



## 4. TIPOLOGIA FRANE

Le tipologie di movimento considerate, con riferimento alla “voci” di primo livello, adottano la terminologia definita dalle raccomandazioni del WP/WLI (1993a) e dal Glossario Internazionale delle frane (WP/WLI, 1993b), tradotto in Italiano in Canuti & Esu (1995) e riproposto più recentemente in Cruden & Varnes (1996).

Per quanto riguarda la tipologia di movimento pare opportuno evidenziare che i “casi” censiti raramente hanno presentato caratteri tali da consentire un inquadramento univoco in una specifica tipologia: i movimenti di tipo “complesso” sono risultati essere, così, i più diffusi mentre per tutte le altre tipologie sono state individuate, di volta in volta, le caratteristiche “guida”, ovvero quelle relative al meccanismo che più ha condizionato il fenomeno analizzato.

Nel seguito vengono illustrati i caratteri “guida”, che hanno condotto i rilevatori durante l’attività di identificazione dei fenomeni; per semplicità espositiva si è richiamato lo schema descrittivo utilizzato nel volume “Landslide Recognition”, 1996, R. Dikau et Al. Ed (Report N° 1 of the European Commission Environment Programme).

Le tipologie di frana considerate risultano essere:

- Crollo
- Ribaltamento
- Scivolamento rotazionale/ traslativo
- Colamento lento/ rapido
- Complesso
- DGPV
- Aree soggette a...

### 4.1. Frane di crollo, ribaltamenti

I fenomeni di crollo e ribaltamento coinvolgono pendii rocciosi estremamente acclivi, dai quali si staccano improvvisamente uno o più frammenti che precipitano nel vuoto. In Liguria fenomeni ascrivibili a queste tipologie si manifestano con particolare frequenza nelle aree più tipicamente alpine, come la Val Tanarello o le alte valli Argentina e Nervia, soprattutto dove affiorano i litotipi più tenaci, quali ad esempio i calcari eocenici. Altri ambienti particolarmente favorevoli all’innescare di fenomeni di questo tipo sono le coste alte rocciose; queste aree sono caratterizzate da un’evoluzione morfologica particolarmente rapida nella quale i fenomeni gravitativi connessi all’ondazione marina rappresentano il principale agente che plasma il paesaggio. Più in generale comunque si osserva come tali fenomenologie di instabilità si possono innescare dove la roccia affiorante risulta particolarmente fratturata e degradata.

Si tratta di fenomeni spesso di dimensioni ridotte, sono pochissimi i casi di frane di crollo con estensione superiore ad un ettaro. In genere, quindi, si ha a che fare con aree soggette a crolli diffusi accorpate in un unico perimetro (vedi § 4.8).

- **Meccanismo di movimento** - Il movimento dei blocchi avviene inizialmente in aria e prosegue, successivamente all’impatto con il versante, per rimbalzi, rotolamento e scivolamento.  
Per quanto riguarda i *ribaltamenti*, i blocchi, aventi forma allungata in senso verticale, ruotano attorno ad un fulcro posizionato al di sotto del loro baricentro.
- **Caratteristiche della nicchia di distacco** - La forma della nicchia di distacco può essere planare, cuneiforme, verticale o irregolare e caratterizzata da gradini e tetti, ed è determinata essenzialmente dalla direzione delle discontinuità (fratture, faglie, stratificazione) dell’ammasso roccioso. Il sistema di fratturazione influenza anche le dimensioni ed il numero dei blocchi coinvolti nel franamento: si può verificare infatti un crollo di un singolo blocco, o comunque di pochi massi, se le discontinuità sono in numero limitato e sufficientemente spaziate, oppure un “crollo in massa” se l’ammasso roccioso è molto fratturato. Nel primo caso la nicchia di distacco avrà per lo più una forma irregolare, planare o verticale a seconda dell’orientazione delle discontinuità che individuavano i blocchi franati (Foto 4.1.1, 4.1.2 e 4.1.3), mentre nel secondo prevarrà una caratteristica forma a cuneo che si allarga dall’alto verso il basso (Foto 4.1.4 e 4.1.5).

