^6$
volume presunto (m ³)	$13\cdot 10^6$?	$4\cdot 10^6$?	$2\cdot 10^6$?
classificazione della frana	Movimento gravitativo complesso e composito					
“A” indica la porzione di riattivazione più recente, “Q” la porzione di frana quiescente presente prima dell’ultima riattivazione. Sono stati evidenziati gli eventi franosi con estensione maggiore.						
* coordinate geografiche riferite al punto più alto dell’accumulo di frana corrispondente al PIF (punto identificativo della frana, normativa IFFI).						

Al contatto tra queste unità sono spesso presenti sorgenti, alimentate dall'acquifero costituito dall'unità arenacea superiore. Fanno eccezione all'assetto geologico ed idrogeologico descritto due porzioni minori ubicate in aree di medio e basso versante delle valli del torrente Dolo (tra le Frane dei Boschi di Valoria e di Farneta) e del torrente Dragone (tra Montefiorino e la Frana di Tolara) dove affiorano in maniera più consistente dei depositi torbiditici calcareo-marnosi riferibili al Flysch di Montevenere (Fig. 1). È interessante notare come in queste aree i fenomeni di dissesto risultano prevalentemente costituiti da scivolamenti in blocco e crolli mentre sono assenti i grossi colamenti di terra associati a scivolamenti roto-traslativi, che caratterizzano l'area del Monte Modino.

Per ciascuno di questi fenomeni franosi è stata realizzata una scheda monografica (riportante oltre alle principali caratteristiche morfometriche anche le principali riattivazioni avvenute in passato) nell'ambito del Progetto IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi d'Italia) e del Tavolo Provinciale per l'Aggiornamento della Cartografia Inventario del Dissesto Regionale, eseguito da tecnici del STB MO in collaborazione con personale del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna e del Servizio Difesa del Suolo della Provincia di Modena.

Descrizione delle frane

Tra le frane sopra citate, quelle di Boschi di Valoria (2),

Tolara (6) e Lezza Nuova (7) hanno subito recenti riattivazioni ed hanno rappresentato negli ultimi anni uno dei principali interessi per il STB MO, sia in termini economici che di impegno. Per ciascuna di queste frane viene fornita una breve descrizione (vedi Tab. 1, relativa ai principali parametri morfometrici delle frane).

La Frana dei Boschi di Valoria (n. 2 in Fig. 1)

La frana (Fig. 2) si sviluppa all'interno della valle del Rio Rumaggio (o Rio Maggio), un corso d'acqua affluente di destra del torrente Dolo, che drena la porzione di versante denominata "Boschi di Valoria", sita nella frazione Romanoro del Comune di Frassinoro. L'area interessata dal fenomeno franoso ha una estensione di circa 130 ha e può essere suddivisa in zone a diversa evoluzione:

- (A) area di coronamento e di distacco caratterizzata dalla presenza di fessure di trazione e di blocchi retrovergenti che causano la formazione di ristagni d'acqua (oltre 1200 m);
- (B) un'area di transito e di parziale e/o temporaneo accumulo del materiale franato (tra 1200 e 700 m);
- (C) un'area di accumulo in corrispondenza del torrente Dolo del quale ha determinato il temporaneo sbarramento (al di sotto di 700 m);
- (D) un'area contigua alla frana e posta in sinistra orografica dell'accumulo principale, interessata da crepacci e fessure a causa della spinta prodotta dall'accumulo stesso (al di sotto di 700 m).

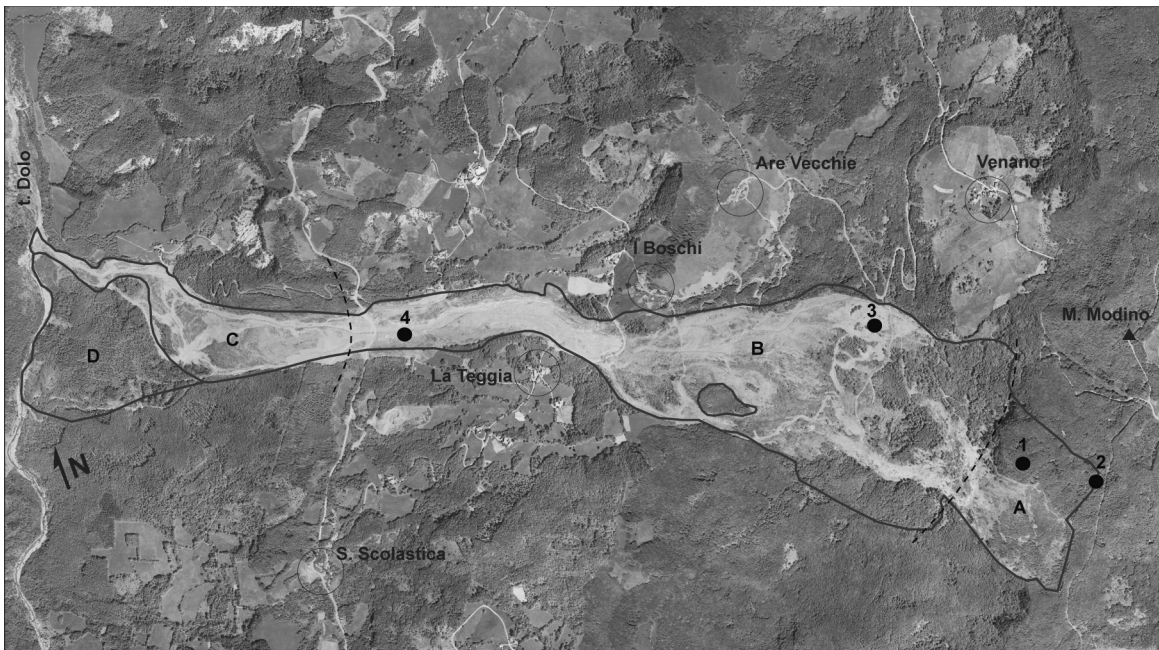


Fig. 2 – Foto aerea della frana dei Boschi di Valoria (modificato da Manzi *et al.*, 2004). Sono state distinte quattro zone all'interno del corpo di frana: A) zona di alimentazione, B) zona parziale accumulo e di transito, C) zona di accumulo e D) zona interessata da crepacci. I punti numerati indicano la posizione delle campionature per le analisi geotecniche (vedi Tavola 2)

Fig. 2 – Aerial photo of the Boschi di Valoria landslide (modified after Manzi *et al.*, 2004). Four different sectors were recognised within the landslide body: A) the crown and head zone; B) the temporary accumulation and by-pass zone, C) the accumulation zone, and D) a zone characterised by trenches. Numbered points as location of soil samples for geotechnical analyses (see Table 2)

La frana di Tolara (n. 6 in Fig. 1)

L'ampio corpo di frana, recentemente rimobilizzato (Fig. 3), è costituito da due aree caratterizzate dallo sviluppo di fenomeni gravitativi differenti. La prima area, situata più a monte, risulta approssimativamente compresa tra l'abitato di Tolara e la s.p. n. 486 ed è caratterizzato dalla presenza di numerose zone di impluvio e ristagno delle acque dovute alla presenza di fratture di trazione e di fenomeni di distacco. La seconda si sviluppa a partire dalla strada provinciale già citata per proseguire verso il Torrente Dragone, arrestandosi subito a monte della strada che collega le località La Capanna e Lago, in quest'area prevalgono invece i fenomeni di trasporto e di parziale accumulo. Le due aree fanno parte di un'antica e più vasta frana, la cui lunghezza complessiva raggiunge i 3800 m. L'area di coronamento è situata in corrispondenza dell'abitato di La Ca' ad una quota di circa 1150 m con un'ampiezza approssimativa di 400 m. Procedendo verso valle l'area di frana si restringe progressivamente per ricominciare ad ampliarsi poco a valle della s.p. n. 486, raggiungendo il torrente Dragone con una larghezza al piede pari a 300 m circa.

