



Regione Lombardia

*Protezione Civile, Prevenzione
e Polizia Locale*

PROGETTO IFFI - Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia

INVENTARIO DEI FENOMENI FRANOSI IN LOMBARDIA



Prevenzione Lombardia
La sicurezza come sistema

Il presente lavoro è stato svolto a partire dal 2000 nell'ambito del Progetto nazionale IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia) ed è stato sviluppato da Regione Lombardia, prima dalla D.G. Territorio e Urbanistica poi dalla D.G. Protezione Civile, Prevenzione e Polizia Locale, in collaborazione con Irealp e Lombardia Informatica.

Responsabile del Progetto:

Massimo Ceriani¹
Dario Fossati¹

Coordinatori:

Massimo Ceriani¹
Dario Fossati¹
Giovanni Battista Crosta²
Andrea Zaccone¹

Responsabile scientifico:

Massimo Ceriani¹

Responsabile Analisi del dissesto e verifiche di campagna:

Massimo Ceriani¹

Staff - Analisi del dissesto e verifiche di campagna:

Alessandro Cagnoni¹
Giovanni Cantone¹
Caterina Cazzaniga¹
Francesco Pozza¹
Raffaella Ratti¹
Enrico Sciesa¹
Christian Ambrosi²
Francesco Bosio²
Giovanni Battista Crosta²
Samuel Cucchiario²
Paolo Frattini²
Sabrina Iannaccone²
Paolo Merlo²
Stefano Sesana²
Tommaso Simonato²
Elena Valbuzzi²

Sviluppo software GeolFFI e GeolFFINet

Massimo Carelli⁵
Marco Deligios⁴
Enrica Mozzi⁴

Responsabile Informatizzazione:

Massimo Carelli⁵

Staff - Informatizzazione:

Paolo Frattini²
Barbara Aldighieri³
Bruno Testa³
Barbara Epis⁴

Autori del presente volume:

Massimo Carelli⁵
Massimo Ceriani¹
Elena Valbuzzi⁵

Responsabile del Progetto IFFI:

Leonello Serva⁶

Responsabile Servizio Istruttorie, Piani di Bacino e Raccolta dati:

Claudio Campobasso⁶

Segreteria Tecnica:

Alessandro Trigila⁶

¹ Regione Lombardia

² Università Degli Studi Milano-Bicocca

³ CNR-IDPA Milano

⁴ Lombardia Informatica-Globo

⁵ IREALP

⁶ APAT-Dipartimento Difesa del Suolo

Si ringraziano i Tecnici delle Comunità Montane e delle Province che hanno collaborato nella fase di coordinamento con tutti i Comuni per l'impostazione generale del Progetto.

Le immagini e i disegni sono stati forniti dagli autori o estrapolate dai volumi citati in bibliografia e da siti web. Alcune immagini sono state fornite dal Prof. G.B. Crosta e F. Pozza.



Regione Lombardia



APAT

Agenzia per la Protezione dell'Ambiente
e per i servizi Tecnici



IRER

ISTITUTO REGIONALE
DI RICERCA
DELLA LOMBARDIA





Regione Lombardia

*Protezione Civile, Prevenzione
e Polizia Locale*

PROGETTO IFFI
Inventario dei
Fenomeni Franosi in Italia

**INVENTARIO
DEI FENOMENI
FRANOSI
IN LOMBARDIA**

PRESENTAZIONE

Ogni volta che ci si imbatte in qualcosa di rilevante nell'esperienza della nostra vita, riscopriamo il desiderio di conoscerlo e in qualche modo di manipolarlo. L'alluvione del 1987 in Valtellina e nelle aree limitrofe è stata una tragedia immane che ha segnato profondamente la popolazione e il territorio coinvolti. Dal dramma di quei giorni è nata la volontà e insieme la necessità, di porre la prevenzione del rischio idrogeologico fra i principali obiettivi di Regione Lombardia.

L'esperienza ci dimostra che, con frequenza crescente, si verificano sul territorio lombardo eventi meteorologici estremi che sono il principale fattore scatenante delle frane e delle inondazioni cui conseguono danni e costi sempre più elevati per la nostra comunità.

Fondamentale è quindi disporre di un quadro completo dei dissesti atto ad una definizione accurata delle aree a maggior rischio tramite lo studio dei fenomeni effettuato mediante l'utilizzo di tutte le tecnologie disponibili (foto aeree, immagini da satellite) senza tralasciare l'importanza del rilievo sul campo.

Il progetto IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia), partito dall'osservazione di "ciò che c'è", ha consentito di migliorare la conoscenza e la mappatura dei fenomeni franosi presenti in Regione Lombardia (oltre 130 mila dissesti censiti), contribuendo ad avere una visione completa ed omogenea delle problematiche presenti sul territorio.

Lo strumento ottenuto ha permesso l'identificazione delle aree a maggior densità di frane dove il rischio è più elevato, costituendo la chiave di lettura indispensabile per la sicurezza, la pianificazione territoriale e la programmazione degli interventi di mitigazione e prevenzione.

La rappresentazione complessiva e di sintesi che nasce da questo lavoro è uno strumento di conoscenza fondamentale che, se continuamente aggiornato, costituisce un riferimento per ogni studio ed analisi territoriale. Più in generale, l'Inventario dei Fenomeni Franosi in Lombardia è il presupposto indispensabile per gli interventi sulla sicurezza dei cittadini ed il governo del territorio e per la concretizzazione di qualsiasi politica di prevenzione e di difesa degli ambiti territoriali dove l'economia e lo sviluppo sociale della Regione si stanno sviluppando.

Conoscere la distribuzione dei dissesti costituisce la premessa per valutarne l'evoluzione futura, la potenziale pericolosità e intraprendere tutte quelle azioni di prevenzione atte a diminuire la vulnerabilità dei beni esposti a rischio e aumentare la resilienza del sistema.

*C'è una evidenza e uno stupore del quale è carico l'atteggiamento del vero ricercatore: la meraviglia della presenza mi attira, ecco come scatta in me la ricerca
(Giussani)*

*Molta osservazione poco ragionamento conducono alla verità, molto ragionamento e poca osservazione conducono all'errore
(A. Carrel)*

*... Sotto l'azzurro fitto del cielo
Qualche uccello di mare se ne va
Né sosta mai
Perché tutte le immagini
Portano scritto "più in là"
(Montale)*

Massimo Ponzoni

Assessore alla Protezione Civile,
Prevenzione e Polizia Locale
Regione Lombardia



Frana della Val Pola (SO)



INVENTARIO DEI FENOMENI FRANOSI IN LOMBARDIA

INDICE

Premessa	7
Generalità	8
Caratteristiche geologiche, geomorfologiche e uso del suolo	9
Struttura	11
L'applicativo GEOIFFI	14
Metodologia	16
Guida alla compilazione della scheda frane IFFI	17
Guida alla compilazione della scheda frane GEOIFFINET	27
Tipologie dei fenomeni franosi	31
Crollo	32
Ribaltamento	37
Scivolamento rotazionale	39
Scivolamento traslativo	46
Espansione	49
Colamento lento	51
Colamento rapido	53
Sprofondamento	57
Complesso	60
DGPV	65
Aree soggette a crolli/ribaltamenti diffusi	68
Aree soggette a sprofondamenti diffusi	68
Aree soggette a frane superficiali diffuse	68
Schede frane	70
Sintesi dei risultati	87
Considerazioni conclusive	91
Bibliografia	91



PREMESSA

Il progetto nazionale IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia) nasce nel 2000 con una convenzione fra tutte le Regioni italiane e l'ex Servizio Geologico Nazionale (ora APAT Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e dei Servizi Tecnici). Tale progetto ha costituito, per la Regione Lombardia, un'occasione per uniformare le informazioni relative alle frane del proprio territorio in un unico database. I numerosi lavori di censimento ed inventario delle frane prodotti nel corso degli anni non risultavano infatti tra di loro omogenei e gestibili come un unico prodotto.

A partire dal 1988, dopo le frane e l'alluvione del luglio-agosto 1987, l'ex Servizio Geologico della Regione Lombardia cominciò ad utilizzare, per la provincia di Sondrio, un prototipo di inventario delle frane con fotointerpretazione e schede di censimento, estendendolo poi nel 1991 alla Valcamonica (Bs) e nel 1996 alla provincia di Lecco.

Dal 1998, la Regione Lombardia, avvalendosi dell'esperienza di istituti scientifici specializzati nel campo del dissesto idrogeologico e del trattamento e restituzione dei dati (Università di Milano Bicocca - Dipartimento di Scienze Geologiche e Geotecnologiche, CNR - IRPI di Perugia, Istituto per la dinamica dei processi ambientali - CNR di Milano, CNR - CSITE Bologna) e della consulenza di geologi professionisti che da anni operano su determinati territori, realizza appositi progetti (progetto strategico, convenzione con IreR nel 1999).

In questo modo il lavoro acquista sistematicità, metodologia, continuità e coordinamento tecnico - scientifico, consentendo di disporre, dall'inizio del 2002, di un Inventario delle Frane e dei dissesti idrogeologici per tutto il territorio montano e collinare regionale.

In questo contesto il Progetto IFFI ha consentito di omogeneizzare ulteriormente i dati riconsiderando tutti i fenomeni franosi secondo un'unica legenda con criteri univoci per la digitalizzazione ed organizzazione degli stessi.

In questo lavoro sono esposti e valutati i risultati raggiunti dalla Regione Lombardia nell'ambito del progetto fino al 2006.

Lo scopo del Progetto IFFI è quello di: fornire un quadro completo ed aggiornato sulla distribuzione dei fenomeni franosi sull'intero territorio nazionale attraverso la raccolta e l'omogeneizzazione dei dati; offrire uno strumento conoscitivo di base per la valutazione del rischio da frana, per la programmazione degli interventi di difesa del suolo e per la pianificazione territoriale a scala nazionale e locale.

Il progetto, finanziato dal Comitato dei Ministri per la Difesa del Suolo ex lege 183/89 con 4,1 Mil. di Euro, è stato attuato tramite la stipula di Convenzioni tra l'ex Servizio Geologico Nazionale (ora in APAT) e le Regioni e Province Autonome per la fornitura dei dati relativi ai rispettivi ambiti territoriali.

Nel 2004 il Dipartimento Difesa del Suolo-Servizio Geologico d'Italia ha stanziato 650.000 Euro per la stipula di nuove convenzioni con le Regioni/Province Autonome, finalizzate all'integrazione, aggiornamento dell'Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia.

L'attuazione del Progetto IFFI si è realizzata in due fasi principali: la prima fase, nel periodo 1999-2004, ha previsto la redazione delle specifiche tecniche, l'attività di raccolta, omogeneizzazione, informatizzazione e validazione dei dati; la seconda, avviata nel 2005, è stata finalizzata all'integrazione e aggiornamento dell'Inventario.

Nell'ambito del Progetto IFFI il Dipartimento Difesa del Suolo – Servizio Geologico d'Italia dell'APAT, svolge una funzione di indirizzo e coordinamento delle attività, e la verifica di conformità dei dati alfanumerici e cartografici alle specifiche di progetto.

Ha contribuito alla redazione delle specifiche tecniche e alla realizzazione di applicativi a supporto delle attività del progetto.

Le Regioni e le Province Autonome svolgono la funzione essenziale di raccolta e analisi dei dati storici e d'archivio, di individuazione e mappatura dei dissesti franosi mediante fotointerpretazione e controlli di campagna, di validazione e informatizzazione dei dati.

Il Progetto IFFI, ad oggi, ha censito circa 460.000 frane sull'intero territorio nazionale. L'inventario dei fenomeni franosi rappresenta, per dimensioni, qualità, omogeneità del dato e copertura del territorio, un utile strumento conoscitivo per la valutazione della pericolosità da frana e, più in generale, come supporto alle decisioni da operare in ambito territoriale.

CARATTERISTICHE GEOLOGICHE, GEOMORFOLOGICHE E USO DEL SUOLO

La Regione Lombardia occupa una posizione centrale nell'arco alpino. Il territorio regionale è caratterizzato da un'ampia varietà di paesaggi con valli disposte prevalentemente in direzione NS (Valchiavenna, Valle Seriana, Valle Brembana, Valle Camonica, Valle Sabbia) con l'eccezione della Valtellina. Si possono distinguere 3 settori principali: quello alpino e prealpino a nord, quello padano nella parte centro-meridionale della regione e quello appenninico a sud.

Le unità geologiche principali presenti (fig. 1) sono rappresentate dalle Unità Penniniche situate tra la Valmalenco e la Valchiavenna, dalle Unità Austroalpine che dalla Valmalenco vanno verso E e dalle Unità Sudalpine lungo il bordo meridionale della Linea Insubrica, dall'Adamello al Lago Maggiore.

Le Unità Penniniche e quelle Austroalpine sono costituite principalmente da rocce metamorfiche e da modeste coperture sedimentarie, mentre le Unità Sudalpine hanno un basamento metamorfosato e una spessa copertura sedimentaria. Sono presenti 2 grossi corpi intrusivi tardo alpini, il plutone dell'Adamello e quello della Val Masino – Bregaglia.

Le unità Penniniche formano la parte più profonda della catena alpina, mentre quelle dell'Austroalpino comprendono le unità strutturali più elevate della stessa. Entrambe sono caratterizzate da una struttura tettonica a grandi falde di ricoprimento. Il Sudalpino è interessato da pieghe e sovrascorrimenti.

La zona di raccordo tra prealpi e pianura risulta caratterizzata da estesi depositi glaciali, fluvio-glaciali ed alluvionali.

Il settore appenninico dell'Oltrepò pavese è costituito dalle Unità Liguri, alloctone e sedimentate nell'antico e profondo mare del bacino ligure e dai sedimenti marnoso-arenacei depositi sulle Unità Liguri che prendono il nome di Unità Epiliguri o Successione Ranzano – Bismantova. Una porzione limitata dell'Oltrepò è costituita inoltre dalle Unità del Bacino Terziario Piemontese. L'assetto fondamentale dell'Appennino settentrionale è un "fold and thrust belt" costituito dalla sovrapposizione di unità tettoniche diverse.

La Lombardia presenta una porzione di territorio montuoso e collinare di 11.061 kmq, situato nella parte centro-settentrionale e nella parte sud-occidentale della stessa. La restante porzione di 12.794 kmq è costituita da territorio pianeggiante situato nella parte più meridionale della regione.

La superficie della regione risulta suddivisa in area

pianeggiante per il 54% e in area montuoso-collinare per il restante 46%.

La parte settentrionale della regione è tipicamente alpina con montagne dai fianchi ripidi, cime elevate, vallate principali ampie e valli secondarie spesso incise e profonde. L'elevata energia del rilievo è il prodotto dei processi interni alla crosta terrestre e dei mutamenti climatici. Nelle Alpi sono ancora in corso processi di deformazione e sollevamento mentre durante il Quaternario ci fu lo sviluppo dei ghiacciai che hanno profondamente modellato il territorio. L'evoluzione morfologica attuale è principalmente legata alle variazioni climatiche e al regime delle precipitazioni e delle acque superficiali.

Le Prealpi, situate nella zona centrale, si elevano dalla pianura con un blando raccordo formato essenzialmente da depositi glaciali, fluvio-glaciali e alluvionali. I massicci calcarei delle prealpi hanno sviluppato particolari forme del rilievo connesse a processi carsici.

La fascia dell'Oltrepò Pavese ha caratteristiche tipicamente appenniniche, con pendii poco acclivi, cime poco elevate e valli rimodellate dall'azione dell'acqua. Talvolta la morfologia è segnata da erosioni calanchive dovute alla presenza di argille scagliose e calcari.

La pianura è delimitata ad Ovest dal corso del Ticino e ad Est dal fiume Mincio. L'elevazione media è di circa 100 m s.l.m. con pendenze blandissime. I depositi sono essenzialmente legati al materiale eroso dalle catene montuose e a quello depositato dalle alluvioni del Po e dei suoi affluenti. Vi è la netta distinzione in 2 fasce: l'Alta pianura e la Bassa pianura. La prima si colloca ai piedi delle Prealpi e dell'Oltrepò pavese, la seconda occupa la restante parte. Le differenze principali tra le due aree sono rappresentate essenzialmente dall'elevazione, dalla natura dei terreni, dal regime delle acque e dalla vegetazione.

Dalla carta dell'uso del suolo della Regione Lombardia derivata da Corine Land Cover si osserva che in Lombardia le aree artificiali, ovvero le zone urbanizzate, industriali, commerciali, reti di comunicazione, zone estrattive, discariche, cantieri e le zone verdi artificiali non agricole, costituiscono oltre il 9% del territorio. Tali aree sono concentrate soprattutto nella Pianura Padana e in minor misura nei fondovalle principali.

L'analisi della suddivisione dei terreni agricoli in seminativi, colture permanenti, prati stabili e zone

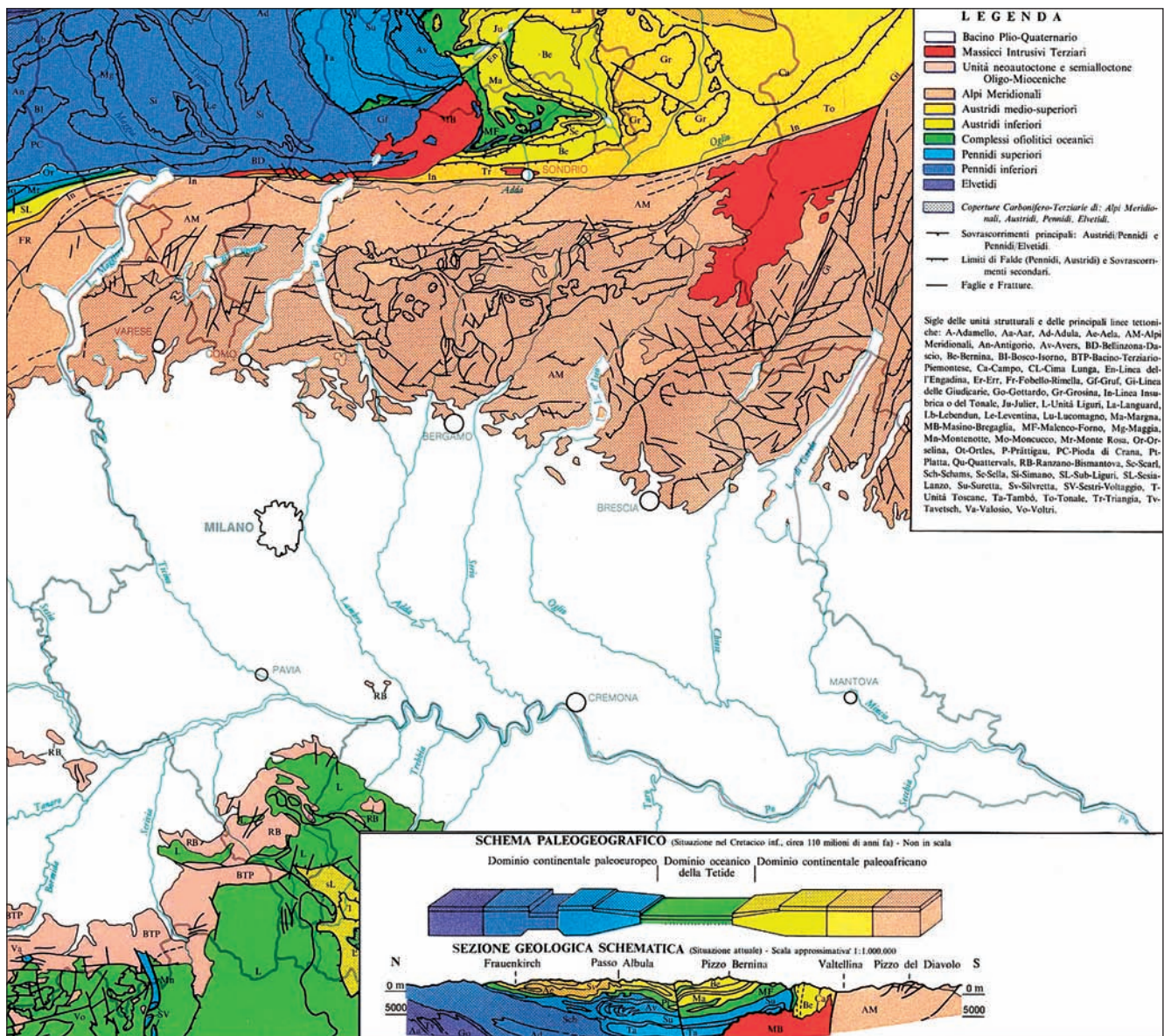


Fig. 1: schema geologico semplificato della Regione Lombardia.

agricole eterogenee, permette di evidenziare, dal punto di vista qualitativo e quantitativo, l'utilizzo del suolo agrario. In particolare, si nota come la Lombardia possiede la più elevata percentuale di superficie coltivata a seminativi e contemporaneamente la più bassa per quanto riguarda le colture permanenti, per lo più costituite da colture legnose. Complessivamente i territori agricoli occupano circa il 48,6% del territorio.

Le zone boscate, le zone caratterizzate da vegetazio-

ne arbustiva e/o erbacea e le zone aperte con vegetazione rada o assente sono concentrate sui versanti montuosi delle Alpi e Prealpi e nell'Oltrepò Pavese e, in misura minore, lungo le scarpate degli alvei. Complessivamente la superficie occupata è di circa il 39%.

La restante parte del territorio regionale è rappresentata da zone umide interne (0,13%) e da acque continentali (2,3%).

I dati relativi ai dissesti contenuti nel Progetto IFFI sono costituiti da una componente alfanumerica associata ad una componente geometrica (punti, linee, aree) georeferenziata.

Ogni fenomeno è identificato in modo univoco attraverso un proprio ID numerico.

APAT ha fornito alle regioni le specifiche delle diverse componenti del sistema e il database Microsoft Access® strutturato su tre livelli di approfondimento per la compilazione del contenuto alfanumerico.

I dissesti possono essere rappresentati sulla base topografica con un punto, una linea, una linea e un'area collegate o un'area (fig. 2).

Attraverso un punto vengono rappresentati i fenomeni non cartografabili alla scala del rilevamento ovvero con una superficie < di 1 ha.

Con una linea vengono cartografati i fenomeni allungati la cui larghezza è difficilmente rappresentabile in cartografia (ad esempio le zone di transito dei fenomeni di colamento rapido).

Con una linea e un'area collegata sono rappresentati i fenomeni allungati che alla base presentano un'area di espansione cartografabile (zona di transito dei fenomeni di colamento rapido e zona di accumulo degli stessi).

Infine mediante un'area vengono rappresentati i fenomeni cartografabili alla scala del rilevamento (> di 1 ha).

Il livello di dettaglio dell'inventario della Regione Lombardia ha consentito di rappresentare come aree anche fenomeni di dimensioni più ridotte.

Ad ogni geometria del fenomeno franoso, punto, linea, area, corrisponde un punto identificativo del fenomeno franoso (PIFF). Il punto identificativo ha lo scopo di posizionare correttamente il fenomeno a qualunque scala di rappresentazione cartografica.

Il PIFF è posizionato nel punto quotato più alto della frana.

Ogni evento cartografato, come già accennato in precedenza, ha un codice identificativo univoco (ID-frana) che costituisce il legame con le schede frane del database. L'ID-frana è un codice numerico di 10 cifre, suddiviso in 3 parti. Le prime 8 cifre corrispondono al codice della provincia e al numero progressivo della frana all'interno della singola provincia, mentre le 2 ultime cifre sono un subindice che permette di relazionare tra loro i fenomeni geneticamente collegati. La scheda frana in formato cartaceo è anch'essa strutturata su tre distinti livelli di approfondimento, per poter tenere conto del grado differente di conoscenza sui singoli fenomeni (fig. 3).

La scheda di primo livello prevede quasi tutti campi obbligatori e contiene un numero minimo di informazioni necessarie a inventariare rapidamente le frane che si cartografano direttamente dalla fotointerpretazione, dai rilievi di terreno o che si ricavano dai dati storici. La scheda prevede la localizzazione del fenomeno, la classificazione tipologica, lo stato di attività e i danni eventualmente provocati dal fenomeno.

I livelli successivi rappresentano un maggiore grado di approfondimento della conoscenza dei fenomeni stessi. I dati derivano principalmente da sopralluoghi diretti sul terreno e da studi specifici sul fenomeno stesso. Ad esempio, i dati relativi ai fenomeni franosi che provengono dalla perimetrazione delle aree a rischio e dai piani di intervento urgente, come pure quelli che fanno parte del piano stralcio idrogeologico e quelli derivanti dal Progetto SCAI sono inclusi nel progetto IFFI almeno con schede di 2° livello, essendo fenomeni già noti e studiati.

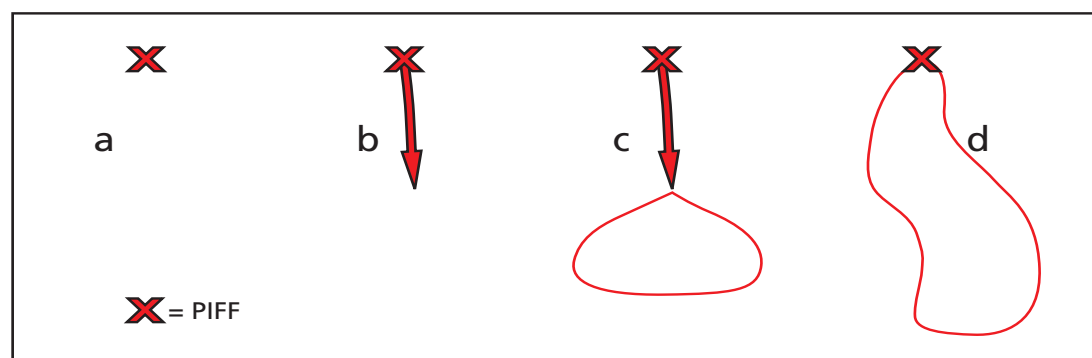


Fig. 2: rappresentazione cartografica dei fenomeni franosi (da Allegato Tecnico, progetto IFFI).

Pagine seguenti:
Fig. 3: scheda cartacea di censimento dei fenomeni franosi (APAT).

PROGETTO		Presidenza del Consiglio dei Ministri Dipartimento per i Servizi Tecnici Nazionali Servizio Geologico		SCHEDA DI CENSIMENTO DEI FENOMENI FRANOSI Vers. 2.33 a cura di: Amanti M., Bertolini G., Ceccone G., Chiessi V., De Nardo M.T., Ercolani L., Gasparo F., Guzzetti F., Landrini C., Martini M. G., Ramasco M., Redini M., Venditti A., Rielaborata dall'originale: Guida al censimento dei fenomeni franosi ed alla loro archiviazione. AMANTI M., CASAGLI N., CATANI F., D'OREFICE M. & MOTTERAN G. (1996) - Macell - VII Serv. Geol. d'It. - Roma.											
*Sigla		ID Frana													
GENERALITÀ															
*Data		*Regione		*Provincia											
*Compilatore		*Comune													
*Istituzione		*Autorità di bacino													
CTR		Scala		Numero		Toponimo									
MORFOMETRIA FRANA															
Dati generali															
Quota corona (m)		Azimut movimento α (°)		*Testata		In cresta				*Unghia					
Quota unghia (m)		Area totale A (m ²)				Parte alta del versante									
Lungh. orizz. L _o (m)		Larghezza La (m)				Parte media del versante									
Dislivello H (m)		Volume massa sp. V _r (m ³)				Parte bassa del versante									
Pendenza β (°)		Profondità sup. sciv. D _r (m)				fondovalle									
POSIZIONE FRANA SUL VERSANTE															
GEOLOGIA															
*Unità 1		Unità 2		1 2 *Litologia											
Descrizione 1		Descrizione 2		☐ rocce carbonatiche ☐ travertini ☐ marne ☐ flysch calcareo-marnosi ☐ arenarie, flysch arenacei ☐ argilliti, siltiti, flysch pelitici ☐ rocce effusive laviche acide ☐ rocce effusive laviche basiche ☐ rocce effusive piroclastiche ☐ rocce intrusive acide ☐ rocce intrusive basiche ☐ r. metam. poco o nulla foliate ☐ r. metam. a foliazione pervasiva ☐ rocce gessose, anidritiche, saline ☐ rocce sedimentarie silicee ☐ conglomerati e breccie ☐ detriti ☐ terreni prev. ghiaiosi ☐ terreni prev. sabbiosi ☐ terreni prev. limosi ☐ terreni prev. argillosi ☐ terreno eterogeneo ☐ terreno di riporto											
Discontinuità 1: immers./inclinaz.		Discontinuità 2: immers./inclinaz.		1 2 Assetto discontinuità											
1 2 Struttura		1 2 *Litotecnica		☐ orizzontali ☐ reggipoggio ☐ traverpoggio (generico) ☐ traverp. ortoclinale ☐ traverp. plagioclinale ☐ franapoggio (generico) ☐ franap. + inclinato pendio ☐ franap. - inclinato pendio ☐ franap. inclinato = pendio											
1 2 Spaziatura				1 2 Degradazione											
☐ massiva ☐ stratificata ☐ fessile ☐ fessurata ☐ fratturata ☐ scistosa ☐ vacuolare ☐ caotica		☐ roccia ☐ roccia lapidea ☐ roccia debole ☐ detrito ☐ terra granulare ☐ terra granulare addensata ☐ terra granulare sciolta ☐ terra coesiva ☐ terra coesiva consistente ☐ terra coesiva poco consist. ☐ terra organica ☐ unità complessa ☐ unità complessa: alternanza ☐ unità complessa: mélange		☐ fresca ☐ leggerm. degradata ☐ mediam. degradata ☐ molto degradata ☐ completam. degradata Se necessario aggiungere i dati di altre unità su un foglio a parte											
☐ molto ampia (> 2m) ☐ ampia (60cm - 2m) ☐ moderata (20cm - 60cm) ☐ fitta (6cm - 20cm) ☐ molto fitta (<6cm)															
*USO DEL SUOLO															
☐ aree urbanizzate ☐ seminativo arborato ☐ rimboschimento e novelletto ☐ incolto nudo ☐ aree estrattive ☐ colture specializzate ☐ bosco ceduo ☐ incolto macchia cespugliato ☐ seminativo ☐ vegetazione riparia ☐ bosco d'alto fusto ☐ incolto prato pascolo															
*ESPOSIZIONE DEL VERSANTE															
☐ N ☐ E ☐ S ☐ W ☐ NE ☐ SE ☐ SW ☐ NW															
IDROGEOLOGIA															
Acque superficiali		CLASSIFICAZIONE DELL'EVENTO FRANOSO													
☐ assenti ☐ stagnanti ☐ ruscellamento diffuso ☐ ruscellamento concentrato		*1°liv		1 2 *Movimento		n.d.		1 2 Velocità		1 2 Materiale					
				☐ crollo ☐ ribaltamento ☐ scivolamento rotazionale ☐ scivolamento traslativo				☐ estremamente lento (< 5*10 ⁻¹⁰ m/s) ☐ molto lento (< 5*10 ⁻⁸ m/s) ☐ lento (< 5*10 ⁻⁶ m/s) ☐ moderato (< 5*10 ⁻⁴ m/s) ☐ rapido (< 5*10 ⁻² m/s) ☐ molto rapido (< 5 m/s) ☐ estremamente rapido (> 5 m/s)		☐ roccia ☐ detrito ☐ terra 1 2 Cont. acqua ☐ secco ☐ umido ☐ bagnato ☐ molto bagnato					
Sorgenti		Falda													
☐ assenti ☐ diffuse ☐ localizzate		☐ assente ☐ freatica ☐ in pressione		☐ espansione ☐ colamento "lento" ☐ colamento "rapido" ☐ sprofondamento											
N°		Prof. (m)													
Se necessario, al 2° livello, aggiungere i dati relativi ad un 3° o 4° movimento su un foglio a parte															
ATTIVITÀ															
*Stato		non determinato		Distribuzione		Stile									
☐ attivo ☐ riattivato ☐ sospeso		☐ quiescente ☐ stabilizzato ☐ relitto		☐ costante ☐ retrogressivo ☐ in allargamento ☐ multidirezionale		☐ avanzante ☐ in diminuzione ☐ confinato		☐ singolo ☐ complesso ☐ composito ☐ multiplo ☐ successivo							
*METODOLOGIA UTILIZZATA PER LA VALUTAZIONE DEL TIPO DI MOVIMENTO E DELLO STATO DI ATTIVITÀ		☐ fotointerpretazione ☐ rilevamento sul terreno ☐ monitoraggio ☐ dato storico/archivio ☐ segnalazione													
		* In caso di scelta fotointerpretazione:													
		*Id volo (rif. tabella volo aer)													
		Numero strisciata													
		Numero fotogramma													
*DATA DELLA OSSERVAZIONE PIU' RECENTE CHE HA PERMESSO DI DETERMINARE LO STATO DI ATTIVITÀ															
ATTIVAZIONI															
DATAZIONE EVENTO PIU' SIGNIFICATIVO															
		Data certa		min		max		Fonte							
		Data incerta						☐ giornali ☐ pubblicazioni ☐ testimon. orali ☐ audiovisivi ☐ archivi enti ☐ cartografia							
		Anno						☐ immagini telerilevate ☐ documenti storici ☐ lichenometria ☐ dendrocronologia ☐ metodi radiometrici ☐ altre datazioni							
		Mese													
		Giorno													
		Ora													
		Età		Anni B.P.		precisione									
		Radiometrica				±									

CAUSE							
Intrinseche ☐ materiale debole ☐ materiale sensitivo ☐ materiale collassabile ☐ materiale alterato ☐ materiale fratturato		☐ superfici di taglio preesistenti ☐ orient. sfavorev. discount. Prim. ☐ orient. sfavorev. discount. second. ☐ contrasto di permeabilità ☐ contrasto di competenzaza		Geomorfologiche ☐ sollevamento tettonico ☐ sollevamento vulcanico ☐ scarico glaciopressioni ☐ erosione fluviale base versante ☐ erosione marina base versante		☐ erosione glaciale base versante ☐ erosione margini laterali frana ☐ eros. sotterranea, sifonamento ☐ deposito sul pendio o in cresta ☐ rimozione naturale vegetazione	
☐ precipitaz. brevi intense ☐ precipitaz. eccezionali prolungate ☐ fusione rapida di neve/ghiaccio ☐ fusione del permafrost ☐ congelamento sorgenti ☐ abbass. rapido liv. idrico esterno ☐ innalzam. livello idrico esterno		Fisiche ☐ gelificazione o crioclastismo ☐ termoclastismo ☐ imbibizione / disseccamento ☐ aloclastismo ☐ terremoto ☐ eruzione vulcanica ☐ rottura soglia lago		☐ scavo al piede del pendio ☐ carico sulla cresta del pendio ☐ abbassam. rapido livello serbatoio ☐ innalzamento livello serbatoio ☐ irrigazione ☐ attività agricole e pratiche colturali ☐ scarsa manutenz. drenaggi		Antropiche ☐ perdite d'acqua ☐ disboscamento ☐ rimboscimento ☐ attività estrattive in superficie ☐ attività estrattive sotterranee ☐ accumulo materiali scarto ☐ vibrazioni	
Note: (X) predisponenti (■) innescante							
SEGNI PRECURSORI							
☐ fenditure, fratture ☐ trincee, doppie creste ☐ crolli localizzati ☐ rigonfiamenti		☐ contropendenze ☐ cedimenti ☐ lesioni dei manufatti ☐ scricchiolio strutture		☐ inclinaz. pali o alberi ☐ comparsa sorgenti ☐ scomparsa sorgenti ☐ scomparsa corsi d'acqua		☐ variaz. portata sorgenti ☐ variaz. livello acqua pozzi ☐ acqua in pressione nel suolo ☐ rumori sotterranei	
*DANNI n.d. ☐							
Tipo di danno ☐ diretto ☐ caduta in un vaso ☐ sbarramento corso d'acqua ☐ sbarramento e rottura diga di frana ☐ rottura diga o argine							
Persone ☐ ☐ morti N.		☐ feriti N.		☐ evacuati N.		☐ a rischio N.	
Edifici ☐ ☐ privati N.		☐ pubblici N.		☐ privati a rischio N.		☐ pubblici a rischio N.	
Costo (€.)		Beni		Attività		Totale	
	Grado		Grado		Grado		Grado
Centri abitati	☐	Strutture servizio pubblico	☐	Beni culturali	☐	Strade	☐
centro abitato maggiore		ospedale		monumenti		autostrada	
centro abitato minore		caserma		beni storico-architettonici		statale	
nucleo rurale		scuola		musei		provinciale	
case sparse		biblioteca		opere d'arte		comunale	
Attività economiche	☐	sedi Pubblica Amministr.az.		Infrastrutture di servizio	☐	altro	
nucleo commerciale		chiesa		acquedotti		Opere sistemazione	☐
nucleo artigianale		impianto sportivo		fogne		regimazione fluviale	
impianto manifatturiero		cimitero		linee elettriche		consolidamento versante	
impianto chimico		centrale elettrica		linee telefoniche		opere di protezione	
impianto estrattivo		porto		gasdotti			
impianto zootecnico		ponte o viadotto		oleodotti			
Terreno agricolo	☐	galleria		canalizzazioni		Corso d'acqua	☐
seminativo		condotta forzata		impianti a fune		Denominazione	
seminativo arborato		stazione ferroviaria		Ferrovie	☐		
colture specializzate		bacino idrico		alta velocità			
prato o pascolo		diga		2 o più binari		Danno:	☐ potenziale
bosco		inceneritore		1 binario			☐ deviazione
rimboschimento		discarica		Rete urbana			☐ sbarramento parziale
		depuratore		Ferrovia nd			☐ sbarramento totale
Grado di danno: N = non valutabile; L = lieve (estetico); M = medio (funzionale); G = grave (strutturale o perdita totale)							
STATO DELLE CONOSCENZE				INTERVENTI ESISTENTI			
Relaz. tecniche ☐ relaz. sopralluogo ☐ relazione geologica		☐ progetto preliminare ☐ prog. esecutivo/definitivo		Movimenti di terra ☐ riprofil., gradonatura ☐ riduz. carichi testa ☐ increm. carichi piede ☐ disgaggio		Drenaggio ☐ canalette superf. ☐ trincee drenanti ☐ pozzi drenanti ☐ dreni suborizz. ☐ gallerie drenanti	
Indagini e monitoraggio ☐ perforaz. geognostiche ☐ analisi geotecniche lab. ☐ indagini idrogeologiche ☐ geoelettrica ☐ sismica di superficie ☐ sismica down-hole ☐ sismica cross-hole ☐ penetrometro ☐ pressiometro ☐ scissometro		☐ inclinometri ☐ piezometri ☐ fessurimetri ☐ estensimetri ☐ clinometro ☐ assestimento ☐ rete microsismica ☐ monitor. topografico ☐ monitor. idrometeorol. ☐ altro		Sostegno ☐ gabbloni ☐ muri ☐ paratie ☐ pali ☐ terre arm., rinf.		Sist. idraul.-forest. ☐ inerbimenti ☐ rimboscimenti ☐ disboscamento selettivo ☐ viminali, fascinate ☐ briglie o soglie ☐ difese di sponda	
				Protezione ☐ reti ☐ spritz-beton ☐ rilevati paramassi ☐ trincee paramassi		Rinforzo ☐ chiodi-bulloni ☐ tiranti-ancoraggi ☐ imbracature ☐ iniezioni/jet grouting ☐ reticoli micropali ☐ tratt. term. chim. elettr.	
Costo indagini già eseguite(€)		Costo previsto interventi eseguiti(€)		Costo effettivo interventi eseguiti(€)			
DOCUMENTAZIONE				ADEMPIMENTI LEGISLATIVI NAZIONALI			
Archivi ☐ Archivio AVI ☐ Altro ☐ Archivio SCAI ☐ Archivio sopralluoghi DPC ☐ Archivio interventi SGN		CARG ☐ SI ☐ NO ☐ Non coperto		☐ Legge 267/98 piani straordinari ☐ Legge 267/98 interventi urgenti ☐ Legge 267/98 PSAI ☐ Schemi previsionali e programmatici Legge 183/89 ☐ Pianificazione di bacino Legge 183/89			
				☐ Piano Paesistico ☐ Piani territoriali di coordinamento provinciale ☐ Ordinanze Min. Interno (Prot. Civile) - N. ☐ Legge 365/00 ☐ Altro			
BIBLIOGRAFIA							
Autori	Anno	Titolo		Rivista / Libro / Relazione	Editore / Ente	vol.	pag.
Note:							

La Regione Lombardia, in collaborazione con Lombardia Informatica S.p.A. e Globo S.r.l., partendo dal database fornito da APAT, ha sviluppato un sistema informativo, denominato GeoIFFI, che consente di gestire, con un'interfaccia di tipo GIS, sia la componente alfanumerica che quella geometrica. Il sistema è inoltre in grado di gestire l'evoluzione del singolo fenomeno nel tempo, è possibile cioè ottenere la "serie storica" implementando la scheda e/o la geometria con le conoscenze relative ai diversi cicli di attività del fenomeno stesso.

E' quindi possibile in ogni momento ricostruire la situazione della banca dati ad una determinata data per eseguire analisi storiche o esportazioni.

L'interfaccia dell'applicativo (fig. 4) è costituita dalla scheda, composta da diverse sottomaschere e da una vista geografica che visualizza i dati inseriti sul-

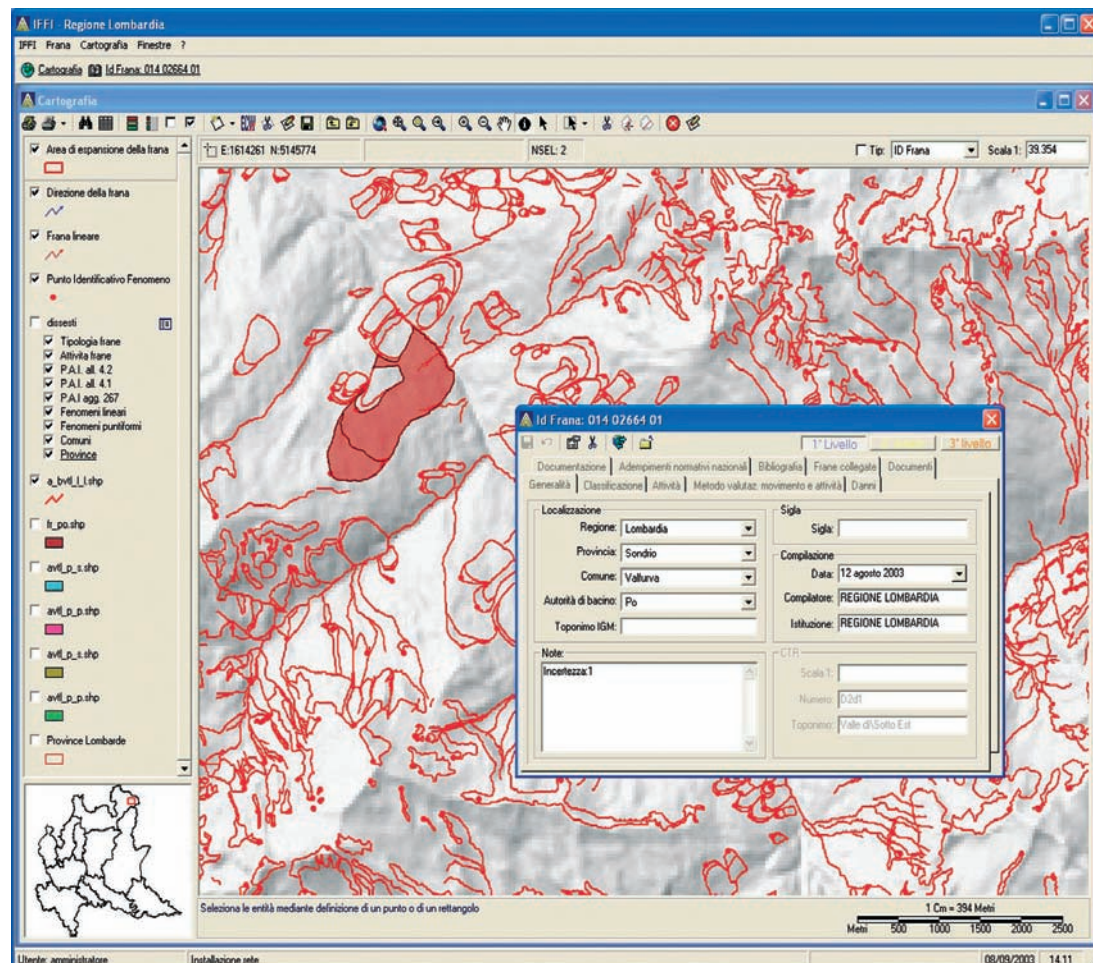
la base cartografica definibile dall'utente.