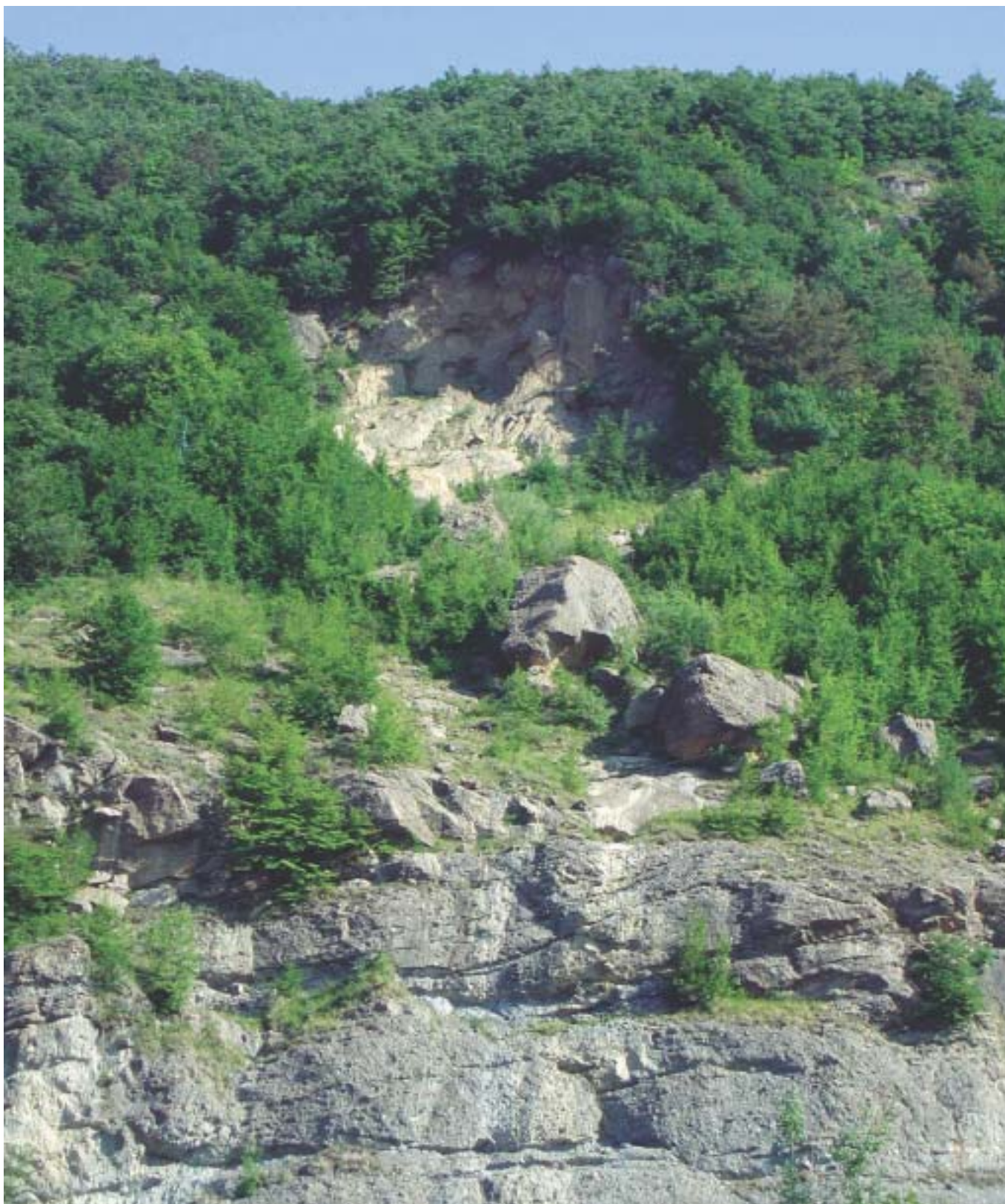


Foto 4.1.1 - Monte Maggio (Comune di Savignone - GE) - Conglomerati di Savignone. Nicchia di crollo e blocchi in condizioni di precario equilibrio. Questo fenomeno coinvolge il versante Sud di M. Maggio, rilievo costituito dai conglomerati oligocenici, subito sopra il contatto per discordanza angolare con il basamento pre-oligocenico qui rappresentato dal flysch del M. Antola. Si può osservare la stratificazione, in quest'area disposta a franapoggio, predisponente il collasso.