La frana di Lezza Nuova (n. 7 in Fig. 1)

Durante gli ultimi episodi di riattivazione, a partire dal 1998, si è rimobilizzato un settore che da una quota approssimativa di 1300 m, ad ovest dell'abitato di La Ca', e per una lunghezza di circa 2,5 km giunge oltre la s.p. n. 486, a una quota di circa 740 m, rimanendo compreso tra le borgate di Ca' Aradonica e di Mercato Vecchio. Anche in

questo caso il fenomeno franoso rappresenta una riattivazione parziale di un più ampio corpo di frana (Fig. 3), che ha coinvolto il versante più estesamente, spingendosi sino al corso del Torrente Dragone.

Indagini di campagna e prove di laboratorio

Vengono qui di seguito sintetizzati i primi dati di indagini geognostiche realizzate in parallelo alle operazioni di ripristino della rete idrica e al mantenimento delle infrastrutture viarie. Sono al momento in fase di esecuzione progetti di indagine specifici per ogni frana i cui dati saranno presentati e discussi in altra sede.

Attualmente le tre frane sono state descritte in dettaglio dal punto di vista geomorfologico mediante rilievi di campagna eseguiti con il supporto di strumentazioni ad alta precisione (rilievo GPS in differenziale) e con l'ausilio di riprese aeree realizzate appositamente che hanno consentito la restituzione di una nuova e più precisa base topografica.

Per quanto riguarda le indagini di tipo indiretto, sono state eseguite prospezioni geofisiche (sismica a rifrazione) per una valutazione speditiva dei volumi di terreno coinvolti nei singoli movimenti franosi. Tali indagini preliminari, che hanno fornito un quadro parziale della complessa situazione idrogeologica che interessa l'area, hanno permesso la redazione di progetti di indagine esecutivi di prossima realizzazione. I dati relativi alla profondità del piano di scivolamento delle frane che appaiono in tabella 1 sono stati ricavati mediante tali indagini.

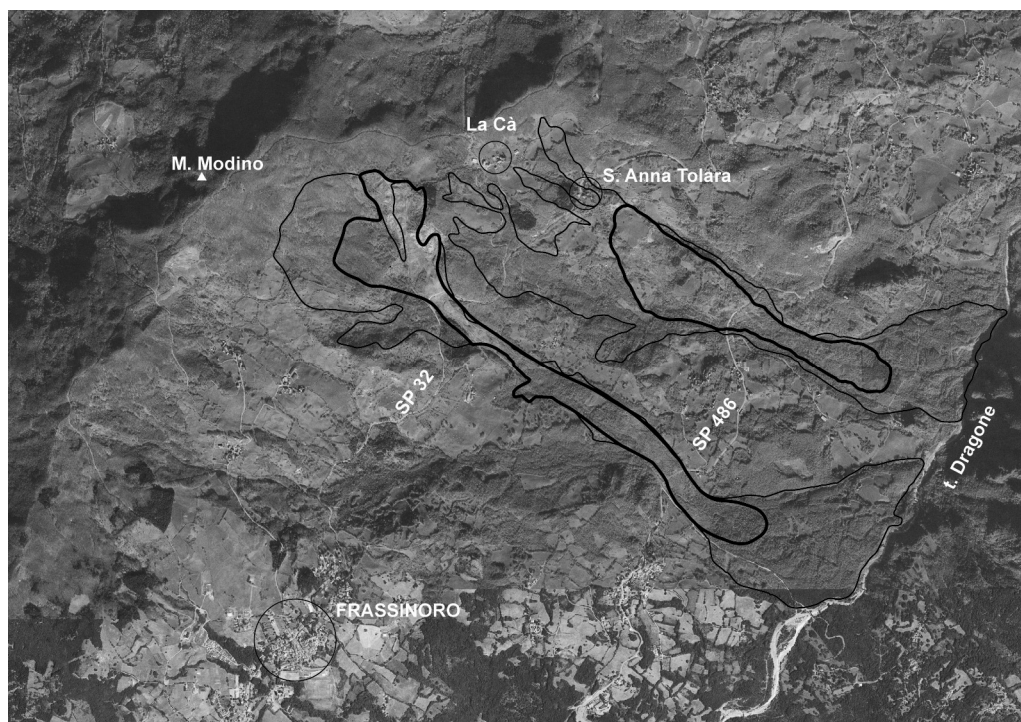


Fig. 3 – Foto aerea delle frane di Tolara e della Lezza Nuova (da Manzi *et al.*, 2004)

Fig. 3 – Aerial photo of the Tolara and Lezza Nuova landslides (after Manzi *et al.*, 2004)

In via sperimentale sono attualmente in esecuzione sulle tre frane alcuni interventi di monitoraggio di tipo innovativo tra i quali:

- la realizzazione di una rete di monitoraggio mediante capisaldi GPS posizionati all'interno e all'esterno del corpo di frana (dalla primavera del 2003 è in funzione una rete di 37 capisaldi nella Frana dei Boschi di Valoria, sono in fase di realizzazione le reti di monitoraggio relative alle frane di Tolara e Lezza Nuova);
- la realizzazione di una rete di monitoraggio (dati di spostamento e ideologici) con raccolta dati in automatico e relativa trasmissione via GSM;
- l'analisi interferometrica differenziale di immagini SAR dei satelliti ERS1 e ERS2;

La frana dei Boschi di Valoria

Le indagini geognostiche (prospezioni sismiche) eseguite per la caratterizzazione del corpo di frana hanno messo in evidenza la presenza di una notevole quantità di detrito di frana il cui spessore, di circa 6-7 m ai bordi, aumenta procedendo verso il centro della frana fino a raggiungere quasi 20 m. Al di sotto di questo strato detritico dalle caratteristiche geomeccaniche piuttosto scadenti ($v = 0,8-1,6$ km/s), è invece presente un livello più competente assimilabile ad un substrato argilloso. Tuttavia, a ridosso della parte alta della frana (dintorni di Venano) è presente una coltre di detrito costituito da blocchi eterometrici di arenarie, interpretabili come detrito di falda del Monte Modino, parzialmente coinvolta nel franamento principale. La prossima esecuzione di nuovi rilievi sismici a maggiore penetrazione (basi sismiche di oltre 300 m, con l'utilizzo di 24 o 48 geofoni) corredati di sondaggi di taratura permetterà di indagare sulla presenza di piani di scivolamento più profondi nonché di determinare la natura del substrato finora individuato.

In via preliminare sono state realizzate anche alcune prove di laboratorio per la caratterizzazione dei terreni coinvolti nel franamento (GUERRA, 2002).

Tab. 2 – Dati geotecnici di alcuni campioni prelevati dal corpo della frana dei Boschi di Valoria. Per l'ubicazione vedi figura 2

Tab. 2 – *Geotechnical data of soil samples from the Boschi di Valoria landslide body. For location see figure 2.*

Campione	ϕ' [°]	c' [kPa]	c_u [kPa]
1	28	0,10	0,16
2	26,2	0,12	0,18
3	24	0,13	0,19
4	26,7	0,11	0,17

Indagini in corso

Oltre al già esistente sistema di monitoraggio mediante rete di capisaldi GPS installato da STB MO per monitorare i movimenti superficiali del versante, è stata di recente avviata la messa a punto di una rete mediante l'installazione di strumenti di monitoraggio per eseguire il controllo

cinematico e idrogeologico della superficie di scivolamento principale dell'accumulo di frana e per la cui individuazione sono stati eseguiti sondaggi a carotaggio continuo, installazione di inclinometri e di cavi coassiali (TDR), indagini sismiche.