L'architettura del sistema è descritta nello schema che segue (fig. 5) dove il simbolo della base dati raggruppa concettualmente sia le informazioni alfanumeriche che quelle cartografiche.

Il modello organizzativo per l'acquisizione dei dati prevede la gestione di banche dati locali per Enti con architettura *leggera* (MS Access® e ESRI Shapefiles) e di una banca dati integrata a livello regionale con architettura *enterprise* (Oracle® e ESRI ArcSDE).

La banca dati centrale viene gestita presso gli uffici regionali in versione *enterprise* con tutte le funzioni di amministrazione e con la possibilità di memorizzazione delle informazioni in un contesto storicizzato. Sono inoltre disponibili funzioni di esportazione ad una determinata data verso la base dati IFFI APAT e funzioni di esportazione a livello provinciale per gli

Fig. 4: interfaccia applicativo GeoIFFI.



Enti che lavorano su una base dati locale in architettura *light* - anch'essa contenente informazioni storizzate - destinata all'inserimento ed alla consultazione.

Gli Enti possono inviare proposte di modifica e di nuovi inserimenti alla banca dati centrale attraverso la rete internet tramite l'applicativo GeoIFFINet

(www.cartografia.regione.lombardia.it/GeoIFFI/index.html), sviluppato sulla stessa base dell'applicativo desktop.

Tali proposte sono validate dalla Regione Lombardia e inserite nella banca dati centrale che è pubblicata sul web mantenendo così l'aggiornamento in tempo reale.

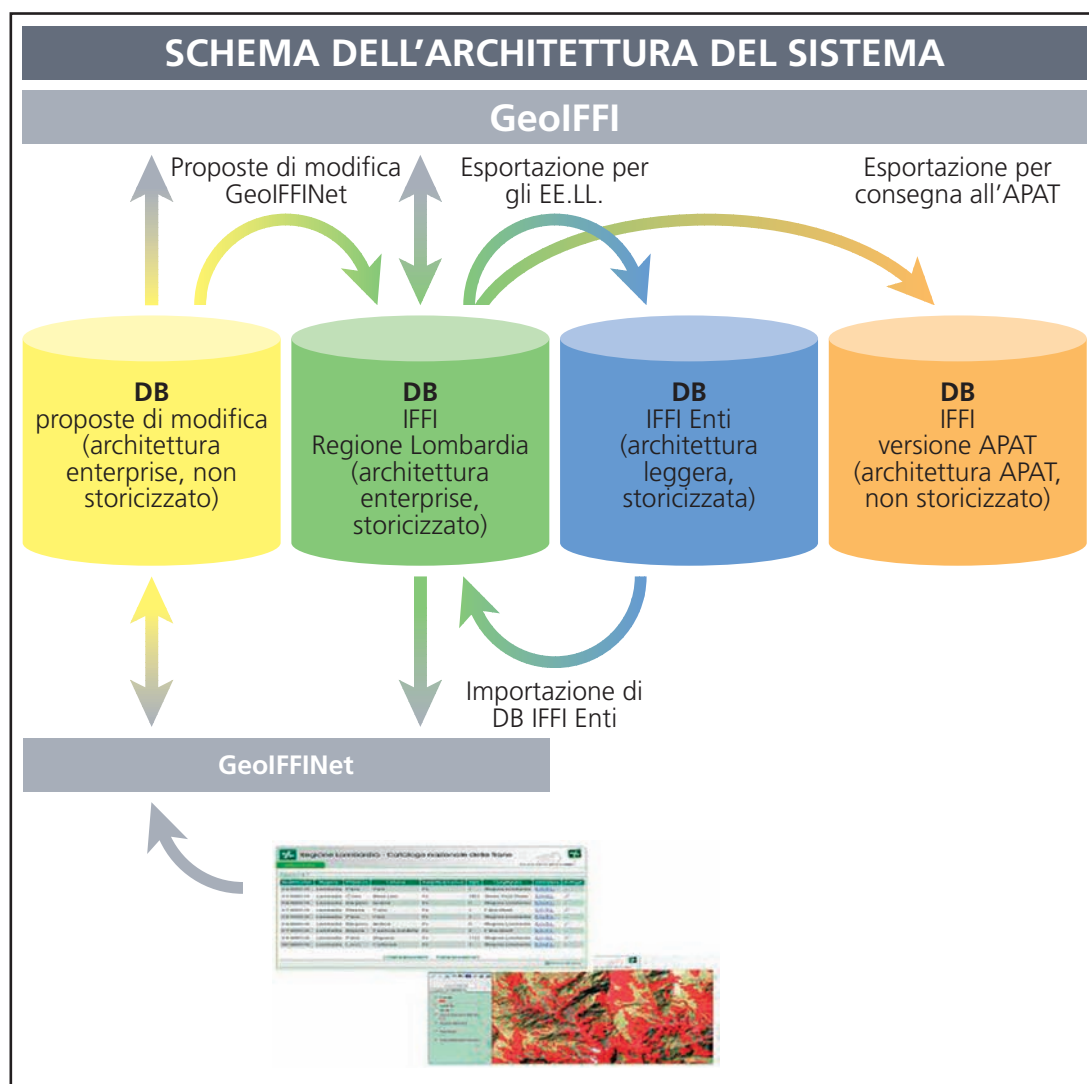


Fig. 5

Il lavoro svolto nell'ambito del Progetto IFFI era finalizzato a rendere omogenei e confrontabili i dati relativi ai fenomeni franosi a livello nazionale. Per realizzare in maniera organica questa attività l'approccio predisposto da APAT ha previsto:

- fotointerpretazione
- raccolta e analisi dati storici
- rilievi, controlli e verifiche di terreno

Fotointerpretazione

Lo strumento maggiormente utilizzato per la perimetrazione delle frane è stata la fotointerpretazione che ha consentito di individuare e mappare le diverse tipologie di frane presenti nel territorio regionale. Tale metodo si è integrato con i dati presenti nell'archivio frane presente in Regione Lombardia, con studi specifici e con rilievi di terreno.

L'osservazione del territorio attraverso la fotointerpretazione, ha permesso di avere una visione complessiva dell'area in studio e di comprendere le relazioni spaziali tra i diversi fenomeni. L'uso della fotointerpretazione consente di riconoscere geometrie spesso non visibili da terra, mentre l'uso di riprese aerofotografiche multiscala e multitemporali permette una valutazione molto approfondita del territorio in esame.

Per la redazione del lavoro sono state utilizzate le seguenti riprese aerofotogrammetriche:

- Volo GAI 1954-55, scala 1:33.000, B/N;
- Volo IGM 1962, scala 1:30.000, B/N;
- Volo IGM 1970, scala 1:30.000, B/N;
- Volo Regione Lombardia TEM1 1981-83, scala 1:20.000, colori;
- Volo Valtellina 1987, scala 1:13.000;
- Volo IGM 1991, scala 1:40.000, B/N;
- Volo IGM 1995, scala 1:40.000, B/N;
- Volo AIMA 1994-97, ortofoto digitale, B/N;
- Volo IT2000, scala 1:40.000 e ortofoto digitale, colori, scala nominale 1:10.000, risoluzione di 1 m a terra (pixel a terra).

Le basi topografiche utilizzate sono le CTR della Regione Lombardia, scala 1:10.000, anno 1983, con locali aggiornamenti al 1994.

Raccolta e analisi dati storici

Le fonti utilizzate per la realizzazione del progetto sono:

- Archivio storico della Regione Lombardia, 1988-2005;
- Sistema informativo geologico, 1996-2000;
- Valutazione della pericolosità e del rischio da frana in Lombardia. Regione Lombardia, 2001;
- Carta Inventario delle frane e dei dissesti della Provincia di Lecco. Scala 1:25.000, Dell'Orsina F., Pasotti J. E Sganga F. - Pubblicazione CNR n. 1942, 1999;
- Carta Inventario delle frane e dei dissesti della Provincia di Sondrio. Scala 1:10.000. Regione Lombardia, 1990, report interno;
- Carta Inventario delle frane e dei dissesti di Edolo. Scala 1:25.000. Regione Lombardia, 1990;

■ Carta Inventario delle frane e dei dissesti di Ponte di Legno. Scala 1:25.000. Regione Lombardia, 1990;

■ Carta Inventario delle frane e dei dissesti di Savio. Scala 1:25.000. Regione Lombardia, 1990;

■ Carta Inventario delle frane e dei dissesti di Breno. Scala 1:25.000. Regione Lombardia, 1990;

■ Carta Inventario delle frane e dei dissesti della Valle di Scalve. Scala 1:25.000. Regione Lombardia, 1990;

■ Carta Inventario delle frane e dei dissesti della Valmalenco. Scala 1:25.000. Regione Lombardia, 1990;

■ Centri abitati instabili della Provincia di Sondrio, Agostoni S., Laffi R. e Sciesa E. - Pubblicazione CNR-GNDCI n. 1580, 1997;

■ Centri abitati instabili della Provincia di Lecco, Agostoni S., Cantone G., Laffi R., Ratti R. e Sciunnach D. - Pubblicazione CNR-GNDCI n. 2066, 2000;

■ Centri abitati instabili della Provincia di Pavia, Rossetti R. - Pubblicazione CNR-GNDCI n. 1780, 1997;

■ Carta Geologica della Provincia di Bergamo, scala 1:50.000 e note illustrative. Provincia di Bergamo, Università degli Studi di Milano, Centro di Studio per la Geodinamica Alpina e Quaternaria del CNR, 2000;

■ Carta Geologica della Regione Lombardia, scala 1:250.000. A. Montrasio con la collaborazione di B. Bigoggero, L. Brigo, P. Casati, M. Cremaschi, A. Ferrario, M. Gaetani, R. Gelati, A. Gregnanin, F. Jadul, G. Orombelli, P.M. Rossi, P. Zuffardi. Regione Lombardia, Università degli Studi di Milano, 1990;

■ Inventario frane della Provincia di Pavia. Provincia di Pavia;

■ Individuazione delle zone potenzialmente inondabili dal punto di vista storico e geomorfologico ai fini urbanistici. Torrente Staffora(PV), Torrente Pioverna (LC), Fiume Serio (BG), Fiume Oglio (Alta Valcamonica). Studio CNR - IRPI Torino, 1999-2000;

■ Definizione delle zone a rischio idrogeologico alla scala di sottobacino idrografico. Aree campione: Valle Camonica e Valle di Scalve, alta Valle Seriana, bacino del T. Staffora e territorio montano della Provincia di Lecco. Carte dei fenomeni franosi, scala 1:10.000; carte della pericolosità da frana, scala 1:25.000. Regione Lombardia, CNR - IRPI Perugia, CNR - CSITE Bologna, Dipartimento di Scienze Geologiche - Geotecnologiche Milano Bicocca, 1998-2000;

■ Carta dei movimenti franosi della zona dell'Oltrepò Pavese. 15 tavole, scala 1:10.000. Regione Lombardia, 1998.

Rilievi, controlli e verifiche di terreno

I sopralluoghi sul terreno hanno consentito la verifica dei dati mappati attraverso la fotointerpretazione e di mappare dissesti di dimensioni non evidenziabili dalle foto aeree o avvenuti successivamente al volo. Essi hanno permesso di appurare i casi dubbi, di descrivere e implementare le informazioni sul singolo fenomeno franoso, consentendo di individuare le aree con accumuli sottoposti a lunghi periodi di pedogenizzazione e pertanto ben raccordati con la morfologia di versante che possono sfuggire ad un controllo non mirato.

GUIDA ALLA COMPILAZIONE DELLA SCHEDA FRANE IFFI

La guida alla compilazione della scheda frane riporta i concetti di base per un corretto inserimento dei dati disponibili, secondo le specifiche del Progetto IFFI.

Per le funzionalità dell'applicativo GeoIFFI si rimanda all'help in linea richiamabile dall'apposito menù. Questa sezione vuol essere una guida rapida per la compilazione della scheda e costituisce un valido supporto anche per gli utenti non specificamente del settore.

Nel B.U.R.L. n. 3 del 19/01/2006, terzo supplemento straordinario, è stata pubblicata una scheda cartacea già in uso a livello regionale per quanto riguarda i fenomeni franosi. Lo stesso documento consiglia comunque la compilazione on line della scheda frane del progetto IFFI predisposta da APAT e condivisa da tutte le Regioni tramite l'applicativo GeoIFFINet (www.cartografia.regione.lombardia.it/GeoIFFI/index.html).

La scheda di riferimento per l'aggiornamento dell'inventario delle frane è la scheda del Progetto IFFI la cui guida completa è reperibile al sito APAT (www.apat.gov.it).

Si riporta una descrizione per la compilazione dei campi di cui è composta la scheda secondo le specifiche APAT.

ID-frana: codice univoco di identificazione assegnato all'atto di inserimento della scheda. Le prime 3 cifre rappresentano la sigla ISTAT della provincia in cui il fenomeno ricade, le 5 cifre che seguono indicano i numeri progressivi delle frane all'interno della singola provincia, le 2 ultime cifre sono un subindice che permette di relazionare tra loro i fenomeni geneticamente collegati.

Sigla: codice alfanumerico identificativo del punto sulla carta. La Regione Lombardia ha deciso di utilizzare questo campo anche per riportare il codice, derivato dalla normativa utilizzata dall'Autorità di Bacino del Po, che permette di collocare il fenomeno franoso all'interno di una classe di rischio (R1, R2, R3, R4).

GENERALITA'

La sezione generalità comprende le informazioni sul compilatore della scheda e sull'ubicazione della frana.

COMPILAZIONE

Data: data di compilazione della scheda.

Compilatore: cognome e nome del compilatore della scheda.

Istituzione: organismo di appartenenza del compilatore/rilevatore.

LOCALIZZAZIONE

Regione: regione nella quale ricade il punto identificativo dell'evento franoso.

Provincia: provincia nel cui territorio ricade il punto identificativo dell'evento franoso.

Comune: comune nel cui territorio ricade il punto identificativo dell'evento franoso.

Autorità di Bacino: autorità di bacino ed integrazioni nel cui territorio ricade il punto identificativo dell'evento franoso.

Toponimo IGM: toponimo della cartografia ufficiale IGM (scala 1:25.000) più vicino al punto identificativo della frana.

CTR-Scala: scala della Cartografia Tecnica Regionale utilizzata.

CTR-Numero: numero identificativo della Sezione/Elemento della Carta Tecnica Regionale utilizzata.

CTR-Toponimo: toponimo della CTR più vicino al punto identificativo della frana.

Note: è un campo che permette di poter inserire informazioni di qualsiasi genere relativamente al singolo fenomeno franoso.

MORFOMETRIA FRANA

Raggruppa i principali parametri morfometrici relativi alla frana in generale, alla massa spostata ed alla superficie di rottura.

DATI GENERALI

Quota corona Qc (m s.l.m.): quota in metri del punto più elevato del coronamento della frana.

Quota unghia Qt (m s.l.m.): quota in metri del punto più basso dell'unghia della frana.

Lunghezza orizzontale Lo (m): componente orizzontale di L, corrisponde alla lunghezza misurata sulle carte topografiche.

Larghezza orizzontale La (m): componente orizzontale della larghezza totale, corrisponde alla larghezza misurata sulle carte topografiche.

Dislivello H (m): differenza di quota fra il punto sommitale del coronamento ed il punto inferiore dell'unghia. $H = Qc - Qt$.

Pendenza β (°): inclinazione della linea che unisce il punto sommitale del coronamento ed il punto inferiore dell'unghia.

Azimut movimento (°): angolo azimutale della linea

che unisce il punto sommitale del coronamento ed il punto inferiore dell'unghia.

Area totale A (m²): area totale coinvolta nella frana.

Volume finale Vf (m³): volume finale (calcolato o stimato) della massa spostata.

Profondità sup. sciv. (m): profondità massima ipotizzata o misurata della superficie di rottura del fenomeno franoso.

POSIZIONE FRANA SUL VERSANTE

Si individua la posizione dell'unghia e della testata della frana sul versante stesso.

Sia per la testata che per l'unghia si può scegliere una delle opzioni possibili tra: cresta, parte alta del versante, parte media del versante, parte bassa del versante, fondovalle.

GEOLOGIA

La sezione GEOLOGIA comprende, oltre ai caratteri strettamente geologici, anche informazioni di tipo litologico-tecnico e sull'assetto strutturale del versante in cui si è sviluppato il fenomeno franoso.

Unità: è possibile indicare le caratteristiche geologiche e geologico-tecniche di una, due o più unità eventualmente presenti nel punto di innesco e interessate dall'evento franoso. La prima unità è per convenzione posta a quota più alta, la seconda a quota più bassa rispetto alla prima e così via. Nei campi Unità 1 e Unità 2 devono essere riportati i nomi delle formazioni riferiti alla cartografia geologica ufficiale

Tabella 1

CLASSIFICAZIONE LITOLOGICO - TECNICA

ROCCIA Aggregato naturale di grani minerali legati da forze coesive elevate e permanenti anche dopo prolungata agitazione in acqua.	ROCCIA LAPIDEA Resistenza a compressione uniassale $\sigma_c > 25$ MPa. Un campione non può essere frantumato con un colpo di martello e non può essere intaccato con un martello.		
	ROCCIA DEBOLE Resistenza a compressione uniassale $\sigma_c > 25$ MPa. Si frantuma con un solo colpo di martello. Può essere intaccata con la punta del martello o con la lama di un coltello.		
TERRENO SCIOLTO Aggregato naturale di grani minerali che può essere facilmente disgregato per agitazione in acqua.	DETRITO Costituito da elementi prevalentemente grossolani > 2 mm.		
	TERRA Aggregato costituito da elementi prevalentemente fini.	GRANULARE Prevalgono grani visibili ad occhio nudo ($d > 0,06$ mm).	ADDENSATA Non scavabile con la pala.
		COESIVA Prevalgono grani non visibili ad occhio nudo ($d < 0,06$ mm).	SCIOLTA Scavabile con la pala.
			CONSISTENTE Modellabile con le dita; resistenza al taglio non drenata $c_u > 50$ kPa.
			POCO CONSISTENTE Resistenza al taglio non drenata $c_u < 50$ kPa.
	ORGANICA Prevalgono materiali organici.		
COMPLESSO Alternanza o assemblaggio di materiali con caratteristiche litotecniche estremamente diverse (es. roccia + terra oppure roccia debole + roccia lapidea).	ALTERNANZA Alternanze più o meno ordinate di strati di roccia lapidea e livelli argillosi (flysch).		
	MELANGE Complessi a struttura caotica con blocchi di roccia scompaginati in matrice argillitica.		

1:100.000 o 1:50.000 del Servizio Geologico d'Italia.

Descrizione: è possibile dare una descrizione delle unità. Nei campi Descrizione 1 e Descrizione 2 può essere fornita una breve descrizione delle rispettive unità.

Discontinuità: possono essere indicate l'immersione e l'inclinazione medie di un sistema di discontinuità (giunti di strato, fratture, faglie) che attraversa le rispettive unità interessate dal movimento franoso.

Struttura: è la distribuzione interna degli elementi che compongono la roccia.

Le principali tipologie di strutture che caratterizzano le rocce sono:

■ **massiva:** roccia praticamente priva di discontinuità;

■ **stratificata:** roccia in cui il sistema di discontinuità dominante è costituito dai giunti di strato;

■ **fissile:** roccia che ha la tendenza a dividersi in strati sottili (lastre);

■ **fessurata:** roccia interessata da giunti minori e poco persistenti;

■ **fratturata:** roccia attraversata da giunti o diaclasi;

■ **scistosa:** caratteristica delle rocce metamorfiche definita dall'isorientazione di minerali di neoformazione di forma lamellare o tabulare, con formazione di superfici lungo le quali la roccia di norma si dividerà preferenzialmente alla scala centimetrica o inferiore;

■ **vacuolare:** roccia coerente che presenta all'interno delle cavità spesso non interconnesse;

■ **caotica:** blocchi di roccia scompaginati entro una matrice argillosa o argillitica.

Spaziatura: spaziatura media delle discontinuità lungo la linea di stendimento che attraversa il maggior numero possibile di giunti. Le diverse classi di spaziatura sono le seguenti:

■ **molto ampia:** spaziatura > 2 m;

■ **ampia:** spaziatura da 60 cm a 2 m;

■ **moderata:** spaziatura da 20 cm a 60 cm;

■ **fitta:** spaziatura da 6 cm a 20 cm;

■ **molto fitta:** spaziatura < 6 cm.

Litotecnica: comportamento geomeccanico del materiale interessato dal movimento franoso. La tabella seguente descrive le varie classi di materiali a diverso comportamento (tab. 1).

Assetto discontinuità: l'assetto degli strati in relazione al pendio. Si fa riferimento ai tradizionali termini impiegati in geomorfologia (frana-poggio, reggi-poggio ecc.).

Degradazione: grado di degradazione delle unità interessate dal movimento franoso. La classificazione è la seguente:

■ **fresca:** senza segni di degradazione;

■ **leggermente degradata:** decolorazione superficiale;

■ **mediamente degradata:** meno del 50% dell'ammasso degradato;

■ **molto degradata:** più del 50% dell'ammasso degradato;

■ **completamente degradata:** ammasso completamente degradato.

Litologia: composizione litologica prevalente delle unità coinvolte nel movimento franoso. Di seguito viene elencata la classificazione utilizzata. E' possi-

bile scegliere più di una litologia tra le seguenti:

- **rocce carbonatiche;**
- **travertini;**
- **marne;**
- **flysch calcareo-marnosi;**
- **arenarie, flysch arenacei;**
- **argilliti, siltiti, flysch pelitici;**
- **rocce effusive laviche acide;**
- **rocce effusive laviche basiche;**
- **rocce effusive piroclastiche;**
- **rocce intrusive acide;**
- **rocce intrusive basiche;**
- **rocce metamorfiche poco o nulla foliate;**
- **rocce metamorfiche a foliazione pervasiva;**
- **rocce gessose, anidritiche, saline;**
- **rocce sedimentarie silicee;**
- **conglomerati e brecce;**
- **detriti;**
- **terreni prevalentemente ghiaiosi;**
- **terreni prevalentemente sabbiosi;**
- **terreni prevalentemente limosi;**
- **terreni prevalentemente argillosi;**
- **terreno eterogeneo;**
- **terreno di riporto.**

USO DEL SUOLO

Comprende sia le informazioni sull'utilizzo agro-silvo-pastorale ed antropico della porzione di versante su cui si è innescato il fenomeno franoso, che quelle relative alle eventuali tecniche colturali e di sistemazione del versante stesso. E' un campo a scelta singola e si distinguono le seguenti classi:

aree urbanizzate: territorio urbanizzato con caratteri di continuità, comprendente sia gli insediamenti residenziali, pubblici, commerciali e industriali che le infrastrutture (strade, ferrovie, ecc.);

aree estrattive: cave o miniere a cielo aperto attive o inattive;

seminativo: terreni interessati da coltivazioni erbacee avvicendate;

seminativo arborato: terreni in cui la coltura arborea è secondaria rispetto a quella erbacea poiché non ne ostacola il normale avvicendamento (es. piante a filari molto distanziati o diffusi senza assetto ordinato; spaziatura > 10-15 m);

colture specializzate: colture arboree con disposizione ordinata (a filari, a quadranti ecc.; spaziatura < 10-15 m) che rappresentano la coltura principale del terreno anche se possono essere associate a colture erbacee (es. oliveti, vigneti, frutteti);

vegetazione riparia: vegetazione arborea sviluppata sugli argini, le rive e le golene di corsi d'acqua; rimboschimento e novelletto: soprassuolo artificiale o naturale caratterizzato dalla giovane età e da un limitato sviluppo delle piante;

bosco ceduo: bosco di origine naturale sottoposto a taglio periodico;

bosco d'alto fusto: bosco di origine naturale o artificiale comprendente alberi che hanno superato lo stato di novelletto o di posticcia (rimboschimento);

incolto nudo: aree denudate o di affioramento del terreno o della roccia nuda;

incolto macchia cespugliato: aree cespugliate, macchia mediterranea;

incolto prato pascolo: terreni a vegetazione erbacea permanente adibita a pascolo o a sfalcio.

ESPOSIZIONE VERSANTE

Indica la disposizione nello spazio del versante interessato dal fenomeno franoso rispetto ai punti cardinali.

IDROGEOLOGIA

Vengono presi in considerazione gli elementi relativi alle acque superficiali o sotterranee presenti nell'area in frana.

ACQUE SUPERFICIALI

Si tratta di un campo a scelta multipla. La classificazione è la seguente:

■ **assenti:** assenza in superficie di acque stagnanti o ruscellanti;

■ **stagnanti:** presenza di superfici d'acqua libera non soggetta a ruscellamento;

■ **ruscellamento diffuso:** le acque meteoriche defluiscono e divagano liberamente in superficie senza alcuna organizzazione;

■ **ruscellamento concentrato:** le acque meteoriche si concentrano in rivoli sub-paralleli di scorrimento preferenziale più o meno profondi.

SORGENTI

E' un campo a scelta singola. Si distinguono in:

■ **assenti:** assenza di sorgenti;

■ **diffuse:** presenza di più scaturigini arealmente diffuse;

■ **localizzate:** presenza di scaturigini o polle singole. E' possibile indicare il numero delle sorgenti presenti nell'area in frana.

FALDA

E' un campo a scelta singola. Si distinguono in:

■ **assente:** assenza di falde freatiche o in pressione;

■ **freatica:** falda con la superficie sottoposta alla pressione atmosferica;

■ **in pressione:** falda confinata tra due strati impermeabili e con una pressione maggiore di quella atmosferica.

E' possibile indicare la profondità, nota o dedotta, della falda al di sotto dell'area della frana.

CLASSIFICAZIONE DELL'EVENTO FRANOSO

MOVIMENTO

Il fenomeno franoso viene distinto in:

■ **crollo/ribaltamento;**

■ **scivolamento rotazionale/traslato;**

■ **espansione;**

■ **colamento "lento/rapido";**

■ **sprofondamento;**

■ **complesso;**

■ **DGPV;**

■ **aree soggette a crolli/ribaltamenti diffusi;**

■ **aree soggette a sprofondamenti diffusi;**

■ **aree soggette a frane superficiali diffuse.**

SCALA DELLE VELOCITA' E DEI DANNI PRODOTTI DALLE FRANE (da IUGS/WGL, 1995)

CLASSE	DESCRIZIONE	DANNI OSSERVABILI	SCALA DELLE VELOCITA'	
1	ESTREMAMENTE LENTO	Impercettibile senza strumenti di monitoraggio. Costruzione di edifici possibile con precauzioni.	< 16 mm/anno	< 5 10 ⁻¹⁰ m/s
2	MOLTO LENTO	Alcune strutture permanenti possono non essere danneggiate dal movimento.	1,6 m/anno	5 10 ⁻⁸ m/s
3	LENTO	Possibilità di intraprendere lavori di rinforzo e restauro durante il movimento. Le strutture meno danneggiabili possono essere mantenute con frequenti lavori di rinforzo se lo spostamento totale non è troppo grande durante una particolare fase di accelerazione.	13 m/mese	5 10 ⁻⁶ m/s
4	MODERATO	Alcune strutture temporanee o poco danneggiabili possono essere mantenute.	1,8 m/h	5 10 ⁻⁴ m/s
5	RAPIDO	Evacuazione possibile. Distruzione di strutture, immobili ed installazioni permanenti.	3 m/min	5 10 ⁻² m/s
6	MOLTO RAPIDO	Perdita di alcune vite umane. Velocità troppo elevata per permettere l'evacuazione delle persone.	5 m/s	5 m/s
7	ESTREMAMENTE RAPIDO	Catastrofe di eccezionale violenza. Edifici distrutti per l'impatto del materiale spostato. Molti morti. Fuga impossibile.	> 5 m/s	> 5 m/s

Tabella 2

La descrizione approfondita delle varie tipologie di fenomeni franosi viene descritta nel capitolo "Tipologie dei fenomeni franosi". La compilazione di questo campo è leggermente differente tra il primo e secondo livello.

Al I livello è possibile inserire delle **note** inerenti alla classificazione dell'evento franoso.

VELOCITA'

Si fa riferimento alla scala di intensità dei fenomeni franosi proposta da IUGS/WGL (1995), basata sulla velocità del movimento ed associata ad una scala dei danni prodotti dalla frana proposta da MORGENSTERN (1985) e da CRUDEN & VARNES (1995). La tabella mostra la scala delle velocità e dei danni prodotti dalle frane (tab. 2).

MATERIALE

Nel campo **Materiale** viene descritto il tipo di mate-

riale coinvolto, facendo riferimento alle sue condizioni prima del movimento franoso. Si distingue:

■ **roccia**: aggregato naturale di grani minerali legati da forze coesive elevate e permanenti anche dopo prolungata agitazione in acqua;

■ **detrito**: aggregato naturale di grani minerali, che può essere facilmente disgregato per agitazione in acqua, costituito prevalentemente da elementi grossolani (dimensioni > 2 mm);

■ **terra**: aggregato naturale di grani minerali, che può essere facilmente disgregato per agitazione in acqua, costituito da elementi prevalentemente fini (dimensioni < 2 mm).

CONTENUTO D'ACQUA

Si fa riferimento alle condizioni di umidità del materiale immediatamente prima del movimento; tale dato può essere desunto dalle caratteristiche del ma-

teriale franato, dalla sua giacitura e dalla sua composizione. Si distingue in:

- **secco**: assenza di umidità;
- **umido**: presenza di una piccola quantità d'acqua, non libera. Il materiale si comporta come un solido plastico ma non dà luogo a flusso;
- **bagnato**: acqua sufficiente a conferire al materiale un comportamento simile, in parte, a quello di un liquido e a generare superfici di acqua libera stagnante;
- **molto bagnato**: presenza di acqua sufficiente per determinare il flusso del materiale con bassi gradienti.

ATTIVITA'

La sezione attività, della scheda IFFI, viene compilata considerando lo stato, la distribuzione, lo stile di attività di una frana. Le classificazioni seguono gli standard proposti da WP/WLI (1993, 1994) e in particolare per lo stato di attività considerano anche le classificazioni di Cruden & Varnes (1996).

STATO

Valutando lo stato di attività di una frana, ovvero il momento in cui si è realizzato il movimento, si può definire un fenomeno franoso:

- **attivo**: fenomeno attualmente in movimento;
- **sospeso**: fenomeno che si è mosso entro l'ultimo ciclo stagionale, ma che attualmente non si muove;
- **riattivato**: movimento di nuovo attivo dopo essere stato inattivo;
- **quiescente**: frana inattiva che può essere riattivata dalle sue cause originali, è un fenomeno per il quale permangono le cause del movimento;
- **naturalmente stabilizzato**: frana inattiva che non è più influenzata dalle sue cause originali; infatti le cause del movimento sono state naturalmente rimosse;
- **artificialmente stabilizzato**: frana inattiva che è stata protetta dalle sue cause originali da misure di stabilizzazione;
- **relitto (paleofrana)**: frana inattiva che si è sviluppata in condizioni geomorfologiche o climatiche considerevolmente diverse dalle attuali. Le frane relitte sono inattive ma, comunque, possono essere riattivate parzialmente o totalmente;
- **Non determinato**: quando non si dispone di informazioni è preferibile utilizzare questa voce.

Esistono alcuni criteri geomorfologici per distinguere movimenti sospesi, quiescenti o relitti, quali la presenza e lo stato della copertura vegetale, la presenza e lo stato di eventuali direttrici di drenaggio sulla nuova topografia, la forma della nicchia e dell'accumulo più o meno riconoscibili e rimodellati ecc.. Inoltre vengono utilizzati dati di monitoraggio raccolti in situ con diverse strumentazioni e dati storici riguardanti i danni a cose e/o persone. Lo stato di attività può quindi essere valutato con diverse metodologie e gradi di approssimazione.

Il monitoraggio costante, per lunghi intervalli di tempo che comprende più cicli stagionali, è sicuramente l'unica tecnica che consente una corretta classificazione dei fenomeni franosi, in particolar modo per quelli relativamente lenti. In questi ultimi, a causa della lentezza del fenomeno, i sintomi di attività vengono spesso nascosti e mascherati.

DISTRIBUZIONE

La distribuzione descrive il modo in cui la frana si sta evolvendo o muovendo e quindi consente di avere indicazioni circa l'evoluzione spaziale del dissesto. In base all'evoluzione spazio-temporale il fenomeno potrà avere una distribuzione:

- **costante**: il movimento avviene con gradualità e continuità nel tempo senza variazioni nella quantità di volume coinvolto e senza modifiche della superficie di scorrimento;
- **retrogressiva**: la superficie di rottura si estende in direzione opposta a quella del movimento del fenomeno franoso;
- **in avanzamento**: la superficie di rottura si estende propagandosi nella stessa direzione del movimento;
- **in allargamento**: la superficie di rottura tende al superamento e coinvolgimento di uno o di entrambi i fianchi della frana;
- **in diminuzione**: il volume di materiale coinvolto diminuisce nel tempo;
- **multidirezionale**: avviene su più piani di rottura che tendono ad aumentare il volume di materiale coinvolto;
- **confinata**: la superficie di rottura non è visibile al piede della massa mobilizzata, sono osservabili solo dei rigonfiamenti dovuti alla compressione della massa.

STILE

In base ai diversi meccanismi di movimento il fenomeno potrà avere uno stile:

- **singolo**: avviene secondo un'unica tipologia di movimento che interessa a volte una massa non suddivisa;
- **complesso**: avviene secondo più tipologie di movimento che si susseguono nel tempo. Varnes (1978) con tale termine esprime la combinazione di una o più tipologie di movimento sia in settori diversi della massa in movimento sia in momenti diversi di sviluppo del movimento stesso. Cruden e Varnes (1994) raggruppano invece come fenomeni complessi quelli con complesso stile di attività, mentre i fenomeni franosi costituiti da associazione di tipologie di movimento differenti sono descritti tramite una coppia di termini in ordine di sviluppo temporale degli stessi.
- **composito**: avviene secondo più tipologie di movimento simultaneamente in diversi settori (WP/WLI, 1993, 1994). Le frane composite invece secondo Varnes (1978) sono quelle in cui la superficie di movimento è formata dalla combinazione di elementi piani e curvi. Secondo le indicazioni di Varnes tali frane

ID VOLO	NOME VOLO	SCALA VOLO	DATA VOLO	NOTE
0001	Volo GAI	33000	1954	Sulle Alpi scala 1:75.000

Tabella 3: tabella volo-aereo con esempio già compilato.

prevedono invece la combinazione simultanea di più tipologie di movimento.

■ **successivo:** avviene con movimento identico ad uno avvenuto precedentemente in un'area limitrofa, in cui le superfici di rottura e le masse dislocate sono chiaramente distinte;

■ **multiplo:** avviene con movimenti dello stesso tipo che si susseguono nel tempo, spesso con ampliamento della superficie di rottura.

METODOLOGIA UTILIZZATA PER LA VALUTAZIONE DEL TIPO DI MOVIMENTO E DELLO STATO DI ATTIVITA'

E' possibile scegliere le seguenti opzioni:

■ **fotointerpretazione;**

■ **rilevamento sul terreno;**

■ **monitoraggio;**

■ **dato storico/archivio:** l'informazione deriva da dati già in possesso dell'Amministrazione (documentazioni, memorie, cartografie geotematiche e ricerche d'archivio) e non confermati da altre più recenti indagini;

■ **segnalazione:** l'informazione deriva da segnalazioni di enti o testimonianze visive non ulteriormente verificate o confermate da altre indagini.

Nel caso fosse stata scelta l'opzione "**fotointerpretazione**" dovranno essere indicati gli estremi del volo di riferimento, ovvero:

■ **id-volo:** (campo obbligatorio, in caso di scelta fotointerpretazione) in questo campo bisognerà indicare il codice del volo di cui è stata fatta la fotointerpretazione, così come indicato nella tabella volo-aereo (tab. 3);

■ **numero strisciata:** numero della strisciata riferita al volo di cui sopra;

■ **numero fotogramma:** numero del fotogramma in cui è contenuta la frana, con riferimento alla strisciata ed al volo di cui sopra.

DATA DELL'OSSERVAZIONE PIU' RECENTE CHE HA PERMESSO DI DETERMINARE LO STATO DI ATTIVITA'

Data in cui è stata effettuata l'osservazione o la misura strumentale sul corpo in frana che ha permesso di stabilire lo stato di attività.

ATTIVAZIONI

Date dei movimenti del corpo franoso in esame eventualmente verificatisi prima o dopo l'evento più significativo.

DATAZIONE EVENTO PIU' SIGNIFICATIVO

Informazioni riguardanti la collocazione temporale dell'evento franoso. I dati sono riferiti al più significativo evento connesso con il movimento franoso in questione, non necessariamente il più recente.

DATA CERTA/DATA INCERTA

Il campo va compilato solo nel caso si conosca con certezza la data (anno, mese, giorno ed eventuale

ora) di inizio del movimento franoso. In caso contrario andrà compilata la sottosezione "Data incerta" che comprende i seguenti campi: Anno, Mese, Giorno, Ora. Per ciascuno di questi campi è previsto un valore minimo (min) ed un valore massimo (max) che definiscono il periodo temporale in cui l'evento franoso può considerarsi iniziato.

ETA' RADIOMETRICA

Indica il numero di anni computato a partire dal presente, determinato solitamente con metodi radiometrici o con altre metodologie che permettono di definire l'età di eventi anche molto antichi, ma con un certo margine di incertezza (precisione) indicato di solito con "± n. anni".

FONTE

E' la principale fonte di informazione o la metodologia di datazione che ha consentito di definire con certezza o con approssimazione la data o l'età dell'attivazione dell'evento franoso. Le opzioni presenti sulla scheda sono:

■ **giornali:** cronache di quotidiani, periodici o fogli locali;

■ **pubblicazioni o relazioni:** pubblicazioni scientifiche o relazioni tecniche;

■ **testimonianze orali:** racconti o descrizioni dell'evento da parte di testimoni;

■ **audiovisivi:** filmati amatoriali, fotografie, registrazioni audio ecc.;

■ **archivi enti territoriali:** documenti presenti negli archivi degli enti preposti alla tutela ed al controllo del territorio;

■ **cartografia:** carte topografiche e tematiche attuali e/o storiche;

■ **immagini telerilevate:** fotografie aeree e immagini da satellite;

■ **documenti storici:** antiche cronache, quadri, archivi privati, riproduzioni ecc.;

■ **lichenometria:** metodo basato sull'analisi dello sviluppo dei licheni;

■ **dendrocronologia:** metodo basato sullo studio degli anelli di crescita annuale di eventuali specie arboree ubicate sulla massa spostata o da essa sepolte;

■ **metodi radiometrici:** metodi di datazione basati sul calcolo dei tempi di decadimento degli isotopi radioattivi;

■ **altre datazioni:** altri tipi di datazione.

CAUSE

Cause o fattori predisponenti o innescanti l'evento franoso. Fanno parte di questa sezione:

■ **cause intrinseche:** materiale debole, materiale sensitivo, materiale collassabile, materiale fratturato, superfici di taglio preesistenti, orientazione sfavorevole discontinuità primaria, orientazione sfavorevole discontinuità secondaria, contrasto di permeabilità, contrasto di competenza;

■ **cause geomorfologiche:** sollevamento tettonico, sollevamento meccanico, scarico glaciopressioni, erosione fluviale base versante, erosione marina base versante, erosione glaciale base versante, erosione margini laterali frana, erosione sotterranea-si-

fonamento, deposito sul pendio o in cresta, rimozione naturale vegetazione;

■ **cause fisiche:** precipitazioni brevi e intense, precipitazioni eccezionalmente prolungate, fusione rapida di neve/ghiaccio, fusione del permafrost, congelamento sorgenti, abbassamento rapido livello idrico esterno, innalzamento livello idrico esterno, gelifrazione o crioclastismo, termoclastismo, imbibizione/dissecamento, aloclastismo, terremoto, eruzione vulcanica, rottura soglia lago;

■ **cause antropiche:** scavo al piede del pendio, carico sulla cresta del pendio, abbassamento rapido livello serbatoio, innalzamento livello serbatoio, irrigazione, attività agricole e pratiche colturali, scarsa manutenzione drenaggi, perdite d'acqua, disboscamento, rimboschimento, attività estrattive in superficie, attività estrattive sotterranee, accumulo materiali scarto, vibrazioni. La causa "innescante" può essere utilizzata solo per una voce tra quelle presenti, mentre le cause "predisponenti" hanno scelta multipla.

SEGNII PRECURSORI

Fenomeni precursori all'evento franoso. Si tratta di un campo a scelta multipla tra cui si distinguono:

■ **fenditure, fratture:** apertura di fratture o fessure beanti nel terreno;

■ **trincee, doppie creste:** formazione sul versante, specialmente nella parte sommitale, di depressioni allungate a pareti subverticali più o meno profonde, generalmente subparallele al versante stesso;

■ **crolli localizzati:** cadute di piccole porzioni di materiale localizzate in aree ristrette del versante;

■ **rigonfiamenti:** variazioni del profilo del pendio (lungo la linea di massima pendenza) con tendenza verso una forma convessa;

■ **contropendenze:** zone ad immersione opposta a quella generale del pendio;

■ **cedimenti:** cedimenti del terreno, delle strutture ed infrastrutture;

■ **lesioni dei manufatti:** formazione di crepe e/o fratture su di un edificio o manufatto;

■ **scricchiolio strutture:** emissione di rumori dalle strutture di un edificio o manufatto;

■ **inclinazione pali o alberi:** presenza di alberi o strutture inclinate rispetto alla verticale;

■ **comparsa sorgenti:** improvvisa comparsa di sorgenti o venute d'acqua;

■ **scomparsa sorgenti:** improvvisa scomparsa di sorgenti o venute d'acqua;

■ **scomparsa corsi d'acqua:** scomparsa di un corso d'acqua superficiale;

■ **variazione portata sorgenti:** sensibile variazione della portata delle sorgenti;

■ **variazione livello acqua pozzi:** sensibile variazione del livello della superficie piezometrica nei pozzi;

■ **acqua in pressione nel suolo:** aumento della pressione dell'acqua nel suolo e nel sottosuolo; si manifesta con la comparsa improvvisa di venute d'acqua;

■ **rumori sotterranei:** rumori o boati provenienti dal sottosuolo.

DANNI

Informazioni a carattere socio-economico relative agli eventuali danni a persone e/o a beni, causati dal fenomeno franoso censito. Quando non si dispone di informazioni è preferibile utilizzare la voce **non determinato (n.d.)**.