Foto 4.1.2 - Pietrafraccia (Comune di Ronco Scrivia - GE) - Conglomerati di Savignone. Nicchia di crollo di un singolo blocco cuneiforme individuato dall'intersezione di tre famiglie di discontinuità molto persistenti ma caratterizzate da spaziatura metrica. La discontinuità basale è costituita dalla stratificazione.



Foto 4.1.3 - Magnone inferiore (Comune di Vezzi Portio - SV) - Pietra di Finale. Frana di crollo. Si possono facilmente individuare la zona di nicchia ed i blocchi ciclopici collassati e rotolati alcune decine di metri più a valle rispetto al piede della falesia.





Foto 4.1.4 - Fossola (Comune della Spezia - SP) - Arenarie del Macigno. Crollo in massa. Si può osservare la nicchia di distacco cuneiforme e il cono di accumulo con il piede di forma arcuata. In questo caso è importante l'azione svolta dallo scalzamento al piede operato dal moto ondoso e le vibrazioni da esso indotte.



Foto 4.1.5 - Varni (Comune di Gorreto - GE) - Flysch di M. Antola. Crolli in massa. Si possono osservare alcune nicchie di distacco ed i relativi coni di accumulo in corrispondenza di una scarpata caratterizzata da stratificazione suborizzontale. In questo caso, fra i fattori predisponenti, è importante la forte incisione verticale operata dal corso d'acqua, mentre fra i fattori innescanti probabilmente ha giocato un ruolo fondamentale l'azione dei cicli gelo-disgelo e degli apparati radicali.

Per quanto riguarda i *ribaltamenti*, la nicchia di distacco sarà costituita da una parete subverticale abbastanza regolare, che rappresenta la superficie della discontinuità principale che delimitava verso monte il blocco collassato (Foto 4.1.6 e 4.1.7).



Foto 4.1.6 - Sorrivi (Comune di Savignone - GE) - Conglomerati di Savignone. Ribaltamento. Si può osservare una diaclasi beante subverticale che individua una colonna potenzialmente soggetta a ribaltamento.



Foto 4.1.7 - Montessoro (Comune di Isola del Cantone - GE) - Conglomerati di Savignone. Ribaltamenti e crolli ripetuti. Si può osservare l'anfiteatro conglomeratico, che costituisce la nicchia di distacco. L'ammasso roccioso è attraversato da un sistema di discontinuità pervasive subverticali che determinano il ripetersi degli eventi



- **Caratteristiche dell'accumulo** – anche l'accumulo ha peculiarità differenti a seconda del tipo di crollo che si verifica. Nel caso di "crolli in massa" l'accumulo ha forma grossolanamente conica con apice posto subito sotto la nicchia di distacco e piede arcuato. Il materiale costituente il corpo della frana è caotico e non presenta alcun tipo di organizzazione interna; i blocchi sono spigolosi, privi di arrotondamento e fortemente eterometrici. Nel caso di "crolli ripetuti" di massi dalla medesima zona sorgente, l'accumulo, che complessivamente ha una forma meno definita rispetto a quanto avvenga per i crolli in massa, presenta una grossolana classazione dimensionale, con i blocchi di maggiori dimensioni prevalentemente concentrati verso il piede.
- **Velocità del movimento** – si tratta di fenomeni estremamente rapidi ed improvvisi. Tale caratteristica rende particolarmente pericolosi anche gli eventi che coinvolgono volumi ridotti di materiale, in quanto in grado di liberare in pochi istanti rilevanti quantità di energia, con effetti devastanti sulle infrastrutture (Foto 4.1.8 e 4.1.9). Relativamente ai *ribaltamenti*, frequentemente i blocchi coinvolti nel movimento, prima di collassare, attraversano una fase di lenta apertura della diaclasi verticale che li isola dalla parete retrostante.