Dalla ricostruzione dell'andamento delle principali superfici di scivolamento presenti all'interno del versante verranno definite, con precisione, le ubicazioni di sistemi piezometrici automatici e verranno eseguiti campionamenti all'intorno della superficie di scivolamento. L'integrazione dei dati piezometrici, pluviometrici (sia di quelli già esistenti che di un sistema pluviometrico ad acquisizione automatica dei dati di prossima installazione) e cinematici (inclinometri e TDR) permetterà di determinare la curva di "piena piezometrica", responsabile della formazione di sovrappressioni interstiziali lungo la superficie di scivolamento e di determinare gli effetti deformativi ad esse associati. Questo monitoraggio ha anche lo scopo di definire le relazioni esistenti tra precipitazioni e riattivazioni del movimento franoso, cercando di individuare una soglia di precipitazioni oltre la quale si innescano i movimenti lungo la superficie di scivolamento.

Evoluzione del dissesto

La frana dei Boschi di Valoria

Il dissesto si è evoluto rapidamente nell'aprile 2001 a seguito, come già ricordato, di un periodo caratterizzato da elevate precipitazioni atmosferiche. La zona di coronamento è stata interessata da scivolamenti roto-traslativi, come dimostra l'assetto attuale di controvergenza di alcuni settori, che sono evoluti in una colata fangosa inglobante blocchi eterometrici di rocce lapidee (areniti e calcari). Il dissesto si è sviluppato principalmente lungo un tratto del versante compreso approssimativamente tra 1000 e 1300 m di quota, evolvendo retrogressivamente con lo sviluppo di ulteriori movimenti nella zona di crinale (1400 m circa). In occasione di tale evento si è sviluppata una colata di fango e detrito. La massa fangosa mobilizzata si è mossa piuttosto rapidamente nella sua fase iniziale per poi subire un rallentamento a causa della riduzione nel contenuto di acqua (oltre 10 m/h nella fase iniziale). Nonostante ciò, nei primi mesi successivi al franamento la massa detritica ha mantenuto un moto quasi costante e con velocità relativamente alta (oltre 10 m/giorno).

Durante l'estate del 2001 la massa detritica ha ridotto sensibilmente il suo moto sia per merito del periodo particolarmente siccitoso, sia soprattutto grazie alle opere di drenaggio realizzate all'interno della frana stessa. Tuttavia, durante un periodo di precipitazioni relativamente elevate avvenuto nell'ottobre 2001, la porzione di frana a monte delle località "I Boschi" e "La Teggia" è stata rimobilizzata causando nuovamente l'asportazione di un tratto della Strada "S. Scolastica – I Boschi". In seguito è proseguita l'attività di consolidamento della frana con il ripristino della

rete scolante danneggiata dal nuovo movimento e con l'esecuzione di nuovi fossi drenanti.

Tra gli effetti indotti da tale evento, durante questa riattivazione, è da ricordare la rimobilizzazione di un antico piede di frana sulla sponda sinistra del torrente Dolo. La riattivazione del 2001 ha rappresentato l'evento a magnitudo più elevata verificatosi dal dopoguerra.

La frana di Tolara

Tra le riattivazioni di movimenti franosi segnalate nell'autunno del 2002, quella in località Tolara costituisce un caso particolarmente grave: si tratta infatti della riattivazione di una antica frana, la cui ultima manifestazione risale all'autunno del 1959 e che interessa una vasta area tra le località citate. L'evento più recente si è verificato nel mese di dicembre del 2002, a seguito di un periodo in cui il territorio della provincia di Modena è stato interessato da abbondanti precipitazioni che hanno contribuito alla ripresa o all'attivazione di movimenti franosi in molte località dell'Appennino. Il movimento si è sviluppato inizialmente in un'area posta a una quota più elevata di circa 930 m e sita a valle degli abitati di Tolara e S. Anna e della s.p. n. 32, minacciando in modo preoccupante la sicurezza delle abitazioni, delle infrastrutture e della viabilità.

L'apertura del secondo fronte della frana avviene in tempi brevi, a pochi giorni di distanza dalla riattivazione del movimento. In questa seconda area, intorno alla s.p. n. 486, il progredire del dissesto causa l'interruzione della strada provinciale, in corrispondenza della quale la

movimentazione di materiale si è caratterizzata per grandi velocità di scorrimento e capacità distruttiva, coinvolgendo un'area di 400 m di lunghezza, per un fronte di circa 150 m e con dislivelli di oltre 10 m.

Durante gli anni successivi non si sono registrati movimenti significativi all'interno del corpo di frana. A questo ha contribuito sicuramente il regime pluviometrico che, seppur con caratteristiche di eccezionalità, non è stato localmente caratterizzato da eventi estremi di intensità paragonabile a quelli del 2002. Un ruolo determinante è, però, sicuramente da imputare agli interventi di consolidamento realizzati entro la frana in regime di emergenza sino al 2003. Tuttavia, soprattutto nei periodi in cui le precipitazioni si presentano più abbondanti, si è provveduto al monitoraggio del corpo di frana in corrispondenza degli abitati e delle infrastrutture, cercando di assicurare il buon funzionamento delle opere di drenaggio superficiale e provvedendo al ripristino di queste ove necessario.

La frana di Lezza Nuova

Negli ultimi vent'anni si sono verificate numerose riprese del movimento franoso, con gravi danni causati alle infrastrutture. Nel periodo compreso tra il 1988 e il 1993 l'area di nicchia della frana è stata quella soggetta alle maggiori accelerazioni e l'estensione del corpo franoso ha raggiunto i 1000 m. Nel gennaio del 1998 la ripresa del movimento ha coinvolto la quasi totalità della massa costituente il corpo principale, con avanzamenti del fronte di anche alcune decine di metri al giorno.