TIPO DI DANNO

Indica se il danno è stato causato direttamente dal movimento franoso o da eventi ad esso conseguenti. Si tratta di un campo a scelta multipla tra cui si distinguono:

■ **diretto:** il movimento franoso ha direttamente causato il danno, distruggendo edifici o strade, ecc..;

■ **caduta in un invasivo:** il danno principale è stato causato dall'onda provocata dalla caduta della frana all'interno di un invasivo, naturale o artificiale (esempio: Vajont);

■ **sbarramento corso d'acqua:** il danno principale è stato causato dall'allagamento generato dallo sbarramento di un corso d'acqua ad opera del materiale franato;

■ **sbarramento e rottura diga di frana:** il danno principale è stato causato dall'onda generata dalla rottura della diga di sbarramento creata dal materiale franato;

■ **rottura diga o argine artificiale:** il danno principale è stato causato dall'onda generata dalla rottura di una diga o argine artificiale ad opera del fenomeno franoso.

PERSONE

Danni a persone, reali o potenziali, certi o presunti, causati dall'evento franoso. Di seguito vengono riportati i campi presenti sulla scheda. Al primo livello se si indicano danni a persone si può ulteriormente precisare se ci sono state vittime o feriti e il numero:

■ **morti N.:** numero di morti certi o presunti;

■ **feriti N.:** numero di feriti certi o presunti.

Le indicazioni relative ai due campi seguenti sono invece riservate al **terzo livello** di approfondimento:

■ **evacuati N.:** numero di evacuati certi o presunti;

■ **a rischio N.:** numero di persone a rischio.

EDIFICI

Danni, reali o potenziali, certi o presunti, ad edifici pubblici e privati causati dall'evento franoso. Al primo livello si può indicare se ci sono stati danni, mentre al terzo livello si può specificare il tipo di edificio e il numero:

■ **Privati N.:** numero di edifici privati danneggiati certi o presunti.

■ **Pubblici N.:** numero di edifici pubblici danneggiati certi o presunti.

■ **Privati a rischio N.:** numero di edifici privati potenzialmente danneggiabili da una riattivazione del medesimo evento.

■ **Pubblici a rischio N.:** numero di edifici pubblici potenzialmente danneggiabili da una riattivazione del medesimo evento.

COSTO

L'entità reale o stimata (se conosciuta) dei danni provocati dall'evento franoso a persone, beni ed attività.

■ **Beni:** entità reale o stimata (in euro) dei danni a

beni.

■ **Attività:** entità reale o stimata (in euro) dei danni ad attività.

■ **Totale:** totale (in euro) dei danni provocati dall'evento franoso a persone, beni ed attività.

STIMA DEI DANNI

Al **primo livello** è possibile scegliere tra le seguenti opzioni:

- n.d.
- nuclei/centri abitati
- attività economiche
- terreno agricolo
- strutture di servizio pubbliche
- beni culturali
- infrastrutture di servizio
- ferrovie
- strade
- opere di sistemazione
- persone
- edifici isolati /case sparse
- corso d'acqua

Al **secondo livello** invece sarà possibile specificare con maggior dettaglio le informazioni relative ai danni, indicando, per ciascuna categoria colpita, l'entità dello stesso. Vengono, infatti, distinti vari gradi di danno: non valutabile, lieve, medio, grave per le seguenti tipologie:

■ Centri abitati:

- **centro abitato maggiore:** centro abitato con più di 10.000 abitanti;

- **centro abitato minore:** centro abitato con meno di 10.000 abitanti;

- **gruppo di case:** insieme di abitazioni, frazioni, nuclei rurali;

- **case sparse:** abitazioni isolate;

■ **Attività economiche:** in questo campo sono descritte le principali attività economiche danneggiate o potenzialmente danneggiabili, sia dal punto di vista immobiliare, che sotto l'aspetto delle perturbazioni inflitte all'attività economica.

■ **Terreno agricolo:** in questo campo viene descritta la tipologia di uso del suolo danneggiato o potenzialmente danneggiabile dall'evento franoso. Da non confondere con il campo **Uso del suolo** che riguarda esclusivamente la zona di origine del fenomeno franoso, e al quale, comunque, si può fare riferimento per la descrizione delle singole tipologie.

■ **Strutture di servizio pubbliche:** in questo campo sono descritte le principali strutture atte a soddisfare i bisogni e le esigenze di ordine sociale, danneggiate dall'evento franoso.

■ **Beni culturali:** questo campo riguarda il complesso delle opere d'arte, dei monumenti e degli edifici di particolare interesse storico, culturale, artistico ed architettonico.

■ **Infrastrutture di servizio:** indica il complesso di impianti e di attrezzature necessarie per avviare o agevolare lo svolgimento di attività di ordine sociale, industriale, ecc., danneggiate dal movimento franoso.

■ **Ferrovie:** questo campo indica la tipologia di strada ferrata coinvolta o interessata dal movimento franoso.

■ **Strade:** questo campo indica il tipo di viabilità

danneggiata dal movimento franoso.

■ **Opere di sistemazione:** questo campo indica la tipologia delle opere di sistemazione preesistenti danneggiate dall'evento franoso.

CORSO D'ACQUA

Viene indicato il nome del corso d'acqua e la tipologia del danno arrecato all'asta fluviale dall'evento franoso.

■ **Denominazione:** denominazione del corso d'acqua interessato o potenzialmente interessabile dal fenomeno franoso.

■ **Danno:** il campo serve ad indicare la tipologia del danno, reale o potenziale, che il movimento franoso ha arrecato al corso d'acqua. Si tratta di un campo a scelta singola. Di seguito vengono elencate e descritte le opzioni presenti sulla scheda:

- **potenziale:** danno potenziale ad opera di un eventuale movimento franoso.

- **deviazione:** deviazione del corso d'acqua ad opera del materiale franato.

- **sbarramento parziale:** sbarramento parziale del corso d'acqua ad opera del materiale franato.

- **sbarramento totale:** sbarramento totale del corso d'acqua ad opera del materiale franato.

STATO DELLE CONOSCENZE

Viene indicata l'esistenza o meno di relazioni o studi a carattere tecnico eseguiti nell'area in frana, nonché la tipologia di eventuali indagini geognostiche e di sistemi di monitoraggio del fenomeno franoso già esistenti.

RELAZIONI TECNICHE

Eventuali relazioni, studi e progetti a carattere tecnico inerenti l'area interessata dal fenomeno franoso, tra cui si distinguono:

■ **relazione sopralluogo:** indicare se esiste una relazione relativa ad un sopralluogo effettuato nell'area in frana.

■ **relazione geologica:** indicare se esiste una relazione geologica relativa all'area in frana.

■ **progetto preliminare:** indicare se esiste un progetto preliminare per la sistemazione del fenomeno franoso.

■ **progetto esecutivo/definitivo:** indicare se esiste un progetto esecutivo per la sistemazione del fenomeno franoso.

INDAGINI E MONITORAGGIO

Indica la tipologia sia delle indagini geognostiche, che degli eventuali sistemi di monitoraggio del fenomeno franoso, già esistenti sul corpo franoso. Si distinguono:

- perforazioni geognostiche;
- analisi geotecniche in laboratorio;
- indagini idrogeologiche;
- geoelettrica;
- sismica di superficie;
- sismica down-hole;
- sismica cross-hole;
- penetrometro;
- pressiometro;
- scissometro;

- **inclinometri;**
- **piezometri;**
- **fessurimetri;**
- **estensimetri;**
- **clinometro;**
- **assestimento;**
- **rete microsismica;**
- **monitoraggio topografico;**
- **monitoraggio idrometeorologico;**
- **altro.**

COSTO DI INDAGINI GIÀ ESEGUITE

Viene indicato il costo (in euro) di eventuali indagini geognostiche già eseguite e di sistemi di monitoraggio esistenti sul fenomeno franoso.

INTERVENTI ESISTENTI

Comprende la descrizione della tipologia degli interventi esistenti, di consolidamento e/o sistemazione del movimento franoso e di quelli per la mitigazione dei danni. Di seguito sono elencati i campi presenti a scelta multipla.

Movimenti di terra:

- **riprofilatura, gradonatura:** rettifica, rimodellamento, riduzione della pendenza o sagomatura a terrazzi del pendio in frana;
- **riduzione carichi in testa:** alleggerimento, mediante asportazione di materiale, della porzione sommitale del corpo di frana;
- **incremento carichi al piede:** sovraccarichi posti al piede del corpo di frana;
- **disgaggio:** disgaggio e abbattimento dei massi pericolanti.

Sostegno:

- **gabbionate:** strutture costituite da gabbioni accostati o sovrapposti;
- **muri di sostegno:** muri di sostegno a secco, di muratura, di calcestruzzo (semplici o armati). Nel caso di muri tirantati barrare anche la casella tiranti e ancoraggi;
- **paratie:** nel caso di paratie tirantate barrare anche la casella tiranti e ancoraggi;
- **palificate:** gruppi di pali;
- **terre armate-rinforzate:** terre armate e rinforzate mediante l'impiego di geotessili o georeti.

Mitigazione dei danni:

- **consolidamento edifici:** consolidamento di edifici interessati dall'evento franoso;
- **demolizioni:** demolizioni di edifici pericolanti;
- **evacuazioni:** sgombero della popolazione dalle abitazioni pericolanti o da quelle potenzialmente soggette agli effetti del movimento franoso;
- **sistemi di allarme:** comprendono i tipi di tecniche e di strumenti dotati di dispositivi di allarme, atti alla prevenzione e sorveglianza del movimento franoso;

Drenaggio:

- **trincee drenanti:** dreni a trincea, dreni portanti per il drenaggio delle acque a modesta profondità al di sotto della superficie topografica;
- **pozzi drenanti:** pozzi trivellati per il drenaggio delle acque profonde;

- **dreni suborizzontali:** cunicoli drenanti, fori di drenaggio suborizzontali;
- **gallerie drenanti:** cunicoli di grosse dimensioni suborizzontali.

Protezione:

- **reti paramassi:** reti di protezione dalla caduta massi;
- **spritz-beton:** rivestimento del pendio instabile mediante spritz-beton;
- **rilevati paramassi:** opere di difesa dalla caduta massi costituite da rilevati in terra o altro materiale disposti lungo il piede del versante;
- **trincee paramassi:** opere di difesa dalla caduta massi costituite da fossati scavati lungo il piede del versante;
- **strutture paramassi:** strutture di protezione quali parapetti, muri, gallerie paramassi, barriere elastiche, ecc..

Sistemazioni idraulico-forestali:

- **inerbimento:** rivestimento dell'area in frana per mezzo di vegetazione erbacea;
- **rimboschimento:** rivestimento dell'area in frana con piante ad alto fusto;
- **disboscamento selettivo:** disboscamento selettivo dell'area in frana;
- **viminate, fascinate, graticciate, palizzate:** interventi di sistemazione del versante con viminate, staccionate, graticciate e palizzate di legno o altri materiali;
- **briglie o soglie:** briglie o soglie in terra, muratura, cemento, acciaio, ecc., per la regolazione dei deflussi superficiali;
- **difese di sponda:** difese dall'erosione di sponda quali pennelli, scogliere, muraglioni, ecc..

Rinforzo:

- **chiodature e bullonature:** installazione di chiodi e bulloni su pareti rocciose;
- **tiranti e ancoraggi:** installazione di tiranti e ancoraggi su pareti rocciose;
- **imbracature:** imbracature di blocchi instabili su pareti rocciose;
- **iniezioni:** iniezioni di particolari miscele cementizie, resine organiche, collanti, ecc., per il miglioramento delle caratteristiche fisiche dei materiali in situ;
- **reticoli micropali:** installazione nella roccia di pali di piccolo diametro di calcestruzzo armato, orientati lungo le generatrici di un cono;
- **trattamento termico-chimico-elettrico:** trattamento termico, chimico o elettrochimico per il miglioramento delle caratteristiche dei materiali in situ.

COSTI

Costo previsto degli interventi già eseguiti: costo previsto degli interventi (in euro) progettati per la stabilizzazione del movimento franoso.

Costo effettivo degli interventi eseguiti: importo realmente speso (in euro) per i lavori e per le opere di stabilizzazione (previsti nei progetti) del movimento franoso.

DOCUMENTAZIONE

Informazioni relative alla documentazione esistenti sul fenomeno censito e contenuta in archivi preesistenti, così come i rapporti con il Progetto CARG (Cartografia Geologica) del Servizio Geologico. I campi possono essere così suddivisi:

ARCHIVI

- Archivio AVI;
- Archivio SCAI;
- Archivio sopralluoghi DPC;
- Archivio sopralluoghi SGN;
- Altro.

CARG

Va indicato se il fenomeno censito è stato segnalato anche nella cartografia alla scala 1:50.000 relativa al progetto CARG.

SI: il fenomeno è descritto nel relativo foglio CARG 1:50.000;

NO: il fenomeno non è descritto nel relativo foglio CARG 1:50.000;

Non coperto: il foglio CARG 1:50.000 dell'area in cui ricade il fenomeno non è stato ancora rilevato.

ADEMPIMENTI LEGISLATIVI NAZIONALI

Va indicato se il fenomeno franoso censito è stato incluso come possibile oggetto di intervento, finanziamento o richiesta di finanziamento nell'ambito degli adempimenti relativi alle attività legislative descritte nelle opzioni sotto elencate:

- Legge 267/98 piani straordinari;
- Legge 267/98 interventi urgenti;
- Legge 267/98 PSAI (Piano Stralcio Assetto Idrogeologico);
- Schemi previsionali e programmatici L.183/89;
- Pianificazione di bacino L.183/89;
- Piano paesistico;
- Piani territoriali di Coordinamento provinciale (PTCP);
- Ordinanze Min. Interno (Protezione Civile);
- Legge 365/00;
- Altro.

Se viene scelta l'opzione Ordinanze Min. Interno (Protezione Civile) si deve indicare nel campo **N (Numero ordinanza)** il suo numero e la relativa data (campo testo libero).

BIBLIOGRAFIA

Sono indicati i riferimenti bibliografici di eventuali lavori scientifici, relazioni o studi a carattere tecnico eseguiti nell'area in frana.

Autori: cognome e l'iniziale del nome dell'autore/i.

Anno: anno di stampa del lavoro. Per pubblicazioni in corso di stampa riportare la voce "in stampa".

Titolo: titolo completo del lavoro.

Rivista/Libro/Relazione: intestazione della rivista, libro, periodico o relazione in forma abbreviata; per le abbreviazioni consultare "List of serial title word abbreviations. Centre International de l'Isds, Paris 1991".

Editore/Ente: nome dell'editore e la località di pub-

blicazione.

Volume: indicare con un numero arabo il volume o il capitolo, con numero romano l'eventuale serie, con un numero tra parentesi tonde l'eventuale fascicolo.

Pagine: indicare il numero della pagina iniziale e di quella finale del lavoro, separate da un trattino. Se il lavoro non fa parte di un periodico, va indicato il totale delle pagine. Indicare, inoltre, il numero di eventuali cartografie tematiche presenti nel testo o ad esso allegate.

Note: tutte le informazioni che non rientrano nei campi previsti dalla scheda oltre ad eventuali approfondimenti riguardanti le notizie riportate nella scheda stessa. Qui andrà inoltre annotato se alla scheda sono allegati ulteriori fogli contenenti notizie suppletive su Unità geologiche o tipo di movimento.

Possono essere inserite tutte le informazioni che si ritiene opportuno allegare alla scheda dati per meglio caratterizzare il fenomeno franoso, le schede di II livello dovrebbero, infatti, avere almeno un'immagine fotografica del relativo fenomeno.

La risoluzione minima delle immagini a colori deve essere di 200 dpi.

GUIDA ALLA COMPILAZIONE DELLA SCHEDA FRANE GEOIFFINET

Il Sistema Informativo GeoIFFI, come già descritto nel capitolo introduttivo, comprende una componente web denominata GeoIFFInet. L'applicazione web permette, ad un utente generico, di visualizzare e consultare l'inventario delle frane e dei dissesti da una postazione internet al sito www.cartografia.regione.lombardia.it/GeoIFFI/index.html. Gli utenti abilitati da Regione Lombardia, tramite l'inserimento del nome utente e di una password, possono inoltre accedere al sistema informativo per inserire nuove frane o proporre modifiche di frane esistenti (fig. 6). Le proposte vengono successivamente validate da Regione Lombardia e inserite nella banca dati. Di seguito vengono elencate e illustrate brevemente le funzionalità dell'applicativo.

Ricerca frane: attraverso dei criteri di ricerca, che possono essere unici o molteplici, è possibile ricercare una singola frana all'interno del data base.

Ricerca frane DB proposte: è possibile ricercare una singola frana inserita come "proposta di modifica" attraverso dei criteri di ricerca identici a quelli utilizzabili per la "ricerca frane" (fig. 7).

I criteri di ricerca sono:

- Regione;
- Provincia;
- Comune;
- Compilatore;
- Istituzione;
- Tipo movimento;
- Data compilazione (anno-mese-giorno);
- Identificativo.

Alcuni di questi campi hanno il menù a tendina con elenco predefinito, altri hanno un campo libero nel quale l'utente inserisce la stringa che si vuole utilizzare per la ricerca.

Inserimento proposte di modifica: quando si vuole inserire una nuova frana bisogna obbligatoriamente riempire i campi che seguono (fig. 8):

- Regione;
- Provincia;
- Codice Comune;
- Autorità di Bacino;
- Data;
- Istituzione.

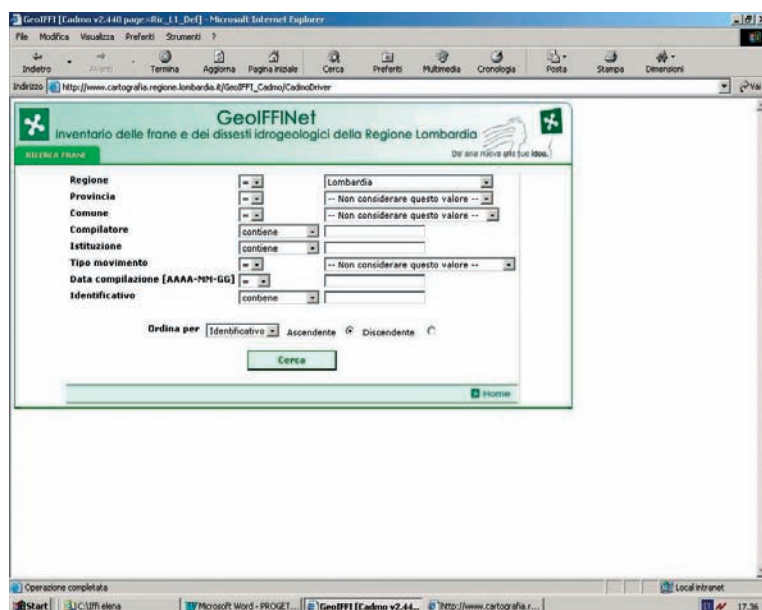
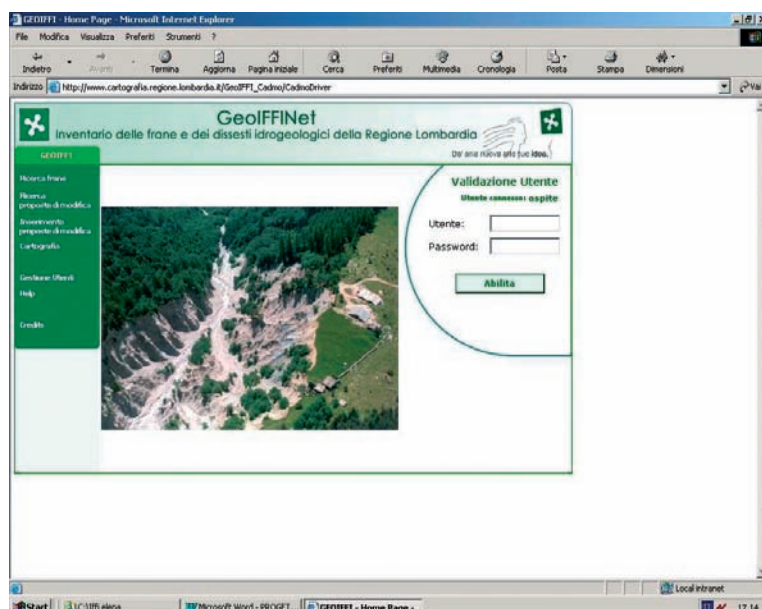
Per identificare il Codice Comune è possibile selezionare il tasto a fianco del campo e inserire il nome o parte di esso nella maschera che compare. Il passo

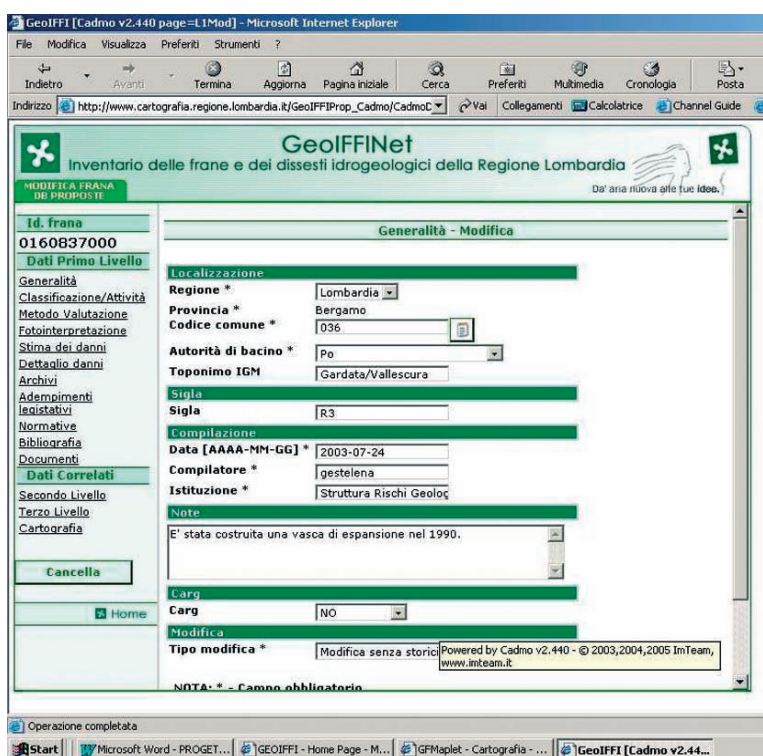
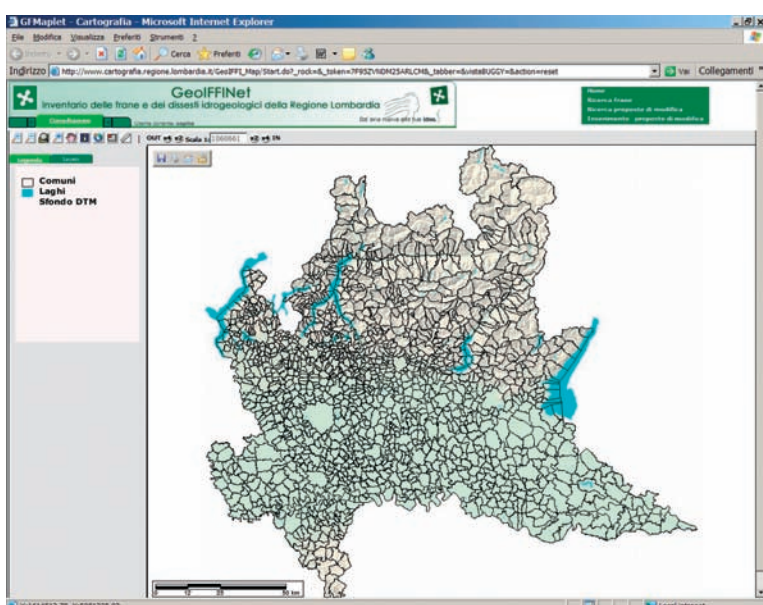
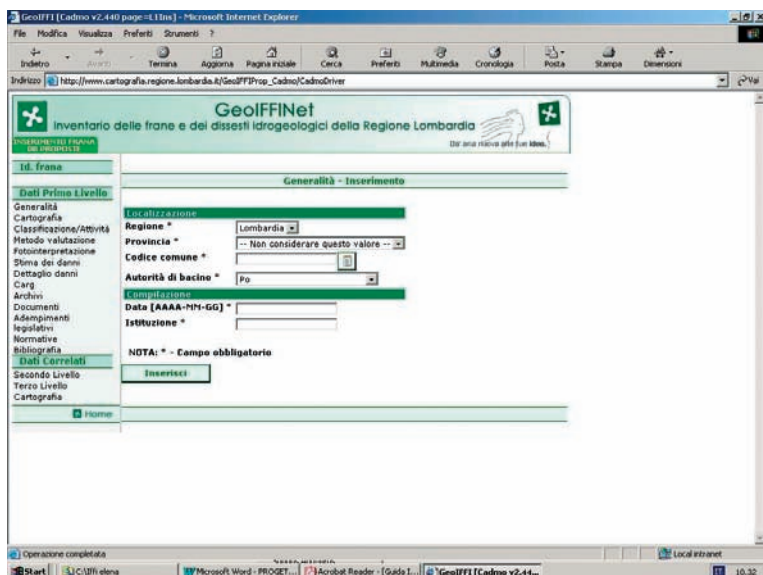
successivo è quello di riempire le schede di I, II e III livello in base alle informazioni disponibili.

Cartografia: la vista cartografica permette la visualizzazione dei layer relativi ai dissesti e alla cartografia di base della Regione Lombardia (fig. 9). Sono disponibili strumenti tipici dei software GIS quali zoom, pan, estensione massima, localizzatore, misura delle coordinate, scala, stampa in forma-

Fig. 6: pagina iniziale di accesso alla banca dati.

Fig. 7: pagina di ricerca frana e ricerca frane DB proposte.





to .PDF, "cancella selezione", "info" sulla "scheda frana", ricerca del Comune, della CTR e della Comunità Montana. E' possibile inoltre visualizzare l'uso del suolo e le valanghe.

Gestione utenti: sezione riservata all'amministratore per la gestione degli utenti con permesso di scrittura.

Help: guida in linea che fornisce informazioni sulle varie funzionalità dell'interfaccia web.

Credits: inquadramento dello staff organizzativo e operativo del progetto GeoIFFI.

I LIVELLO

La scheda IFFI è suddivisa in 3 livelli di approfondimento. La sezione generalità è presente sui 3 livelli. Essa ci permette anche di indicare che tipo di modifica si vuole effettuare su una frana. Oltre al nuovo inserimento e alla cancellazione è possibile effettuare una "modifica senza storicizzazione" o una "modifica con storicizzazione". La modifica senza storicizzazione implica che non ci sono state evoluzioni del fenomeno franoso e si vuole modificare o aggiungere elementi della scheda o della componente geometrica del fenomeno, mentre la modifica con storicizzazione implica un cambiamento nello stato evolutivo del fenomeno. Il primo livello (fig. 10) comprende i seguenti campi:

- Generalità
- Classificazione/Attività
- Metodo valutazione
- Fotointerpretazione
- Stima dei danni
- Dettaglio danni
- Archivi
- Adempimenti legislativi
- Normative
- Bibliografia
- Documenti

I campi che devono essere obbligatoriamente compilati per la scheda di primo livello sono i seguenti: classificazione, attività, data della più recente osservazione che ha permesso di determinare lo stato di attività, metodo di valutazione e stima dei danni.

II LIVELLO

Il secondo livello comprende i seguenti campi (fig. 11):

- Generalità
- Classificazione
- Attività
- Attivazioni
- Cause
- Danni
- Datazione
- Morfometria
- Geologia
- Posizione frana
- Uso del suolo

I campi che devono essere obbligatoriamente compilati per la scheda di secondo livello sono i seguenti:

esposizione versante, litologia, litotecnica, uso del suolo, classificazione.

III LIVELLO

Il terzo livello comprende i seguenti campi (fig. 12):

- Generalità
- Idrogeologia
- Segni precursori
- Stato conoscenze
- Danni
- Costi
- Interventi esistenti

Nessuno dei campi presenti nella scheda di terzo livello è obbligatorio.

CARTOGRAFIA

E' possibile editare la geometria (fig. 13) di una nuova frana dopo averne compilato la scheda. E' inoltre possibile modificare, tagliare (split), unire e cancellare le geometrie. Si rimanda all'help on line dell'applicativo per i dettagli d'utilizzo dei diversi comandi. Secondo le specifiche IFFI i fenomeni con schede di II livello devono avere almeno un'immagine fotografica allegata.

In GeoIFFI è possibile allegare al singolo fenomeno franoso una serie di documenti fotografici (scheda di primo livello) e/o documentazione tecnica, per meglio caratterizzare il fenomeno stesso. Come già precedentemente accennato la risoluzione delle immagini deve essere di 200 dpi. I files possono essere in formato .jpg, .tiff, .doc, .xls, ecc..

GeoIFFI [Cadmo v2.440 page=L2Mod] - Microsoft Internet Explorer

Indirizzo: http://www.cartografia.regione.lombardia.it/GeoIFFIProp_Cadmo/CadmoC

GeoIFFINet

Inventario delle frane e dei dissesti idrogeologici della Regione Lombardia

MODIFICA FRANA
DE PROPOSTE

Id. frana
0160837000

Dati Secondo Livello

Generalità - Modifica

Localizzazione

Regione * Lombardia
Provincia * Bergamo
Codice comune * 036
Autorità di bacino * Po
Toponimo IGM Gardata/Vallescura

Sigla
Sigla R3

Compilazione

Data [AAAA-MM-GG] * 2003-07-24
Compilatore * gestelena
Istituzione * Struttura Rischi Geolog

Note

E' stata costruita una vasca di espansione nel 1990.

Carg
Carg NO

Modifica

Tipo modifica * Modifica senza storicizzazione

NOTA: * = Campo obbligatorio

Powered by Cadmo v2.440 - © 2003,2004,2005 InTeam, www.inteam.it

Start | Microsoft Word - PRO... | GEOIFFI - Home Page... | GFMMaplet - Cartografia... | GeoIFFI [Cadmo v2... | C:\IffI elena\APAT

Fig. 11: esempio di scheda di secondo livello.

GeoIFFI [Cadmo v2.440 page=L3Mod] - Microsoft Internet Explorer

Indirizzo: http://www.cartografia.regione.lombardia.it/GeoIFFIProp_Cadmo/CadmoC

GeoIFFINet

Inventario delle frane e dei dissesti idrogeologici della Regione Lombardia

MODIFICA FRANA
DE PROPOSTE

Id. frana
0160837000

Dati Terzo Livello

Generalità - Modifica

Localizzazione

Regione * Lombardia
Provincia * Bergamo
Codice comune * 036
Autorità di bacino * Po
Toponimo IGM Gardata/Vallescura

Sigla
Sigla R3

Compilazione

Data [AAAA-MM-GG] * 2003-07-24
Compilatore * gestelena
Istituzione * Struttura Rischi Geolog

Note

E' stata costruita una vasca di espansione nel 1990.

Carg
Carg NO

Modifica

Tipo modifica * Modifica senza storicizzazione

NOTA: * = Campo obbligatorio

Start | Microsoft Word - ... | GEOIFFI - Home ... | GFMMaplet - Cartografia - Microsoft Internet Explorer | ... | C:\IffI elena\APAT

Fig. 12: esempio di scheda di terzo livello.

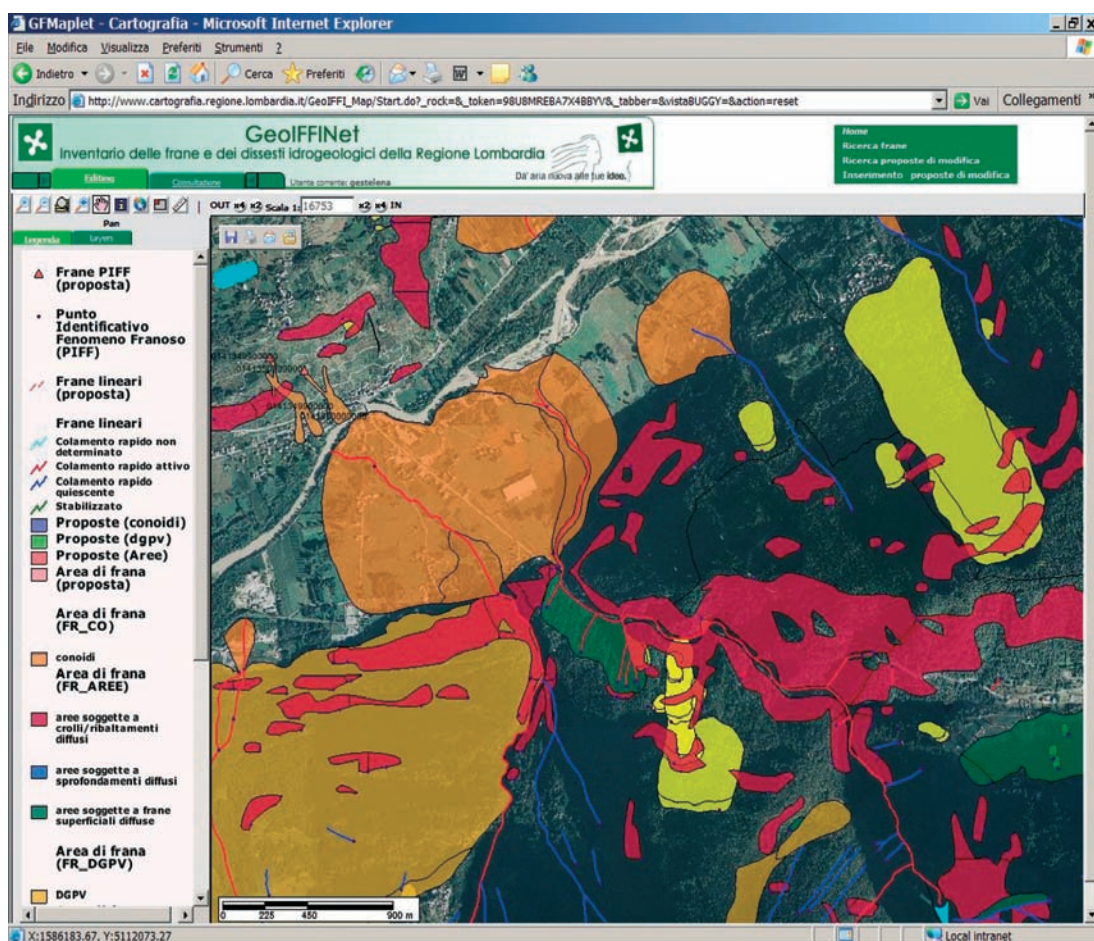
Pagina a fianco

Fig. 8: scheda di inserimento di una nuova frana.

Fig. 9: cartografia della Regione Lombardia.

Fig. 10: esempio di scheda di primo livello.

Fig. 13: esempio di cartografia. (Programma IT2000 ortofoto digitale a colori dell'intero territorio italiano Copyright Compagnia Generale Ripresearee S.p.A. Parma)



TIPOLOGIE DEI FENOMENI FRANOSI

Questo capitolo si propone di fornire una descrizione possibilmente esaustiva sulle varie tipologie di frana.

Col termine **frana** e **movimento franoso** si intende il movimento di una massa di roccia o di terreno lungo un pendio sotto l'azione della gravità (Cruden & Varnes, 1993). Più specificamente, per frana si intende un fenomeno di instabilità in cui una massa di materiale (roccia, terreno, rinterri, rifiuti, ecc) che costituisce un pendio (naturale o artificiale, in condizioni subaeree o subacquee del pendio), si muove lungo lo stesso, in genere con spostamento verso il basso e verso l'esterno sotto l'azione della forza di gravità (AA. VV., 2005).

La distinzione dei fenomeni in diverse tipologie di movimento franoso (Cruden & Varnes, 1996), oltre alla classificazione degli stessi, permette agli enti preposti di stabilire le tecniche di intervento più opportune. L'identificazione di un fenomeno, del suo sviluppo e delle cause che l'hanno innescato sono fondamentali per la sistemazione dello stesso e per la prevenzione di fenomeni franosi che potrebbero svilupparsi nel territorio.

La tabella seguente (tab. 4) descrive le diverse tipologie di movimento in base al tipo di materiale coinvolto secondo Varnes, 1978.

La suddivisione fra rocce e terre è basata su alcune caratteristiche geomeccaniche quali la coesione e la resistenza a compressione monoassiale. I materiali con coesione inferiore a 0,3 MPa e resistenza a compressione monoassiale < 2 MPa sono considerati terreni, i materiali con resistenza a compressione monoassiale tra 2 e 20 MPa sono considerati rocce deboli, le rocce propriamente dette hanno una resistenza a compressione > 20 MPa.

Le classificazioni IFFI adottano le classificazioni di Cruden & Varnes (1996) e accorpano tipologie differenti di frana secondo le schede di I o di II livello. Le distinzioni sulle varie tipologie di frana nelle schede di I livello sono:

- **crollo/ribaltamento** (*fall/topple*)
- **scivolamento rotazionale/traslattivo** (*rotational/translational slide*)
- **espansione** (*lateral spread*)
- **colamento lento** (*flow*)
- **colamento rapido** (*debris flow*)
- **sprofondamento** (*sinkhole*)
- **complesso** (*complex*)

■ **DGPV** (*deep seated gravitational slope deformation*)

■ **aree soggette a crolli/ribaltamenti diffusi** (*wide-spread areas under falls/topples*)

■ **aree soggette a sprofondamenti diffusi** (*wide-spread areas under sinkholes*)

■ **aree soggette a frane superficiali diffuse** (*wide-spread areas under superficial slides*).

Nelle schede di II livello la tipologia dei fenomeni franosi è meglio specificata. Le tipologie crollo/ribaltamento e scivolamento rotazionale/traslattivo sono divise utilizzando il singolo movimento che le compone. Inoltre i fenomeni, ad eccezione dei fenomeni complessi, delle DGPV e delle aree soggette a..., possono essere descritti utilizzando tutte le tipologie diverse dalle quali possono essere composti.

Di seguito vengono prese in considerazione le diverse tipologie di frana in base a diversi indicatori geomorfologici caratteristici, cercando anche di dare una valutazione sui possibili interventi di difesa. Molte considerazioni sono di carattere generale in quanto ogni fenomeno è caratteristico ed unico e le variabili nell'evento sono molteplici. Le variabili principali per cui spesso non è facile generalizzare sono la velocità del movimento, la profondità della superficie di scivolamento, la dimensione areale del fenomeno.

Un'ultima considerazione riguarda le cause della franosità, molteplici, spesso interconnesse fra loro e, in

Tabella 4

CLASSIFICAZIONE DELLE DIVERSE TIPOLOGIE DI FRANA (VARNES, 1978)				
TIPO DI MOVIMENTO		TIPO DI MATERIALE		
			TERRENO	
			DETRITO GROSSOLANO	TERRA FINE
CROLLO		CROLLO DI ROCCIA	CROLLO DI DETRITO	CROLLO DI TERRA
RIBALTAMENTO		RIBALTAMENTO DI ROCCIA	RIBALTAMENTO DI DETRITO	RIBALTAMENTO DI TERRA
SCORRIMENTO	ROTAZIONE TRASLATIVO	SCORRIMENTO DI ROCCIA	SCORRIMENTO DI DETRITO	SCORRIMENTO DI TERRA
ESPANDIMENTO LATERALE		ESPANDIMENTO DI ROCCIA	ESPANDIMENTO DI DETRITO	ESPANDIMENTO DI TERRA
COLATA		COLATA DI ROCCIA (CREEP PROFONDO)	COLATA DI DETRITO	COLATA DI TERRA
COMPLESSO				

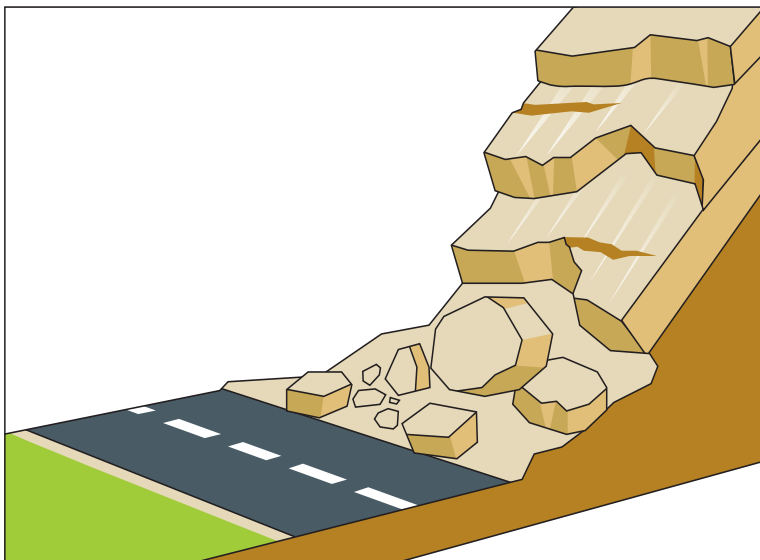


Fig. 14: crollo in roccia.

Fig. 15: Lumezzane (BS), crollo indotto provocato da getti d'acqua in pressione. L'intervento è stato effettuato dai vigili del fuoco il 16/06/2001. Il blocco, del volume di circa 100 m³, situato sulla sommità di una grossa frana, si trovava in condizioni di equilibrio precario e potenzialmente poteva coinvolgere, in seguito a una sua mobilitazione, la sede stradale sottostante.

genere, di complessa parametrizzazione.

Un primo gruppo di elementi sono i fattori intrinseci al pendio (fattori passivi del rilievo) che generalmente non subiscono improvvise variazioni nel tempo e che risultano predisponenti per la franosità, tra essi si possono distinguere:

■ **fattori litologici:** caratteri composizionali, tessuturali, strutturali (giacitura, faglie ecc.), stratigrafici, meccanici e di alterazione dei materiali;

■ **fattori tettonici:** storia tettonica dell'area, scarico tensionale, neotettonica, sismicità;

■ **fattori morfologici:** topografia, morfometria (acclività, rotture di pendenza ecc.) dei versanti e degli alvei;

■ **fattori idrogeologici:** idrografia, sorgenti, condizioni di drenaggio, condizioni statiche e dinamiche delle acque del sottosuolo, caratteristiche delle falde acquifere, tipo e grado di permeabilità;

Un secondo gruppo è invece rappresentato da elementi esterni al versante che possono subire variazioni sensibili anche in tempi brevi; questi elementi (fattori attivi del rilievo) che sono generalmente determinanti nei confronti della franosità si possono suddividere in :

■ **fattori meteorologici:** condizioni climatiche generali dell'area e microclimatiche dei sottobacini (regime termo-pluviometrico, escursione termi-

ca, intensità e durata eventi meteorologici estremi), esposizione del versante;

■ **fattori connessi al tipo e all'uso del suolo:** caratteristiche pedologiche, tipo e stato della copertura vegetale, utilizzazione del suolo e tecniche colturali;

■ **fattori antropici:** azioni dell'uomo sull'ambiente che determinano l'alterazione delle condizioni di equilibrio dei versanti (disboscamenti, intagli e rilevati stradali, edificazione, scarico acque, scavi e estrazione, vibrazioni e esplosioni, invaso o svasso di invasi naturali e/o artificiali, ecc.).

CROLLO

Le **frane di crollo** hanno origine da pareti verticali o fortemente inclinate, solitamente con inclinazione non inferiore a 45-50° (fig. 14). Nelle frane di crollo si ha il distacco di blocchi o di una massa rocciosa di dimensioni variabili. Si può inoltre parlare di crolli primari e secondari rispettivamente per distacco diretto da parete rocciosa o per distacco da impatto di corpi già in movimento a seguito della frammentazione degli stessi. Solitamente si distinguono la caduta di singoli elementi di roccia (volume totale minore di <1000 m³), dai crolli in massa dove si stacca una massa rocciosa di un certo volume (> 1000 m³) la quale si disgrega durante la caduta in frammenti di varie dimensioni.