Foto 4.1.8 - Ceriana (Comune di Ceriana - IM) - Arenarie di Bordighera. Effetti del crollo di alcuni blocchi staccatisi dal soprastante acclive versante caratterizzato da roccia subaffiorante alterata e fratturata disposta a franapoggio. A seguito dell'alluvione del Novembre 2000 un elevatissimo numero di fenomeni di questo tipo ha interessato soprattutto i versanti più acclivi caratterizzati da questa litologia.



Foto 4.1.9 - Crocefieschi (Comune di Crocefieschi - GE) - Conglomerati di Savignone. Effetti del crollo di alcuni blocchi staccatisi da una soprastante parete caratterizzata da roccia affiorante fratturata.

- **Fattori predisponenti** – facendo riferimento ai crolli in roccia, affinché si possa verificare un crollo si deve essere in presenza di una parete molto ripida, verticale o aggettante (Foto 4.1.10). L'ammasso roccioso deve essere attraversato da una o più famiglie di discontinuità (stratificazione, fratture), la principale delle quali deve immergere verso l'esterno costituendo, così, una sorta di "scivolo". La presenza di un riempimento argilloso all'interno delle diaclasi rappresenta un importante fattore predisponente.  
Per quanto riguarda i **ribaltamenti**, il fattore determinante è l'assetto della famiglia principale di discontinuità, che deve essere subverticale e debolmente immergente verso monte ed avere una notevole persistenza. La presenza di orizzonti più deboli o alterati suborizzontali o ortogonali ai giunti principali è la condizione che, oltre ad individuare la base dei blocchi, ne agevola il movimento di rotazione.
- **Fattori innescanti** – fra i fenomeni che possono determinare il definitivo crollo o ribaltamento di masse in precario equilibrio si devono annoverare sicuramente le vibrazioni, sia di genesi naturale (terremoti, moto ondoso ai piedi di una falesia) sia antropica (esplosioni, passaggio di treni o mezzi pesanti, ecc.), le escursioni termiche, o i cicli gelo-disgelo (l'acqua percolante nelle fratture congelando aumenta il proprio volume allargandole), l'azione degli apparati radicali (le radici si insinuano all'interno delle diaclasi e, crescendo, le allargano e penetrano a maggiore profondità), l'aumento della pressione idrostatica all'interno delle fratture riempite di materiale argilloso (a seguito di precipitazioni particolarmente intense e prolungate le acque percolanti si accumulano nelle frat-



ture e la presenza un riempimento argilloso ne impedisce un rapido deflusso. L'argilla del riempimento si idrata ed aumenta di volume), il peggioramento delle caratteristiche geotecniche dei materiali in corrispondenza della superficie di rottura (a causa dell'impregnazione da parte delle acque percolanti o dell'alterazione da parte di altri agenti atmosferici).



Foto 4.1.10 - Spiaggia del Pirata, Loc. Mulinetti (Comune di Recco - GE) -. Flysch di M. Antola. Crolli in massa di blocchi per l'azione dell'ondazione marina.

## 4.2. Frane di scivolamento rotazionale

Le frane di scivolamento rotazionale sono costituite da movimenti di materiale lungo una superficie di scorrimento ben delineata di forma arcuata "a cucchiaino". A questa tipologia vengono ascritte un numero consistente di occorrenze anche se, per rigore scientifico, è opportuno sottolineare che i fenomeni rotazionali puri sono in realtà piuttosto rari. Si è, tuttavia, ritenuto corretto inserire in questa classe tutti quei fenomeni per i quali la componente rotazionale sia predominante rispetto agli altri cinematismi riconosciuti e caratterizzante nei confronti della morfologia risultante. La condizione necessaria affinché si possa generare una superficie di scorrimento con queste caratteristiche è che il materiale all'interno del quale essa si sviluppa sia omogeneo e isotropo. Questo è il motivo che ne giustifica