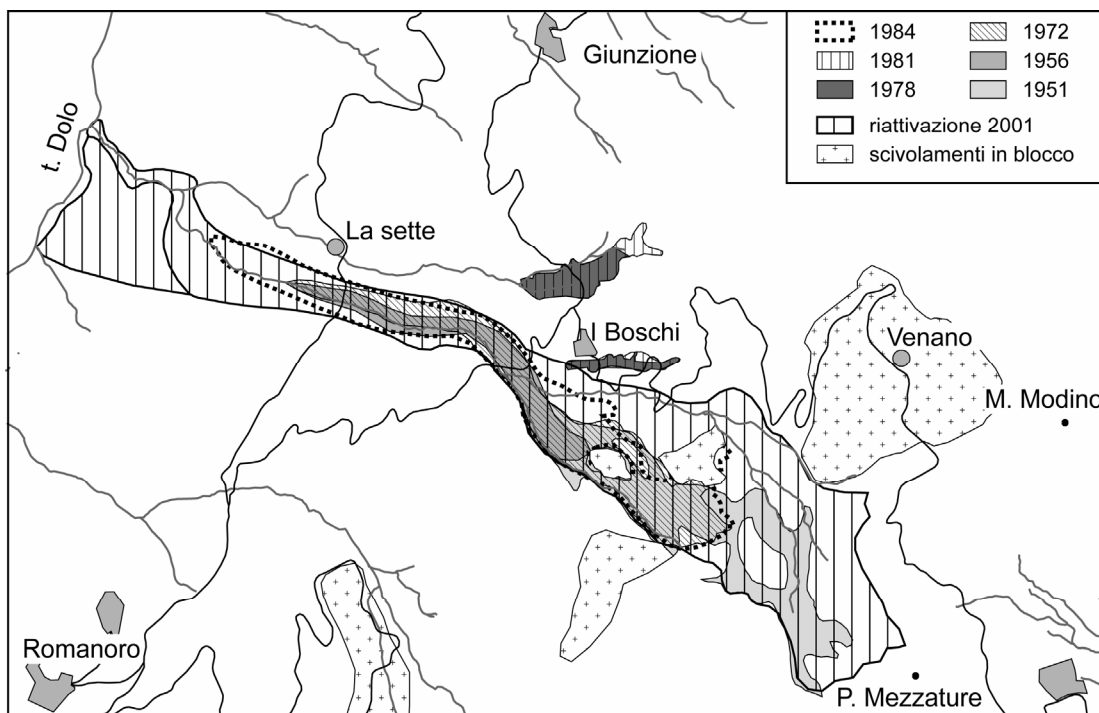


Fig. 4 – Ricostruzione aereofotogrammetrica dei dissesti verificatisi lungo il versante dei Boschi di Valoria dal 1951 al 2001

Fig. 4 – Aerial imagery reconstruction of the disarray processes occurring on the Boschi di Valoria slope in the 1951-2001 period

A partire dal dicembre 2002 l'area di frana è stata caratterizzata da un susseguirsi di fenomeni gravitativi importanti, che hanno causato enormi disagi alla popolazione provocando l'interruzione delle principali arterie stradali della zona nonché danneggiando le infrastrutture presenti, in particolare un tratto lungo circa 400 m di condotta idrica del Consorzio Intercomunale "Acquedotto del Dragone", che rifornisce un'utenza di circa 20.000 persone.

Al momento del verificarsi dell'evento del 2002, nell'area di interesse erano in corso lavori di consolidamento, temporaneamente sospesi a causa piogge intense e persistenti che, nei mesi di novembre e dicembre 2002, hanno causato la riattivazione di parte dell'antico movimento franoso mettendo in serio pericolo l'adduttrice principale dell'acquedotto.

Nel febbraio 2003 si è verificato un aggravamento delle condizioni nell'area della "Lezza Nuova" in prossimità della località Sassatella: l'evoluzione del movimento minacciava, oltre all'incolumità di persone e cose, la s.p. n. 486, la viabilità locale e la condotta principale dell'Acquedotto Dragone, nonché le opere di consolidamento già eseguite in loco dal STB MO.

Nell'ottobre del 2003 si è verificata un'ultima

attivazione, probabilmente causata dalle intense precipitazioni dei giorni immediatamente precedenti. Tali condizioni di dissesto hanno determinato lesioni e crepe sulla carreggiata della s.p. n. 32, ripristinata dall'Amministrazione provinciale con lavori di emergenza eseguiti dal STB MO.

Cause del dissesto

I fattori predisponenti al dissesto, come già ricordato, sono da ricercare nel particolare assetto geologico di quest'area, caratterizzato dalla presenza di depositi torbiditici arenaceo-pelitici con maggiore competenza e permeabilità (per fratturazione) poggianti al di sopra di terreni argillosi relativamente meno competenti e pressoché impermeabili. Le cause dell'innesco dei fenomeni franosi citati sono invece da ascrivere all'andamento pluviometrico eccezionale avvenuto nell'autunno 2000.

Per la Frana dei Boschi di Valoria è stato possibile realizzare uno studio pilota (Manzi *et al.*, 2003; 2004) per la ricostruzione in dettaglio dei fenomeni franosi verificatisi nella seconda metà del 20° secolo, rispettivamente negli anni 1951, 1956, 1972, 1978, 1981, 1984, 2001 (Fig. 4).

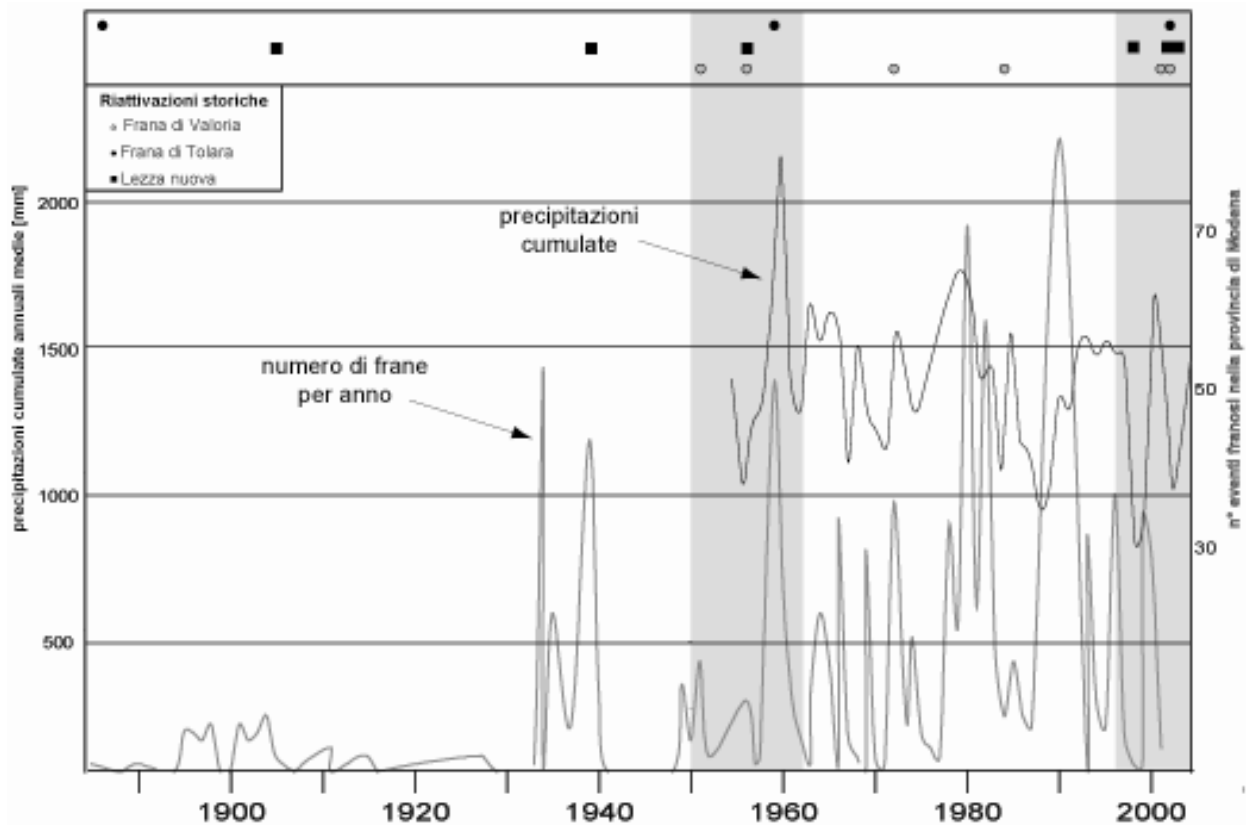


Fig. 5 – Relazioni tra il regime climatico, la riattivazione dei fenomeni franosi oggetto di studio (frammenti complessi che si originano alle pendici del Monte Modino) e lo sviluppo del dissesto nel territorio montano della provincia di Modena (da Manzi *et al.*, 2004)