La caduta di blocchi o di massi può avvenire spesso improvvisamente e senza segni premonitori. Il tempo di preallerta è così breve da non lasciar spazio ad una evacuazione. Il crollo in massa si preannuncia talora, alcuni giorni o settimane prima, attraverso un aumento dell'attività tipica della caduta di blocchi e di massi. E' dunque possibile intervenire con misure precauzionali.

Meccanismo di movimento: il materiale si muove essenzialmente in aria per caduta libera o tramite rotolamento e rimbalzi o talora tramite scivolamento dei blocchi (fig. 15, 16, 17 e 18). Il movimento iniziale avviene con un minimo spostamento di taglio che avviene in genere lungo discontinuità strutturali preesistenti o lungo parte di esse.

Caratteristiche della nicchia di distacco: la superficie della nicchia di distacco può avere diverse forme a seconda del numero di discontinuità presenti all'interno dell'ammasso roccioso e della giacitura delle stesse. La scarpata di frana può quindi essere planare, semicircolare, cuneiforme, verticale, irregolare. Le superfici di debolezza determinano il comportamento meccanico dell'ammasso roccioso e di conseguenza anche la quantità e le dimensioni dei blocchi che si staccano. La nicchia di distacco di un singolo blocco ha forma planare, irregolare o verticale, mentre la nicchia di un crollo in massa, che si verifica quando le discontinuità sono molto persistenti, generalmente è cuneiforme o semicircolare.

Caratteristiche dell'accumulo: l'accumulo di un crollo ha caratteristiche diverse. Nel caso di un crollo in massa l'accumulo ha forma a cono con una forma più o meno convessa (fig. 19). Le traiettorie di ca-



Fig. 16: Caslino d'Erba (CO), traccia di impatto lasciata da un grosso masso di circa 50-60 m³ staccatosi dalla parete rocciosa soprastante. Il masso si è poi fermato a distanza di pochi metri. Il dislivello percorso è stato di circa 100 m.



Fig. 17: Colzate (BG), traccia dell'impatto lasciato da un blocco (a destra) e un blocco fermo accanto a un albero (a sinistra). Il crollo di un masso di circa 20 m³ poi suddivisosi durante gli impatti, avvenuto l'11/5/2002, ha provocato 3 vittime e un ferito.



Fig. 18: Prata Camporotondo, Pizzo di Prata (SO), evento di crollo del 7/06/2006 (su concessione di G. Oregioni).



Fig. 19: penisola di Piona, (LC), crollo in roccia. Si nota molto bene la nicchia e la zona di accumulo. Parte del materiale è finito nel Lago di Como.



Fig. 20: San Giacomo Filippo (SO), crollo di circa 1500-2000 m³. IL crollo in massa ha distrutto la galleria paramassi della strada SS 36.



Fig. 21: Monte San Martino (LC), parete da cui si sono avute diverse frane di crollo, si può osservare la nicchia del crollo del febbraio 1969.

Pagina a fianco Fig. 22: Varenna, località Fiumelatte (LC), crollo di circa 2.000 m³ avvenuto il 13/11/2004 alle ore 17.30. L'evento ha coinvolto la sede ferroviaria e alcuni edifici causando 2 vittime.

duta tendono ad allargarsi verso il basso. Il materiale non è organizzato e i blocchi sono spigolosi. Nel caso di crolli ripetuti, precipitati da pareti o da versanti, la forma dell'accumulo è poco definita. La maggior parte del materiale in frana si arresta, in genere, in prossimità del punto d'impatto principale, secondo direttrici radiali, mentre solo una certa frazione del volume totale prosegue verso il basso distribuendosi lungo il pendio, in genere i blocchi di dimensioni maggiori si arrestano al piede della frana.

Velocità di movimento: il movimento è molto rapido o estremamente rapido. La velocità di un crollo in massa può raggiungere i 150-200 km/h.

Materiali: le frane da crollo avvengono prevalentemente in roccia, ma si parla di crollo anche quando vengono mobilizzati blocchi contenuti entro terreni

sciolti. Zone d'origine possono essere pure le zone ricoperte da materiale sciolto come ad esempio accumuli di frana, depositi di varia genesi ecc..

Contenuto d'acqua: nell'accumulo di frana la permeabilità è alta. Si possono avere venute d'acqua al piede della frana al contatto col substrato impermeabile. Nella zona di nicchia l'acqua può penetrare nelle fratture aperte aumentando il carico e la spinta favorendo così la destabilizzazione su zone già in equilibrio precario.

Fattori predisponenti: una parete verticale o molto inclinata e la presenza di numerose famiglie di discontinuità diversamente immergenti che si intersecano, sono le principali cause predisponenti in un crollo. La presenza di riempimenti argillosi nelle discontinuità aperte che possono rigonfiare e quindi aumentare la pressione laterale è considerabile anch'essa una causa predisponente, così come l'erosione al piede e la conseguente formazione di una parete strapiombante.

Fattori scatenanti: i fattori sono molteplici. I cicli gelo-disgelo e le escursioni termiche ad esempio fanno sì che l'acqua che percola nelle fratture dell'ammasso roccioso geli aumentando di volume. L'aumento di volume provoca l'allargamento delle discontinuità. Le forti precipitazioni aumentano le pressioni idrostatiche all'interno delle fratture riempite di materiale argilloso. I riempimenti argillosi impediscono all'acqua che percola nelle fratture di allontanarsi e l'argilla si idrata e aumenta di volume. Le radici degli alberi possono penetrare sempre più profondamente all'interno delle discontinuità e allargarle. Le fratture aperte in profondità a contatto con gli agenti esogeni peggiorano sensibilmente le caratteristiche geotecniche. Sforzi transitori sul terreno, sia di origine naturale come terremoti, frane o vibrazioni indotte da altri fenomeni, che antropici come esplosioni e traffico veicolare di vario genere, possono innescare l'evento di crollo.

Segni precursori: presenza di nuovi frammenti detritici al piede del versante, allargamento delle discontinuità presenti nell'ammasso roccioso, emergenze idriche più o meno diffuse alla base della parete che potrebbero indicare la continuità delle fratture nell'ammasso roccioso.

Opere di difesa possibili: attive e passive.

Le opere di difesa attive hanno la funzione di impedire il distacco di blocchi dalla parete rocciosa evitando di conseguenza il distacco e il rotolamento degli stessi. Comprendono:

- interventi che migliorano le caratteristiche di resistenza meccanica degli ammassi rocciosi con l'utilizzo di tiranti d'ancoraggio, chiodi, bulloni, funi, rivestimenti con rete in aderenza, spritz beton;
- interventi che riducono l'alterazione e l'erosione dell'ammasso attraverso reti in aderenza, geosintetici, intasamento delle fratture aperte;
- opere di drenaggio quale la sigillatura delle fratture;
- disaggio di parti instabili direttamente in parete.



Le opere di difesa passive non agiscono direttamente, ma indirettamente, rallentando, ostacolando e deviando le masse in movimento.

Comprendono:

- barriere paramassi rigide e elastoplastiche, tra le quali si possono comprendere anche muri, gabbionate, terre armate ecc.;

- risagomatura dei versanti con valli e rilevati;

- gallerie paramassi a protezione di infrastrutture viarie.

Il monitoraggio di tali fenomeni a causa dell'imprevedibilità degli stessi è difficile. Può essere effettuato sui singoli blocchi instabili o messo in opera lungo i versanti sottoposti al transito dei blocchi stessi. Gli strumenti utilizzati a tal fine sono distometri, estensimetri, GPS, ecc., eventualmente abbinati a strumenti di allerta acustica.

Distribuzione regionale del fenomeno: in Lombardia le zone principalmente colpite da fenomeni di crollo si trovano nella provincia di Sondrio dove l'elevata energia del rilievo e le caratteristiche geomeccaniche degli affioramenti, insieme alle forti escursioni termiche, favoriscono questa tipologia di fenomeni (fig. 20, 21, 22, 23). Nelle altre provincie i fenomeni di crollo sono molto inferiori per numero e per dimensioni areali.

Di seguito viene riportato un esempio di scheda di censimento, inerente la tipologia franosa in oggetto, compilata secondo lo standard IFFI. In particolare la scheda si riferisce all'evento di cui alla Fig.22

Fig. 23: Varenna (LC), grossi massi che hanno impattato sulla stazione ferroviaria di Fiumelatte a seguito del crollo del 13/11/2004.



■ Generalità:

Provincia: Lecco;

Comune: Varenna;

CTR: B4c1;

Scala: 1:10.000;

■ Morfometria frana:

Quota corona (m): 650;

Quota unghia (m): 570;

Lunghezza orizzontale L_o (m): 600;

Dislivello H (m): 430;

Pendenza β (°): 43;

Azimut movimento (°): 260;

Area totale A (mq): 30.000;

Larghezza La (m): 80;

Volume massa spostata V_f (mc): 2.000;

Profondità superficie di scivolamento Dr (m): 5;

■ Classificazione evento franoso:

Movimento: crollo;

Materiale: roccia;

Velocità: estremamente rapida;

Contenuto d'acqua: secco;

■ Attività:

Stato: attivo;

Distribuzione: confinato;

Stile: singolo;

Data evento principale: 13/11/2004;

Descrizione del fenomeno: crollo staccatosi alle ore 17,30 del 13/11/2004. Il blocco di dimensioni maggiori (110 m³, 300 t) dopo una discesa di 500 m ha oltrepassato la ferrovia distruggendo 2 edifici in località Fiumelatte e arrestandosi contro un grosso edificio a circa 10-15 m dalla strada provinciale. I restanti blocchi hanno colpito un terzo edificio. Le vittime dell'evento sono state 3 e 1 ferito, le persone evacuate sono state 117.

Geologia e caratteristiche geomorfologiche: la zona è costituita da pareti rocciose subverticali costituite da un massiccio Calcere di Esino. La spaziatura delle discontinuità è molto ampia (> 2 m);

Esposizione del versante: W;

Uso del suolo: aree urbanizzate;

Cause: orientazione sfavorevole delle discontinuità secondarie, superfici di taglio preesistenti, termoclastismo;

Danni: edifici (3), persone (2 vittime e 1 ferito), ferrovia, infrastrutture di servizio (linea elettrica), terreno agricolo;

Grado danno: grave (per tutte le tipologie sopra elencate);

Interventi di sistemazione, monitoraggio: disgaggio leggero e installazione di guardiania e distometri sulle fratture in roccia;

Interventi esistenti: reti;

Stato delle conoscenze: sopralluogo, relazione geologica.

RIBALTAMENTO

Il **ribaltamento** si verifica in porzioni di roccia o detrito a forma di parallelepipedo allungato nella direzione dell'altezza. Le frane per ribaltamento hanno origine solitamente in rocce con superfici di discontinuità subverticali e direzione parallela al pendio (fig. 24). Esistono diversi tipi di ribaltamento secondo il comportamento meccanico della roccia e delle superfici di discontinuità da cui è costituito l'ammasso.

Il **ribaltamento per flessione** si sviluppa in ammassi rocciosi costituiti da materiale non particolarmente rigido come ad esempio in litotipi filladici, scistosi, argillitici, con fitte superfici di discontinuità.

Il **ribaltamento a blocchi** si sviluppa in ammassi rocciosi a comportamento rigido quali ad esempio calcari, basalti e rocce intrusive, dove le superfici di discontinuità si sviluppano con spaziature variabili dell'ordine dei decimetri. I sistemi di discontinuità presenti, oltre a quello subverticale e parallelo al pendio, sono un set di discontinuità immergente all'interno del versante che svincola lateralmente il blocco e un set che immerge verso l'esterno del pendio e che forma la base del blocco.

Il **ribaltamento misto** a blocchi e per flessione si sviluppa in rocce a comportamento intermedio tra quelle precedentemente citate o formate dall'alternanza di strati a diverso comportamento (rigido e duttile).

Il **ribaltamento a chevron** è un ribaltamento a blocchi nel quale si forma, in seguito a deformazioni di taglio, una superficie di scorrimento piuttosto netta che produce un cambiamento di inclinazione della discontinuità che si trova al di sopra della superficie di scorrimento (i blocchi si flettono a frangipoggio sopra la superficie di taglio).

Meccanismo di movimento: Il ribaltamento avviene con la rotazione di una massa di roccia o di detrito verso l'esterno del pendio attorno a un punto o a un asse poiché la proiezione della forza peso (baricentro della massa) cade al di fuori della base del blocco stesso. Il ribaltamento può evolvere in un'altra tipologia di movimento, è spesso associato, infatti, a crolli, scorrimenti e frammentazione delle masse coinvolte (fig. 25).

Caratteristiche della nicchia di distacco: la nicchia di distacco è formata da una superficie subverticale ovvero da una porzione di discontinuità parallela al pendio che svincola le masse a monte. La nicchia è spesso soggetta a fenomeni retrogressivi ovvero la superficie di rottura si estende in direzione opposta a quella di movimento.

Caratteristiche dell'accumulo: l'accumulo si presenta solitamente poco definito. La maggior parte del materiale in frana si arresta, in genere, in prossimità del punto d'impatto principale, solo una certa frazione del volume totale prosegue verso il basso distribuendosi lungo il pendio se il fenomeno evolve in crollo o in scorrimento.

Velocità di movimento: le velocità di movimento sono estremamente variabili, da molto lente a molto rapide, in dipendenza anche della tipologia di movi-

mento (scorrimento o crollo) che segue al movimento principale. Il movimento di ribaltamento solitamente nella fase iniziale è molto lento, le fratture si aprono lentamente prima del collasso vero e proprio.

Materiali: i ribaltamenti avvengono soprattutto in roccia, in alcuni casi possono essere coinvolti in questa tipologia di movimento terreni grossolani.

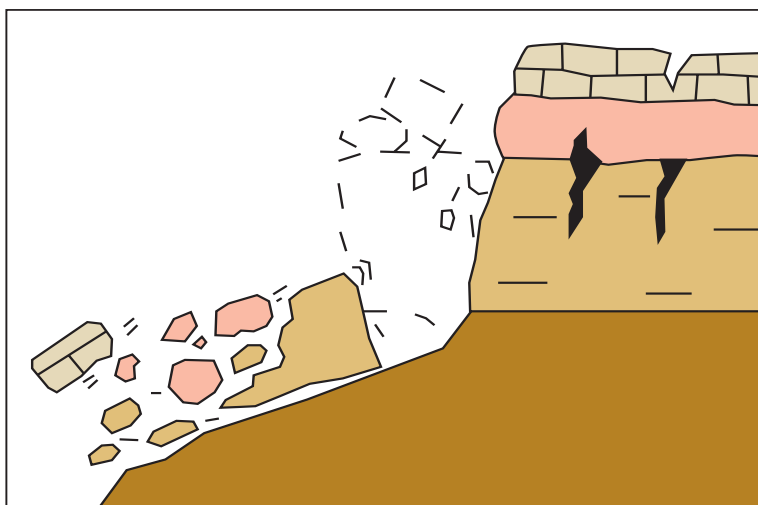
Contenuto d'acqua: le acque generalmente penetrano in profondità nell'accumulo visto i grossi spazi tra i blocchi. Emergenze idriche si possono avere al piede della frana.

Fattori predisponenti: la giacitura della famiglia di discontinuità principale immergente leggermente a reggipoggio e subverticale con una costante spaziatura è il fattore predisponente principale. La presenza di altre famiglie di discontinuità che svincolano i blocchi o di alternanze litologiche di materiali a diversa resistenza favoriscono il fenomeno, così come anche l'erosione al piede, il peso delle colonne o lastre che poggiano le une sulle altre, l'apertura delle fratture.

Fattori scatenanti: i cicli gelo-disgelo fanno sì che l'acqua geli aumentando il volume all'interno delle discontinuità provocandone l'allargamento. I riempimenti argillosi impediscono all'acqua che percola nelle fratture, in seguito a forti piogge, di allontanarsi aumentando la pressione interstiziale, inoltre l'argil-

Fig. 24: ribaltamento.

Fig. 25: Sabbio Chiese (BS), massi staccatisi per ribaltamento dalla parete soprastante, sono scivolati a valle e arrestati in prossimità di un cambio di pendenza. L'evento è avvenuto a seguito del terremoto del 24/11/2004.



la si idrata e aumenta di volume. Le radici degli alberi possono penetrare sempre più profondamente all'interno delle discontinuità e allargarle. Le fratture aperte in profondità a contatto con gli agenti esogeni peggiorano sensibilmente le caratteristiche geotecniche. L'acqua, infatti, penetrando in profondità nelle fratture aperte favorisce l'alterazione superficiale. Sforzi transitori sul terreno, sia di origine naturale come terremoti, frane o vibrazioni indotte da altri fenomeni, che antropici come esplosioni, traffico veicolare di vario genere possono innescare l'evento.

Segni precursori: presenza di nuovi frammenti litici al piede del versante, allargamento delle discontinuità presenti nell'ammasso roccioso, cedimenti differenziali dei blocchi, emergenze idriche più o meno diffuse alla base della parete che potrebbero indicare la continuità delle fratture nell'ammasso roccioso.

Opere di difesa possibili: attive e passive.

Le opere di difesa attive hanno la funzione di impedi-

re la rotazione di lastre o di blocchi dalla parete rocciosa evitando di conseguenza il distacco e il rotolamento degli stessi (fig. 26). Le opere di difesa attive comprendono:

- interventi che migliorano le caratteristiche di resistenza meccanica degli ammassi rocciosi con l'utilizzo di tiranti d'ancoraggio, chiodi, bulloni, funi, rivestimenti con rete in aderenza, spritz beton;
- interventi che riducono l'alterazione e l'erosione dell'ammasso attraverso reti in aderenza, geosintetici, intasamento delle fratture aperte;
- interventi di drenaggio ovvero la sigillatura delle fratture;
- disaggio di parti instabili direttamente in parete.

Le opere di difesa passive non agiscono direttamente, ma indirettamente rallentando, ostacolando e deviando le masse in movimento. Comprendono:

- barriere paramassi rigide e elastoplastiche, tra i quali si possono comprendere anche muri gabbionate, terre armate ecc.;
- risagomatura dei versanti con valli e rilevati;
- gallerie paramassi a protezione di infrastrutture viarie.

Il monitoraggio effettuabile su tali fenomeni è molto simile a quello utilizzabile per i crolli, può quindi essere effettuato sui singoli blocchi instabili o messo in opera lungo i versanti sottoposti al transito dei blocchi stessi. Gli strumenti utilizzati possono essere distometri, estensimetri, gps, ecc., eventualmente abbinati a strumenti di allerta acustica.

Distribuzione regionale del fenomeno: in Lombardia le zone dove si riconoscono fenomeni di ribaltamento sono poche, anche a causa della difficoltà oggettiva di associare la specifica tipologia ai fenomeni cartografati. Essi sono infatti, difficilmente distinguibili dai crolli nella fase di fotointerpretazione e anche sul terreno, a evento avvenuto, non sempre è facile associare il fenomeno alla tipologia corretta (fig. 27).



Fig. 26: Sabbio Chiese (BS), rete in aderenza su ammasso roccioso frantumato. Si possono osservare le fratture aperte e i sistemi di discontinuità leggermente piegati.



Fig. 27: Villa d'Ogna (BG), ribaltamento di una porzione di una bancatura conglomeratica. L'evento è avvenuto il 20/11/1990 e ha causato il danneggiamento di 2 capannoni e di alcune attrezzature agricole.

Di seguito viene riportato un esempio di scheda di censimento, inerente la tipologia franosa in oggetto, compilata secondo lo schema IFFI.

■ **Generalità:**

Provincia: Brescia;

Comune: Sabbio Chiese;

CTR: D5e3;

Scala: 1:10.000;

■ **Classificazione evento franoso:**

Movimento: ribaltamento;

Materiale: roccia;

Velocità: estremamente rapida;

Contenuto d'acqua: secco;

■ **Attività:**

Stato: attivo;

Distribuzione: multidirezionale;

Stile: complesso;

■ **Data evento principale:** 25/11/2004;

■ **Descrizione del fenomeno:** diffusi ribaltamenti e crolli in seguito al sisma del 24/11/2004. E' stata emessa ordinanza di sgombero di alcuni edifici e di chiusura della strada comunale di accesso. Sono state evacuate 15 persone;

■ **Geologia e caratteristiche geomorfologiche:** l'evento si è sviluppato in rocce calcaree e dolomitiche (Formazione di "Corna");

■ **Uso del suolo:** aree urbanizzate;

■ **Cause:** sisma del 24/11/2004, superfici di taglio preesistenti;

■ **Danni:** corso d'acqua, edifici isolati/case sparse, strade, terreno agricolo;

■ **Segni precursori:** crolli localizzati;

■ **Interventi di sistemazione, monitoraggio:** reti aderenza, disaggancio;

■ **Stato conoscenze:** relazione di sopralluogo.

SCIVOLAMENTO ROTAZIONALE

Lo **scivolamento rotazionale** può avvenire lungo una precisa superficie di rottura o lungo una zona di spessore limitato sottoposta a intense deformazioni di taglio (fig. 28). La superficie di scorrimento è concava e in sezione longitudinale può avere forma circolare, arcuata o ellittica. Il materiale nel quale si sviluppano superfici rotazionali è assimilabile a un mezzo continuo, isotropo, intensamente fratturato, nel quale le discontinuità (intese anche come superfici di strato) sono ben distribuite. La superficie di scorrimento si sviluppa in parte sulle discontinuità esistenti e in parte su piani di rottura di neoformazione. A seconda della posizione di emersione della superficie di scorrimento rispetto al versante si possono distinguere rotture circolari di pendio (la superficie emerge lungo il pendio), di piede (la superficie emerge alla base del pendio), di base (la superficie emerge oltre il pendio stesso). Questa tipologia di frana coinvolge in genere versanti di media o modesta inclinazione (fig. 29). Le dimensioni di questi fenomeni sono estremamente variabili da poche centinaia di

metri quadri a diversi ettari. Anche la profondità della superficie di scorrimento è variabile da pochi a decine di metri. Convenzionalmente 2 m è il limite di distinzione tra fenomeni superficiali e profondi (Regione Lombardia, 2000).

Meccanismo di movimento: generalmente il movimento si sviluppa lungo una superficie di rottura (fig. 30), ma si possono avere dei casi in cui si hanno diverse superfici nella parte alta del fenomeno franoso (scarpate secondarie) che convergono verso il piede lungo la stessa superficie di scorrimento (scorrimento listrico) (fig. 31). Il movimento, in quest'ultimo caso, avviene in modo progressivo ovvero la rottura avviene per stadi successivi. La massa in movimento può subire deformazioni interne contenute oppure può suddividersi in blocchi a causa della formazione di nuove o preesistenti fratture trasversali alla massa stessa (fig. 32, 33, 34). La massa dislocata in blocchi tende a ruotare verso monte generando delle contropendenze (fig. 35). Nella parte bassa, al piede della frana, il materiale è molto disarticolato. Le frane rotazionali sono frane piuttosto lente, spesso riattivabili, dove la massa in movimento non percorre solitamente grandi distanze.

Caratteristiche della nicchia di distacco: la nicchia di distacco ha forma arcuata o semicircolare, è costituita da una superficie molto inclinata, spesso subverticale, con la concavità verso valle (fig. 36). La pendenza della superficie di distacco tende a diminuire progressivamente dalla zona di nicchia a quella di accumulo. L'evoluzione di questi fenomeni generalmente avviene per arretramento della nicchia di distacco in seguito alla formazione di nuove fratture che si allargano progressivamente nel tempo e isolano porzioni che collassano. La formazione di nuove fratture è legata essenzialmente alla rimozione del vincolo laterale del materiale e al successivo stato tensionale indotto. Sovente l'allargamento della scarpata principale avviene anche sui fianchi.

Fig. 28: scorrimento rotazionale.

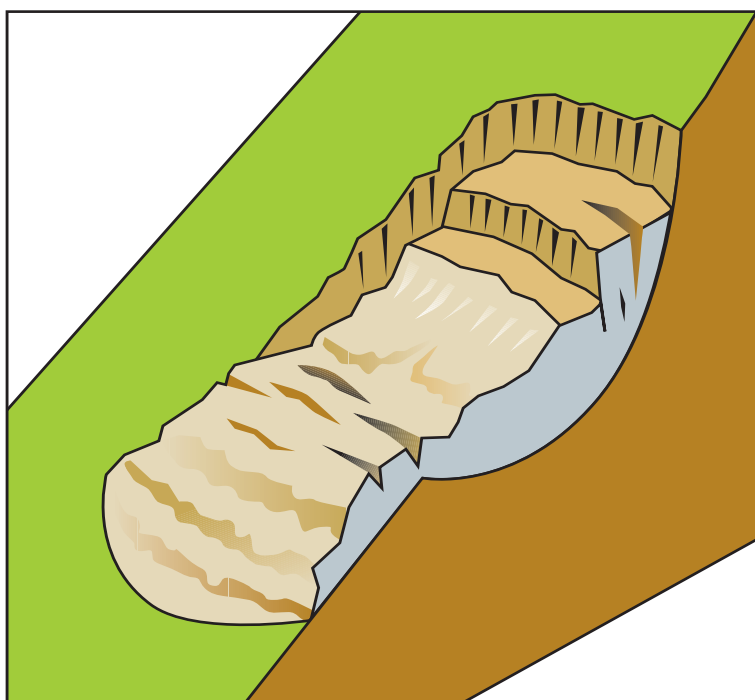




Fig. 29: Brembilla (BG), scivolamento rotazionale, novembre 2002. L'evento ha causato la distruzione dell'abitato della località Camorone.

Fig. 30 (colonna a destra): Brembilla (BG), superficie di scivolamento subverticale.

Fig. 31 (sotto): Monno (BS), nicchia di distacco con caratteristiche superficie multiple in retrogressione. La frana è avvenuta in seguito agli eventi alluvionali del novembre 2000.





Caratteristiche dell'accumulo: l'accumulo si presenta generalmente con forma convessa, lobata e piuttosto irregolare, con rigonfiamenti e accavallamenti, a causa del movimento subito (fig. 37, 38, 39). La superficie dell'accumulo non è molto inclinata anzi, le pendenze sono spesso inferiori rispetto ai versanti circostanti (fig. 48). Il materiale formante l'accumulo solitamente si spinge oltre il piede della superficie di scorrimento e si espande lateralmente venendo a mancare i vincoli laterali. Solitamente la struttura interna è simile a quella originale anche se è maggiore il grado di fratturazione e disarticolazione. Spesso all'interno dell'accumulo o al piede dello stesso si



Fig. 32, 33, 34: Capriolo (BS), particolari dello scorrimento avvenuto il 7 maggio 2004. Nella foto in alto si osservano i blocchi ruotati, nelle foto in basso le fratture aperte. La superficie di scivolamento è situata a circa 15-20 m di profondità. I blocchi hanno subito uno spostamento verticale di circa 4-5 m e orizzontale di circa 1-10 m.



Fig. 35: Capriolo (BS), particolare dei blocchi ruotati e ribaltati a formare delle vere e proprie contropendenze. La frana è avvenuta il 7 maggio 2004 a causa delle intense precipitazioni. Si tratta di una frana in roccia che coinvolge circa 165.000-200.000 m³ di materiale. I litotipi coinvolti sono, nella parte superiore, le Arenarie di Sarnico, in quella inferiore, marne argillose (Sass de la Luna).



Fig. 36: Valrezzo (CO), particolare della nicchia e della parte sommitale dell'accumulo della frana. La frana, di dimensioni di circa 60-70 m², in depositi morenici, è avvenuta a seguito degli eventi alluvionali del novembre 2002.

Fig. 37: Brembilla (BG), evidenze di movimento nella parte centrale del corpo in frana. Si notano le crepacciature e i rigonfiamenti del materiale. La frana è avvenuta nel novembre 2002.

Fig. 38: località Valcamoggia, Airuno (LC), scorrimento-colata in terra avvenuto il 27/11/2002.



hanno venute d'acqua più o meno cospicue a causa della presenza di fratture e per contatto con litotipi impermeabili. Le sorgenti sono quindi di contatto a causa di alternanze litologiche con rocce a diversa permeabilità e litologia oppure sono topografiche quando la superficie della falda acquifera interseca quella topografica.

Velocità di movimento: le velocità di movimento sono variabili, solitamente si tratta di movimenti lenti. La vegetazione presente sul corpo di frana spesso rimane in posizione di vita. Se il contenuto d'acqua e le pendenze sono elevate il fenomeno che si sviluppa in terreni sciolti può evolvere in colata.

Materiali: frane di questo tipo si sviluppano soprattutto in terreni e in coperture detritiche di varia genesi e in rocce deboli (fig. 41).

Contenuto d'acqua: le emergenze idriche si possono avere nell'accumulo di frana a causa di alternanze litologiche con rocce a diversa permeabilità e litologia oppure quando la superficie della falda acquifera interseca quella topografica (fig. 42).

Fattori predisponenti: sono essenzialmente legati alle caratteristiche geologiche e fisico-meccaniche del materiale, alla presenza di numerose famiglie di discontinuità, alle alternanze di litotipi. Altri fattori possono essere l'erosione al piede di un versante ad opera di un corso d'acqua, gli eccessivi sbancamenti lungo il pendio, il disboscamento, i sovraccarichi, i cambiamenti nel deflusso idrico superficiale, le forti escursioni termiche.

Fattori scatenanti: variazioni talora improvvise dello stato chimico-fisico del materiale a seguito di intense e/o prolungate precipitazioni meteoriche che fanno diminuire la coesione e l'angolo d'attrito nei terreni, sismi, esplosioni, cicli di gelo-disgelo.

Segni precursori: si può avere la comparsa di nuove fessure e l'allargamento di fratture preesistenti, più o meno continue e concentrate, soprattutto nella parte superiore del versante. Nelle parti medie ed inferiori del pendio si osservano rigonfiamenti e cedimenti del terreno, associati talora alla comparsa di emergenze idriche intermittenti (fig. 43). I manufatti possono mostrare fessurazioni, le piante possono mostrare una progressiva, lenta, inclinazione o traslazione verso valle.

Opere di difesa possibili: vengono valutate caso per caso in base alle dimensioni e alla velocità del fenomeno. In generale si hanno:



Fig. 39: Santa Maria Hoè (LC), particolare dell'accumulo dello scioglimento in terra avvenuto in seguito alle piogge del novembre 2002.



Fig. 40 (sotto): Oliveto Lario (LC), particolare dell'accumulo di frana avvenuta in seguito all'alluvione del novembre 2002.



Fig. 41 (colonna sinistra in alto): Civate (LC), dissesto avvenuto il 18/11/1996 in terreni di copertura. Il fenomeno si è verificato a seguito di forti piogge che hanno saturato i terreni di riporto soprastanti l'abitazione.



Fig. 42: Monno (BS), caratteristiche venute d'acqua nella nicchia di frana. L'evento è avvenuto in seguito alle piogge del novembre 2000.



Fig. 43: Capizzone (BG), lenta e progressiva apertura di una serie di fratture di trazione, novembre 2002. I litotipi affioranti sono appartenenti alle Argilliti di Riva di Solto. L'evoluzione del fenomeno ha portato alla distruzione di alcuni edifici.



Fig. 44: Capizzone (BG), la frana del novembre 2002 ha provocato la distruzione di numerosi edifici e della sede stradale.

■ opere per il controllo dell'erosione superficiale. Comprendono rivestimenti antierosivi biodegradabili e sintetici, inerbimenti. Sono usati soprattutto come opere di difesa dall'erosione superficiale e dalle frane dei versanti. Svolgono un'azione protettiva e consolidante impedendo il dilavamento del terreno e favorendone la stabilizzazione. In genere sono posti direttamente sull'area da stabilizzare. A monte e sulla zona di distacco di una frana vengono spesso posti dei teli impermeabili per favorire l'allontanamento delle acque superficiali (fig. 46).

■ opere di stabilizzazione superficiale. Sono prevalentemente opere di ingegneria naturalistica che

consentono di stabilizzare e consolidare fenomeni franosi superficiali. Tale categoria comprende piantumazioni, fascinate, viminate, palizzate, palificate, grate, gradonature di versante ecc.. Le piante utilizzate in questi interventi impediscono l'erosione, rinforzano il terreno con l'apparato radicale e hanno un'alta capacità di regimazione idrologica. Se si prevede il collasso del movimento franoso le coperture arboree vengono tagliate e asportate dalla zona in frana per alleggerire il versante.

■ opere di sostegno. Sono opere utilizzate per sostenere e contenere terreno o altro materiale. Alcune tipologie di opere si contrappongono agli assestamenti e ai cedimenti del terreno che avvengono a tergo opponendosi col proprio peso. Per queste ragioni vengono costruite alla base del versante in frana. In particolare si tratta di muri, gabbionate, scogliere, terre armate. I tiranti di ancoraggio (opere di difesa attive) vengono usati sia nella zona di nicchia che nella zona di accumulo spesso associati ad altre strutture di sostegno quali muri o pali. Il loro utilizzo aumenta le forze di resistenza al taglio del materiale. I pali e i micropali, solitamente usati assieme a opere di sostegno, conferiscono al materiale in frana maggior stabilità, l'utilizzo è comunque limitato a fenomeni di ridotta dimensione areale o a casi particolari, sia nella zona di nicchia che di accumulo. Fondamentale è che siano più profondi della superficie di scivolamento del movimento franoso.

■ opere di drenaggio. Sono opere fondamentali negli interventi di stabilizzazione e consolidamento dei versanti in frana (fig. 47). I drenaggi superficiali sono eseguiti immediatamente dopo il verificarsi di

Fig. 45: Camorone, Brembilla (BG), scorrimento rotazionale. L'evento del novembre 2002 ha provocato la distruzione di numerosi edifici.



un evento per allontanare le acque superficiali e stagnanti dall'area in frana. Si tratta di canalette, fossi di guardia, dreni intercettori, riprofilatura del versante, sigillatura ed impermeabilizzazione di fessure aperte. A monte della nicchia di distacco vengono realizzati i fossi di guardia. I dreni intercettori vengono realizzati tra la nicchia di distacco e i fossi di guardia. Entrambi sono costruiti parallelamente alle curve di livello. I drenaggi profondi hanno carattere definitivo e svolgono un'azione di stabilizzazione duratura. I drenaggi più comunemente usati sono: cuneo filtrante, dreni sub-orizzontali, trincee drenanti, speroni drenanti, paratie drenanti, pozzi drenanti e gallerie drenanti.

La tipologia di strumentazione di monitoraggio che può essere messa in posto in fenomeni di scorrimento dipende dalle caratteristiche evolutive temporali e spaziali dello stesso e dalla profondità della superficie di scorrimento. Generalmente gli strumenti utilizzati possono essere inclinometri, estensimetri, mire ottiche, GPS, piezometri ecc..

Distribuzione regionale del fenomeno: la distribuzione di questi fenomeni all'interno del territorio della Regione Lombardia risulta piuttosto omogenea. Numerosi sono i fenomeni di scorrimento rotazionale, sia in terreno che in roccia che hanno creato situazioni di pericolo (fig. 44, 45). Le province con il maggior numero di frane di scorrimento rotazionale sono Brescia, Sondrio, Bergamo, Pavia, Como e Lecco.

Di seguito viene riportato un esempio di scheda di censimento, inerente la tipologia franosa in oggetto, compilata secondo lo standard IFFI.

■ Generalità:

Provincia: Bergamo;

Comune: Brembilla;

CTR: C4b5;

Scala: 1:10.000;

■ Morfometria frana:

Quota corona (m): 600;

Quota unghia (m): 360;

Lunghezza orizzontale L_o (m): 700;

Dislivello H (m): 240;

Pendenza β (°): 21;

Azimut movimento (°): 240;

Area totale A (mq): 78.000;

Larghezza L_a (m): 150;

Volume massa spostata V_f (mc): 1.500.000;

Profondità superficie di scivolamento D_r (m): 30;

■ Classificazione evento franoso:

Movimento: scorrimento rotazionale;

Materiale: roccia;

Velocità: rapida;

Contenuto d'acqua: molto bagnato;

■ Attività:

Stato: quiescente;

Distribuzione: costante;

Stile: singolo;

Data evento principale: 27/11/2002;



■ **Descrizione del fenomeno:** negli anni '60 era stata segnalata la presenza di una frattura nella parte alta del versante. La frana ha provocato un grave danno a numerosi edifici e infrastrutture di servizio, non ci sono state vittime;

■ **Geologia e caratteristiche geomorfologiche:** l'evento è avvenuto principalmente nella Formazione di Argillite di Riva di Solto. La formazione ha scadenti proprietà geotecniche e si presenta con una struttura molto fratturata e con spaziatura delle discontinuità molto fitta;

■ Idrologia:

Sorgenti: diffuse;

Falda: freatica;

■ **Segni precursori:** scomparsa corsi d'acqua, crolli localizzati, rigonfiamenti, cedimenti, lesioni dei manufatti;

■ **Cause:** materiale debole, precipitazioni eccezionali prolungate, superfici di taglio preesistenti;

■ **Danni:** nuclei/centri abitati, corso d'acqua, terreno agricolo, infrastrutture di servizio, strade;

■ **Interventi di sistemazione, monitoraggio:** riprofilatura, gradonatura, trincee drenanti, dreni suborizzontali, rilevati paramassi, trincee paramassi, muri, demolizioni, evacuazione;

■ **Documentazione:** sopralluoghi.

Fig. 46: Carenno (LC), sistemazione con teli impermeabili di uno scivolamento planare avvenuto nell'agosto 2000.

Fig. 47: Capriolo (BS), sistemazione della frana del 7 maggio 2004. L'opera consiste in un rilevato-vallo con un sistema di drenaggi a protezione dell'abitato.

SCIVOLAMENTO TRASLATIVO

Lo **scivolamento traslativo** avviene lungo una ben precisa superficie di rottura o lungo una zona di spessore limitato sottoposta a intense deformazioni di taglio. La superficie di scorrimento è piana o debolmente ondulata (fig. 48). Il materiale nel quale si sviluppano superfici planari è assimilabile a un mezzo discontinuo dove sono presenti solo poche fratture. La superficie di scorrimento si sviluppa su una o più discontinuità preesistenti, soprattutto se il mezzo ha resistenza elevata, infatti, le discontinuità rappresentano le superfici di maggior debolezza del materiale. Le discontinuità hanno inclinazione uguale o minore di quella del versante. La posizione di emersione della superficie di scorrimento rispetto al versante è variabile. Questa tipologia di frana coinvolge in genere versanti di media o modesta inclinazione. Le dimensioni di questi fenomeni sono estremamente

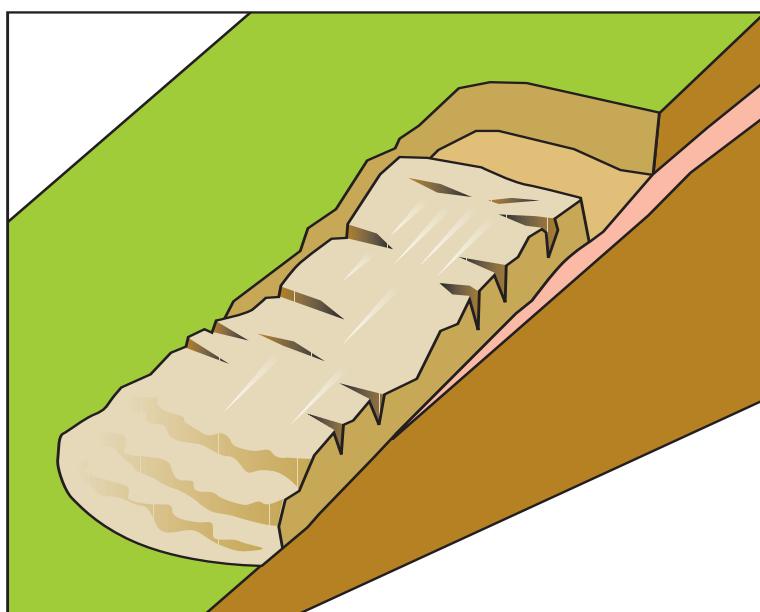


Fig. 48: scivolamento traslativo.

Fig. 49: Collio (BS), parte alta della frana con numerosi blocchi in equilibrio precario e una frattura aperta che isola un blocco di circa 10 m³. Lo scivolamento a cuneo è avvenuto il 4/06/2002 e ha coinvolto il materiale arenaceo e conglomeratico del Verrucano Lombardo.



variabili da poche centinaia di metri quadri a diversi ettari. Anche la profondità della superficie di scorrimento è variabile da pochi metri a decine di metri. Convenzionalmente, come per gli scivolamenti rotazionali, 2 m è il limite di distinzione tra fenomeni superficiali e profondi (Regione Lombardia, 2000). E' un fenomeno riscontrabile spesso nelle zone di flysch (scisti, arenarie, argille, calcari), scisti marnosi o calcarei.

Si distinguono vari tipi di scivolamenti traslativi in base alla forma della massa in movimento.

Lo **scivolamento a blocco o planare** avviene quando una porzione di terreno o roccia si muove lungo una sola discontinuità.

Lo **scivolamento a cuneo** si realizza quando due discontinuità si intersecano e isolano una porzione cuneiforme di roccia. Il movimento avviene lungo la linea di intersezione.

Lo **scivolamento a gradini** avviene quando due discontinuità, con la stessa direzione ma inclinazione molto diversa, isolano un corpo lungo una superficie a gradini.

Meccanismo di movimento: il fenomeno avviene per traslazione lungo un piano. Il materiale continua a scivolare finché la superficie di scorrimento si mantiene sufficientemente inclinata, se la velocità della massa in movimento aumenta questa tende a suddividersi ulteriormente e il movimento può evolvere in colata. Affinché si sviluppi questo tipo di movimento la massa è svincolata dal pendio retrostante mediante fessure di trazione subverticali. La traslazione delle masse può essere anche di centinaia di metri.

Caratteristiche della nicchia di distacco: la nicchia di distacco si presenta, in genere, subverticale (fig. 49). La forma è variabile secondo il tipo specifico di scivolamento cui è sottoposta la massa. Se le superfici di scivolamento sono più di una, la forma della nicchia diventa irregolare, così pure se le veloci-

tà e le direzioni dei blocchi che si mobilitano sono diverse.

Caratteristiche dell'accumulo: l'accumulo è formato dai blocchi scivolati a valle. Se il movimento è lento la struttura interna del materiale in movimento risulta essere poco alterata, se il movimento avviene velocemente la disposizione dei blocchi nell'accumulo è caotica (fig. 50). Se il movimento è prevalentemente in terreno l'accumulo si presenta disarticolato con locali ondulazioni e contropendenze.

Velocità di movimento: le velocità di movimento sono estremamente variabili. Nel caso di grosse frane i movimenti sono lenti, nel caso di frane di dimensioni contenute le velocità aumentano e possono essere molto elevate.

Materiali: sono fenomeni molto comuni sia nei terreni che in roccia. In genere si hanno scivolamenti della coltre superficiale lungo il substrato roccioso non alterato o scivolamenti di masse rocciose lungo discontinuità che possono essere piani di strato, di faglia o di frattura.

Contenuto d'acqua: emergenze più o meno diffuse si hanno a causa di alternanze litologiche con rocce a diversa permeabilità e litologia, al contatto tra copertura e substrato oppure quando la superficie della falda acquifera interseca quella topografica. Venute d'acqua possono esserci anche nella nicchia di distacco in corrispondenza di alternanze litologiche e quando la falda viene a giorno.