la diffusione prevalente all'interno delle coperture detritiche ed una distribuzione dei fenomeni piuttosto omogenea sul territorio. Gli scivolamenti rotazionali presentano, inoltre, caratteristiche dimensionali molto variabili: ne sono stati censiti moltissimi di poche centinaia di metri quadri, verificatisi per lo più nelle coperture detritiche, ma anche alcuni che interessano svariati ettari e coinvolgono il substrato roccioso (Foto 4.2.1). In questi ultimi casi il basamento dovrà avere caratteristiche geomeccaniche tali da potere essere considerate "omogenee ed isotrope" e questo avviene, ad esempio, in presenza di ammassi fortemente fratturati ma anche di flysch fittamente stratificati ed a componente prevalentemente argillosa e/o marnosa.



Foto 4.2.1- Lemoglio (Comune di Moneglia - GE) - Arenarie del Macigno e Scisti della Val Lavagna. Imponente frana di scorrimento rotazionale che coinvolge oltre 40 ettari di territorio per un volume stimato di più di 10 milioni di metri cubi. Questo fenomeno, la cui superficie di scivolamento si è sviluppata in roccia, è tuttora attivo, seppure con cinematica lenta, ed i fattori innescanti sono da ricondurre all'erosione marina al piede ed alle precipitazioni prolungate.

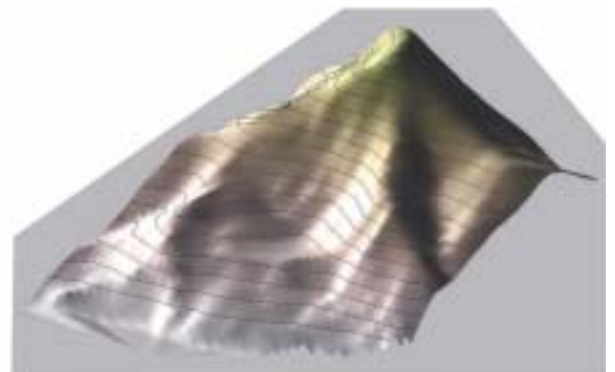


Foto 4.2.1 bis - Ricostruzione tridimensionale della frana di Lemoglio.

- **Meccanismo di movimento** - Il movimento può avvenire in corrispondenza di una singola superficie di rottura (scivolamento rotazionale singolo), oppure ripartirsi su più orizzonti di scorrimento listrici generalmente convergenti al piede della frana (scivolamento rotazionale multiplo - Foto 4.2.2). In entrambi i casi il materiale coinvolto nel movimento non subisce un grande spostamento rispetto alla sua posizione originaria e in una certa misura mantiene la struttura interna originaria. Spesso il movimento determina la suddivisione del materiale mobilizzato in blocchi discreti a causa della formazione di fratture trasversali. Questi blocchi tendono a ruotare ribaltandosi verso monte generando contropendenze e spianamenti. Nella parte bassa il materiale collassato viene spinto oltre il piede della superficie di scivolamento, dove si disarticola maggiormente, rigonfiandosi e accavallandosi; in quest'area viene a mancare il contenimento laterale al materiale spostato, pertanto esso si espande lateralmente, suddividendosi in lobi separati da fratture radiali.



Foto 4.2.2 - M. Bragaceto (Comune di Borzonasca - GE) - Arenarie di Casanova. Piccola frana di scorrimento rotazionale multiplo che coinvolge poche decine di metri quadri di territorio. Sono molto evidenti la scarpata principale e le scarpate minori sottostanti. Appare ben delineato anche il corpo d'accumulo, caratterizzato da un rigonfiamento della superficie topografica e da un aspetto ondulato.





- **Caratteristiche della nicchia di distacco** - La forma della nicchia di distacco è generalmente arcuata e concava verso la frana (Foto 4.2.3). L'aspetto d'insieme della zona svuotata è quello di un anfiteatro. La linea che separa la nicchia dal retrostante versante è detta corona ed è spesso orlata verso monte da fratture di rilascio tensionale ad andamento subparallelo alla scarpata principale. Tali fratture individuano lembi di materiale in condizioni di precaria stabilità che predispongono il versante ad un'evoluzione per arretramento del fenomeno franoso. La scarpata principale è costituita da una superficie molto acclive, talora verticale, specie nelle porzioni sommitali.