Fig. 5 – Relationships between climatic trend, reactivation of the landslides investigated (complex movements originating on Mt. Modino slopes) and the extent of disarray processes in the mountainous sector of Modena province (after Manzi *et al.*, 2004)

L'evoluzione del fenomeno a ritroso è stata desunta dall'analisi delle foto aeree. Tra le varie riattivazioni, quelle verificatesi nel 1956, 1972, 1984 e 2001 sono apparse confrontabili per modalità di evoluzione e volumi coinvolti. Dal confronto con l'andamento delle curve pluviometriche calcolate per la zona limitrofa al Monte Modino nel periodo 1955-2002 sono stati ottenuti degli elementi approssimativi di correlazione tra l'andamento del regime pluviometrico e la riattivazione dei fenomeni franosi. Complessivamente queste quattro riattivazioni principali sono avvenute a seguito di periodi autunno-invernali caratterizzati da valori di precipitazioni cumulate nei sei mesi precedenti la riattivazione che hanno superato i 900÷1000 mm. All'interno di tale calcolo appare però poco chiaro il ruolo giocato dalla fusione del manto nevoso durante il periodo primaverile. Questo tipo di studio è in fase di estensione alle altre frane presenti all'interno del settore.

Viene riportato, a titolo di esempio, l'andamento delle piogge cumulate annuali registrate dal pluviometro della

diga di Fontanaluccia in relazione alle riattivazioni principali delle tre frane studiate (Fig. 5). A questo è stato anche aggiunto il numero degli eventi verificatisi per anno all'interno dell'intero territorio provinciale. Spicca la corrispondenza tra il picco di precipitazioni alla fine degli anni '50 e le riattivazioni dei movimenti franosi sia a livello locale sia a livello di tutta la provincia. Tale relazione appare meno evidente per gli eventi verificatisi a partire dal 2000. Riteniamo che le relazioni qui evidenziate tra il regime climatico e la riattivazione di fenomeni franosi geneticamente connessi debbano essere maggiormente indagate al fine di una migliore comprensione delle dinamiche di attivazione del dissesto idrogeologico. A tale scopo gli interventi di indagini previste per le tre frane, sono volti alla raccolta di serie temporali continue relative all'andamento delle precipitazioni, allo sviluppo delle sovrappressioni interstiziali ed alla riattivazione dei movimenti franosi.

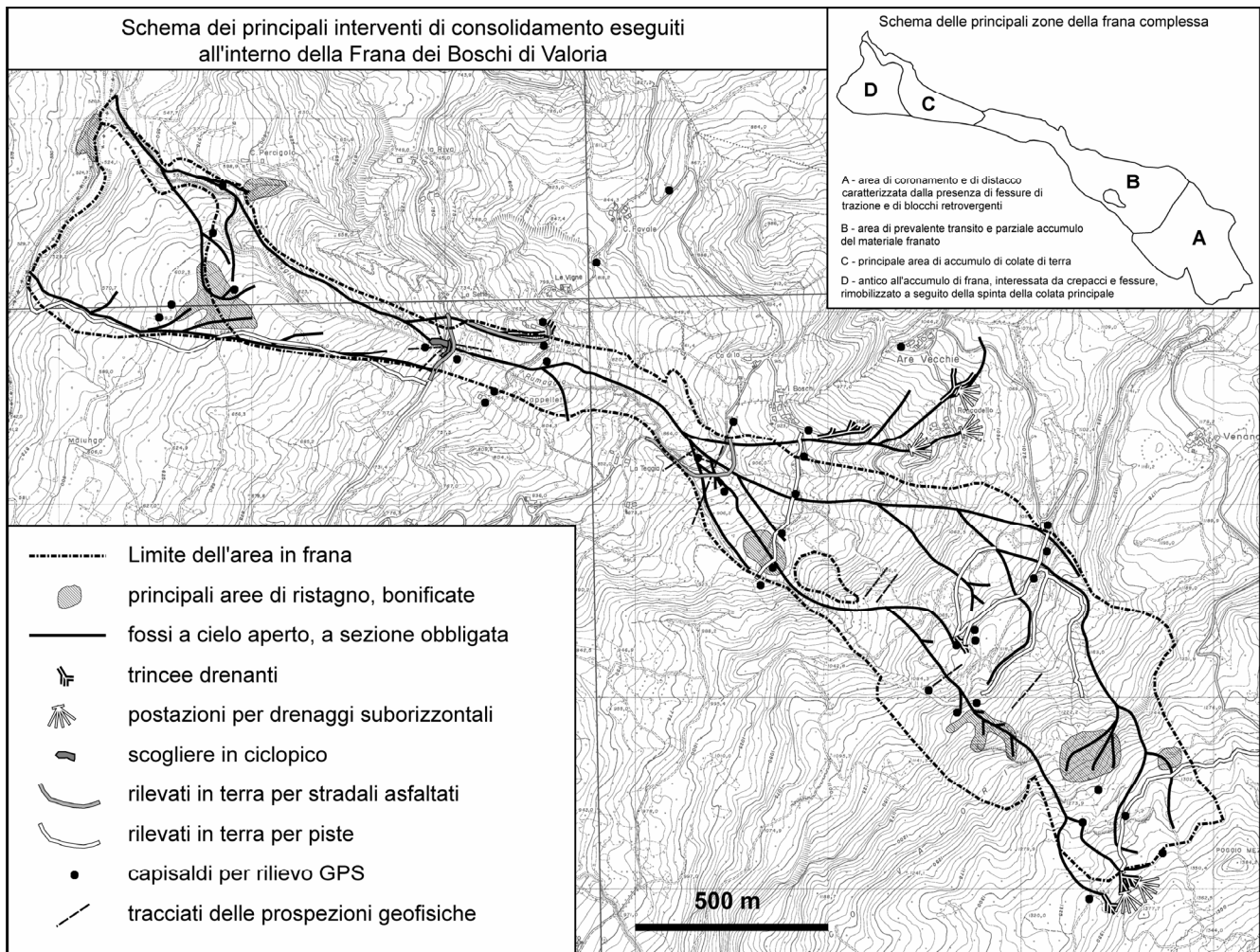


Fig. 6 – Interventi eseguiti all'interno della frana dei Boschi di Valoria dopo l'evento del 2001 (modificato da Manzi et al., 2004)

Fig. 6 – Remedial measures carried out on the Boschi di Valoria landslide body after the 2001 event (modified after Manzi et al., 2004)

Interventi di consolidamento

Gli interventi di consolidamento effettuati dal S.T.B.P.dS. hanno avuto come unico obiettivo il ripristino delle infrastrutture danneggiate e la ricostruzione della rete idrografica superficiale.

Complessivamente si è provveduto a:

- ripristino e mantenimento della rete stradale principale e realizzazione di piste di cantiere per permettere il rapido accesso ad aree potenzialmente pericolose (es. torrente Dolo, Frana dei Boschi di Valoria);
- ricostruzione del reticolo idrografico principale mediante la realizzazione di fossi a cielo aperto compreso lo svuotamento delle principali aree di ristagno delle acque all'interno del corpo di frana;
- esecuzione di opere di captazione delle falde più superficiali, mediante la realizzazione di fossi drenanti; ripristino e ampliamento di opere di captazione di livelli acquiferi più profondi, mediante la realizzazione di drenaggi sub-orizzontali;

- realizzazione di indagini geognostiche preliminari necessarie per la progettazione di interventi di monitoraggio mirati.