Fattori predisponenti: i fattori predisponenti lo sviluppo del fenomeno franoso sono le diverse famiglie di discontinuità presenti che disarticolano la massa. La discontinuità principale (frattura, faglia, piano di strato) deve avere giacitura a franapoggio rispetto al pendio, le discontinuità secondarie devono rappresentare dei piani di svincolo laterale e una terza famiglia, perpendicolare alle precedenti, fornisce

il piano di svincolo posteriore (fessura di trazione). Il piano di scorrimento deve emergere lungo il versante, quindi l'inclinazione della superficie di scivolamento deve essere minore dell'inclinazione del pendio. Inoltre, l'inclinazione della superficie di scivolamento deve essere maggiore dell'angolo d'attrito del piano di scivolamento stesso. La presenza di livelli argillosi all'interno delle discontinuità o lungo il possibile piano di scorrimento, favorisce il fenomeno a causa dell'alterazione e del rigonfiamento che questi livelli subiscono in seguito a imbibizione. Altri fattori predisponenti sono la rimozione del supporto laterale, l'allargamento e l'approfondimento delle fessure di trazione a causa di cicli gelo-disgelo, la risalita dell'acqua all'interno delle fessure di trazione.

Fattori scatenanti: i fattori scatenanti sono rappresentati dalle forti precipitazioni che fanno aumentare la pressione interstiziale all'interno delle fessure di trazione, dai sismi e da vibrazioni.

Segni precursori: si può avere la comparsa di nuove fessure di trazione e l'allargamento di fratture preesistenti soprattutto nella parte superiore del versante. Nelle parti medie ed inferiori del pendio, se la frana è in terreno, si osservano rigonfiamenti e cedimenti dello stesso, associati talora alla comparsa di emergenze idriche intermittenti. I manufatti possono mostrare fessurazioni e le piante possono mostrare una progressiva, lenta, inclinazione o traslazione verso valle.

Opere di difesa possibili: come per gli scivolamenti rotazionali vengono valutate caso per caso in base alle dimensioni e alla velocità del fenomeno. Sono costituite da:

■ opere per il controllo dell'erosione superficiale. Tale categoria comprende rivestimenti antierosivi biodegradabili e sintetici, inerbimenti. Vengono usati soprattutto come opere di difesa dall'erosione super-



Fig. 50: Collio (BS), accumulo della frana del 4/06/2002. Il volume complessivo di materiale coinvolto nell'evento è di circa 2000-3000 m³ il volume totale dell'accumulo di circa 1000-1500 m³.

ficiale e dalle frane su versante. Svolgono un'azione protettiva e consolidante impedendo il dilavamento del terreno e favorendone la stabilizzazione. In genere vengono posti direttamente sull'area da stabilizzare. A monte e sulla zona di distacco di una frana vengono spesso posti dei teli impermeabili per favorire l'allontanamento delle acque superficiali e per evitare che l'acqua si infiltri nelle fessure di trazione.

■ opere di stabilizzazione superficiale. Sono prevalentemente opere di ingegneria naturalistica che consentono di stabilizzare e consolidare fenomeni franosi piuttosto superficiali. Tale categoria comprende piantumazioni, fascinate, viminate, palizzate, palificate, grate, gradonature di versante ecc..

■ opere di sostegno. Sono opere utilizzate per sostenere e contenere terreno o altro materiale. Alcune tipologie di opere si contrappongono agli assestamenti e ai cedimenti del terreno che avvengono a tergo opponendosi col proprio peso. Per queste ragioni vengono costruite alla base del versante in frana. In particolare si tratta di muri, gabbionate, scogliere, terre armate.

■ opere di drenaggio. Sono opere fondamentali negli interventi di stabilizzazione e consolidamento dei versanti in frana. I drenaggi superficiali sono eseguiti immediatamente dopo il verificarsi di un evento per allontanare le acque superficiali e stagnanti dall'area in frana. Si tratta di canalette, fossi di guardia, dreni intercettori, riprofilatura del versante, sigillatura ed impermeabilizzazione di fessure aperte. A monte della nicchia di distacco vengono realizzati i fossi di guardia. I dreni intercettori vengono realizzati all'interno del corpo di frana e sono costruiti parallelamente alle curve di livello. I drenaggi profondi hanno carattere definitivo e svolgono un'azione di stabilizzazione duratura. I drenaggi più comunemente usati sono: dreni sub-orizzontali, trincee drenanti, pozzi drenanti e gallerie drenanti.

■ opere "speciali". Importanti sono le sigillature delle fessure con speciali miscele per evitare l'infiltrazione dell'acqua.

Come per gli scorrimenti rotazionali la tipologia di strumentazione di monitoraggio che può essere messa in posto dipende dalle caratteristiche evolutive temporali e spaziali dello stesso e dalla profondità della superficie di scorrimento. Gli strumenti generalmente utilizzati sono inclinometri, estensimetri, mire ottiche, GPS, piezometri ecc..

Distribuzione regionale del fenomeno: gli scivolamenti traslazionali si verificano con frequenza minore rispetto a quelli rotazionali nell'ambito del territorio della Regione Lombardia. Esempi particolari sono lo scivolamento a cuneo di Collio (BS) e nei pressi del Dosso della Fornace, Bormio (SO). Altri esempi di scivolamenti traslazionali poco profondi interessano la coltre colluviale delle marne di Monte Piano e la Formazione di Ranzano e di Antognola nelle zone dell'Oltrepò pavese.

Di seguito viene riportato un esempio di scheda di censimento, inerente la tipologia franosa in oggetto, compilata secondo lo standard IFFI.

■ Generalità:

Provincia: Brescia;

Comune: Collio;

CTR: D4d5;

Scala: 1:10.000;

■ Morfometria frana:

Volume massa spostata V_f (mc): 2000-3000;

■ Classificazione evento franoso:

Movimento: scivolamento a cuneo;

Materiale: roccia;

Contenuto d'acqua: asciutto;

■ Attività:

Stato: quiescente;

Distribuzione: confinato;

Stile: singolo;

Data evento principale: 4/6/2002;

Descrizione del fenomeno: scivolamento a cuneo in roccia delimitato da 3 sistemi di fratture: il primo orientato in direzione 340°-160° (K1), subverticale, il secondo immergente a nord di 85°-90° (K2), e il terzo, che rappresenta la superficie di scivolamento, immergente a 160°, con inclinazione di 20°-30° (K3). La superficie di dislocazione K1 si è sviluppata lungo una fascia cataclastica di circa 1 metro di spessore; la superficie di scivolamento K3, emerge in pratica lungo l'ex strada statale;

Geologia e caratteristiche geomorfologiche: la frana si è sviluppata in arenarie e conglomerati fini del Verrucano Lombardo;

Cause: materiale fratturato, scavi;

Danni: interruzione della strada e conseguente isolamento dell'abitato di Collio;

Interventi di sistemazione, monitoraggio: disaggio, riprofilatura del versante;

Stato delle conoscenze: sopralluogo.

ESPANSIONE

Si tratta di movimenti dove lo spostamento della massa rocciosa o di terreno coesivo avviene prevalentemente in senso orizzontale lungo fratture di trazione o di taglio (fig. 51). Si manifestano in particolari condizioni morfostrutturali in cui è presente una sovrapposizione fra materiali ad elevato contrasto di competenza che danno luogo a deformazioni differenziali. Le deformazioni avvengono anche su pendenze molto basse e sono evidenziate dalla disarticolazione e suddivisione in blocchi della roccia sovrastante che subisce anche cedimenti. Questi tipi di movimento possono verificarsi anche in terreni con diverso grado di consolidazione. Sulla superficie di scorrimento i fenomeni di taglio sono poco influenti. Si distinguono: **espandimenti a blocchi** ed **espandimenti per liquefazione**.

Gli **espandimenti a blocchi** si formano quando uno spesso strato di roccia giace sopra materiale meccanicamente più debole. Il movimento è prevalentemente di estensione, ma non è riconoscibile una superficie basale ben definita. E' frequente in rocce competenti che tendono a fratturarsi in blocchi di dimensioni variabili. Il materiale più debole sottostante può venire spinto nelle fratture verso l'alto.

Gli **espandimenti per liquefazione** si formano in limi e argille poco consolidate che perdono l'originaria resistenza, in seguito a sollecitazioni esterne indotte ad esempio da sismi, diventando plastiche o liquefacendosi. Se il materiale plastico ha elevato spessore i blocchi sovrastanti possono sprofondare formando dei graben. Questi fenomeni possono avvenire anche in sabbie sature che, in seguito a sollecitazioni sismiche che scuotono il terreno, perdono la resistenza al taglio e diventano simili a un fluido.

Meccanismo di movimento: movimento laterale della massa che si muove su materiale più debole prevalentemente per estensione laterale. Negli espandimenti per liquefazione si possono avere anche fenomeni di subsidenza, traslazione e rotazione. A seguito di questi fenomeni spesso si sviluppano crolli e ribaltamenti di parti di materiale lapideo con ci-

nematica anche molto rapida.

Caratteristiche della nicchia di distacco: una nicchia di distacco vera e propria non è sempre presente in quanto il fenomeno avviene con movimenti orizzontali di espansione. Dove è presente una superficie di distacco questa si presenta in genere subverticale nei tratti iniziali per proseguire poi orizzontalmente lungo il limite tra litologie a diversa competenza. Spesso sono visibili nel terreno fessure o fratture di tensione che corrono perpendicolarmente alla direzione del movimento franoso, nella zona di nicchia e nella zona di coronamento, dove possono essere anche ricurve.

Caratteristiche dell'accumulo: l'accumulo si presenta in genere disarticolato e smembrato. Se il movimento è lento la struttura interna del materiale è poco alterata, esternamente i blocchi e le zolle di terreno sono traslati, ruotati e formano delle ondulazioni e contropendenze. Se il movimento avviene velocemente la struttura interna è disarticolata e in superficie l'accumulo si presenta caotico.

Velocità di movimento: la velocità è molto variabile, negli espandimenti a blocchi le velocità di espansione sono molto lente, negli espandimenti per liquefazione il movimento, una volta innescato, può evolvere in modo molto rapido. Gli spostamenti orizzontali possono arrivare a molti metri con piccoli assestamenti associati.

Materiali: il fenomeno può svilupparsi sia in roccia che in terreni coesivi.

Contenuto d'acqua: venute d'acqua più o meno diffuse si hanno a causa delle alternanze litologiche con rocce a diversa permeabilità e caratteristiche geomeccaniche, oppure quando la superficie della falda acquifera interseca quella topografica. Manifestazioni sorgentizie possono trovarsi anche nella nicchia di distacco in corrispondenza di alternanze litologiche e quando la falda viene a giorno.

Fattori predisponenti: sono essenzialmente legati alle caratteristiche geologiche e fisico-meccaniche del materiale, alle alternanze di litotipi a diversa

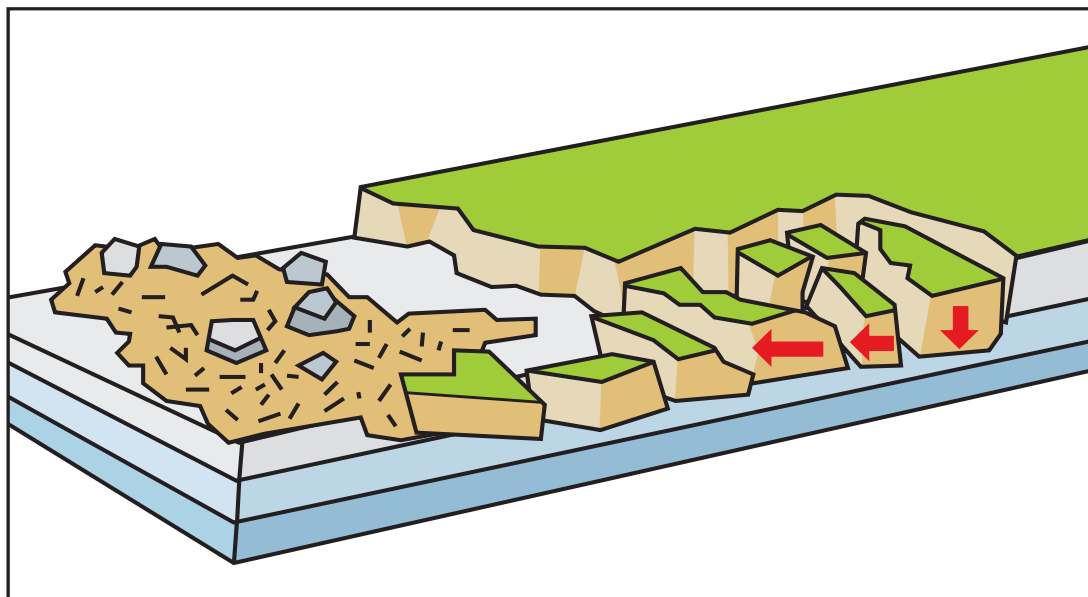


Fig. 51: espansione laterale.

competenza, alla presenza di discontinuità e faglie. Fattori preparatori all'evento possono essere anche l'erosione al piede di un versante ad opera di un corso d'acqua, gli eccessivi sbancamenti lungo il pendio, il disboscamento, i sovraccarichi, i cambiamenti nel deflusso idrico superficiale, le forti escursioni termiche.

Fattori scatenanti: sono l'incremento delle pressioni interstiziali alla base del litotipo a maggiore competenza o l'incremento del carico piezometrico (es. falde sospese) nell'ammasso soprastante. Fattore fondamentale per l'innescò di espansioni per liquefazione sono le scosse sismiche.

Segni precursori: si possono osservare fenomeni di subsidenza, movimenti di masse fluidificate di terreno, cedimenti differenziali, fratturazione della massa competente, lesioni strutturali negli edifici.

Opere di difesa possibili:

■ opere "speciali". L'iniezione di apposite miscele permette di migliorare le caratteristiche geotecniche dei terreni sia coesivi che non coesivi attraverso l'addensamento degli stessi. Tale metodo diventa antieconomico su aree di vaste dimensioni. L'iniezione di miscele può essere fatta in modo preventivo oppure successivamente all'innescarsi del fenomeno franoso. Possono essere usate iniezioni di jet grouting in materiali non coesivi.

■ opere di sostegno. Possono essere muri con caratteristiche diverse, contrafforti, gabbionate, pali di sostegno che vengono utilizzati per contrastare le deformazioni di porzioni limitate della zona, caratterizzata da terreni fini, coinvolta dal movimento franoso.

La costruzione di muri deformabili permette un parziale assorbimento delle deformazioni prodotte.

■ opere di drenaggio. Vengono usati soprattutto i drenaggi profondi che risultano più efficaci in questa tipologia di frana, mentre i drenaggi superficiali servono per allontanare le acque superficiali e stagnanti dall'area in frana. Si tratta di canalette, fossi di guardia, dreni intercettori e in particolare sigillatura ed impermeabilizzazione di fessure aperte. I drenaggi profondi hanno carattere definitivo e svolgono un'azione di stabilizzazione duratura, servono infatti soprattutto per eliminare la pressione dell'acqua nel mezzo "più debole". I drenaggi più comunemente usati sono: dreni sub-orizzontali, pozzi drenanti e gallerie drenanti. Tali opere vengono utilizzate nel materiale meno competente e in presenza di falda acquifera.

La strumentazione di monitoraggio utilizzabile dipende dalle caratteristiche evolutive temporali e spaziali del movimento franoso e dalla profondità della superficie del materiale meno competente. Generalmente sono utilizzati assestimetri, inclinometri, estensimetri, mire ottiche, GPS, piezometri ecc..

Distribuzione regionale del fenomeno: in Lombardia questi fenomeni sono scarsamente rappresentati. Un esempio è situato a Poggio Ferrato nel Comune di Val di Nizza (PV), un altro è situato presso il Monte Cornagiera nel Comune di Aviatice (BG).

Di seguito viene riportato un esempio di scheda di censimento, inerente la tipologia franosa in oggetto, compilata secondo lo standard IFFI.

■ Generalità:

Provincia: Pavia;

Comune: Val di Nizza;

CTR: B9b1, B9b2, B9c1;

Scala: 1:10.000;

■ Morfometria frana:

Area totale A (mq): 25.000.000;

■ Classificazione evento franoso:

Movimento: espansione laterale;

Materiale: roccia;

■ Attività:

Stato: attivo;

■ Descrizione del fenomeno: le fasi tettoniche che hanno interessato la zona hanno creato condizioni favorevoli all'innescò del fenomeno. La placca arenacea è intensamente fratturata, in modo particolare sui margini dove può essere suddivisa in blocchi dai giunti tettonici e dalle fratture, a causa di ciò si hanno ribaltamenti e crolli. A causa del differente comportamento meccanico tra la placca e il substrato, si sviluppano diverse frane complesse nella zona;

■ Geologia e caratteristiche geomorfologiche:

che: nell'espandimento di Poggio Ferrato, una placca arenacea di spessore decametrico, è situata sopra un substrato argilloso-marnoso. Studi di neotettonica evidenziano un sollevamento attivo dell'area (Boni et al. 1981). Studi geologici di dettaglio, (Piccio, 1998) condotti sul margine settentrionale della placca vicino al paese di Poggio Ferrato, hanno dimostrato che la successione - Arenarie di Ranzano, Marne di M.Piano e Complesso Caotico - presenta una struttura ad anticlinale. L'asse dell'anticlinale ha direzione NE-SW con il Complesso Caotico nel nucleo.

Le evidenze geomorfologiche dell'espandimento laterale nell'area di Poggio Ferrato sono rappresentate da:

■ cedimento differenziale e back-tilting dei blocchi arenacei attorno a Poggio Ferrato, con la formazione di scarpate in roccia e contropendenze, associate a movimenti gravitazionali dei blocchi. Il fenomeno è documentato da una fossa apparsa all'inizio del XX secolo che ha dato il nome a una via ("via della Buca");

■ il distacco di blocchi arenacei è documentato da una paleo-scarpata localizzata nelle arenarie di Monte Vallassa nella parte più a Est di Poggio Ferrato;

■ alcuni blocchi arenacei sono fortemente dislocati rispetto alla loro posizione originaria. L'immersione di questi blocchi è in direzione opposta agli strati della placca e gli stessi sono localizzati su una paleofrana;

■ movimenti a grande scala sono localizzati sui bordi della placca come la frana di Poggio Ferrato e la paleofrana. Non c'è correlazione tra le caratteristiche del vecchio corpo di frana e la morfologia dell'area sorgente (massa in eccesso). Il movimento può essere spiegato con lo squeezing out del materiale argil-

loso indotto dal cedimento e basculamento dei blocchi rocciosi (studio Università di Pavia, 2004);

■ **Cause:** fratturazione degli ammassi, contrasto di competenza tra le 2 formazioni, inclinazione del pendio e processi erosivi quali sollevamento tettonico ed erosione fluviale;

■ **Danni:** indiretti, sono le frane probabilmente associate a questo fenomeno che direttamente causano danni a edifici e strade;

■ **Interventi di sistemazione, monitoraggio:** gli interventi di sistemazione sono indiretti. Negli edifici sono stati installati dei fessurimetri. Nella frana attiva nel Complesso Caotico, sotto il paese di Poggio Ferrato, sono stati installati piezometri e condotti diversi studi geologici, inoltre sono stati installati dei pozzi drenanti;

■ **Documentazione:** Convenzione tra Regione Lombardia - Direzione Generale Territorio ed Urbanistica e il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Pavia per attività di elaborazione ed interpretazione geologica ed idrogeologica dei dati radar PS per l'area dell'Oltrepò Pavese in Provincia di Pavia (2004).

COLAMENTO LENTO

È un fenomeno che si manifesta diffusamente soprattutto in zone costituite da depositi argillosi e sabbiosi o da materiali detritici prevalentemente fini. I fenomeni si innescano su versanti di varia pendenza, anche blanda, ma i movimenti persistono anche sui settori a modestissima inclinazione. Salvo casi particolari, la massa si sposta con notevole lentezza attraverso continui processi di deformazione dei materiali coinvolti. Le superfici di taglio hanno breve durata, si attivano durante il movimento e non sono più riconoscibili al termine dell'evento stesso. La forma di questa tipologia di frane è variabile in base al contenuto d'acqua e in genere si presenta piuttosto stretta e allungata, mentre si allarga nella parte terminale dell'accumulo (fig. 52).

Oltre alle caratteristiche litologiche e geotecniche dei materiali coinvolti in questo tipo di dissesto, notevole importanza assume il contenuto d'acqua all'atto del movimento. In base a questo si distinguono colamenti secchi, in genere rapidi e colamenti umidi, con tutti i passaggi intermedi. Generalmente il contenuto d'acqua determina la rapidità del fenomeno e la sua pericolosità. Molto comuni sono le colate umide di materiale argilloso (terreno con elevata plasticità).

Meccanismo di movimento: si tratta di movimenti di taglio singoli o multipli lungo una superficie o una zona di taglio. Il movimento tende a esaurirsi gradualmente in profondità. Nel caso di grandi fenomeni il movimento può essere diverso nelle varie zone della frana. I movimenti avvengono ad intermittenza, solitamente con l'aumentare del contenuto d'acqua.

Caratteristiche della nicchia di distacco: la nicchia di distacco spesso presenta una forma appena accentuata, meno frequentemente si presenta lobata e

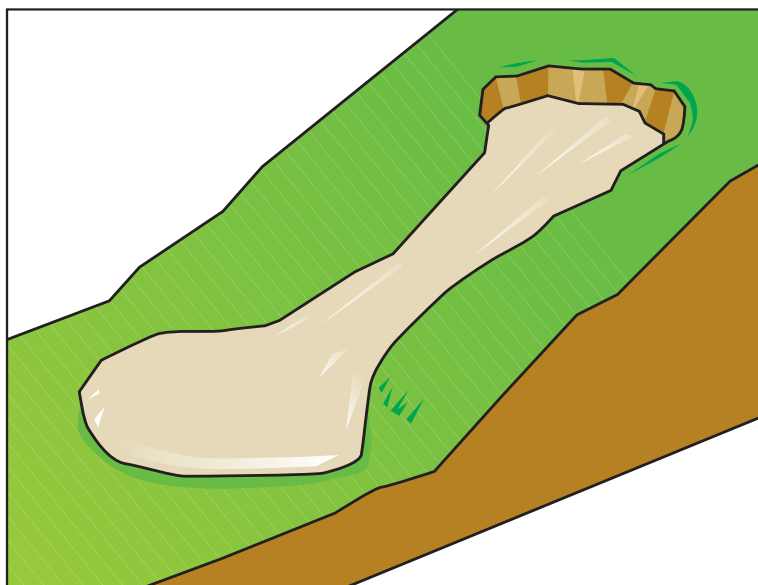
convessa verso il piede del pendio. Nella zona di nicchia sono presenti fratture di trazione e piccole corone di distacco che ribassano il materiale (fig. 53).

Caratteristiche dell'accumulo: l'accumulo solitamente ha forma lobata e arcuata molto pronunciata. La massa in movimento può suddividersi in più lobi caratterizzati da velocità di spostamento diverse. In fase evolutiva avanzata tali forme, tendono a disporsi secondo archi di cerchio trasversali alla direzione di movimento e, nel terreno mobilizzato, compaiono temporanee crepacciature subparallele. La superficie degli accumuli si presenta ondulata con locali contropendenze che possono dare luogo a depressioni nelle quali si possono raccogliere le acque superficiali.

Velocità di movimento: le velocità di questi fenomeni sono lente o estremamente lente. La distribuzione della velocità è simile a quella che si ha nei liquidi viscosi. A volte il movimento avviene a fasi intermittenti ovvero, a lunghi periodi di stabilità del fenomeno, seguono intervalli di flusso. Il movimento subisce una fase di stasi o avviene in maniera blanda nei periodi di scarso rifornimento della falda superficiale, mentre subisce accelerazioni con movimenti

Fig. 52: colata.

Fig. 53: Montesegele (PV), scorrimenti-colate lente. Ben visibili sono sia la zona di nicchia che quella di accumulo.



più rapidi nelle fasi di maggior apporto pluviometrico (variazioni stagionali). Arealmente il fenomeno può presentare velocità diverse, le velocità sono relativamente maggiori dove il fenomeno risulta incanalato in depressioni del terreno o entro incisioni vallive.

Materiali: questi movimenti avvengono prevalentemente in terreno. I materiali tipicamente coinvolti sono legati all'elevato contenuto argilloso. I complessi rocciosi sciolti solitamente coinvolti nelle colate sono: il detrito di falda più o meno ricco di matrice a grana fine (limo, argilla), le sabbie fini, i limi, il detrito argilloso eterogeneo, gli accumuli di frana in materiali prevalentemente plastici.

Contenuto d'acqua: le caratteristiche ondulazioni della zona di accumulo favoriscono il ristagno idrico. Venute d'acqua si possono avere nell'area di accumulo a causa di alternanze litologiche con rocce a diversa permeabilità e litologia oppure quando la superficie della falda acquifera interseca quella topografica.

Fattori predisponenti: sono essenzialmente fattori geologici e idrogeologici. La componente argillosa del materiale favorisce l'impregnazione e il ristagno idrico causando la mobilitazione e la fluidificazione degli orizzonti superficiali. La presenza di emergenze idriche che alimentano la falda, in corrispondenza di accumuli detritici a substrato impermeabile, favorisce questi fenomeni a causa dell'innalzamento del livello piezometrico. La contrazione e la conseguente fessurazione dei terreni argillosi nei periodi a scarse precipitazioni favorisce, in caso di piogge, la penetrazione dell'acqua e la conseguente destabilizzazione degli stessi. Un ulteriore fattore preparatorio al verificarsi di questi fenomeni può essere l'erosione al piede del versante da parte dei corsi d'acqua.

Fattori scatenanti: in questo caso, vista la "dinamica stagionale" del fenomeno, è più corretto parlare di fattori "di riattivazione". Il principale è l'apporto dato da intense e durature precipitazioni che determinano la plasticizzazione dei terreni a elevata componente argillosa. I sismi inducono aumenti delle pressioni interstiziali in modo indiretto su grandi corpi di frana ovvero le rimobilizzazioni avvengono in modo dilazionato rispetto alla scossa sismica principale (AA. VV., 2001).

Segni precursori: comparsa di nuove fessure e crepacciature temporanee, deboli ondulazioni del terreno che si traducono progressivamente in una serie di rigonfiamenti ed avvallamenti che tendono progressivamente a disporsi secondo archi concentrici.

Opere di difesa possibili: la regimazione delle acque superficiali ed il loro allontanamento dalle zone morfologicamente depresse sono alcuni degli elementi fondamentali nella stabilizzazione di questa tipologia di frana

■ opere di drenaggio. I drenaggi superficiali sono eseguiti immediatamente dopo il verificarsi di un evento per allontanare le acque superficiali e stagnanti dall'area in frana. Si tratta di canalette, fossi di guardia, dreni intercettori, riprofilatura del versante con movimenti terra che permette anche la compattazione del terreno. I drenaggi profondi hanno carattere de-

finitivo e svolgono un'azione di stabilizzazione duratura. I drenaggi più comunemente usati sono: cuneo filtrante, dreni sub-orizzontali, trincee drenanti. Il cuneo filtrante viene realizzato alla base del fenomeno da consolidare. I dreni sub-orizzontali vengono posizionati su vari livelli all'interno dell'area in frana, spesso a raggiera. Le trincee drenanti sono posizionate all'interno dell'area in modo che i rami delle trincee secondarie vanno a convergere nella trincea principale. La trincea principale è disposta parallelamente al pendio, le trincee secondarie sono trasversali alla principale.

■ opere di sostegno. Sono opere utilizzate per sostenere e contenere terreno o altro materiale. Alcune tipologie di opere si contrappongono agli assestamenti e ai cedimenti del terreno che avvengono a tergo opponendosi col proprio peso. Per queste ragioni vengono costruite alla base del versante in frana. In particolare si tratta di muri, gabbionate, scogliere, terre armate.

■ opere di stabilizzazione superficiale. Si tratta prevalentemente di opere di ingegneria naturalistica quali, ad esempio, palizzate, viminate, piantumazioni ecc..

■ opere per il controllo dell'erosione superficiale quali rivestimenti biodegradabili o sintetici e inerbimenti. Il sistema di monitoraggio comprende strumenti di misura degli spostamenti (inclinometri, distometri, GPS ecc.) e delle pressioni neutre quali i piezometri.

Distribuzione regionale del fenomeno: fenomeni di questo tipo sono tipici delle aree collinari dell'Oltrepò pavese in corrispondenza di litotipi argillosi.

Di seguito viene riportato un esempio di scheda di censimento, inerente la tipologia franosa in oggetto, compilata secondo lo standard IFFI.

■ Generalità:

Provincia: Pavia;

Comune: Monteselego;

CTR: B8b5;

Scala: 1:10.000;

■ Morfometria:

Profondità superficie di scivolamento Dr (m): 2-3;

■ Classificazione evento franoso:

Movimento: colata lenta;

Materiale: terra;

Velocità: lenta;

■ Attività:

Stato: attivo sospeso;

Distribuzione: costante;

Stile: successivo;

■ **Descrizione del fenomeno:** fenomeni di dissesto corticali, cioè che interessano la coltre superficiale di alterazione e/o colluviale;

■ Geologia e caratteristiche geomorfologiche:

le litologie di tipo prevalentemente arenaceo e conglomeratico formano i rilievi di quota più elevata, mentre le parti medio-basse dei versanti sono caratterizzate da rocce pseudocoerenti e incoerenti in cui la matrice argillosa è nettamente prevalente su quella litica;

■ **Cause:** variazioni sensibili di permeabilità al contatto tra le placche arenacee (permeabili per fessurazione) e i sottostanti litotipi marnoso-argillosi (permeabili per porosità); tali differenze sono testimoniate dalle numerose sorgenti e pozzi presenti in corrispondenza di questi contatti. Questa situazione idrogeologica è una delle cause principali dei fenomeni franosi che interessano la zona, infatti la maggior parte dell'acqua circolante all'interno delle placche permea le coperture argillose sottostanti che, saturandosi, perdono parte della propria resistenza al taglio. In queste condizioni, anche su pendii a debole inclinazione, la massa meno coesiva diventa instabile, innescando movimenti a catena. Sovente la causa innescante di questi fenomeni sono le precipitazioni piovose;

■ **Danni:** prato/pascolo;

■ **Documentazione:** Convenzione tra Regione Lombardia – Direzione Generale Territorio ed Urbanistica e il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Pavia per attività di elaborazione ed interpretazione geologica ed idrogeologica dei dati radar PS per l'area dell'Oltrepò Pavese in Provincia di Pavia (2004).

COLAMENTO RAPIDO

Sono movimenti di massa veloci che si sviluppano su versanti acclivi o mediamente acclivi in seguito a piogge brevi e intense e/o prolungate (fig. 54). I fenomeni di colamento rapido, in base alla granulometria del materiale coinvolto, si possono distinguere in colate di detrito, colate di terra, colate di fango ecc.. Nelle zone alpine i fenomeni di colamento rapido sono ascrivibili a fenomeni di **debris flow** (colate di detrito).

Si definisce come debris flow un "rapido movimento in massa, controllato dalla gravità, di una miscela di solidi granulari, acqua e aria, che si pone in una posizione intermedia tra i processi di frana (o valanga di roccia) e di piena, con caratteristiche meccaniche ben distinte da tali processi" (Costa, 1984).

Morfologicamente le colate presentano una o più zone di nicchia (zona sorgente), un settore mediano caratterizzato da una zona di "trasporto" stretta e allungata e un settore di accumulo solitamente a forma di cono (fig. 55).

In Crosta et al. (1990) viene riportata una suddivisione del fenomeno basata sulle caratteristiche morfologiche. In questo lavoro quattro tipi fondamentali di debris flows vengono differenziati sulla base del tipo di movimento iniziale, della pendenza del versante, della topografia, della presenza di vegetazione e dei rapporti dei fenomeni con la rete di drenaggio. Vengono distinti:

Debris flows non incanalati. Si originano tramite soil slip (frane superficiali) che interessano spessori di colluvio in piccole depressioni del substrato presenti a monte della rete di drenaggio.

Debris flows incanalati. Vengono mobilizzati su versanti con pendenze comprese tra 15° e 40°, posti alla

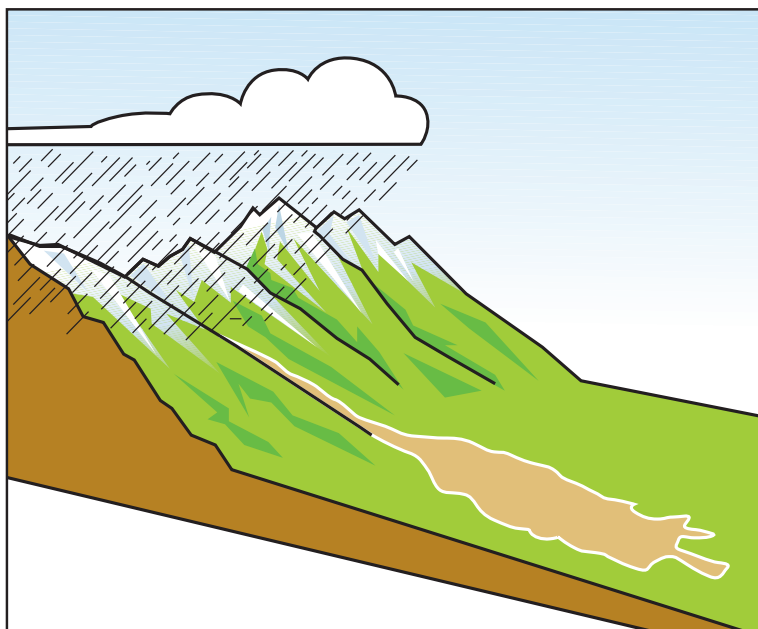


Fig. 54: debris flow.



Fig. 55: Val d'Ambria, Piateda (SO), debris flow e crolli. Si osservano la zona di trasporto e quella di accumulo a forma di cono.

testata della rete di drenaggio. Si originano da frane rotazionali e/o traslazionali in deposito colluviale. Sono caratterizzati da molteplici sorgenti puntiformi (frane) che danno origine a diversi flussi impulsivi coalescenti.

Debris avalanches. Si tratta di flussi rapidi che si originano da frane su versanti posti in zone di interbacino a pendenza elevata (> 45°), ricoperte da colluvio e vegetate.

Debris torrents. Si originano in forre o valli strette per rottura di sbarramenti di frana o accumuli di materiale nel canale. Questo determina un caratteristico comportamento impulsivo del flusso che può raggiungere le conoidi alluvionali con elevate portate di sedimento.

L'acqua ha un ruolo fondamentale nella mobilitazione e nel trasporto delle masse detritiche le qua-

Fig. 56-57: Sonico, Savio-
vire dell'Adamello (BS),
caratteristiche del cana-
le di trasporto da de-
bris flow del T. Zazza. Il
fenomeno è avvenuto
nel luglio 2003. Si pos-
sono osservare le ripide
scarpate (2 m) forma-
te dall'escavazione del
materiale trasportato e
la disposizione del ma-
teriale.



Fig. 58: Sonico, Savio-
vire dell'Adamello (BS),
accumulo del debris a
blocchi avvenuto nel no-
vembre 2000.



Fig. 59: Berbenno (SO),
zona di accumulo del
debris del novembre
2000. Le colate sono
state diverse e hanno in-
teressato alcuni impluvi.
Il materiale si è espan-
so e le abitazioni vicine
sono state evacuate.



Fig. 60: Grosio, Val Gro-
sina (SO), debris flows
del versante meridionale
del Sasso Farinaccio. Si
rilevano i caratteri tipici
di un fenomeno da de-
bris flow ovvero la zona
sorgente, la zona di tra-
sporto e infine quella di
accumulo. Nelle zone
di accumulo è possibi-
le osservare la sequenza
degli eventi in base alla
freschezza dei deposi-
ti e alla presenza della
vegetazione. I fenome-
ni si sviluppano su pen-
dii ad elevata acclività e
con scarsa vegetazione.
E' possibile inoltre osser-
vare le numerose con-
tropendenze nella parte
alta del versante legate
a una grossa DGPV.



li tendono ad assumere il comportamento fisico di un fluido viscoso, con velocità che possono raggiungere anche alcuni metri al secondo. Durante gli eventi di pioggia di elevata intensità si può avere, infatti, la fluidificazione dei terreni superficiali saturi d'acqua. I volumi coinvolti in queste tipologie di fenomeni sono relativamente limitati in ciascun evento, ma l'elevata ricorrenza degli stessi porta in molti casi alla formazione di grandi accumuli nella fascia pedemontana. Le colate possono svilupparsi lungo un versante o confluire in un impluvio (debris flow incanalati). Le caratteristiche granulometriche del materiale in movimento insieme all'acclività del pendio permettono al fenomeno di percorrere distanze considerevoli. I percorsi seguiti dalle colate spesso non sono definibili a priori.

Meccanismo di movimento: il movimento avviene attraverso la propagazione, dalla zona di rottura, di una massa lungo il versante o l'impluvio nel quale si incanala. A seguito di un evento, infatti, la parte superficiale del materiale, se posto su pendenze elevate, scivola verso valle quando lo spessore dello strato saturo raggiunge la soglia oltre la quale il peso dello strato superficiale supera le forze di attrito. Se il materiale è ulteriormente sollecitato dall'arrivo di una massa d'acqua, il fenomeno che si innesca raggiunge distanze notevoli. Se le pendenze non sono così elevate, affinché il debris flow si inneschi, deve essere saturo tutto l'ammasso granulare. Il materiale in movimento subisce una forte deformazione interna, di fatto, viene tenuto in agitazione dalla forza di gravità e dagli urti reciproci. A causa delle enormi forze agenti il fluido viscoso in movimento riesce a tenere in sospensione i massi più grossi (galleggiamento) e a prendere in carico i detriti posti alla base del corpo in movimento attraverso l'erosione di fondo.

Caratteristiche della nicchia di distacco: la forma della nicchia di distacco è variabile e può essere pla-

nare, cuneiforme o irregolare. La zona sorgente solitamente ha forma a ventaglio. Le pendenze della superficie sono molto elevate. Spesso, soprattutto lungo le scarpate delle aste torrentizie, più nicchie possono coalescere formando una zona sorgente ampia.

Caratteristiche del canale di trasporto: nel settore di flusso questi fenomeni lasciano depositi laterali che sembrano dei veri e propri argini e scavano solchi profondi anche alcuni metri, con profilo a V (fig. 56, 57).

Caratteristiche dell'accumulo: il susseguirsi degli eventi nel tempo forma importanti conoidi. La forma dell'accumulo si presenta lobata, distribuendosi nel tempo con una forma a ventaglio. La granulometria varia dall'apice alla zona distale del conoide in modo progressivo. I blocchi di grosse dimensioni formano la parte più distale del conoide, mentre quelli più piccoli e la frazione fine del materiale si depositano in genere all'apice dello stesso (fig. 58).

Le colate, a causa della diversa conformazione topografica e geomorfologica del terreno, possono suddividersi in più rami (fig. 59).

Velocità di movimento: le velocità del movimento sono estremamente rapide e dipendono dalla pendenza del versante e dal contenuto d'acqua della massa in movimento.

Materiali: le zone soggette a eventi di questo tipo sono le porzioni alterate e fratturate di ammassi rocciosi, le coperture eluvio-colluviali dei versanti, i depositi superficiali e gli accumuli di paleofrane. Il materiale preso in carico dalla colata in genere è misto e formato da terra, detriti e blocchi che possono avere dimensioni anche di alcuni metri. La percentuale di detriti con blocchi di dimensioni superiori al metro può superare anche l'80% in peso della massa mobilizzata.

Contenuto d'acqua: la colata, in assenza della fase fluida, si arresta. A seconda della granulometria del materiale l'acqua scorre in superficie o in profondità



Fig. 61: Sonico, Saviore dell'Adamello (BS) particolare del debris flow del 31/07/2006. Versanti con ammassi rocciosi fratturati, acclivi e con scarsa vegetazione sono ideali per l'innesco di fenomeni di debris flow.



Fig. 62: Dorfbach, Vals, Svizzera, griglia selettiva per il deposito del materiale della colata.

dopo la conclusione dell'evento.

Fattori predisponenti: presenza di materiale sciolto o di ammassi fratturati e scomposti, pendenze elevate dei pendii, assenza di vegetazione (fig. 60, 61).

Fattori scatenanti: in occasione di eventi meteorici estremi quali, ad esempio, piogge intense e rapida fusione della neve, potrebbero essere mobilitate le coperture di sedimenti sciolti che comprendono terreno vegetale, suoli sepolti, detriti, vegetazione e massi presenti lungo i versanti, nei canaloni e/o eventuali depressioni preesistenti sui versanti stessi.

Segni precursori: i tempi di sviluppo di tali fenomeni, a partire dall'inizio dell'evento meteorico, sono molto brevi e spesso l'unico indizio per riconoscere potenziali instabilità di questo tipo è fornito dalla presenza di tracce di fenomeni analoghi avvenuti in passato nella medesima area.

Opere di difesa possibili: si distinguono in base ai settori che contraddistinguono il fenomeno franoso. Nell'area sorgente si possono fare interventi di tipo idraulico-forestale finalizzato alla limitazione dei fenomeni di erosione ed al sostegno di modesti volumi di terreno o al rimodellamento del versante con possibile asportazione dei terreni ritenuti instabili. Opere di questo tipo possono comprendere piantumazioni, fascinate, viminate, palizzate, palificate, grate, gradonature di versante ecc.. Le piante utilizzate negli interventi di ingegneria naturalistica impediscono l'erosione, rinforzano il terreno con l'apparato radicale e hanno un'alta capacità di regimazione idrologica. Inoltre è possibile la costruzione di opere idrauliche per la regimazione delle acque superficiali, come ad esempio briglie con funzione di sostegno ovvero di controllo dell'energia cinetica di masse di terreno in movimento. Lungo gli impluvi, ovvero nella zona di trasporto, dove le condizioni lo consentono, si possono costruire briglie adeguatamente dimensionate, eseguire operazioni di svasso e/o rimodellamento del materiale in condizione di equilibrio precario, mettere in posto delle reti da debris, anche in serie, per rallentare o arrestare il flusso del materiale fangoso

o detritico. Reti di questo tipo possono arrestare anche diverse centinaia di m³ di materiale. Nelle zone di transito del materiale è possibile posizionare griglie (aree di drenaggio delle colate) che favoriscono la fuoriuscita dell'acqua (fig. 62).

In corrispondenza degli sbocchi, ossia nella zona di accumulo, possono essere costruite opere per la sistemazione dei canali anche con arginature in terra per ampliare la sezione utile allo scorrimento delle colate. Si possono costruire vasche di accumulo adeguatamente dimensionate per consentire l'accumulo del materiale di colata e, nello stesso tempo, permettere il necessario deflusso delle acque. In alcuni casi possono essere costruite anche opere di sostegno quali muri, gabbionate, rilevati ecc. per deviare il flusso detritico.

Il sistema di monitoraggio, vista la rapidità del movimento, prevede sistemi quali gli idrometri e i pluviometri associati anche a strumenti di emissioni acustiche di allerta.

Distribuzione regionale del fenomeno: in Lombardia i fenomeni di colamento rapido rappresentano il maggior numero di frane per tipologia di fenomeno. Si sviluppano su versanti acclivi, dove la quantità di materiale rimobilizzabile è elevata, in seguito a eventi meteorici estremi.

Di seguito viene riportato un esempio di scheda di censimento, inerente la tipologia franosa in oggetto, compilata secondo lo standard IFFI.