Le tabelle 3, 4 e 5 riportano i principali interventi finora eseguiti su ognuna delle tre frane. Nelle figure 6, 7 e 8 sono invece riportati schematicamente gli interventi di consolidamento eseguiti dal S.T.B.P.dS.

Conclusioni e interventi di prossima realizzazione

Nell'area limitrofa al Monte Modino è presente una grave situazione di dissesto per la presenza di oltre una decina di corpi di frana, almeno sei dei quali sono movimenti gravitativi complessi di grandi dimensioni, caratterizzati da periodiche riattivazioni in epoca storica e che sono stati riattivati almeno parzialmente nell'ultimo decennio. Tre di questi, le frane dei Boschi di Valoria, di Tolara e Lezza Nuova, rappresentano i fenomeni più importanti per dimensioni e per gli ingenti danni che hanno provocato al territorio e alle infrastrutture.

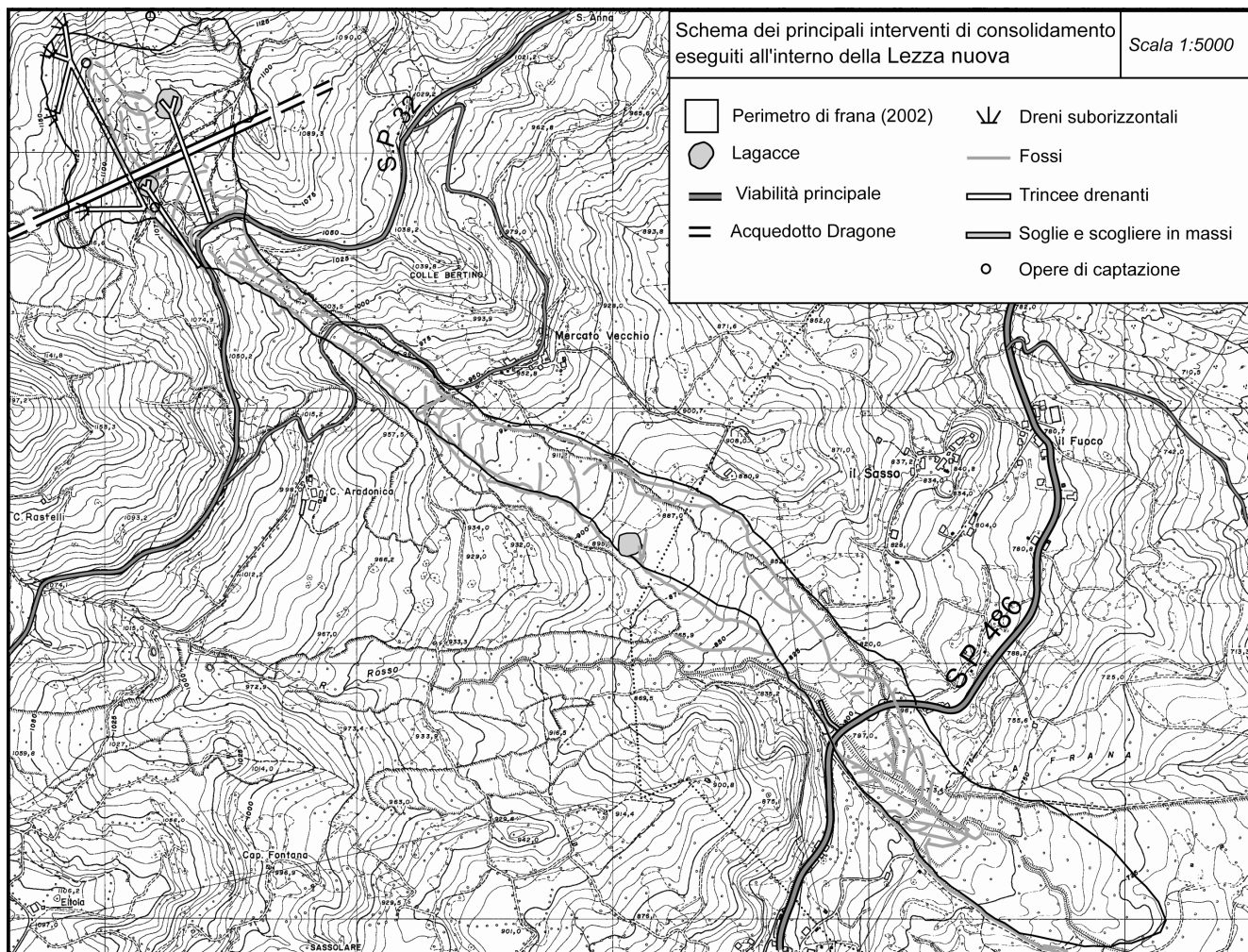


Fig. 7 – Carta degli interventi eseguiti all'interno della frana di Tolara
 Fig. 7 – Map of the remedial measures carried out on the Tolara landslide body

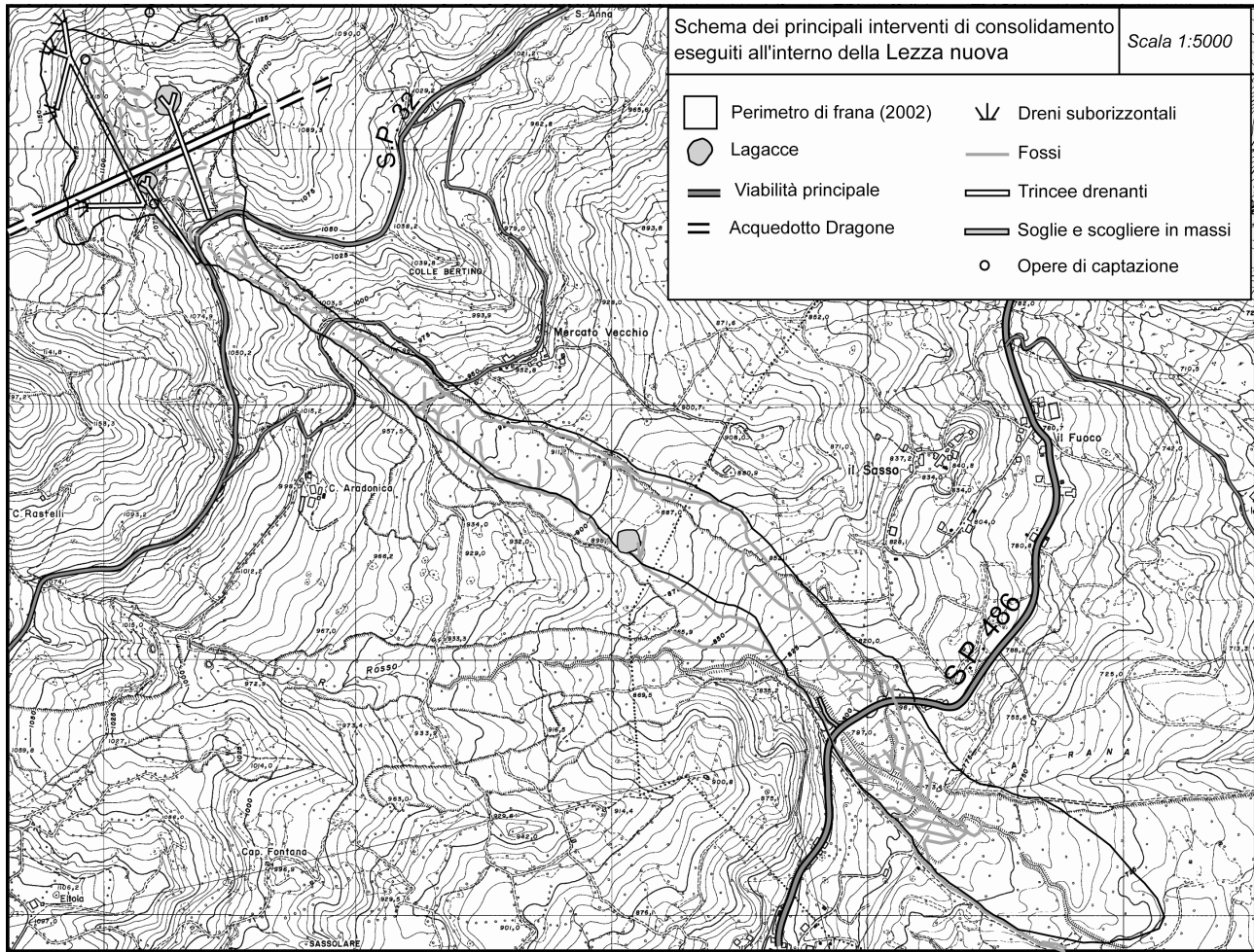


Fig. 8 – Carta degli interventi eseguiti all’interno della frana di Lezza Nuova
 Fig. 8 – Map of the remedial measures carried out on the Lezza Nuova landslide body

Tab. 3 – Sintesi degli interventi eseguiti sulla frana dei Boschi di Valoria
 Tab. 3 – Summarised list of the remedial measures carried out on the Boschi di Valoria landslide body

1) <i>Lavori di Somma urgenza L.R. 45/95 art. 18</i>
Mantenimento della percorribilità della strada comunale fondovalle Dolo.
2) <i>Opere di Somma urgenza L.R. 45/95 art. 18</i>
Riduzione dei danni indotti ponendo particolare attenzione al ripristino ed al mantenimento della rete viaria (Strada Comunale Fondovalle Dolo, Strada “S. Scolastica – I Boschi”, Strada “I Boschi – Are Vecchie”. Realizzazione di canalizzazioni a cielo aperto nella parte alta del versante per la regimazione delle acque superficiali
<i>2bis) 1° Rimod. Piano Interventi Straordinari Decr. Ass.le del 25/07/2001</i>
Durante questa fase sono stati eseguiti dei lavori mirati alla riduzione degli effetti e delle cause predisponenti ad ulteriori movimenti dell’accumulo franoso. In particolare, sono state eseguite delle canalizzazioni di bordo frana nella parte inferiore dell’accumulo franoso, in concomitanza alla realizzazione di una pista di accesso al Torrente Dolo, per consentire un rapido intervento in caso di sbarramento del medesimo corso d’acqua già parzialmente ostruito dall’accumulo. Si è anche provveduto alla realizzazione di una rete scolante per il drenaggio delle acque accumulate nell’area contermina alla frana, posta in sinistra orografica dell’accumulo principale ed interessata da crepacci e fessure a causa della spinta prodotta dall’accumulo stesso. Nei pressi della località I Boschi è stata ripristinata nuovamente la Strada “I Boschi – Are Vecchie”, ed è stata eseguita una serie di canalizzazioni e drenaggi (fosse drenanti con profondità di oltre 6 m) a monte dell’abitato I Boschi e nell’area contermina alla Strada “I Boschi – Are Vecchie”. È stata ripristinata la viabilità lungo la Strada “La Sette – I Boschi”, con relativa rete scolante. Sono state eseguite le prime indagini

geognostiche per la caratterizzazione dell'accumulo di frana e per l'individuazione della superficie di scivolamento.
<i>3) Opere di Somma urgenza L.R. 45/95 art. 18</i>
Risistemazione idrogeologica della parte alta del versante mediante l'esecuzione di nuove canalizzazioni nel lato orientale del corpo di frana e la realizzazione di un'opera di captazione, in cooperazione con Meta S.p.A., degli acquiferi più superficiali in previsione della esecuzione di drenaggi suborizzontali per la captazione di livelli acquiferi più profondi. L'importanza di questi lavori deriva dal fatto che da quando la frana ha distrutto le prese acquedottistiche il drenaggio del versante è stato ridotto sensibilmente e di conseguenza c'è il rischio che una permanenza eccessiva di acque all'interno dell'accumulo di frana possa causare nuovi movimenti.
<i>4) 2° Rimod. Piano Interventi Straordinari D.A. n. 37 del 7/11/2001</i>
Completamento della fitta rete di drenaggio superficiale, specialmente al piede della frana, alla intercettazione di livelli acquiferi più profondi all'interno della frana oltre al mantenimento delle infrastrutture ripristinate e realizzate durante i lavori precedentemente eseguiti e alla realizzazione di una rete di monitoraggio. Si è inoltre provveduto alla posa dei primi capisaldi per la realizzazione del monitoraggio tramite GPS.
<i>5) Seconda fase del piano degli interventi straordinari eventi ottobre / novembre 2000 decreto ass. n. 7 del 5/6/2002</i>
Quest'ultima fase di lavori si è svolta nella parte alta del versante mediante la realizzazione di una fitta rete di fossi a cielo aperto per l'intercettazione delle acque superficiali, la realizzazione di fosse drenanti (oltre 6 m di spessore) nonché la realizzazione di postazioni multiple di drenaggi suborizzontali spinti a profondità di oltre 30 m. Durante questi lavori sono state realizzate anche delle riprese aeree in scala 1:8.000 dell'area coinvolta in frana da cui sono state ottenute delle ortofoto digitali ed una cartografia digitale in scala 1:2.000.

Tab. 4 – Sintesi degli interventi eseguiti sulla frana di Tolara

Tab. 4 – Summarised list of the remedial measures carried out on the Tolara landslide body

<i>1) Lavori di Somma Urgenza – art. 18 L.R. n. 45/1995</i>
In seguito alla riattivazione del movimento franoso e al crollo di un tratto della s.p. n. 486 sono stati eseguiti lavori per realizzazione un reticolo di drenaggio per il convogliamento delle acque superficiali e subsuperficiali fuori dal corpo di frana e per ridurre il rischio di ulteriore sprofondamento della strada provinciale.
<i>2) Lavori di Somma Urgenza (integrazione) – art. 18 L.R. n. 45/1995</i>
Data la vastità del movimento franoso, è stato necessario prevedere un secondo intervento per il completamento del reticolo di drenaggio delle acque superficiali, subsuperficiali e profonde nella parte di frana situata più a monte, compresa tra l'abitato di Tolara e la nicchia principale di distacco. Si è intervenuti sulla morfologia del versante riducendone le pendenze e provvedendo ad un suo rimodellamento.
<i>3) Lavori di consolidamento delle frane Tolara e Lezza Nuova - Piano degli interventi straordinari e di messa in sicurezza – 2a fase, di cui alla L. n. 62 del 08/04/2003, in attuazione della O.P.C.M. n. 3258/2002.</i>
L'analogia tra le dinamiche di riattivazione delle due frane, come pure la accentuata similarità della morfologia del territorio e delle caratteristiche geolitologiche e meccaniche dei terreni coinvolti hanno naturalmente condotto alla necessità di procedere ad uno studio congiunto delle problematiche e delle soluzioni progettuali per il consolidamento e la messa in sicurezza dei versanti coinvolti. Con questo intervento si sono completate le opere di bonifica e risanamento intraprese con i precedenti finanziamenti consistenti nella realizzazione di un reticolo di drenaggio per il convogliamento delle acque subsuperficiali e superficiali in accumulo nelle numerose zone di ristagno nella zona a monte della S.P. n. 486. Inoltre sono state realizzate opere di difesa nei tratti di valle dei fossi principali che raccolgono l'acqua drenata entro le frane.