■ Generalità:

Provincia: Sondrio;

Comune: Ponte in Valtellina;

CTR: C3e2;

Scala: 1:10.000;

■ Classificazione evento franoso:

Movimento: colata rapida;

Materiale: detrito;

Velocità: estremamente elevata;

Contenuto d'acqua: molto bagnato;

■ Attività:

Stato: stabilizzato artificialmente;

Distribuzione: confinato;

Stato: singolo;

■ **Data evento principale:** 16/11/2002;

■ **Descrizione del fenomeno:** le acque di ruscellamento superficiale, solo parzialmente raccolte, hanno provocato la saturazione dei depositi superficiali determinando la formazione di fratture nella copertura detritica con il movimento in blocco di una porzione di terreno. Il fenomeno si è innescato come uno scorrimento immediatamente evoluto in colata rapida;

■ Geologia e caratteristiche geomorfologiche:

il versante è caratterizzato da depositi glaciali soprastanti un substrato roccioso scistoso. I depositi glaciali sono principalmente costituiti da sabbie, limi e ciottoli e da un soprastante orizzonte di suolo costituito da limi sabbiosi rossicci pedogenizzati dello spessore di 1-1,5 m;

■ **Uso del suolo:** bosco ceduo;

■ **Idrologia:**

Acque superficiali: ruscellamento diffuso e concentrato;

Sorgenti: 1 localizzata;

■ **Segni precursori:** fenditure, fratture;

■ **Cause:** intense precipitazioni avvenute nei giorni precedenti;

■ **Danni:** ci sono state 2 vittime e danni alla strada;

■ **Interventi di sistemazione, monitoraggio:** briglie o soglie, disboscamento selettivo, riprofilatura, gradonatura;

■ **Stato delle conoscenze:** relazione di sopralluogo.

SPROFONDAMENTO

Si verifica in corrispondenza del crollo, in prossimità del piano campagna, della volta di una cavità sotterranea, antropica o naturale, di sufficienti dimensioni. In superficie il fenomeno si manifesta con la rapida formazione di una depressione di forma varia ma generalmente circolare. Queste strutture tipiche sono chiamate camini di collasso (sinkhole), sinonimo di termini specifici quali dolina, sprofondamento, voragine ecc.. Lo sprofondamento è un fenomeno tipico di aree carsiche (costituite da rocce carbonatiche come calcari, dolomie e rocce evaporitiche ad esempio anidrite, gesso, salgemma), di aree pianeggianti con basamento carsificabile e di aree il cui sottosuolo presenta cavità di varia natura o antropiche quali cave o miniere. Di solito questi fenomeni si sviluppano per erosione ad opera delle acque sotterranee delle rocce solubili. La continua erosione e i crolli delle pareti del camino provocano il progressivo col-



Fig. 63 (sopra): Esine (BS), parte sommitale di uno sprofondamento.

Fig. 64 (sopra a sinistra): Esine (BS), fenomeno di sprofondamento di circa 6 m e diametro di circa 15 m avvenuto a fine settembre 2002. I terreni interessati sono di origine alluvionale. Giacciono sopra la Formazione del Servino, che contiene, nella parte sommitale, delle lenti di gessi e anidriti che, sciogliendosi portano al collasso di porzioni di materiale sovrastante.

Fig. 65: Campo Franschia, Lanzada (SO), camino di collasso. I fenomeni di questa zona sono di origine antropica.



Fig. 66 : Campo Frasca, Lanzada (SO), zona sommitale dello sprofondamento. Il materiale detritico è scivolato lungo la superficie visibile sulla destra della foto.



Fig. 67: Campo Frasca, Lanzada (SO), spessore del materiale di collasso.

mamento della voragine e un aumento del diametro. Tali fenomeni sono localizzati talvolta su allineamenti tettonici lungo i quali spesso si evidenziano anomalie di fluidi.

Meccanismo di movimento: cedimento verticale di una porzione di roccia o detrito. Il fenomeno avviene dal basso verso l'alto ovvero la propagazione avviene a partire dal tetto del substrato verso l'alto. Quando il terreno di copertura non sopporta più gli sforzi di taglio crolla, dando luogo a un camino di collasso. Venendo a mancare il supporto sottostante il fenomeno è inizialmente assimilabile a un crollo diretto, poi si evolve con il cedimento progressivo delle pareti.

Caratteristiche della nicchia di distacco: in questa

tipologia di fenomeno la "nicchia" ovvero la superficie di distacco del materiale è circolare o subcircolare con pareti subverticali. Le profondità possono variare da alcuni a diverse decine di metri (fig. 63, 64, 65, 66, 67).

Caratteristiche dell'accumulo: materiale caotico, eterogeneo, non organizzato con blocchi spigolosi e/o più o meno arrotondati secondo le caratteristiche del materiale che forma la "volta" (ammasso roccioso, detrito di varia genesi, suolo).

Velocità di movimento: la velocità è variabile, il fenomeno può evolvere lentamente (progressivamente) o velocemente.

Materiali: affinché si sviluppino fenomeni di questo tipo, sopra il substrato carbonatico carsificato devono esistere depositi di copertura con spessore piuttosto consistente. Le dimensioni granulometriche degli elementi della copertura possono essere variabili, generalmente sono argille-sabbiose, limi, sabbie con intercalazioni di ghiaie.

Contenuto d'acqua: spesso queste strutture sono colmate da acque che in superficie formano dei laghetti (fig. 68).

Fattori predisponenti: i fattori principali sono legati alle caratteristiche intrinseche del materiale in particolare:

- il substrato carbonatico costituito da roccia solubile (calcari, dolomie, evaporiti o rocce solfatiche);
- la presenza di un pacco di sedimenti impermeabili o semi-permeabili al tetto del substrato costituito da limi, argille, sabbie a differente granulometria omogenee o eterogenee;
- scadenti caratteristiche fisico-meccaniche dei materiali costituenti il manto superiore (consolidazione, addensamento, resistenza);
- presenza di un reticolo di fratture o faglie che permettano una maggiore circolazione idrica e una no-



tevole erosione meccanica;

- abbondanza di acque di circolazione sotterranea;
- presenza di gas nel sottosuolo, generalmente CO₂ e H₂S, che consenta la dissoluzione dei materiali di copertura e la risalita delle acque;
- scarsa presenza di un manto vegetale che possa esercitare un effetto limitante nei confronti della mobilitazione dei terreni.

Fattori scatenanti: i fattori scatenanti principali sono:

- scosse sismiche;
- intensità elevata delle precipitazioni piovose e alternanza di periodi secchi e piovosi risultano particolarmente favorevoli alla formazione delle oscillazioni dello specchio d'acqua;
- attività antropiche (estrattive, emungimenti di acqua, ecc.).

Segni precursori: il fenomeno rimane soprattutto connesso alla naturale predisposizione dell'area alla formazione di dissesti tipo sinkhole. In superficie si possono osservare fessure nei terreni e cedimenti di porzioni anche limitate di terreno e di edifici (fig. 69).

Opere di difesa possibili:

- opere di sostegno. Vengono consolidate le volte e i piedritti di gallerie, di cavità e di pozzi per contrastare i cedimenti con muri di sostegno, oppure le cavità possono essere riempite con materiale inerte.
- opere di drenaggio. Vengono usati nelle cavità soprattutto i drenaggi profondi quali trincee drenanti, pozzi e gallerie drenanti per eliminare le dispersioni e le infiltrazioni idriche sia nel sottosuolo che in superficie.
- opere "speciali". L'iniezione di apposite miscele permette di migliorare le caratteristiche geotecniche dei terreni sia coesivi che non coesivi attraverso l'addensamento degli stessi.

I sistemi di monitoraggio prevedono strumenti di misura dei cedimenti quali gli assestimetri o i profilometri e strumenti per la misura delle pressioni interstiziali del terreno.

Distribuzione regionale del fenomeno: in Lombardia i fenomeni di questo tipo sono scarsi, è possibile



osservarli nelle zone di Santa Brigida in Valle Brembana (BG), nella pianura del Fiume Oglio Sopralacuale (BS) e a Campo Frasca (Valmalenco, SO).

Di seguito viene riportato un esempio di scheda di censimento, inerente la tipologia franosa in oggetto, compilata secondo lo standard IFFI.

■ Generalità:

Provincia: Sondrio;

Comune: Lanzada;

CTR: C2d4;

Scala: 1:10.000;

■ Morfometria frana:

Area totale A (mq): 80.000;

Volume massa sprofondata (mc): 5.000;

■ Classificazione evento franoso:

Movimento: sprofondamento;

Materiale: roccia;

■ Attività:

Stato: attivo;

Data evento principale: 1985;

Descrizione del fenomeno: si tratta di crolli e sprofondamenti in parte collegati al cedimento di volte sotterranee e gallerie utilizzate per l'attività estrattiva di amianto e steatite. I primi dissesti risalgono agli inizi degli anni '60 con cedimenti del terreno e sprofondamenti. Crolli ed evoluzione dei fenomeni si hanno nel 1983 e 1984. Nel 1985 si registra un definitivo collasso con lo sprofondamento di 5000 mc di materiale. Nel 1986 e 1987 viene segnalata l'apertura di nuove fratture e si verificano nuovi sprofondamenti. Nel marzo 1992 si ha uno sprofondamento di circa 5000-6000 m³ di materiale a circa 200 m a WSW della scarpata del Dosso Ciudè. La voragine creata ha forma ellittica con diametro minore di circa 30 m e diametro maggiore di circa 40 m, la profondità stimabile è di circa 10-15 m;

■ Geologia e caratteristiche geomorfologiche:

in questa zona affiorano serpentiniti, serpentinosisti e oficarbonati. I lineamenti tettonici principali hanno orientazione NE-SO, ENE-OSO e NO-SE, inoltre sono presenti sistemi di discontinuità minori.

Fig. 68: Esine (BS), sprofondamento riempito d'acqua.

Fig. 69: Esine (BS), grossa frattura semicircolare con estensione di circa 14 m e rigetto di 40-60 cm.

In generale, l'area presenta diffusi depositi morenici nelle zone più pianeggianti, ma di limitato spessore e coperture detritico-colluviali di spessore ridotto. Nella zona sono presenti depositi di origine antropica derivanti dalle numerose attività estrattive presenti;

■ **Cause:** antropiche (attività estrattiva);

■ **Danni:** strada comunale, linea elettrica ENEL;

■ **Interventi di sistemazione, monitoraggio:** monitoraggio: nel 1987 sono state installate reti di monitoraggio geologico-tecnico costituite da piezometri, estensimetri, distometri, inclinometri, geofoni, capisaldi topografici e stazioni idrometeorologiche;

■ **Documentazione:** archivio SCAI della Provincia di Sondrio.

COMPLESSO

Sono fenomeni il cui movimento risulta dalla combinazione di due o più tipologie di frana (fig. 70, 71, 72). Negli anni, diverse sono state le definizioni di frana complessa. Varnes (1978) con tale termine esprime la combinazione di una o più tipologie di movimento, sia in settori diversi della massa in movimento, sia in momenti diversi di sviluppo del movimento stesso. Cruden e Varnes (1994) raggruppano invece come fenomeni complessi quelli con complesso stile di attività, mentre i fenomeni franosi costituiti da associazione di tipologie di movimento differenti sono descritti tramite una coppia di termini in ordine di sviluppo temporale degli stessi.

Si innescano generalmente come scorrimenti o crolli che successivamente evolvono in colate rapide.

In questa tipologia di frane, secondo le specifiche del Progetto IFFI, rientrano anche le valanghe di roccia

che si originano da crolli o da scorrimenti di grandi volumi rocciosi ($0.5 - 1 \text{ Mm}^3$) che evolvono, con un'elevatissima componente ad alta energia, dopo una iniziale fase di collasso. In questa dinamica si instaurano meccanismi evolutivi capaci di alimentare continui ed ulteriori processi di espansione e frantumazione responsabili della notevole riduzione del coefficiente di attrito, sia esso interno o basale alla massa. Di conseguenza, l'arresto finale, anche su pendii leggermente inclinati o aree pianeggianti, avviene dopo aver raggiunto distanze anche notevoli dal punto sorgente.

La maggior parte delle frane possono essere assimilate alla tipologia "complessa", ma generalmente un movimento predomina, spazialmente o temporalmente, sugli altri. Dove è quindi è possibile distinguere un movimento prevalente, nell'ambito dell'inventario dei fenomeni franosi della Regione Lombardia, tale fenomeno è classificato con la tipologia di movimento principale secondo lo standard previsto dal Progetto IFFI.

Meccanismo di movimento: è diverso a seconda delle tipologie di fenomeno. I fenomeni più caratteristici nei territori lombardi sono gli scivolamenti/colate rapide, i crolli/colate e le rock avalanches. Gli scivolamenti-colate si attivano come una frana di scorrimento rotazionale e evolvono successivamente in colata a causa delle notevoli quantità d'acqua presenti nella massa fluidificata. I crolli/colate si innescano come crolli o ribaltamenti. I blocchi accumulati alla base delle pareti rocciose, a seguito di piogge molto intense, possono evolvere in colate rapide. Le rock avalanches si originano da scorrimenti o da crolli che successivamente evolvono in un movimento ad elevata componente di flusso e ad alta energia.

Fig. 70: Cortenova (LC), frana complessa. Si tratta di un crollo/scivolamento rotazionale evoluto in colata. L'evento avvenuto alle ore 4.00 del 1/12/2002 ha distrutto 16 edifici.





Fig. 71: Bellano (LC), colonna a sinistra. Dubino (SO), colonna a destra. Scorrimenti-colate.



Fig. 72: Sabbio Chiese (BS), crolli-colate. Oltre alla nicchia del crollo si può notare come l'accumulo viene rimobilizzato alla base della parete e può evolvere in colata rapida.

Fig. 73: Val Pola (SO), particolare della nicchia di distacco della frana della Val Pola. Si può osservare la frattura irregolare nella parte alta della zona di scarpata e le contropendenze presenti nella zona iniziale dell'accumulo. Il fenomeno franoso si è sviluppato inizialmente come scivolamento in roccia ed è evoluto come rock avalanche.



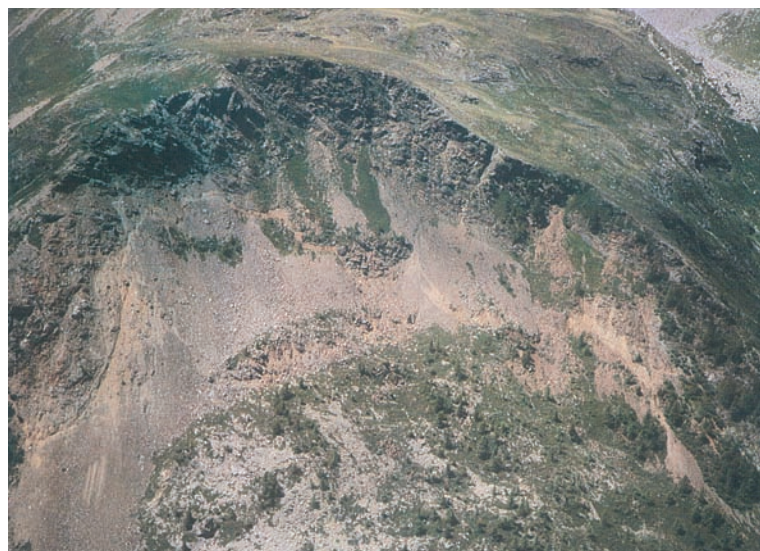
Caratteristiche della nicchia di distacco: la nicchia di distacco ha le caratteristiche della tipologia di movimento che innesca il fenomeno stesso (fig. 73).

Caratteristiche dell'accumulo: generalmente gli accumuli degli scorrimenti/colate e dei crolli/colate sono estremamente caotici. L'accumulo delle rock avalanches è formato da un'enorme quantità di detriti sciolti e da blocchi di roccia di considerevoli dimensioni immersi in una matrice fine che si dispongono frequentemente con caratteristici cordoni concentrici (fig. 74, 75, 76, 77).

Velocità di movimento: la velocità è variabile secondo le caratteristiche del singolo fenomeno franoso. Di solito questa tipologia è caratterizzata da velocità di movimento estremamente elevate una volta innescatosi il fenomeno (fig. 78, 79, 80, 81).

Materiali: i materiali coinvolti sono diversi, questi fenomeni avvengono sia coinvolgendo il substrato roccioso che il terreno granulare.

Contenuto d'acqua: i fenomeni complessi che evolvono in colata, in assenza della fase fluida si arrestano. L'acqua superficiale può continuare a ruscellare quando il fenomeno è canalizzato lungo un impluvio



che normalmente drena acqua. Nelle rock avalanches si possono avere emergenze idriche nell'accumulo di frana quando la superficie della falda acquifera interseca quella topografica.

Fattori predisponenti: le cause principali sono legate alle caratteristiche geologiche e fisico-meccaniche del mezzo quali la fratturazione intensa e l'alternanza di litotipi diversi. Fenomeni neotettonici, erosione al piede del versante ad opera di un corso d'acqua, cambiamenti nel deflusso idrico superficiale e forti escursioni termiche, sono tutti probabili fattori predisponenti.

Fattori scatenanti: intense precipitazioni, vibrazioni sismiche.

Segni precursori: allargamento e apertura di fratture, formazione e allargamento di trincee, comparsa di emergenze idriche più o meno diffuse, rigonfiamenti e cedimenti del terreno.

Fig. 74: Val Pola (SO), panoramica della rock avalanche e delle aree circostanti. La frana, che si è staccata il 28/07/1987, ha ostruito il corso del fiume Adda e ha portato alla formazione di un lago successivamente prosciugato. L'accumulo della frana è risalito sul versante opposto per circa 270 m.

Fig. 75 (colonna a destra sopra): Sirone (LC), scivolamento colata. L'evento è accaduto in seguito all'alluvione del novembre 2002.

Fig. 76 (colonna a destra sotto): Cortenova (LC), particolare dell'accumulo della frana complessa del dicembre 2002.

Fig. 77 (in basso): Val Pola (SO), frana del luglio 1987. La nicchia ha forma semicircolare, l'accumulo nella parte alta si presenta eterogeneo.





Opere di difesa possibili: sono diverse in base alle tipologie che contraddistinguono il fenomeno franoso.

Per quanto riguarda gli scorrimenti/colata e crolli/colata si può intervenire realizzando le opere di sistemazione utilizzate nell'ambito delle singole tipologie di frana.

Per quanto riguarda le rock avalanches, gli interventi di difesa vengono in genere posti in opera in seguito all'evento stesso, gli interventi preventivi sono infatti di difficile realizzazione a causa delle caratteristiche del fenomeno. Le tipologie di intervento possono essere le più variabili. Alla base della frana della Val Pola, sul corso d'acqua, ad esempio sono state realizzate delle briglie, in seguito, sono stati costruiti un rilevato e una galleria di by pass (fig. 82).

Il sistema di monitoraggio può prevedere l'impiego di strumenti quali inclinometri, distometri, estensimetri, GPS, inoltre si possono installare sismografi, idrometri e pluviometri associati anche a strumenti di allertamento acustico e visivo.

Fig. 78, 79 e 80: innescò di una frana successiva alla rock avalanche della Val Pola. Le foto mostrano la sequenza del distacco avvenuto il 15/06/1988. Il sistema di monitoraggio installato, aveva registrato il progressivo allargamento di fratture ubicate parallelamente alla scarpata di frana principale e il progressivo incremento delle emissioni acustiche.

Fig. 81 (sotto): Val Zebrù (SO), frana del Thurwieser. Si osserva interamente il corpo di frana. La nicchia è contraddistinta da un accentuato colore rossiccio, l'accumulo è formato da materiale eterogeneo. La distanza percorsa dalla frana è di 2,8 km.

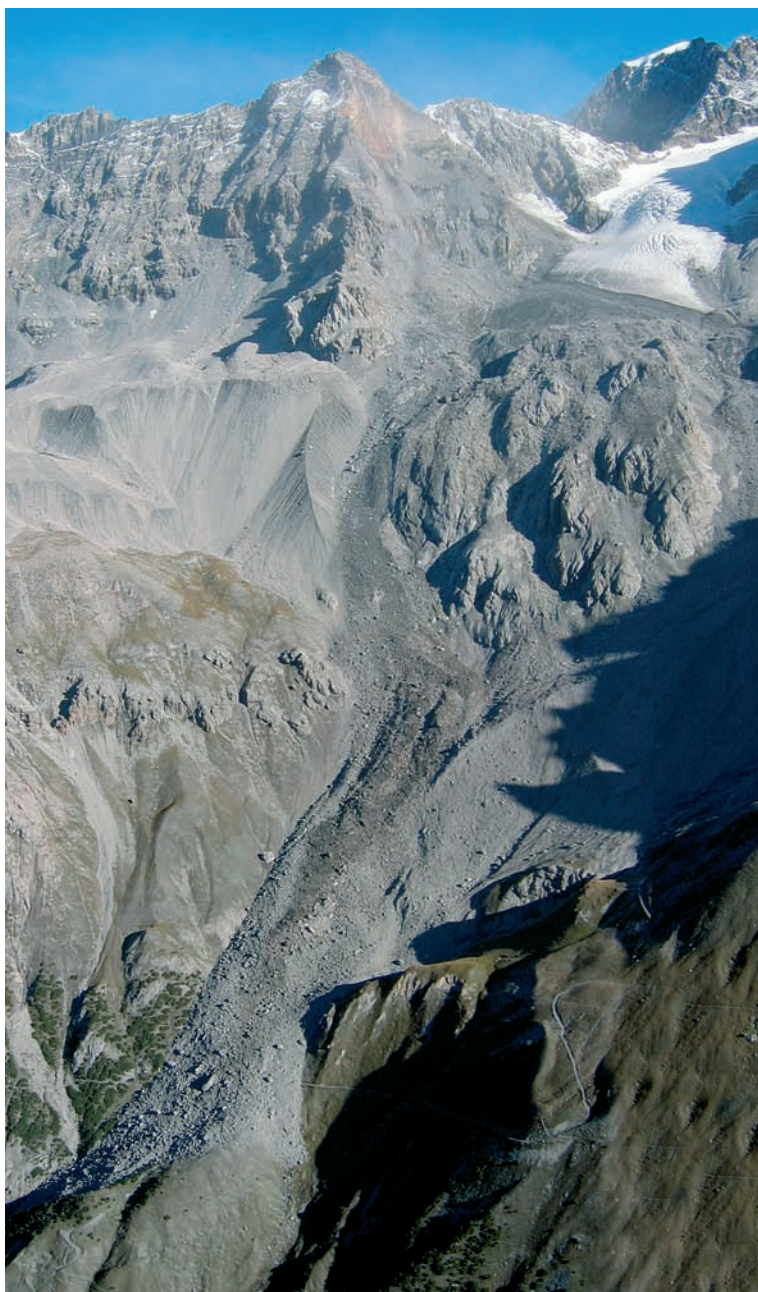


Fig. 82: Val Pola (SO), sistemazione attuale della rock avalanche. Si possono osservare il rilevato costruito alla base del versante, la sistemazione del tratto di alveo del fiume Adda con una serie di briglie e il by pass dello stesso.



Ambiente evolutivo del fenomeno: fenomeni di questo tipo si sviluppano soprattutto in contesti geologici complicati dal punto di vista tettonico e strutturale in presenza di litotipi con scadenti caratteristiche geomeccaniche. I fenomeni cartografati si concentrano soprattutto in Provincia di Sondrio, in misura minore nelle provincie di Brescia, Bergamo, Pavia, Lecco, Como.

Di seguito viene riportato un esempio di scheda di censimento, inerente la tipologia franosa in oggetto, compilata secondo lo standard IFFI.

■ **Generalità:**

Provincia: Lecco;

Comune: Cortenova;

CTR: B3d5;

Scala: 1:10.000;

■ **Morfometria frana:**

Quota corona (m): 660;

Quota unghia (m): 450;

Lunghezza orizzontale Lo (m): 250;

Larghezza La (m): 350;

Volume massa spostata Vf (mc): 700.000-800.000;

Profondità superficie di scivolamento Dr (m): 60;

■ **Classificazione evento franoso:**

Movimento: complesso;

Materiale: roccia, detrito;

■ **Attività:**

Stato: attivo;

Distribuzione: retrogressivo;

Stile: complesso;

■ **Data evento principale:** 1/12/2002 ore 4.30;

■ **Descrizione del fenomeno:** la frana si è sviluppata all'interno di un antico corpo di frana la cui nicchia principale è ancora visibile a quota 1150-1200 m s.l.m.;

■ **Geologia e caratteristiche geomorfologiche:** il materiale coinvolto è costituito da detrito di frana appartenente alla Formazione del Verrucano Lombardo mentre la base del movimento, che potrebbe coincidere anche con la base della falda acquifera, sembra identificarsi col basamento metamorfico;

■ **Segni precursori:** il giorno antecedente l'evento si sono verificate frane di scivolamento superficiali alcune delle quali evolute in colate e si è avuto l'intorbidimento delle venute d'acqua alla base del versante. A monte della frana si sono identificati elementi geomorfologici quali assenza di reticolo idrografico, contropendenze, trincee;

■ **Cause:** intense precipitazioni;

■ **Danni:** 17 edifici abitativi distrutti, 7 unità produttive distrutte, 38 edifici abitativi inagibili, strade, 162 nuclei familiari evacuati;

■ **Interventi di sistemazione, monitoraggio:** stazione totale GPS, prismi ottici, estensimetri, inclinometri, piezometri, interferometria radar da terra, stazione pluviometrica;

■ **Stato conoscenze:** sopralluoghi, dati di monitoraggio e indagini, relazioni tecniche.

DGPV

La DGPV (deformazione gravitativa profonda di versante) è un movimento di massa complesso, caratterizzato da una deformazione quasi sempre lenta e progressiva della massa rocciosa, senza che ci siano apprezzabili superfici di rottura continue. Il processo deformativo avviene per spostamenti differenziali estremamente lenti (dell'ordine delle migliaia di

anni) che si sviluppano lungo giunti e piani di discontinuità variamente orientati o concentrati lungo fasce di maggior debolezza, localizzate a diversa profondità e con differenti spessori. Ciò determina un mutamento delle condizioni di stabilità generale di ampi settori di versante, coinvolgendoli dagli spartiacque fino al fondovalle per profondità che superano il centinaio di metri e causando spostamenti di volumi rocciosi di parecchie decine di milioni di metri cubi. Le entità di spostamento annuo sono comunque basse rispetto alle dimensioni del fenomeno.

Le evidenze morfologiche più significative si osservano sulle parti sommitali dei versanti, caratterizzati dalla presenza di contropendenze, trincee (trench) profonde e fratture di tensione, nonché di veri e propri avvallamenti trasversali al versante o lungo le dorsali spartiacque e tipici fenomeni di sdoppiamento, anche multiplo, della cresta stessa (fig. 83, 84, 85, 86, 87). Le evidenze morfologiche dell'accumulo sono i rigonfiamenti che conferiscono al profilo del versante una forma convessa molto accentuata.

I fenomeni si estendono arealmente coinvolgendo interi versanti e ad essi sono correlati numerosi fenomeni franosi minori presenti all'interno del corpo della DGPV. Le litologie che vengono coinvolte in questo

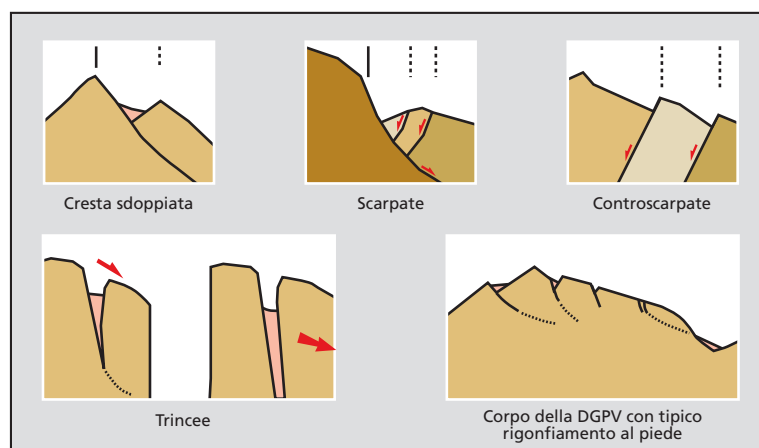


Fig. 83 (sopra): strutture geomorfologiche tipiche di una DGPV (Agliardi F. et al., 2001).

Fig. 84: Valle Armisa (SO), graben nella parte alta del versante del sackung. Risulta ben visibile la scarpata a monte e la sua antitetica a valle con il riempimento della struttura di materiale detritico.



tipo di fenomeni sono diverse, si hanno, infatti, deformazioni gravitative in rocce metamorfiche, sedimentarie e intrusive.

La definizione di DGPV è andata modificandosi negli anni e ancora oggi non esiste un'unica definizione del fenomeno.

Si possono distinguere 3 differenti tipologie di DGPV: sackung o rock flow, lateral spread, block slide.

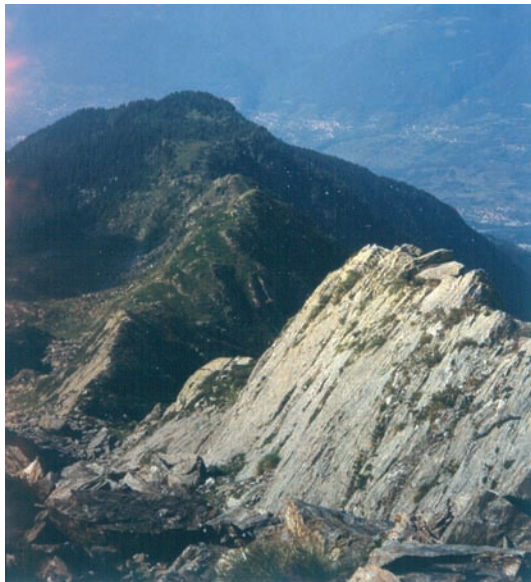
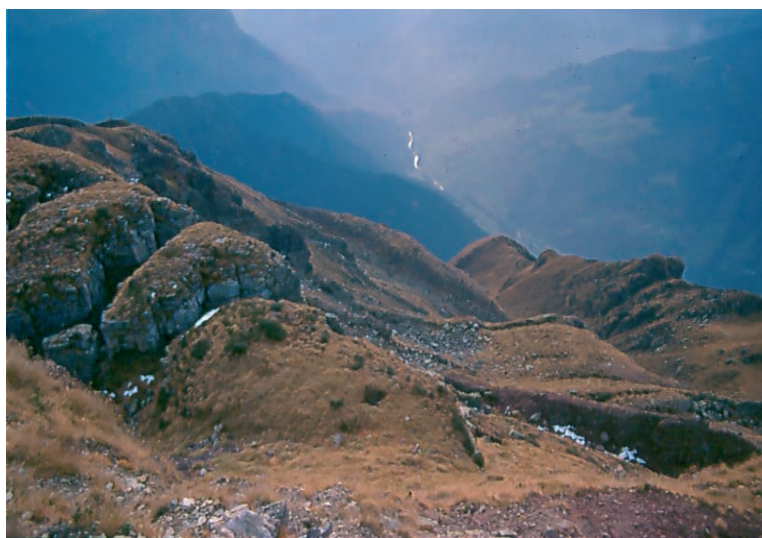


Fig. 85: Valle Armisa (SO), scarpata sommitale della DGPV. La superficie di movimento è in roccia.

Fig. 86: Cima Vigna Soliva (BG), struttura a graben della DGPV.

Fig. 87: Cima Vigna Soliva (BG), particolare delle controscarpate e delle scarpate della DGPV.



Meccanismo di movimento: questi fenomeni possono essere assimilati a colate in roccia (fenomeno di creep in roccia), a espandimenti laterali e/o a scorrimenti di blocchi. Nei casi di espandimenti laterali la massa, per estensione, forma delle grosse fratture o superfici di scorrimento più o meno parallele al versante e caratteristiche strutture a graben. I fenomeni di creep implicano una deformazione continua nel tempo, sotto l'azione della gravità, sottoponendo il materiale a uno sforzo costante. Il raggiungimento della rottura in questi fenomeni (creep terziario) non sempre avviene, spesso si ha il raggiungimento dell'equilibrio del versante.

In ogni caso le velocità di spostamento della massa sono bassissime.

Caratteristiche della nicchia di distacco: non sempre si riesce a distinguere una nicchia di distacco vera e propria, infatti la superficie basale risulta poco definita o assente. In genere si ipotizza una fascia a comportamento visco-plastico. Spesso si osserva nella zona di cresta una zona di rilascio tensionale con evidenti trincee, doppie creste e un generale stato di fratturazione e disarticolazione dell'ammasso roccioso che porta alla produzione di detrito (fig. 88). Il profilo del versante è concavo a causa del rilassamento della massa.

Caratteristiche dell'accumulo: l'accumulo presenta una tipica, caratteristica, forma arcuata convessa ed è spesso caratterizzato dalla rotazione dei blocchi e dalla presenza di superfici di taglio per compressione del materiale. Il corso d'acqua alla base del versante viene generalmente deviato dall'avanzamento del piede della DGPV. I fenomeni franosi presenti nella zona di accumulo sono spesso da collegare all'attività della DGPV stessa (fig. 89).

Velocità di movimento: sono bassissime, dell'ordine di pochi millimetri/anno (creep in roccia).

Materiali: sono fenomeni talmente vasti e profondi che coinvolgono il substrato roccioso fino a profondità di un centinaio di metri e di conseguenza anche i depositi superficiali.

Contenuto d'acqua: trattandosi di un fenomeno che coinvolge un intero versante esso influisce sia sull'andamento del reticolo idrografico superficiale e profondo sia sull'andamento delle portate. Sono spesso rilevate sorgenti di varia natura con portate diverse all'interno del corpo in frana.

Fattori predisponenti: sono legati alle caratteristiche neotettoniche del territorio quali, ad esempio, la presenza di faglie attive e il sollevamento tettonico quaternario. Lo scioglimento dei ghiacciai è un'altra causa predisponente infatti, il rilascio tensionale dei versanti seguito allo scioglimento delle spesse coltri glaciali wurmiane che riempivano le vallate alpine, insieme all'innalzamento della "tavola d'acqua", hanno portato alla formazione di nuove fratture parallele o subparallele alla superficie topografica e alla riattivazione di quelle vecchie. Le caratteristiche geomorfologiche del pendio, con elevata energia del rilievo, possono essere anch'esse considerate come un



Fig. 88: Valle Armisa (SO), doppia cresta nella zona sommitale della DGPV.

Fig. 89: Alta Valfurva (SO), sackung del Ruinon. La porzione attiva nella parte medio-bassa del versante mostra evidenti segni di movimento. In basso nella foto si può osservare una trincea aperta.

fattore predisponente. Altri fattori sono rappresentati dall'assetto litostratigrafico del substrato roccioso, in particolare quando si realizza la sovrapposizione di corpi rocciosi a deformazione rigida su livelli a deformazione duttile, oppure quando è caratterizzato dalla presenza di livelli pelitici all'interno di corpi rocciosi litoidi. La presenza di sovrascorrimenti, faglie e fasce di intensa fratturazione legate all'ammasso, favoriscono la deformazione.

Fattori scatenanti: in fenomeni di questo tipo non è corretto parlare di fattori scatenanti in quanto l'evoluzione è costante nel tempo e difficilmente ci sono fattori che portano al collasso repentino dell'intero versante. Si possono avere collassi di limitate porzioni del corpo in frana (frane di crollo, scorrimento, debris ecc.). In alcuni casi la rimobilizzazione di fenomeni "stabili" può essere associata a scosse sismiche.

Segni precursori: le evidenze morfologiche di questi fenomeni sono legate a caratteri tipici quali lo sdoppiamento di cresta, la presenza di trincee e di fratture di notevoli dimensioni e profondità. Il monitoraggio di queste strutture permette di capire l'evoluzione temporale del fenomeno.

Opere di difesa possibili: in fenomeni di tale estensione areale sono possibili solo opere di stabilizzazione delle singole frane che si sviluppano sul corpo della DGPV. Tali fenomeni, secondo la tipologia, vengono stabilizzati con le tecniche classiche.

Viste le bassissime velocità di spostamento, le misure ottenibili dai sistemi di monitoraggio in questi casi devono essere le più precise possibili, i sistemi di monitoraggio devono essere quindi in grado di rilevare variazioni assai piccole. Vengono utilizzate in particolare mire ottiche e sistemi GPS, interferometria radar, inoltre vengono spesso usati distometri, estensimetri, inclinometri.



Distribuzione regionale del fenomeno: in Regione Lombardia i fenomeni gravitativi profondi si concentrano soprattutto in Provincia di Sondrio, in misura minore nell'alta provincia di Brescia, Bergamo, Lecco e Como. E' infatti nelle vallate alpine, dove maggiore era lo spessore dei ghiacci, che si concentrano questi fenomeni.

Di seguito viene riportato un esempio di scheda di censimento, inerente la tipologia franosa in oggetto, compilata secondo lo standard IFFI.

■ Generalità:

Provincia: Sondrio;

Comune: Ponte in Valtellina;

CTR: C3e3;

Scala: 1:10.000;

■ Morfometria frana:

Quota corona (m): 2463;

Quota unghia (m): 1040;

Lunghezza orizzontale Lo (m): 2200;

Dislivello H (m): 1400;

Pendenza β (°): 40;

Azimut movimento (°): 290;

Area totale A (mq): 3.500.000 circa;

Larghezza La (m): 2500;

Profondità superficie di scivolamento Dr (m): 70-80;

■ Classificazione evento franoso:

Movimento: DGPV;

Materiale: roccia;

Velocità: estremamente lento;

■ Attività:

Stato: quiescente;

Distribuzione: avanzante;

Stile: multiplo;

■ **Descrizione del fenomeno:** il fenomeno interessa l'intero versante dalla Cima del Pizzo di Faglia all'alveo del Torrente Armisa. La parte sommitale è caratterizzata da uno sdoppiamento di cresta continuo. Il rigetto della scarpata principale è di circa 70-80 m. Tutta la parte alta del versante è caratterizzata inoltre da numerose controscarpate, scarpate contropendenze e trincee. Le trincee spesso sono aperte e profonde anche alcuni metri. La parte bassa del versante ha forma convessa e devia il corso del torrente verso W. Sul versante sono presenti numerose frane quali crolli, scorrimenti, soil slip e debris flow;

■ **Geologia e caratteristiche geomorfologiche:** il versante è caratterizzato da un basamento cristallino sudalpino costituito in prevalenza da rocce metamorfiche con subordinati ammassi e filoni intrusivi. I litotipi presenti sono Scisti di Edolo e filoni porfiritici. I depositi quaternari sono rappresentati principalmente da depositi di versante e glaciali. Le forme morfologiche più evidenti sono riconducibili a diversi processi principalmente attribuibili ad ambiente glaciale e periglaciale. Forte influenza sul carattere morfologico hanno anche i processi gravitativi di versante;

■ **Esposizione del versante:** W;

■ **Uso del suolo:** incolto prato pascolo;

■ Idrologologia:

Sorgenti: diffuse;

■ **Cause:** rebound glaciale, morfologia del versante ovvero elevata energia del rilievo e altezza del versante, caratteristiche lito-strutturali;

■ **Stato delle conoscenze:** rilievi di terreno.

AREE SOGGETTE A

CROLLI/RIBALTAMENTI DIFFUSI

Sono fenomeni molto diffusi in presenza di pareti rocciose verticali o subverticali che costituiscono le principali aree potenziali di innesco di crolli (fig. 90).

I distacchi avvengono a causa delle discontinuità presenti nell'ammasso roccioso. Alla base delle pareti possono essere presenti falde o coni di detrito di granulometria variabile.

In questa tipologia, nel progetto IFFI, viene mappata generalmente la zona di distacco dei blocchi e più raramente la zona di transito e di accumulo degli stessi.

Distribuzione regionale del fenomeno: nelle aree di alta montagna e sui versanti con pendenze maggiori di 40°.

AREE SOGGETTE A

SPROFONDAMENTI DIFFUSI

Sono aree site in presenza di affioramenti con specifiche caratteristiche ossia in aree carsiche (rocce carbonatiche e evaporitiche), in aree pianeggianti con basamento carsificabile e in aree il cui sottosuolo presenta cavità di varia natura o antropiche quali cave o miniere. Di solito questi fenomeni si sviluppano per erosione ad opera delle acque sotterranee delle rocce solubili.

Distribuzione regionale del fenomeno: in Lombardia questi fenomeni sono sviluppati in Valmalenco, a Campo Frasca, in Valcamonica nella pianura del Fiume Oglio Sopralacuale (BS), in Val Brembana (BG).

AREE SOGGETTE A

FRANE SUPERFICIALI DIFFUSE

Sono aree soggette a frane di vario tipo ma che coinvolgono sempre spessori limitati di deposito superficiale.

Le diverse tipologie possono essere scorrimenti e colate superficiali, aree in erosione regressiva ecc. (fig. 91, 92). Le dimensioni areali dei singoli fenomeni sono spesso limitate, difficili quindi da cartografare singolarmente vengono quindi accorpate.

Queste aree sono localizzate sui versanti con poca copertura vegetale e in alcuni tratti spondali lungo la rete idrografica.

Distribuzione regionale del fenomeno: sono molto comuni nelle aree di montagna, lungo le sponde torrentizie, su versanti acclivi caratterizzati da uno spessore di detrito consistente o da rocce facilmente erodibili.



(in alto a sinistra)
Fig. 90: loc. Chiuso, Lec-
co, pareti subverticali in
area di ex cava da cui
si sono verificati diversi
crolli, con volumetrie dei
massi variabili da alcuni
dm³ ad alcuni m³.

(a sinistra)
Fig. 91: Castione del-
la Presolana (BG), spon-
de del T. Romentareg in
erosione accelerata di
tipo calanchivo.

Fig. 92: Tartano (SO),
paleofrana della Pru-
na. La porzione al pie-
de dell'accumulo è sog-
getta a frane superficiali
diffuse.

SCHEDE FRANE

In questo capitolo si riportano, sotto forma di schede illustrative, i dati di alcuni dissesti significativi avvenuti in Regione Lombardia, anche in tempi recenti. Si tratta di una selezione di fenomeni, diversi per tipologia ed estensione che hanno spesso interessato le infrastrutture esistenti provocando danni anche in termini di vite umane. Lo scopo è di far capire l'utilità del lavoro di raccolta e inserimento dei dati alfanumerici e cartografici, all'interno del Sistema Informativo GeoIFFI.

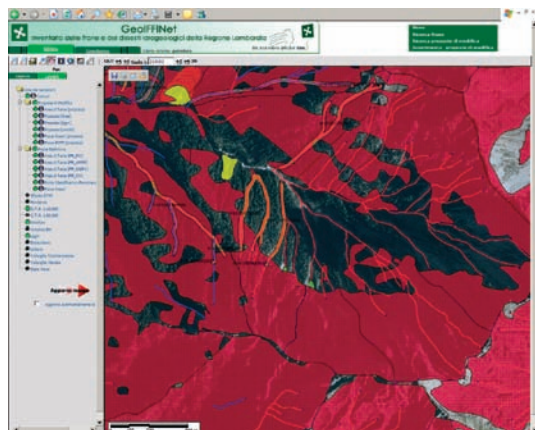
Frana del Pizzo di Prata

Descrizione:

Si tratta di una frana di crollo in roccia avvenuto il 7 giugno del 2006.

I litotipi che costituiscono la zona sono prevalentemente costituiti dagli

Gneiss del M. Gruf. L'area è soggetta a fenomeni di crollo e di debris flow.



Provincia:
Sondrio

Comune:
Prata
Campotaccio

Tipologia:
crollo

Data evento:
07 giugno 2006

Sequenza di distacco della frana (su concessione di G. Oregioni).

*(a sinistra)
La frana nella vista di GeofFInet.*

(Programma IT2000 ortofoto digitale a colori dell'intero territorio italiano Copyright Compagnia Generale Ripresaere S.p.A. Parma)



Frana della Val Pola

Provincia:

Sondrio

Comune:

Valdisotto

Tipologia:

complessa

Data evento:

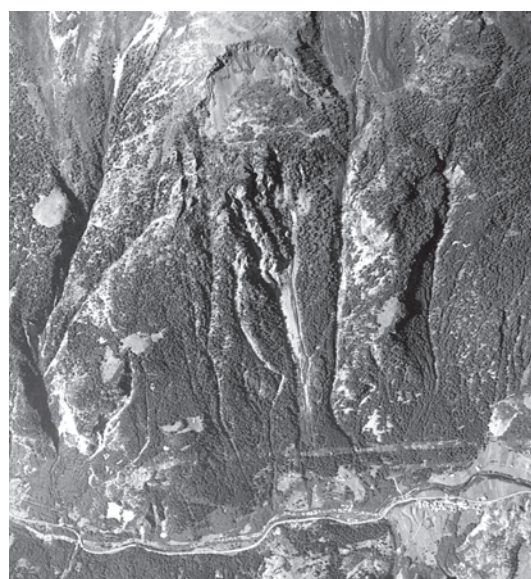
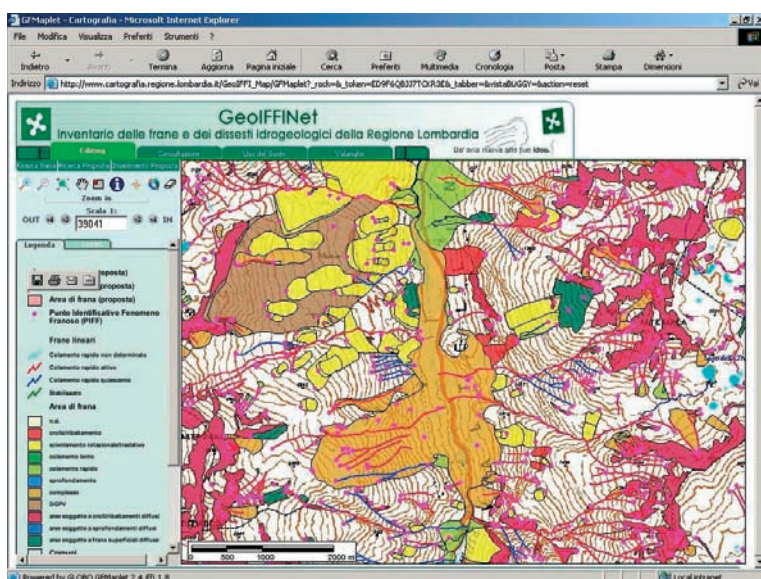
28 luglio 1987,
ore 7:32

Descrizione:

La frana, innescatasi come frana di scivolamento ed evoluta in rock avalanche, è costituita dalla riattivazione di una paleofrana esistente favorita dall'assetto strutturale dell'ammasso roccioso e dalle condizioni meteorologiche (piogge intense e continue e temperature molto elevate), del luglio 1987. Il movimento ha complessivamente interessato un volume di circa 50 milioni di m³. La nicchia di distacco è ubicata, nel suo punto più alto, a quota 2250 m s.l.m. sul versante orientale del M. Zandila. Il materiale franato ha risalito per 270 m il versante opposto distribuendosi su una superficie di 2,4 km², con spessore massimo di circa 90 m causando la distruzione dei cen-

tri abitati di S. Antonio Morignone, Morignone, Poz e Tirindrè oltre che di un lungo tratto della S.S. 38. Le vittime furono 27. L'accumulo della frana sbarrò completamente il corso del fiume Adda, creando un invaso, poi prosciugato, che raggiunse una estensione di 760.000 m².

Le evidenze morfologiche del fenomeno sono visibili già dalle foto aeree del 1983 (vd. foto), la conoscenza dello stesso risale comunque a diversi anni prima. Le litologie interessate sono dioriti e gabbri appartenenti alla Formazione del Gabbro di Sondalo (Falda Campo) e paragneiss con livelli milonitici e anfiboliti delle unità incassanti (Falda Grosina).



La frana della Val Pola nella vista di GeofFINet. (Programma IT2000 ortofoto digitale a colori dell'intero territorio italiano Copyright Compagnia Generale Ripreseeree S.p.A. Parma)

Panoramica dell'area prima (sopra) e dopo (a lato) l'evento del 28 luglio alle ore 7:32.



Frana del Ruinon

Descrizione:

La porzione attiva della frana è situata all'interno di un'ampia deformazione gravitativa profonda di versante (DGPV). Il movimento presenta superfici di scorrimento multiple. Sono state individuate 2 nicchie di distacco, quella più alta, posta a circa 2100 m s.l.m., e quella bassa, a circa 1900 m s.l.m.. L'estensione areale è di 0,56 km². Nella zona in frana sono evidenti diverse fratture beanti che mostrano segni di attività con aperture anche di alcuni metri e che

isolano porzioni di versante. La frana è impostata su litotipi filladici e paragneiss filladici con frequenti vene di quarzo e livelli fortemente tettonizzati. I primi dissesti nella zona vennero segnalati nel 1960, ma già dalle foto aeree del 1954 si possono vedere dei piccoli dissesti nella zona posta a quota più alta. Nell'area sono posizionati sistemi di monitoraggio per il controllo evolutivo del fenomeno.

Provincia:

Sondrio

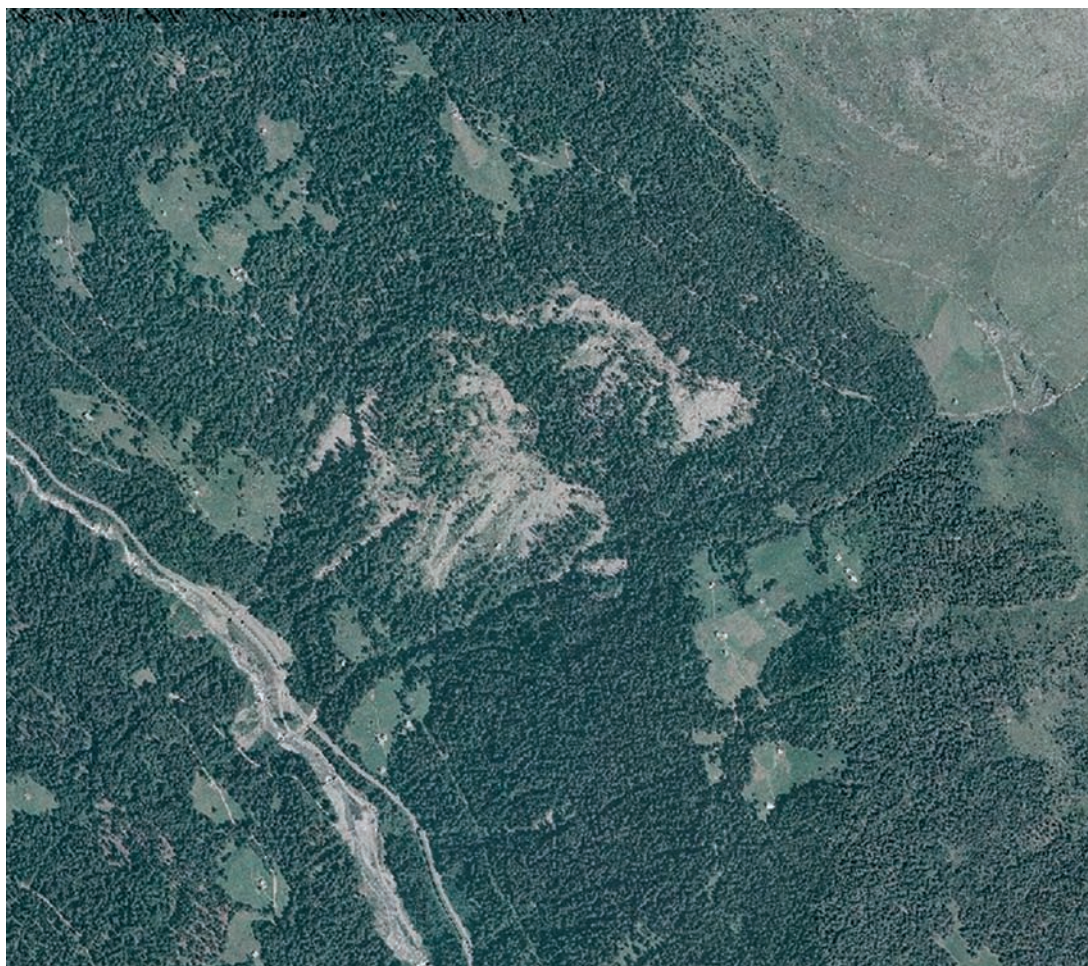
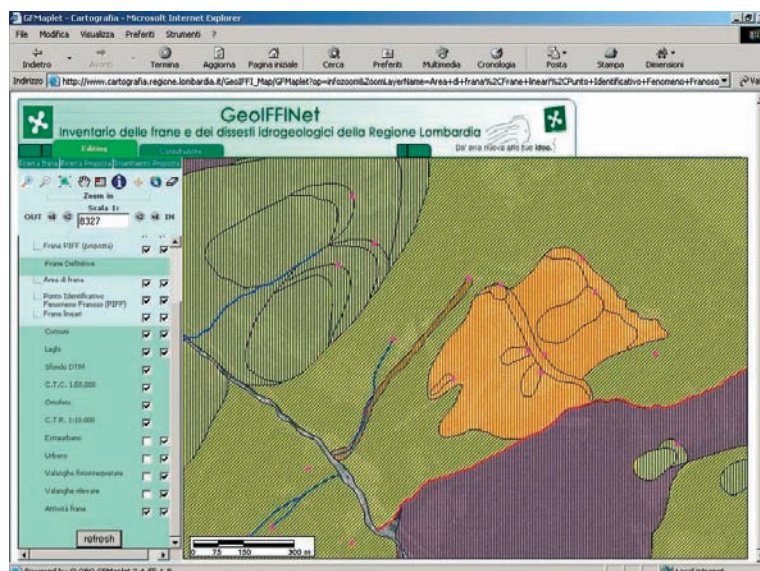
Comune:

Valfurva

Tipologia:

scorrimento

Data evento:



(sopra) La frana del Ruinon nella vista di GeofinNet.

(Programma IT2000 ortofoto digitale a colori dell'intero territorio italiano Copyright Compagnia Generale RipreseAeree S.p.A. Parma)

(sopra a sinistra) Panoramica frana.

(a sinistra) Ortofoto con porzione di frana attiva.

(Programma IT2000 ortofoto digitale a colori dell'intero territorio italiano Copyright Compagnia Generale RipreseAeree S.p.A. Parma)

Frana di Cortenova

Provincia:

Lecco

Comune:

Cortenova

Tipologia:

complessa

Data evento:

1 dicembre 2002

Descrizione:

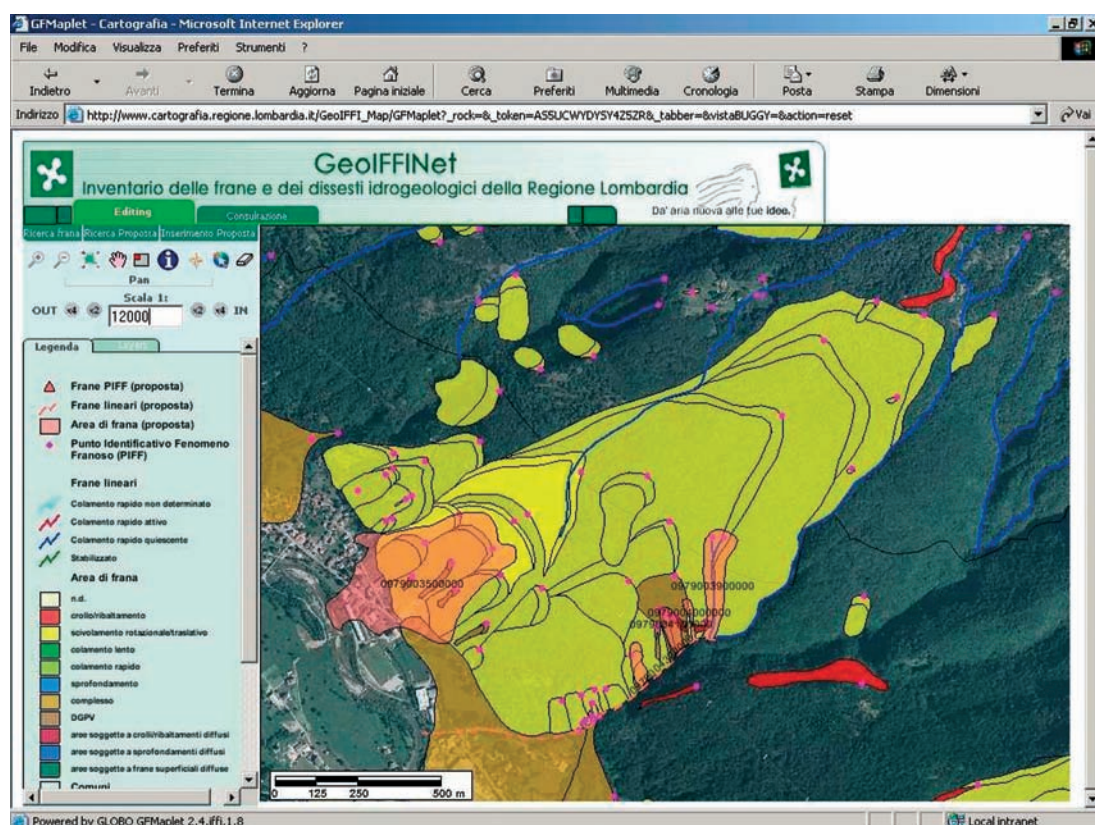
La frana è avvenuta l'1/12/2002 coinvolgendo una volumetria complessiva di circa 1.200.000 m³. La porzione distale ha raggiunto la S. P. 62 arrivando a invadere parte dell'alveo del Torrente Pioverna. La zona di coronamento si sviluppa tra quota 660 e 630 m s.l.m. il materiale coinvolto è costituito da detrito di frana appartenente alla Formazione del Verrucano

Lombardo mentre la base del movimento, che potrebbe coincidere anche con la base della falda acquifera, sembra identificarsi col basamento metamorfico. Il fenomeno si sviluppa all'interno di un antico corpo di frana censito nell'inventario dissesti. Il fenomeno è attualmente in retrogressione.



Panoramica frana, si notano i grossi blocchi rimobilizzabili nell'accumulo nella nicchia a forma circolare.

La frana nella vista di GeoIFFNet. (Programma IT2000 ortofoto digitale a colori dell'intero territorio italiano Copyright Compagnia Generale Ripreseeree S.p.A. Parma)



Frana di Punta Thurweiser

Descrizione:

La frana si è staccata dalla parete SSE della Punta Thurweiser posta a quota 3600 m s.l.m. Si è trattato di una frana di scivolamento in roccia evoluta in rock avalanche. Il materiale è costituito da rocce appartenenti al Gruppo della Dolomia Principale (Formazione di Prà Grata) composte da alternanze di dolomie grigie in strati spessi e banchi con calcari scuri

stratificati. Il volume di materiale staccatosi è di circa 4.750.000 m³ ed ha percorso 2.8 km rimobilizzando ulteriore materiale. La frana ha coinvolto la pista di accesso al rifugio V° Alpini, una baita e altri sentieri oltre a modificare totalmente il percorso del torrente Rin Marè.

Provincia:

Sondrio

Comune:

Valfurva

Tipologia:

rock avalanche

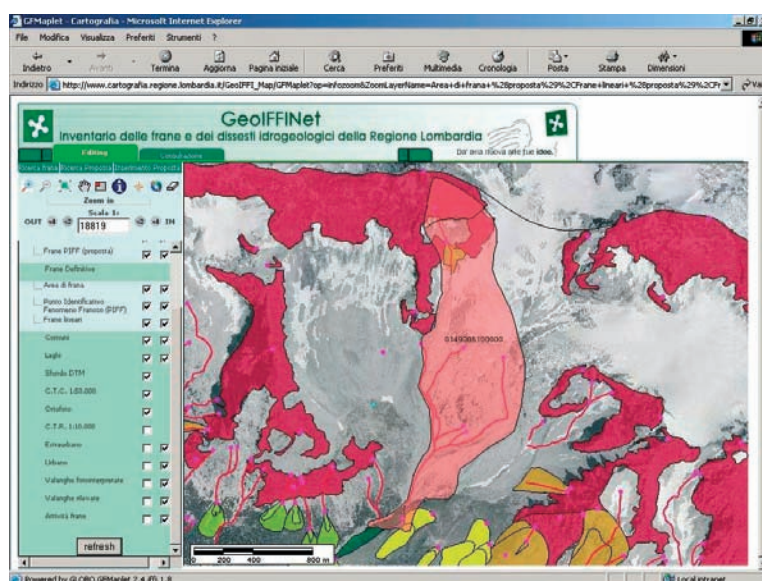
Data evento:

18 settembre 2004



Foto dell'area in frana agli inizi del secolo scorso, si notano le lingue glaciali che ricoprivano gran parte della zona.

La frana nella vista di GeoIFFNet. (Programma IT2000 ortofoto digitale a colori dell'intero territorio italiano Copyright Compagnia Generale Ripreseeree S.p.A. Parma)



Panoramica della frana, si noti in particolare la zona d'accumulo.

Frana del Padrio-Varadega

Provincia:

Sondrio

Comune:

Lovero,
Tovo di S.Agata,
Mazzo di Valtellina,
Grosotto,
Grosio

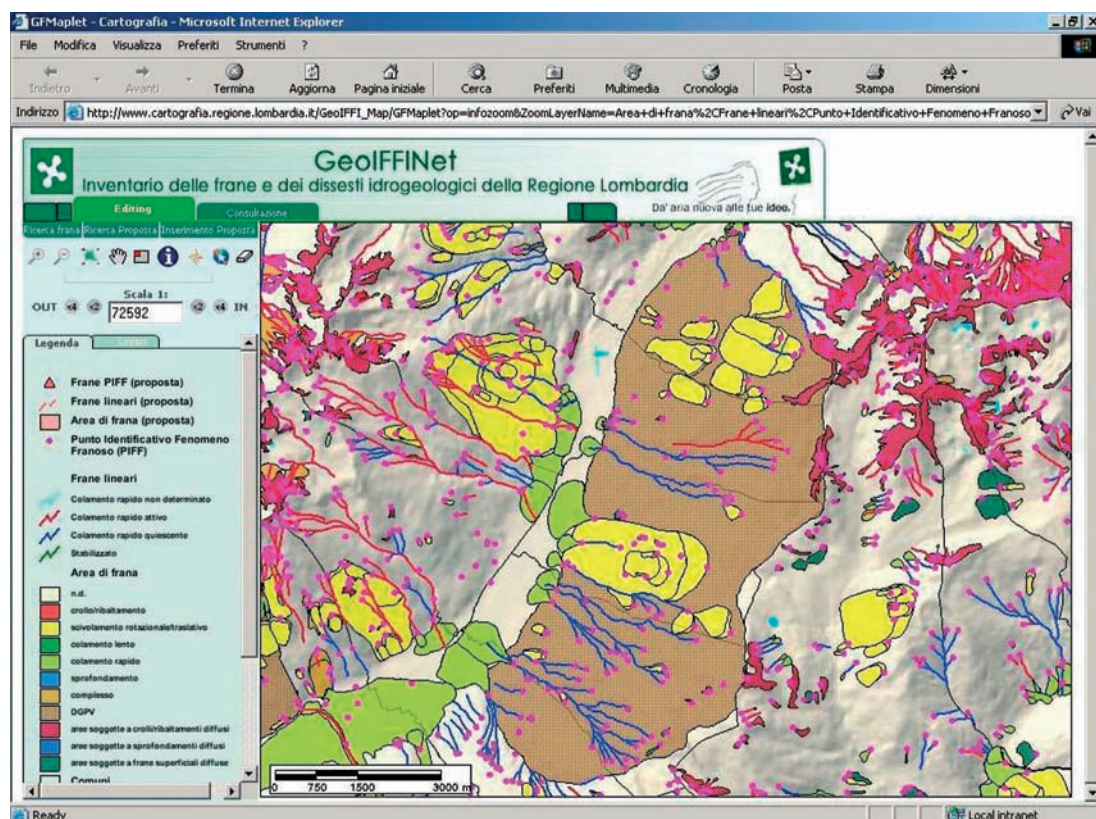
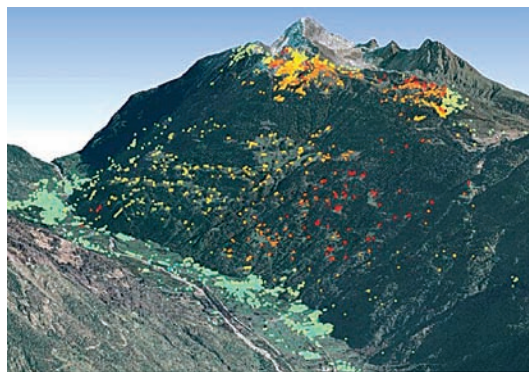
Tipologia:

DGPV

Data evento:

Descrizione:

Si tratta di una deformazione gravitativa profonda (DGPV) che si estende, per un'area di circa 30 km², lungo il versante sinistro dell'alta Valtellina. Il rigonfiamento al piede è molto evidente nella zona a N del Monte Varadega mentre, nella zona a S del Monte Padrio, le evidenze di rigonfiamento al piede sono quasi inesistenti. La parte alta del versante è caratterizzata dalle strutture tipiche di una DGPV quali scarpate, controscarpate e trincee. Tramite la tecnica di interferometria Permanent Scatters (PS) sono stati evidenziati spostamenti del corpo franoso di circa 2-16 mm/anno.



(sopra a destra) Ricostruzione 3D del versante con localizzazione dei punti PS.

(a destra)
La frana nella
vista di GeolFFINet.
(Programma IT2000 ortofoto digitale a colori dell'intero territorio italiano Copyright Compagnia Generale Ripresearee S.p.A. Parma)

Frana del torrente Torreggio

Descrizione:

Si tratta di frane di scorrimento situate su entrambe le sponde del Torrente Torreggio. I fenomeni sono monitorati dal 1987, a seguito di riattivazioni verificatesi in concomitanza con l'alluvione del 17-19 luglio dello stesso anno, quando diversi milioni di metri cubi di materiale si riversarono nell'alveo del torrente, occludendo temporaneamente l'alveo e innescando una colata detritica che distrusse infrastrutture

e abitazioni sottostanti. Il corpo di frana è situato all'interno di una paleofrana di maggiori dimensioni. I litotipi che costituiscono la zona sono gli Ortogneiss del Monte Canale associati a paragneiss filladici, filladi e lembi di calcare. I dissesti interessano sia il substrato che i depositi di copertura costituiti da depositi glaciali, accumuli di paleofrane e falde detritiche.

Provincia:

Sondrio

Comune:

Torre di Santa Maria

Tipologia:

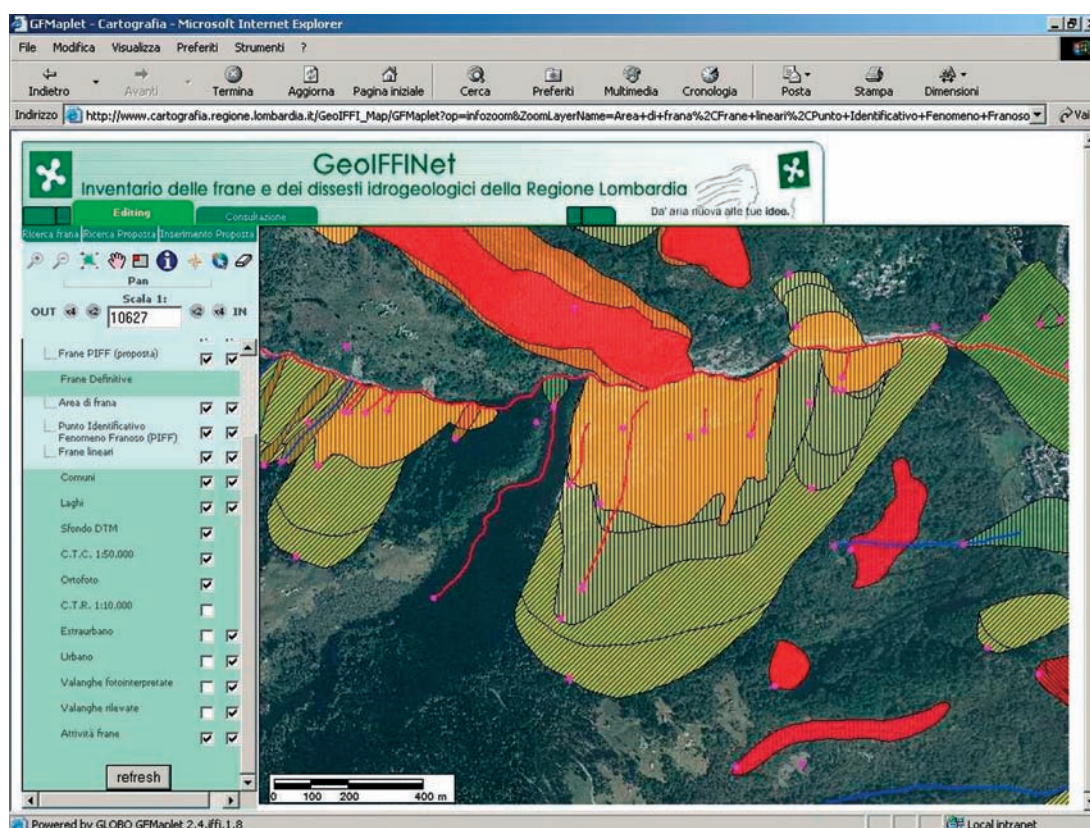
scorrimento

Data evento:

17-19 luglio 1987



Panoramica frana.



La frana nella vista di GeolFFINet.

(Programma IT2000 ortofoto digitale a colori dell'intero territorio italiano Copyright Compagnia Generale Ripresaere S.p.A. Parma)

Frana di Ponte in Valtellina

Provincia:

Sondrio

Comune:

Ponte in Valtellina

Tipologia:

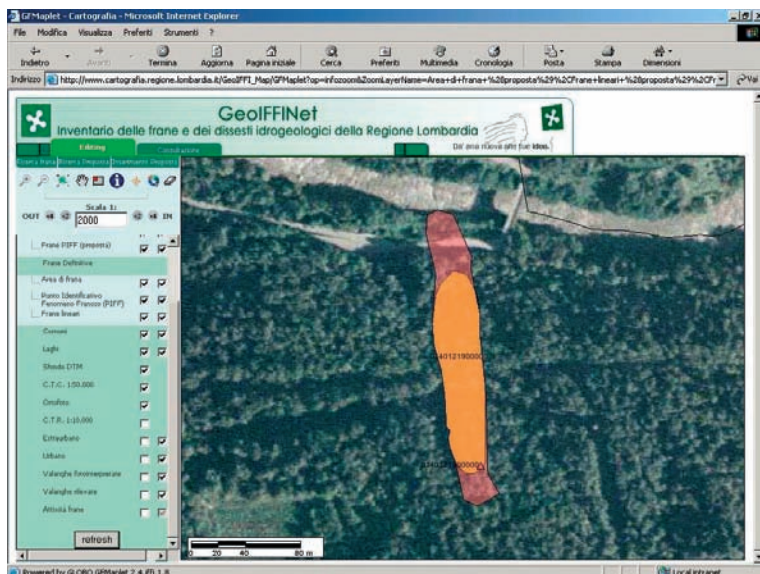
colata rapida

Data evento:

16 novembre 2002

Descrizione:

La frana si è innescata come scorrimento poi evoluto in colata rapida. Il volume di materiale coinvolto è di circa 400-500 m³. Il versante è caratterizzato da depositi glaciali sovrastanti un substrato roccioso scistoso. I depositi glaciali sono principalmente costituiti da sabbie, limi e ciottoli e da un sovrastante orizzonte di suolo costituito da limi sabbiosi rossicci pedogenizzati dello spessore di 1-1,5 m. La frana, nel tragitto, ha invaso la strada comunale causando 2 vittime.



Colata detritica che ha raggiunto l'alveo del fiume Adda trascinando nella sua corsa un'autovettura e causando 2 vittime.

(sopra a sinistra)

La frana nell'vista di GeolFFINet.

(Programma IT2000 ortofoto digitale a colori dell'intero territorio italiano Copyright Compagnia Generale Ripreseeree S.p.A. Parma)

(sopra a destra) Zona di transito e di accumulo del debris flow. Sullo sfondo si osserva la zona di nicchia.

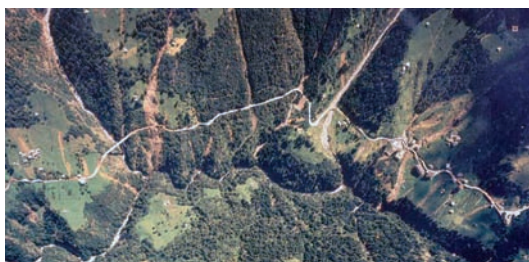
Frana della Val Tartano

Descrizione:

La colata è avvenuta il 18 luglio 1987 alle ore 17.30 coinvolgendo i depositi di copertura superficiale che nella zona hanno spessore inferiore ai 2 m. Il fenomeno si è sviluppato come scorrimento superficiale ed è evoluto in colata rapida detritico-fangosa lungo l'impluvio. La valle è di origine glaciale profondamente incisa con versanti con pendenze $> 35^\circ$. I litotipi presenti sono paragneiss a plagioclasio e biotite e granato.

L'evento ha causato 12 vittime e numerosi feriti oltre a ingenti danni ad un albergo, ad un condominio e alla strada provinciale. Sono stati messi in opera una

serie di interventi sia nella zona di nicchia che lungo l'alveo di scorrimento della colata (muri di protezione, graticciate, rimozione detrito, pulizia alveo).



Provincia:

Sondrio

Comune:

Tartano

Tipologia:

colata rapida

Data evento:

18 luglio 1987

Panoramica della Valle Tartano con le colate del luglio 1987.



Panoramica della zona di distacco e di transito della colata che ha coinvolto un albergo e numerosi edifici.

(in basso) Particolare della zona di transito della colata.



Frana di Maccagno

Provincia:

Varese

Comune:

Maccagno

Tipologia:

crollo

Data evento:

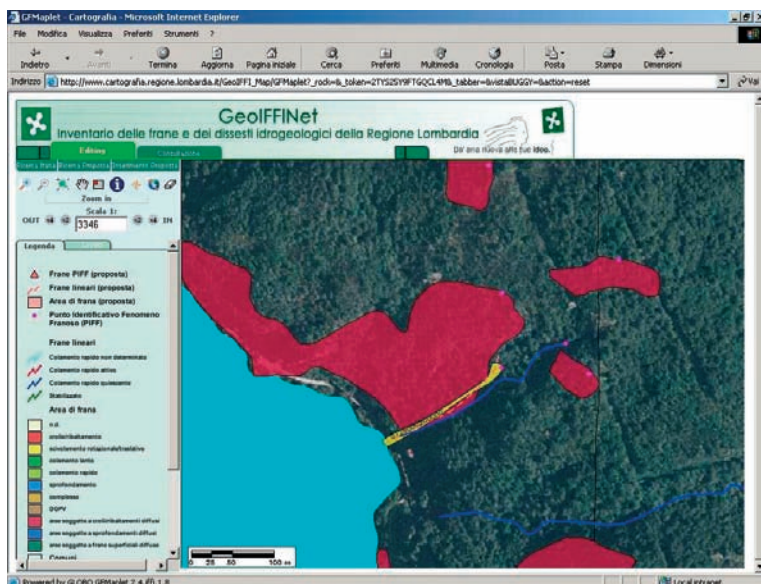
22 febbraio 2002

Descrizione:

Il movimento franoso si è verificato il 22/02/2002 alle ore 6.30. Si è trattato di uno scivolamento di un cuneo roccioso, evoluto in crollo, con una volumetria stimata tra i 400-500 m³ che durante la caduta si è suddiviso in blocchi più piccoli. Il materiale franato ha raggiunto la strada statale sottostante, arrestandosi in parte sul rilevato ferroviario, con gravi lesioni al tracciato. Il materiale che ha raggiunto la strada ha investito 3 veicoli in transito causando un ferito.

In seguito all'evento sono state poste in opera barriere paramassi e costruiti fossi drenanti. Si prevede la realizzazione di gallerie artificiali.

Due mesi dopo il fenomeno descritto, in seguito a forti piogge, si è verificata una colata rapida che ha distrutto parzialmente le opere di difesa costruite in seguito al crollo, coinvolgendo nuovamente la strada e la ferrovia.



(sopra a sinistra)

La frana nella vista

di GeofFNet.

(Programma IT2000 ortofoto digitale a colori dell'intero territorio italiano Copyright Compagnia Generale Ripreseeree S.p.A. Parma)

(sopra a destra)

Barriera paramassi che ha in parte fermato la colata rapida avvenuta due mesi dopo il crollo.

Veduta dell'accumulo della frana che ha coinvolto la sede stradale e ferroviaria.

(più a destra)

Particolare della nicchia dello scivolamento evoluto in crollo.



Frana di Camorone

Descrizione:

Si tratta di una grande frana di scivolamento in roccia (Argilliti di Riva di Solto) con evoluzione a colamento rapido, del volume complessivo di circa 2 milioni di metri cubi.

Dalle indagini effettuate è emerso che già negli anni '60 era stata notata la presenza di una frattura alla testata della frana, la quale si era riattivata anche nel novembre 2000.

Le prolungate precipitazioni del mese di novembre 2002, saturando completamente l'ammasso roccioso, ne hanno consentito il movimento dapprima lento (da alcuni millimetri a centimetri/ora) poi più rapido (alcuni metri/ora), per un totale di 40-50 m, che ha causato la distruzione totale di una decina di abitazioni e lo sbarramento parziale del torrente Brembilla con formazione di un piccolo invaso a monte.

Provincia:
Bergamo

Comune:
Brembilla

Tipologia:
scivolamento
rotazionale

Data evento:
27 novembre 2002

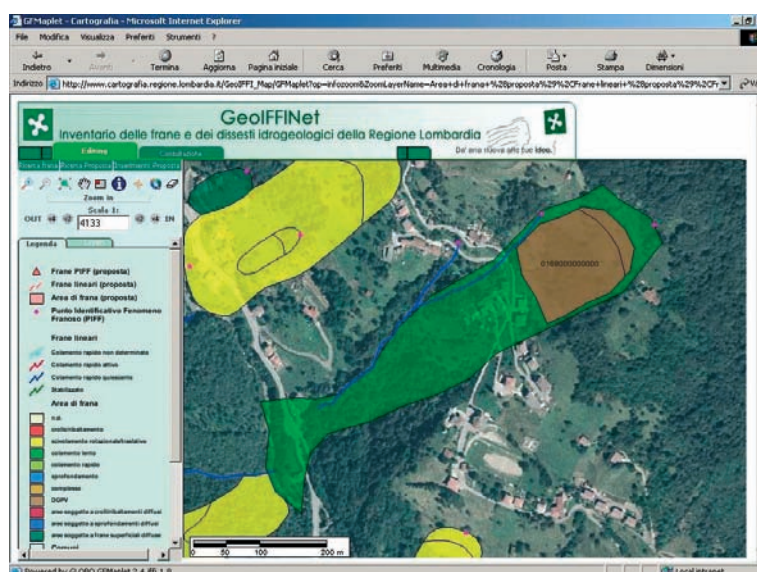


Panoramica frana.

(sotto)

La frana nella vista di GeoFFINet.

(Programma IT2000 ortofoto digitale a colori dell'intero territorio italiano Copyright Compagnia Generale Ripresearee S.p.A. Parma)



Frane di Gera Lario

Descrizione:

Il bacino del torrente San Vincenzo è interessato da numerosi fenomeni franosi di diversa tipologia quali scivolamenti, crolli, colate rapide, erosione diffusa ecc.. Le cause dei fenomeni sono da condurre a periodi di intense e continue precipitazioni con conseguente aumento di circolazione idrica nel terreno. Anche l'erosione al piede del pendio da parte del torrente contribuisce all'instabilità generale del bacino. Numerose sono le frane attive, degne di nota sono quelle situate in località Rinada e Madonnina Macialli su entrambe le sponde del Torrente S. Vincenzo,

poco a monte dell'abitato e quella posta in località Canevella, nella parte alta del bacino. Quest'ultima si è rimobilizzata il 29/6/1997 portando in alveo circa 300.000 m³ di materiale. Il fenomeno ha provocato un temporaneo sbarramento del corso d'acqua e l'insorgere di colate detritiche che sono state parzialmente contenute dalle opere idrauliche presenti lungo l'alveo stesso. Solo il ponte presso la strada statale è stato ostruito e si è avuta esondazione di parte della frazione solida e di quella liquida.

Provincia:

Como

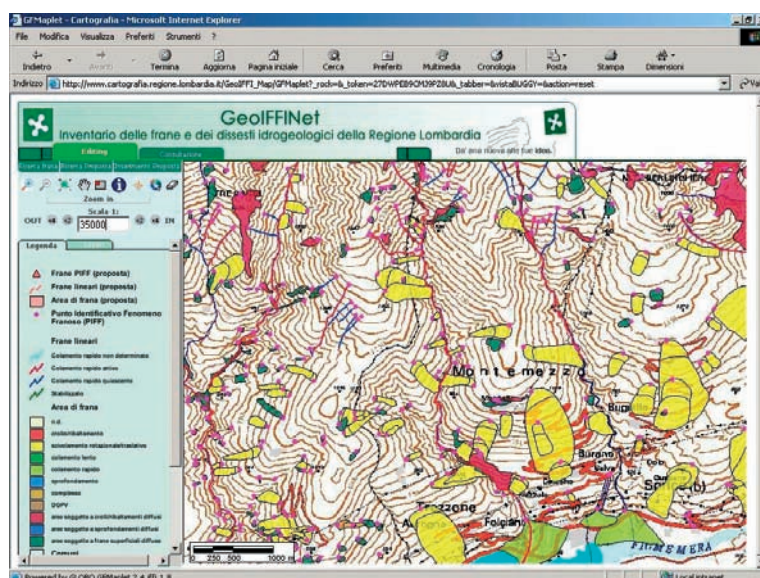
Comune:

Gera Lario,
Montemezzo,
Trezzone

Tipologia:

scivolamento,
crollo, colata
rapida

Data evento:



Frana in località
Canevella.

(sopra a destra)
La frana nella vista
di GeolFFNet.

(Programma IT2000 ortofoto digitale a colori dell'intero territorio italiano Copyright Compagnia Generale Ripreseeree S.p.A. Parma)

(sopra a sinistra)
Frana in località
Madonnina Macialli.

Frana in località Rinada.

Frana di Bienno

Provincia:

Brescia

Comune:

Bienno

Tipologia:

complesso

Data evento:

10 ottobre 1993

Descrizione:

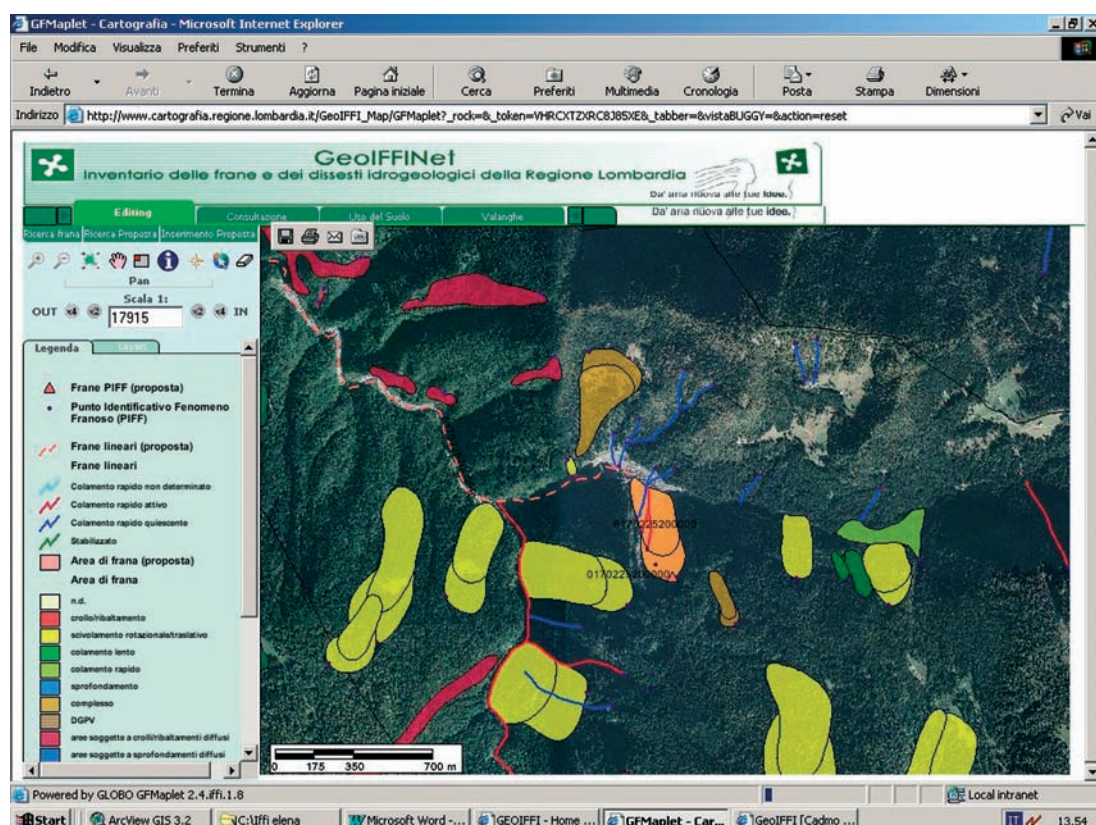
Si tratta di una grossa frana complessa che ha coinvolto circa 2.000.000 m³ di materiale. L'evento del 10/10/1993 ha provocato la parziale chiusura della valle. La frana, innescatasi come scorrimento rotazionale, è poi evoluta in colata detritica. La colata ha lesionato la centrale idroelettrica e alcune opere di difesa lungo il torrente. L'area è caratterizzata da depositi glaciali.



Veduta della porzione sommitale della frana.

La frana nella vista di GeoIFFINet.

(Programma IT2000 ortofoto digitale a colori dell'intero territorio italiano Copyright Compagnia Generale Ripreseeree S.p.A. Parma)



Frane di Sanguignano

Descrizione:

L'area è interessata da numerose frane complesse (scorrimenti che evolvono in colate) e da colate lente. I fenomeni interessano generalmente la coltre superficiale di alterazione e/o colluviale (spessori di frana inferiori ai 2-3 m). I terreni marnoso-argilloso, adibiti ad attività agricola, sono i più soggetti ai fenomeni di instabilità. Tali suoli sono lasciati molto spesso incolti e con una rete di drenaggio superficiale insufficiente, inoltre la particolare situazione geo-

logica, in cui le placche arenacee (prevalentemente permeabili per fessurazione) sovrastano litologie marnoso-argillose (poco permeabili per porosità), facilita l'accumulo di acqua alla sommità dei rilievi e il suo versamento nelle fasce sottostanti che vengono coinvolte in movimenti gravitativi di scivolamento. Le frane sono generalmente innescate da precipitazioni brevi e intense.