Tab. 5 – Sintesi degli interventi eseguiti: frana Lezza Nuova

Tab. 5 – Summarised list of the remedial measures carried out on the Lezza Nuova landslide body

Tab. 5 - Sintesi degli interventi eseguiti: frana Lezza nuova
<i>1) Opere di consolidamento - L. n. 183/1989, O.P.C.M. n. 3090/2000. Perizia di variante.</i>
La frana è stata oggetto di opere di consolidamento essendo situata in un'area colpita dagli eventi dell'ottobre-novembre 2000. I lavori sono consistiti nella realizzazione di opere drenanti sia tradizionali, sia di tipo speciale. Nel novembre 2002, durante un periodo di sospensione dei lavori suddetti per condizioni meteorologiche avverse, le piogge intense e persistenti hanno causato la riattivazione del movimento franoso e la distruzione di parte delle opere realizzate fino a quel momento. È stata perciò predisposta una perizia di variante per far fronte all'emergenza, per il mantenimento dell'erogazione di acqua potabile e per attivare i primi possibili interventi di canalizzazione delle acque sul corpo di frana. Per quanto sopra è stata predisposta perizia di variante dei lavori di cui alla citata L. n. 183/1989, inseriti nella D.G.R. n. 2588 del 29/12/2000.

2) <i>Lavori di Somma Urgenza – art. 18 L.R. n. 45/1995</i>
In considerazione dell'evoluzione del corpo franoso e dei danni arrecati alle infrastrutture, è stata prevista la realizzazione di un reticolo di drenaggio per il convogliamento delle acque superficiali al di fuori del corpo di frana, il ripristino delle funzionalità della rete di adduzione della rete dell'acquedotto e la ricostruzione del tratto di strada compreso tra le località Aradonica e Mercato Vecchio.
3) <i>Lavori di Somma Urgenza (integrazione) – art. 18 L.R. n. 45/1995</i>
La progettazione tende a completare le opere di bonifica e risanamento intraprese con i precedenti finanziamenti e prevede la realizzazione di un reticolo di drenaggio per il convogliamento delle acque superficiali al di fuori del corpo di frana nella zona a valle della s.p. n. 486, il mantenimento delle funzionalità della rete di adduzione dell'Acquedotto Ca' Aradonica - Mercato Vecchio e la ricostruzione dei tratti di strada dissestati.
4) <i>Lavori di consolidamento delle frane Tolara e Lezza Nuova - Piano degli interventi straordinari e di messa in sicurezza – 2ª fase, di cui alla L. n. 62 del 08/04/2003, in attuazione della O.P.C.M. n. 3258/2002.</i>
Per i lavori previsti nell'ambito di questo progetto si rimanda a quanto già esposto nella tabella 4.

A causa degli enormi volumi di terra coinvolti in queste frane, gli interventi di consolidamento finora eseguiti hanno avuto una funzione di contenimento del danno piuttosto che di mitigazione del dissesto. Per la realizzazione di interventi di consolidamento a lungo termine si ritiene necessario acquisire maggiori conoscenze in merito al complesso assetto idrogeologico dell'area. In particolare si ritiene necessario eseguire:

- un censimento delle principali sorgenti presenti alle falde del Monte Modino comprensivo di misure periodiche di portata;
- una indagine storica della franosità possibilmente in relazione alla variazione dei regimi pluviometrici nel

tempo;

- nuove e approfondite indagini geognostiche unitamente all'installazione di strumenti di monitoraggio per il controllo delle pressioni lungo la superficie di scivolamento dei principali fenomeni franosi accoppiati a strumenti per il controllo cinematico degli accumuli.

Tali operazioni permetteranno una migliore comprensione delle modalità di riattivazione dei fenomeni franosi dell'area del Monte Modino e la ricostruzione di un quadro idrogeologico completo, necessario per la realizzazione di qualsiasi intervento esecutivo di consolidamento dell'area stessa.

Bibliografia

- Almagià R., 1907. Studi geografici sulle frane in Italia. Memorie Società Geografica Italiana 13-1, Roma.
- Amanti M., Bertolini G., Ceccone G., Chiessi V., De Nardo M.T., Ercolani L., Gasparo F., Guzzetti F., Mandrini C., Martini M.G., Damasco M., Redini M., Venditti A., 2001. Progetto IFFI. Scheda di censimento dei fenomeni franosi, versione 2.33. Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento per i Servizi Tecnici Nazionali, Servizio Geologico, Roma.
- Arpa, Agenzia Regionale Prevenzione Ambientale dell'Emilia-Romagna, 2003. Dati pluviometrici 1992-2002. Bologna.
- Bertolini G., 2003. Frane e variazioni climatiche nell'Appennino emiliano. Tesi di Dottorato in Geologia dell'Ambiente, Dipart. Scienze della Terra, Università di Modena e Reggio Emilia.
- Bertolini G., Casagli N., Ermini L., Malaguti C., 2001. Radiocarbon dating of landslides in the Northern Apennines (Italy). Natural Hazards and Earth System Science, EGS Production Office Ed., Lindau, Germany.
- Brunamonte F., 1999. Ricerca storica sulle frane nella Provincia di Reggio Emilia. Regione Emilia-Romagna – CNR, Torino.
- Colombetti A., Ferrari G., Nicolodi F., 1999. Age Determination of Romanoro Flysch. First Working Meeting of TECOS, Castelnovo ne' Monti (RE), Italy, 6-10 September 1999.
- 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, 36-75, Washington D.C.
- Daniele G., Mochi E., Plesi G., 1995. L'insieme ligure-emiliano dell'Appennino modenese: unità tettoniche e successioni stratigrafiche nella zona di Frassinoro. Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., Serie A, 102, Firenze.
- Guerra M., 2002. Studio della frana dei Boschi di Valoria (comune di Frassinoro, provincia di Modena). Università di Modena e Reggio Emilia. Tesi di laurea inedita.
- Manzi V., Barbieri M., Corsini A., Farina P., Guerra M., Leuratti E., Tosatti G., 2003. La Frana dei Boschi di Valoria riattivata nell'aprile 2001 (Bacino del Secchia, Appennino modenese): cenni storici, dinamica recente e sperimentazione di tecniche di monitoraggio per la gestione del rischio. FIST 2003, Atti del congresso, Roma.
- Manzi V., Leuratti E., Lucente C.C., Medda E., Guerra M., Corsini A., 2004. Historical and recent hydrogeological instability in the Monte Modino area: Valoria, Tolara and Lezza Nuova landslide reactivations (Dolo – Dragone valleys, Modena Apennines, Italy). GeoActa, 3, 1-13.
- Plesi G., Daniele G., Palandri S., Balatri R. (col contributo di Bettelli G., Catanzariti R., Cerrina Feroni A., De Nardo M.T., Di Giulio A., Fossati L., Martinelli P., Mazzali A., Ottria G., Panini F.), 2002. Foglio 235 "Pievepelago". Regione Emilia Romagna, Bologna.
- Ronchetti F., Borgatti L., Cervi F., Lucente C.C., Veneziano M., Corsini A., 2007. The Valoria landslide reactivation in 2005-2006 (Northern Apennines, Italy). Landslides, 4(2), 189-195.
- Ufficio Idrografico e Mareografico di Parma, Bacino del Po, 1992. Annali Idrologici 1955-1991. Parma.