Provincia:
Pavia

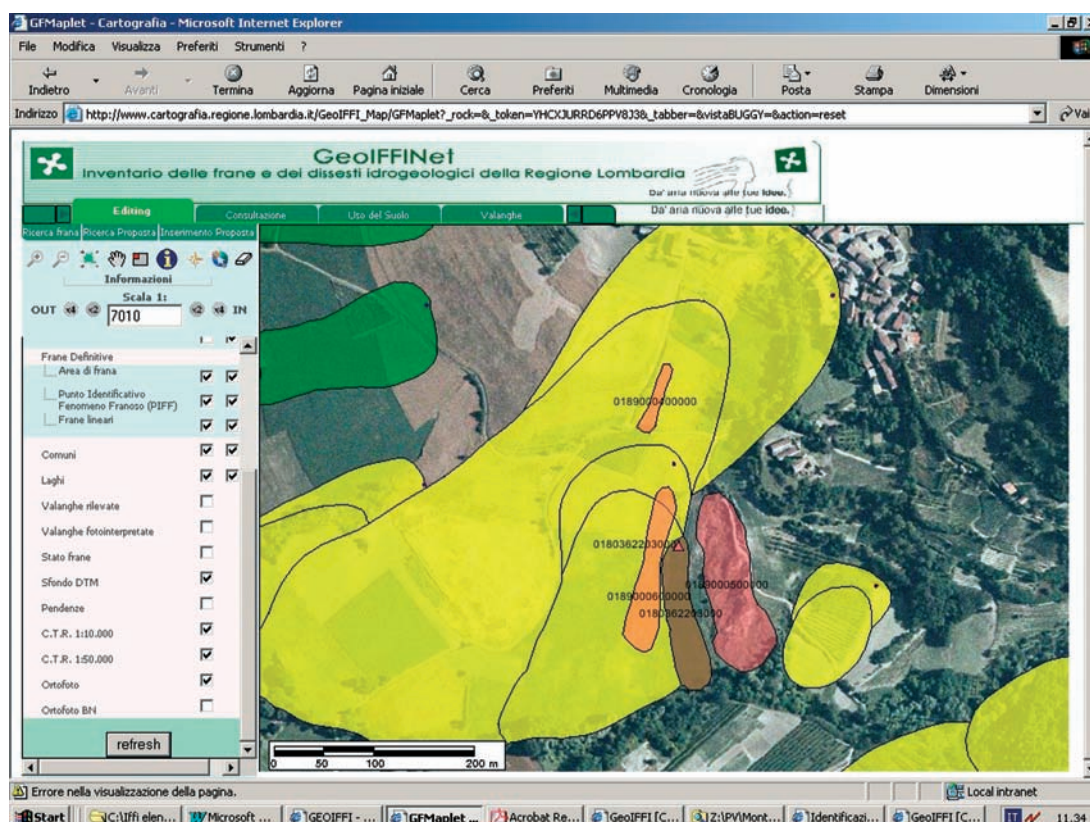
Comune:
Montesegale

Tipologia:
complesso,
colata lenta

Data evento:



Veduta dell'area interessata dai fenomeni franosi.



La frana nella vista di GeolFFINet.
(Programma IT2000 ortofoto digitale a colori dell'intero territorio italiano Copyright Compagnia Generale Ripresaere S.p.A. Parma)

Frana di Sant'Omobono

Provincia:

Bergamo

Comune:

Sant'Omobono
Imagna

Tipologia:

complesso

Data evento:

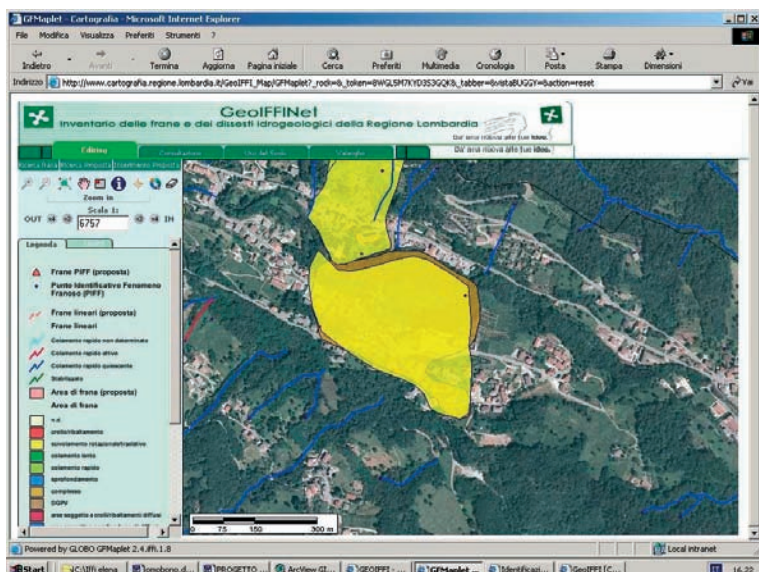
26 novembre 2002

Descrizione:

La frana, avvenuta il 26 novembre 2002, ha causato gravi danni a numerose strutture pubbliche e private. Si sono aperte numerose fratture con rigetti centimetrici, sia nelle pavimentazioni stradali, sia lungo i muri delle abitazioni. L'evento, avvenuto a seguito delle intense precipitazioni, ha portato all'evacuazione di circa 105 persone. Il substrato roccioso è costituito dalle Argilliti di Riva di Solto. Si tratta di alte-

ranze di calcari marnosi, marne argillose e argilliti in strati da decimetrici a centimetrici, immergenti verso nord-est.

La frana ha una larghezza di 100 m ed una lunghezza di 600 m per una superficie di 60.000 m². La profondità della superficie di scivolamento è variabile, probabilmente fino a 20-30 m.



(sopra a sinistra)

La frana nella vista
di GeofFInet.

(Programma IT2000 ortofoto digitale a colori dell'intero territorio italiano Copyright Compagnia Generale Ripresearee S.p.A. Parma)

(sopra a destra)

Particolare di una frattura
aperta nella pavimentazione.

Dettaglio di
un fessurimetro.



SINTESI DEI RISULTATI

Attualmente sono presenti nella banca dati IFFI 130.450 (tab. 5) fenomeni franosi pari a una superficie in frana di circa 3.300 km². Ovviamente le aree montuose e collinari sono le zone che presentano il maggior numero di fenomeni.

La tipologia di frana più frequente (41%) è il colamento rapido (fig. 93). Si tratta di fenomeni ampiamente diffusi nelle Alpi e nelle Prealpi, sia sui versanti, che lungo le aste torrentizie e che coinvolgono i depositi superficiali. Questo tipo di fenomeno si innesca solitamente in seguito a precipitazioni intense.

Le aree soggette a crolli/ribaltamenti diffusi sono porzioni di territorio dove si verificano o si potrebbero verificare distacchi di blocchi da pareti ripide e fratturate. Anche questi sono fenomeni ampiamente presenti nelle Alpi e nelle Prealpi e costituiscono circa il 32% dei dissesti della regione.

Lo scivolamento rotazionale/traslattivo comprende il 16% del totale dei dissesti presenti in regione. È caratterizzato da una o più superfici di scivolamento e può svilupparsi in materiali diversi (roccia, depositi superficiali). Questa tipologia di frana si sviluppa in tutto il territorio montano-collinare della regione.

Le aree soggette a frane superficiali diffuse sono il 4% delle frane totali della regione. Si sviluppano soprattutto lungo le scarpate degli alvei e sui versanti scarsamente vegetati di alta montagna.

I crolli/ribaltamenti (3% delle frane presenti) avvengono solitamente su versanti in roccia coinvolgendo porzioni limitate di territorio.

Le restanti tipologie di frana sono scarsamente rappresentate nella nostra regione (4%).

Le cause principali dei fenomeni franosi sono generalmente riferibili all'assetto geologico e strutturale delle rocce. Infatti le caratteristiche meccaniche delle rocce, il grado di alterazione ecc. influiscono direttamente sullo sviluppo dei fenomeni franosi.

L'ossatura metamorfica - intrusiva dell'asse alpino lombardo, modellato dalle glaciazioni con la decompressione dovuta allo scioglimento dei ghiacciai, dà origine ad estesi fenomeni di deformazione gravitativa profonda di versante (DGPV), cui si associano scivolamenti in roccia o in detrito, crolli e, in occasione di precipitazioni intense e/o prolungate, numerosissimi fenomeni di debris flow. Le litologie principali presenti sono filladi, micascisti, gneiss, anfiboliti. La zona sudalpina è invece caratterizzata da un sub-

strato sedimentario con prevalenza di carbonati (calcari, dolomie, calcari marnosi e marne) e sequenze torbiditiche che affiorano al margine prealpino. I fenomeni di dissesto prevalenti sono i crolli, gli scivolamenti planari ed i debris flow.

La zona di raccordo tra prealpi e pianura risulta caratterizzata da estesi depositi con modesti fenomeni di scivolamento superficiale e crolli lungo i cigli ed i versanti delle scarpate principali.

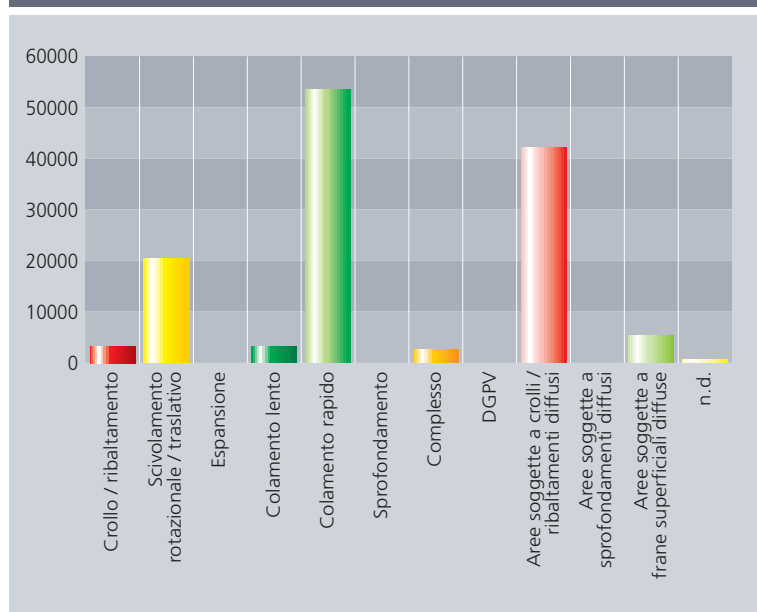
Tab. 5: numero di frane e % in base alla tipologia di movimento franoso.

Fig. 93: numero di frane per tipologia di movimento.

NUMERO DI FRANE E PERCENTUALE IN BASE ALLA TIPOLOGIA DI MOVIMENTO FRANOSO

TIPOLOGIA DI MOVIMENTO	N° FRANE	%
Crollo / ribaltamento	3507	2,687
Scivolamento rotazione / traslativo	20430	15,65
Espansione	2	0,00153
Colamento lento	1840	1,409
Colamento rapido	53609	41,067
Sprofondamento	28	0,0214
Complesso	2707	2,074
DGPV	83	0,064
Aree soggette a crolli / ribaltamenti diffusi	42181	32,312
Aree soggette a sprofondamenti diffusi	1	0,00077
Aree soggette a frane superficiali diffuse	5408	4,143
n.d.	744	0,57
TOTALE	130540	100

NUMERO DI FRANE PER TIPOLOGIA DI MOVIMENTO



La zona dell'Oltrepò Pavese è caratterizzata da frane tipiche dell'Appennino: colate, scivolamenti e scivolamenti-colate.

La distribuzione della franosità per classi litologiche (fig. 94) evidenzia che la maggior percentuale (circa 50%) della franosità risulta in "dioriti e gabbrì", "graniti, granodioriti e tonaliti" e "serpentiniti e peridotiti".

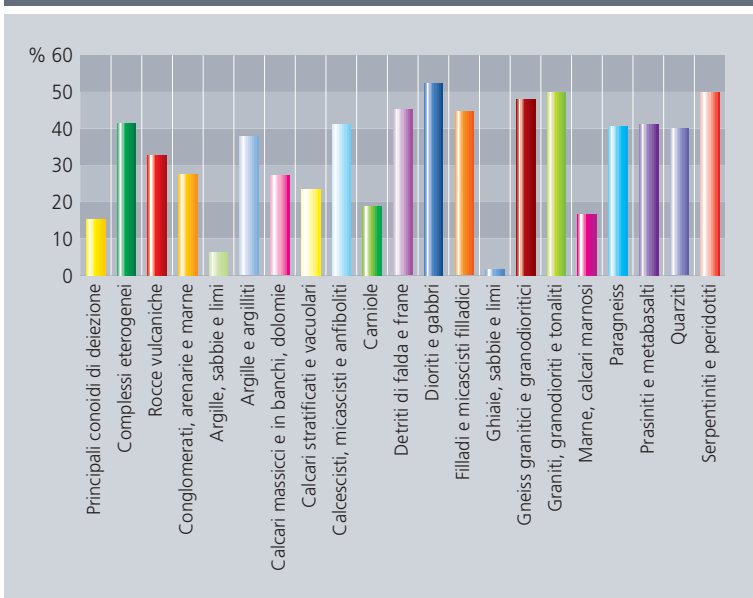
Nei complessi eterogenei che affiorano nell'Oltrepò Pavese si hanno scivolamenti e colamenti lenti e la percentuale di franosità è del 41%. Nei detriti di falda e frane con percentuale di franosità del 45%, si innescano fenomeni di scivolamento e di colamento rapido.

Le rocce effusive (vulcaniti) hanno invece una franosità del 32% dovuta a fenomeni di crollo/ribaltamento. Le rocce metamorfiche in genere presentano tutte le tipologie di fenomeni franosi al loro interno ad eccezione dei colamenti lenti, in questo caso la franosità è circa del 40%.

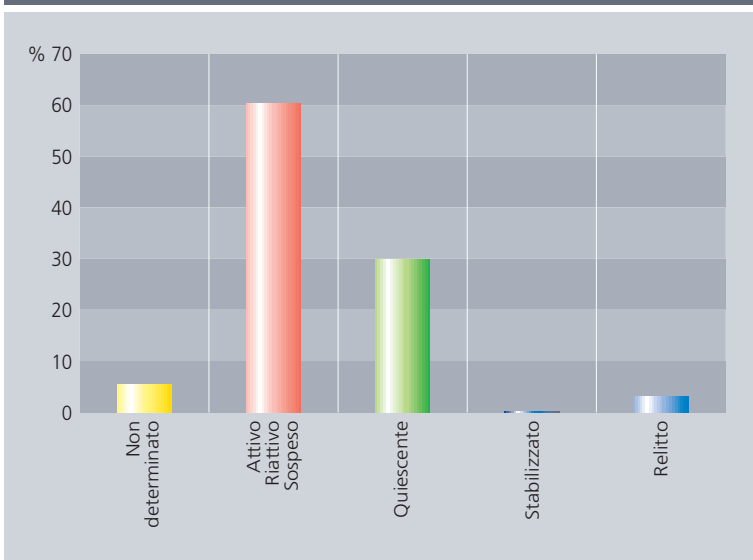
Fig. 94: percentuale franosità per classi litologiche.

Fig. 95: percentuale dei fenomeni franosi per stato di attività.

FRANOSITA' PER CLASSI LITOLOGICHE



FENOMENI FRANOSI PER STATO DI ATTIVITA'



Le rocce di origine sedimentaria nel complesso hanno una franosità del 25%, escludendo le argille e argilliti che hanno una franosità del 37% con tipologie di movimento variabili.

I depositi di argille, sabbie e limi hanno franosità media del 6%. I principali conoidi di deiezione e i ghiacciai hanno una franosità del 15%.

Nel complesso si osserva una distribuzione omogenea dei fenomeni franosi nei diversi litotipi.

Analizzando le informazioni relative allo stato di attività in Regione Lombardia il 60% dei fenomeni, valutato su basi morfologiche, risulta attivo/riattivato/sospeso, il 30% è quiescente, il 6% non determinato, la restante parte, ovvero il 4%, è relitto. Solo lo 0,2% dei dissesti censiti risulta essere stabilizzato. Nel quadro complessivo della regione i fenomeni "potenzialmente attivi" rappresentano quindi il 90% del totale, non considerando in questa percentuale i fenomeni non determinati e includendo invece i fenomeni quiescenti in quanto le cause che hanno portato al movimento possono attivare nuovamente il dissesto (fig. 95).

Molti dei fenomeni attivi sono concentrati nella parte più a nord dell'Oltrepò Pavese. Nella restante parte del territorio lombardo la distribuzione dei fenomeni attivi è abbastanza omogenea tranne che nella provincia di Varese dove i fenomeni attivi risultano piuttosto scarsi.

Nel complesso la superficie totale in frana della Regione Lombardia è di 3300 km² (tab.6). La provincia col maggior numero di frane è Sondrio, seguono Brescia, Bergamo, Lecco e Como. Le altre provincie hanno nel loro territorio un numero di frane nettamente inferiore rispetto alle sopracitate. Generalmente le provincie col numero maggiore di frane sono anche quelle che hanno un'area in frana maggiore (fig. 96). La provincia di Pavia mostra, nonostante il numero di frane non sia elevato, una superficie relativa in frana molto vasta.

La Regione Lombardia ha prodotto una carta della densità di frana su base formazionale (fig. 97). La carta è stata ottenuta utilizzando i dissesti poligonali della carta inventario dei fenomeni franosi (dati censiti fino al 2004) e la carta geologica della Regione Lombardia in scala 1:250.000.

Si è ricavato l'**Indice Regionale di Franosità Formazionale (IRFF%)** dividendo la somma delle aree franose, contenute all'interno di una specifica formazione geologica, per l'area totale della formazione stessa. Le considerazioni effettuabili relativamente a tale carta sono:

1. Nel settore alpino, andando da sud a nord l'IRFF tende ad aumentare progressivamente passando dal 4 - 10 % delle prime propaggini prealpine ad oltre il 30 % del versante retico.
2. In generale, le aree altimetricamente più elevate sono anche le più franose. Ciò è vero per almeno due ragioni: la prima è che gli agenti esogeni sono effettivamente più attivi alle quote superiori; la seconda, legata proprio alla genesi della catena alpina, ci dice che le formazioni geologiche che hanno subito i

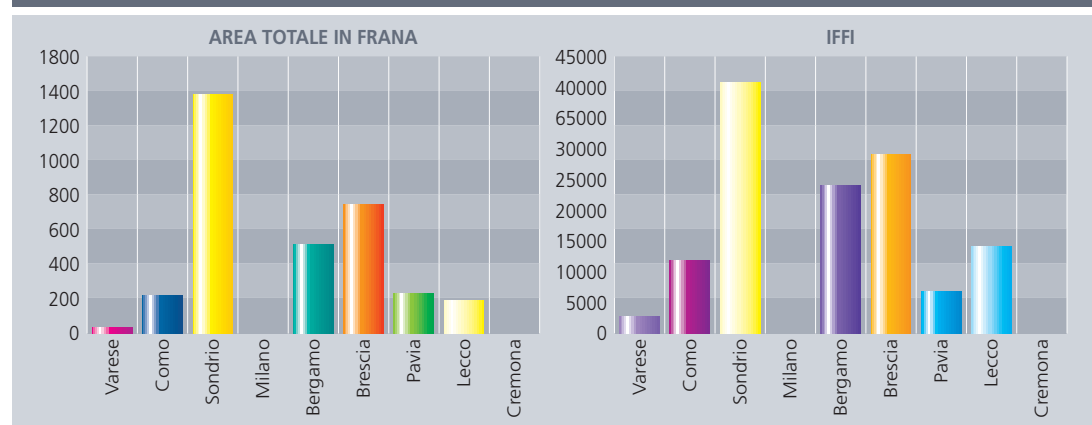
NUMERO DI FRANE E AREA TOTALE IN FRANA PER PROVINCIA

PROVINCIA	IFFI	FRANE	AREE	DGPV	FRANE LINEARI	AREA TOTALE IN FRANA (km ²)
Varese	2510	440	1081	1	805	41,370
Como	10439	2577	4833	4	2636	216,340
Sondrio	41666	6954	14985	49	18839	1373,000
Milano	20	2	9	0	8	0,049
Bergamo	26583	4746	9244	11	12107	514,460
Brescia	31012	5744	13539	13	10667	750,800
Pavia	5949	4640	920	0	0	219,870
Lecco	12359	2428	2979	5	6724	191,820
Cremona	2	2	0	0	0	0,00
TOTALE	130540	27533	47590	83	51786	3307,711

Tab. 6: numero di frane e area totale in frana per provincia.

Fig. 96: area totale in frana e numero di PIFF per provincia.

AREA TOTALE IN FRANA E NUMERO DI PIFF PER PROVINCIA



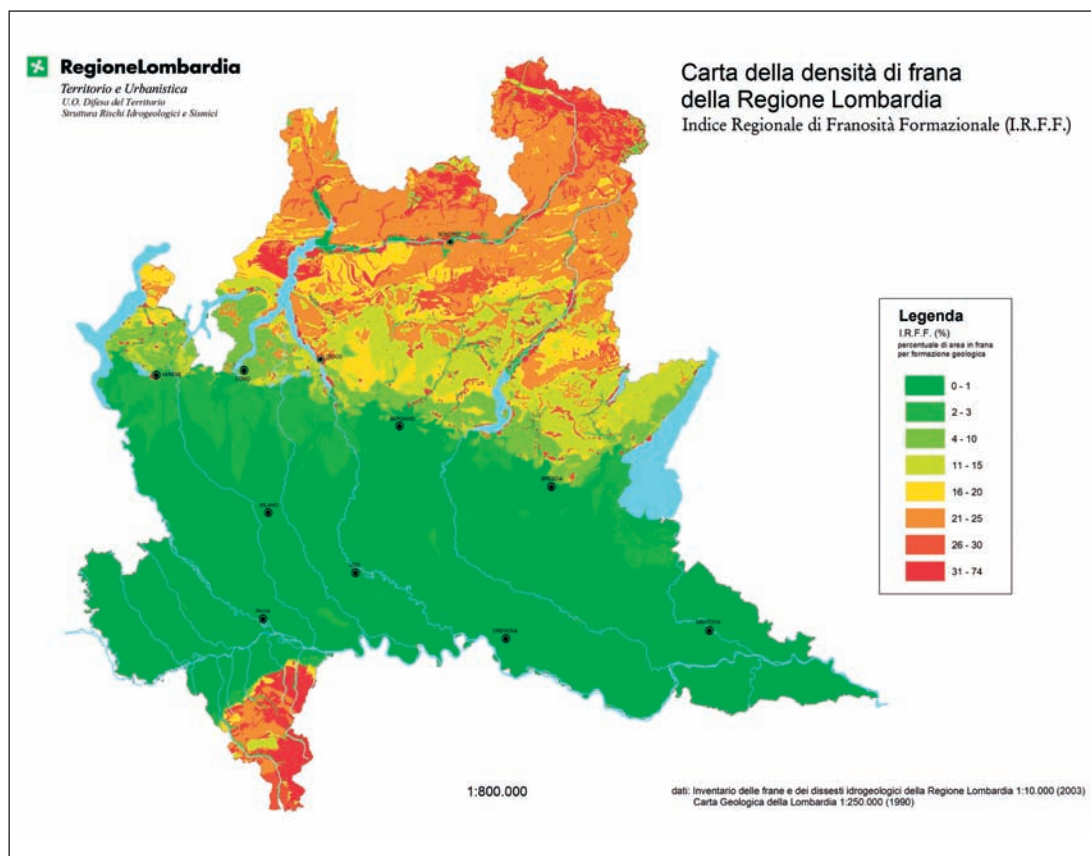
maggiori sollevamenti sono quelle che, a causa delle maggiori sollecitazioni e dislocazioni subite, sono anche le più franose. E' questo il motivo per il quale l'Alto Lario, quasi tutta la provincia di Sondrio (Valchiavenna e Valtellina) e le testate della Valle Brembana, Valle Seriana, Valle Camonica e Valtrompia, hanno un IRFF superiore al 20%, con punte oltre il 25% per le Serpentiniti della Valmalenco e della Valchiavenna (31,95%), i Micascisti dei Laghi (32,09%) nel territorio lecchese e comasco a cavallo dell'alto Lago di Como, la Formazione di Collio (27,67%) ed i calcari e le dolomie del "gruppo della Dolomia Principale" (oltre 30 % in Alta Valtellina). Altro fattore da considerare è la miglior visibilità ad alta quota, senza presenza della vegetazione, che permette di individuare un maggior numero di fenomeni.

3. Tutta la bassa fascia prealpina, da Varese a Brescia passando per le province di Como, Lecco e Bergamo, presenta una franosità medio-bassa, normalmente inferiore al 15 % ad eccezione della Formazione delle Argilliti di Riva di Solto con un IRFF del 17,03% (ad esempio frana di Camorone in Comune di Brembilla e frana di Mazzoleni in Comune di Sant'Omobono Imagna nel novembre 2002). Più a nord, a quote superiori, i valori diventano decisamente più alti raggiungendo il 23,61% con gli ortogneiss dell'alto varosotto, il 22,57% con i calcari della Formazione di Esino nel lecchese ed il 24,62% con le filladi quarzifere (Scisti di Edolo, Filladi di Ambria, Micascisti del Maniva) fra la bergamasca ed il bresciano.

4. Le **rocce di origine metamorfica e magmatica** (gneiss – frane del Torreggio, micascisti – frana del Ruinon di Valfurva, serpentiniti – grandi frane di crollo, gabbri – frana di Val Pola) che costituiscono la dorsale dell'edificio alpino, risultano più franose di quelle **di origine sedimentaria** (calcari – rock avalanche della Val Canale, arenarie – frana di Corna Rossa, marne e argilliti – frana di Fuipiano), diffuse prevalentemente nell'area prealpina. Analogo ragionamento è valido prendendo in considerazione le età geologiche delle rocce: in generale le formazioni più giovani (poste a Sud) sono meno franose di quelle più vecchie (poste a Nord). Queste deduzioni, sulla base di quanto sopra esposto, devono comunque essere valutate tenendo ben presente genesi, evoluzione e tettonica della catena alpina con sollevamenti ed erosioni crescenti da Sud a Nord.

5. La apparente bassa franosità della sponda occidentale del Lago di Garda, del ramo occidentale del Lago di Como e di entrambe le sponde del Lago d'Iseo, notoriamente soggette a frequenti fenomeni di crollo, è spiegabile con due motivazioni: la prima per il fatto che le pareti rocciose subverticali occupano, proiettate in piano, areali piccoli; la seconda per il fatto che le principali formazioni geologiche affioranti in questi luoghi ("Rosso Ammonitico Lombardo" e "Medolo") hanno un'ampia diffusione areale nella Regione, ma sempre con un numero modesto di fenomeni franosi.

Fig. 97: carta della densità di frana su base formazionale.



6. Un discorso a parte riguarda le conoidi detritico-alluvionali che sono state classificate in questa carta come aree rosse (cioè ad elevata densità di frana o IRFF). Tali particolari elementi e forme morfologiche, pur non essendo normalmente classificate frane s.s., costituiscono in pratica aree di accumulo di materiale detritico proveniente da fenomeni di trasporto solido e/o in massa (trasporto solido, colata detritica - debris flow e/o debris torrent) che sono diretta conseguenza dei fenomeni di dissesto idrogeologico che si verificano nei bacini di monte. E' per tali motivi che sono state inserite fra le aree a maggior densità di frana.

7. Le aree dell'Oltrepò Pavese differiscono in parte dalle precedenti valutazioni a causa della natura sedimentaria e prevalentemente argillosa delle formazioni presenti, con scadenti proprietà geotecniche e geomeccaniche, che ne fanno le aree con maggior densità di frana di tutta la Lombardia (Argille a Palombini 44,12 %, Complesso Caotico 32,87%, Formazione della Val Luretta 53,22% che è il valore più alto di tutta la regione, Arenarie di Scabiazza 36,94% costituite da arenarie ed argille spesso intensamente piegate). Sempre nell'Oltrepò Pavese spicca la relativamente bassa franosità della formazione delle Arenarie del Monte Valtassa con una densità di frana del 14,15 %.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il progetto IFFI ha permesso di migliorare la conoscenza e la mappatura dei fenomeni franosi presenti nella Regione Lombardia, consentendo di avere una visione completa e omogenea del territorio. La rappresentazione complessiva e di sintesi che nasce dal lavoro rappresenta uno strumento di conoscenza fondamentale che, se continuamente aggiornato, costituirà un riferimento indispensabile per ogni studio ed analisi territoriale e, più in generale, per il governo e la sicurezza del territorio. Conoscere la distribuzione dei dissesti, infatti, costituisce il presupposto per valutarne l'evoluzione futura e la potenziale pericolosità.

Ad oggi sono state censite 130.450 frane (poligoni, linee, punti). La densità maggiore dei fenomeni si trova nell'area dell'Oltrepò Pavese e nella parte più

settentrionale della regione, in Alta Valtellina e in Valmalenco. La grande maggioranza dei fenomeni attivi esistenti è considerabile come riattivazione di fenomeni già esistenti o comunque conosciuti, su cui a volte sono stati costruiti centri abitati e infrastrutture di vario tipo.

L'analisi, la raccolta dei dati e il loro inserimento nel database secondo le specifiche del progetto IFFI hanno comportato un lavoro ingente in termini di risorse coinvolte e complesso per la disomogeneità iniziale dei dati a disposizione.

Il quadro complessivo ottenuto rappresenta uno strumento ideale di partenza per la modellazione della pericolosità e della vulnerabilità connesse al rischio idrogeologico.

BIBLIOGRAFIA

■ AGLIARDI F., CROSTA G. & ZANCHI A. (2001) – Structural constraints on deep-seated slope deformation kinematics. *Eng. Geol.*, 59, pp83-102.

■ AGOSTONI S., CARDINALI M., CARRARA A., CROSTA G., FOSSATI D., FRATTINI P., GUZZETTI F., LAFFI R. & REICHENBACH P. (2000) - Assessment of landslide hazard of the Staffora basin (northern Italy) by integrating geomorphological and historical data within a multivariate model. XXV EGS General Assembly, Nizza, 24-29 aprile 2000.

■ AGOSTONI S., CERIANI M., DE ANDREA S., LAFFI R. & LAUZI S. (1989) - Atlante dei dissesti della Provincia di Sondrio a scala 1:10.000 - non pubblicato.

■ AGOSTONI S., CERIANI M., DE ANDREA S., LAFFI R., LAUZI S. (1990) - Schede frane della Provincia di Sondrio - non pubblicato.

■ AGOSTONI S., CERIANI M., DE ANDREA S., LAFFI R. & LAUZI S. (1993) - Carta del Censimento dei dissesti della Regione Lombardia. Atti del primo Seminario del Gruppo Geologia promosso dal Centro Interregionale per la Cartografia e dalla Regione Emilia Romagna.

■ AGOSTONI S., CERIANI M., FOSSATI D., MAZZOCCOLA D., QUATTRINI S. & SCIESA E. (1999) - Procedure per la valutazione e la zonazione della pericolosità e del rischio da frana nei "siti a rischio" in Regione Lombardia in adempimento alla legge 267/98. *Prof. Geol.*, 9, 9-25.

■ AGOSTONI S., LAFFI R. & SCIESA E. (1997) - Centri abitati instabili della Provincia di Sondrio. Pubblicazione CNR-GNDCI n. 1580.

■ AGOSTONI S., CANTONE G., LAFFI R., RATTI R. & SCIUNNACH D. (2000) - Centri abitati instabili della Provincia di Lecco. Pubblicazione CNR-GNDCI n. 2066.

■ BONI A., BONI P., PELOSO G.F., GERVAISONI S. (1981)

- Dati sulla neotettonica del Foglio Pavia (59) e in parte dei Fogli Voghera (71) e Alessandria (70). CNR, *Prog. Fin. Geod.*, Sottoprogramma Neotettonica, pubbl. n.356, 1199-1244, Napoli.

■ CARRARA A., GUZZETTI F., CARDINALI M., REICHENBACH P., ANTONINI G., GALLI M., ARDIZZONE F., FOSSATI D., LAFFI R., MAZZOCCOLA D., SCIESA E., CROSTA G. & FRATTINI P. (2000) - Confronto fra informazioni geomorfologiche e storiche nella definizione della pericolosità da frana a scala di bacino. Biennale di Protezione civile, Bastia Umbra (PG), 26-29 ottobre 2000.

■ CARRARA A., GUZZETTI F., CARDINALI M., REICHENBACH P., ANTONINI G., GALLI M., ARDIZZONE F., FOSSATI D., LAFFI R., MAZZOCCOLA D., SCIESA E., CROSTA G. & FRATTINI P. (2000) - Geographic information technology to assess landslide hazard in regional environmental planning. "Third congress on regional geological cartography and information systems", Munich (Bavaria, Germany) 24-27 October 2000.

■ CERIANI M. & CARELLI M. (2000) - Carta delle precipitazioni medie, massime e minime annue del territorio alpino della Regione Lombardia (registrate nel periodo 1891-1990). *Professione Geologo*, 10, 12-27.

■ CERIANI M., CROSTA G., FRATTINI P. & QUATTRINI S. (2000) - Evaluation of hydrogeological hazard on alluvial fans. In *Int. Symp. INTERPRAEVENT 2000*, Villach, Österreich Tagungspublikation, Band2, pp. 213-225.

■ CERIANI M., CROSTA G. & QUATTRINI S. (1998) - Valutazione della pericolosità idrogeologica sulle conoidi soggette a fenomeni di trasporto in massa e metodologia per il loro censimento in Valcamonica (BS) ed in Valchiavenna (SO) - Alpi Centrali. Atti dei Convegni Lincei: "Il Rischio Idrogeologico e la Difesa del Suolo - Roma 1- 2

ottobre 1998", Accademia Nazionale dei Lincei, 154.

■ CERIANI M., FOSSATI D. & QUATTIRINI S. (1998) - Valutazione della pericolosità idrogeologica sulle conoidi alpine: esempio della metodologia di Aulitzky applicata alla conoide del torrente Re di Gianico - Valcamonica - Alpi Centrali. Atti del XXVI Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche - "Ingegneria dell'acqua e sviluppo sostenibile", Catania 9-12 settembre 1998, Vol III, 15-26.

■ CHINAGLIA N. & MAZZOCCOLA D. (1997) - Le grandi frane dell'arco alpino meridionale tipologia e distribuzione. Geol. Insubr., 2/1, pp. 59-84.

■ COSTA J. E. (1984) - Physical geomorphology of debris flows. in Costa J. E. and Fleisher P. J. (eds.): Developments and Applications of Geomorphology: Berlin, Springer-Verlag, pp. 269-315.

■ CROSTA G.B., MARCHETTI M., GUZZETTI F. & REICHENBACH P. (1990) - Morphological classification of debris flow processes in South-Central Alps (Italy). Proc. 6th Int. IAEG Congress. Balkema, Rotterdam, pp. 1565-1572.

■ CROSTA G. B. et al. (1999) - Activation of deep seated slope gravitational deformations in complex tectonic settings: the Corno Zuccone sackung, Val Taleggio (Orobic Alps, Bergamo, Italy). Studi geografici e geologici in onore di Severino Belloni. Glauco Brigatti, Genova, pp. 235-258.

■ CRUDEN D.M. & VARNES D.J. (1993) - Landslides investigation and mitigation. Chapter 3: Landslide types and processes. Transportation Research Board, National Academy of Sciences. p. 1-77.

■ CRUDEN D. M. & VARNES D. J. (1994) - Landslides Types and Processes. Landslide - Investigation and Mitigation, Transportation Research Board, National Academy of Sciences.

■ CRUDEN D. M. & VARNES D. J. (1996) - Landslides Types and Processes. In: Turner A. K., Schuster R. L. (Eds) "Landslides Investigation and Mitigation". Special report 247 T.R.B. - N.R.C. National Academy Press, Washington D.C..

■ DELL'ORSINA F., PASOTTI J. & SGANGA F. (1999) - Carta Inventario delle frane e dei dissesti della Provincia di Lecco. Scala 1:25.000. Pubblicazione CNR n. 1942.

■ FORCELLA F. (1984) - Brevi note sulla tettonica gravitativa di versante nelle Alpi Centrali. Boll. Soc. Geol. It., 103, pp. 689-696.

■ FOSSATI D. & LAFFI R. (1988) - Nota sugli eventi franosi avvenuti nel giugno 1988 in Val Pola (Valtellina). Geol. Tecnica 4/88, 4-13.

■ FOSSATI D., LAFFI R. & AGOSTONI S. (1999) - Prevenzione del rischio idrogeologico: i nuovi programmi del Servizio Geologico e Riassetto del Territorio della Regione Lombardia. Professione Geologo, 8, 9-13.

■ FOSSATI D., LAFFI R., AGOSTONI S., SCIESA E., MAZZOCCOLA D., RATTI R., CANTONE G., CARELLI M. & alii. (2000) - La cartografia della pericolosità da frana. L'esempio del bacino del torrente Staffora (Pavia). Prof. Geol., 10, 6-11.

■ FOSSATI D. & MANNUCCI G. (1989) - L'alluvione del 1987 in Valtellina e l'evento franoso della Val Pola. In: Documenti del Territorio (Centro Interregionale) n. 14/89, 37-44.

■ FOSSATI D., MAZZOCCOLA D., SCIESA E. & CERIANI M. (2001) - Procedure per la valutazione e la zonazione della pericolosità e del rischio da frana in Regione Lombardia. Prof. Geol., 12, 5-56.

■ FRATTINI P., CROSTA G.B., CERIANI M. & FOSSATI D. (2003) - Inventario delle frane e dei dissesti della Regione Lombardia: analisi statistica e probabilistica per una valutazione preliminare delle pericolosità. Atti I Convegno Nazionale AIGA, Chieti, 427-448.

■ JAHN A. (1964) - Slopes morphological features resulting from gravitation. Zeitschr. Geomorphol. Suppl. 5, pp. 59-72.

■ LAUZI S. & PADOVAN N. (1989) - Scheda tecnica per il rilevamento dei fenomeni franosi. Documenti del Territorio - Centro Interregionale n. 14/1989, 45-46.

■ LAUZI S. & PADOVAN N. (1990) - Scheda tecnica per il rilevamento ed il censimento dei fenomeni franosi - note illustrative ed esempi di utilizzo nella provincia di Sondrio. Geologia Tecnica 4/90, 21-32.

■ MAZZOCCOLA D., LAFFI R., SCIESA E. & PRESBITERO M. (1998) - State of activity evaluation for landslides in deep-seated slope deformation. In: D. P. Moore & O. Hungr Eds., Proceedings 8th Congress of the International Association of Engineering Geology and Environment, Vancouver, Canada Vol. II, 1209-1216.

■ MAZZOCCOLA D., SCIESA E., CERIANI M., FOSSATI D., VAGHI S., CAZZANIGA C., RATTI R. & CANTONE G. (2001) - The landslide-flooding event of november 2000 in Regione Lombardia - Italy. Proceedings of XXVI E.G.S. General Assembly, Nizza, 24-29 march 2001.

■ MORTARA G., CERIANI M. & LAFFI R. (1994) - L'evento alluvionale del luglio 1992 nella conca di Bormio in alta Valtellina. GEAM-Geingegneria Ambientale e Mineraria, Quaderni di studi e di documentazione, 17, vol. 31 (4), 25-33.

■ PICCIO S. (1998) - "I dissesti franosi di Poggio Ferrato (Oltrepò Pavese): indagini geologico-tecniche per una loro caratterizzazione e proposte per un loro monitoraggio". Tesi di laurea inedita, Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Pavia, Pavia.

■ POLLONI G., CERIANI M., LAUZI S., PADOVAN N. & CROSTA G. (1992) - Rainfall and soil slipping events in Valtellina. Proceedings of VI International Symposium of Landslides, Christchurch, Nuova Zelanda.

■ ROSSETTI R. (1997) - Centri abitati instabili della Provincia di Pavia. Pubblicazione CNR-GNDICI n. 1780.

■ ROZMAN J., ROZIC A. & BUDKOVIC T. (2004) - Rocfall in the southern wall of Punta Thurwieser (Italy) on September 18, 2004. Geologija 47/2, Ljubljana 2004, pp. 221-232.

■ VARNES D. J. (1978) - Slope movements. Types and processes. In: Schuster & Krizker (eds) "Landslides: analysis and control". Spec. Rep. 176, Transp. Res. Board, Nat. Ac. of Sc., Washington.

■ ZISCHINSKY U. (1966) - On the deformation of high slopes. Proc. Ist Conf. Int. Soc. Rck Mech., Lisbon, 2, pp. 179-185.

■ Convenzione tra Regione Lombardia - Direzione generale territorio ed urbanistica e il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Pavia per attività di elab-

borazione ed interpretazione geologica ed idrogeologica dei dati radar PS per l'area dell'Oltrepò Pavese in Provincia di Pavia (2004).

■ Archivio storico della Regione Lombardia, 1988 - 2005.

■ Sistema informativo geologico, 1996-2000.

■ Valutazione della pericolosità e del rischio da frana in Lombardia. Regione Lombardia, 2001.

■ Carta Inventario delle frane e dei dissesti della Provincia di Sondrio. Regione Lombardia, 1990.

■ Carta Inventario delle frane e dei dissesti di Edolo. Scala 1:25.000. Regione Lombardia, 1990.

■ Carta Inventario delle frane e dei dissesti di Ponte di Legno. Scala 1:25.000. Regione Lombardia, 1990.

■ Carta Inventario delle frane e dei dissesti di Savigliora. Scala 1:25.000. Regione Lombardia, 1990.

■ Carta Inventario delle frane e dei dissesti di Breno. Scala 1:25.000. Regione Lombardia, 1990.

■ Carta Inventario delle frane e dei dissesti della Valle di Scalve. Scala 1:25.000. Regione Lombardia, 1990.

■ Carta Inventario delle frane e dei dissesti della Valmalenco. Scala 1:25.000. Regione Lombardia, 1990.

■ Carta Geologica della Provincia di Bergamo, scala 1:50.000 e note illustrative. Provincia di Bergamo, Università degli Studi di Milano, Centro di Studio per la Geodinamica Alpina e Quaternaria del CNR, 2000.

■ Inventario frane della Provincia di Pavia. Provincia di Pavia.

■ Individuazione delle zone potenzialmente inondabili dal punto di vista storico e geomorfologico ai fini urbanistici. Torrente Staffora (PV), Torrente Pioverna (LC), Fiume Serio (BG), Fiume Oglio (Alta Valcamonica). Studio CNR - IRPI Torino, 1999-2000.

■ P.R.S. 5.3.1. Definizione delle zone a rischio idrogeologico alla scala di sottobacino idrografico. Aree campione: Valcamonica e Val di Scalve, alta Val Seriana, bacino del T. Staffora e territorio montano della Provincia di Lecco. Carte dei fenomeni franosi, scala 1:10.000; carte della pericolosità da frana, scala 1:25.000. Regione Lombardia, CNR - IRPI Perugia, CNR - CSITE Bologna, Dipartimento di Scienze Geologiche - Geotecnologiche Milano Bicocca, 1998-2000.

■ Carta dei movimenti franosi della zona dell'Oltrepò Pavese. 15 tavole, scala 1:10.000. Regione Lombardia, 1998.

■ Guide Geologiche Regionali(1990): Alpi e Prealpi Lombarde. Società Geologica Italiana.

■ AA. VV. (2001) - Principi e metodi di rilevamento geologico-tecnico. A cura di A. Cancelli & G. B. Crosta. GEO-Graph - Segrate.

■ AA. VV. (2005) - Monitoraggio. Linee guida per il controllo dei fenomeni franosi. Volume 1. A cura di G. Mannucci & A. Notarpietro. IREALP.

CONSULTAZIONE

www.cartografia.regione.lombardia.it/GeolIFFI/index.html

www.sinanet.apat.it/progettoiffi



PROGETTO IFFI - Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia

INVENTARIO DEI FENOMENI FRANOSI IN LOMBARDIA



Regione Lombardia
Protezione Civile, Prevenzione
e Polizia Locale

In collaborazione con:



APAT
Agenzia per la Protezione dell'Ambiente
e per i servizi Tecnici



IRER

ISTITUTO REGIONALE
DI RICERCA
DELLA LOMBARDIA