Foto 4.2.3 - Rio Langonagia (Comune di Genova - GE) - Argilliti di Mignanego. Scarpata principale di frana di scorrimento rotazionale. È piuttosto evidente l'andamento arcuato della nicchia, concavo verso valle, e l'assetto ondulato della superficie topografica in corrispondenza dell'accumulo.

- **Caratteristiche dell'accumulo** – il materiale coinvolto nel movimento spesso mantiene una struttura interna simile a quella dell'ammasso originale, sebbene maggiormente fratturato e disarticolato, in ragione degli stress subiti in conseguenza del movimento. Quando lo scorrimento coinvolge litotipi stratificati, il movimento rotazionale determina il basculamento degli strati, che acquisiranno un assetto discordante rispetto all'originale. La parte più alta dell'accumulo è detta testata ed è spesso caratterizzata da basse acclività o, addirittura, da contropendenze, generate proprio dal tipo di movimento, che determina la rotazione all'indietro dei materiali coinvolti. Questo fenomeno si evidenzia in superficie anche con il basculamento verso monte degli alberi. La superficie del corpo d'accumulo si distingue all'interno del versante in quanto caratterizzata da una forma lobata ribassata e penden-

ze più dolci rispetto alle aree circostanti. Solitamente il reticolo idrografico minore sulla superficie dell'accumulo è del tutto assente oppure molto disordinato ed anomalo, se confrontato con quello dei versanti vicini. Talvolta il piede dell'accumulo, scivolato oltre il punto più basso della superficie di scorrimento, collassa ulteriormente, perdendo anche ciò che rimaneva della originaria struttura interna (Foto 4.2.4); in questa porzione dell'accumulo il movimento franoso può evolvere in una colata di fango e detrito.



Foto 4.2.4 - Cian de Cà (Comune di Camporosso - IM) - Flysch di Ventimiglia. Risalta in maniera piuttosto evidente la zona di nicchia. Il corpo d'accumulo è interessata da gerbido mentre il piede insiste su un terrazzo alluvionale ed è terrazzato.

- **Velocità del movimento** – la velocità del movimento non è un fattore distintivo caratteristico di questa tipologia di fenomeni. In bibliografia, infatti, sono conosciuti eventi che evolvono con velocità variabili in un range compreso fra i pochi cm all'anno fino a svariati metri al mese, in funzione dei fattori di innesco, delle tipologie dei materiali coinvolti e dell'acclività del rilievo.
- **Fattori predisponenti** – le condizioni che fanno sì che un versante possa essere potenzialmente soggetto a frane di scivolamento rotazionale sono essenzialmente geologiche, legate alle caratteristiche del materiale. Gli accumuli detritici potenti, gli ammassi rocciosi molto fratturati, le formazioni marnose o pelitiche oppure caratterizzate da alternanze di litotipi fortemente disomogenei per proprietà geomeccaniche (Foto 4.2.5) e di permeabilità costituiscono tutti terreni favorevoli al verificarsi di questo tipo di fenomeni. In misura minore, e comunque non trascurabile, fra i fattori che minano l'equilibrio di un versante vanno anche annoverati quelli più o meno correlati all'opera umana: gli sbancamenti al piede o a metà di un versante, l'alterazione del deflusso idrico superficiale o la scarsa cura dello stesso a causa dell'abbandono, il diboscamento ed il passaggio del fuoco.





Foto 4.2.5 - Rio Ciaixe (Comune di Camporosso - IM) - Conglomerati, sabbie e argille plioceniche. Ben evidente la nicchia di distacco nei conglomerati. Probabilmente il fenomeno è da correlare al forte contrasto delle caratteristiche geomeccaniche interno ai sedimenti pliocenici, mentre l'innesco è da imputarsi all'incisione al piede da parte del rio ed al sollevamento della catena.

- **Fattori innescanti** – fra i fenomeni che possono determinare l'innesco di frane per scivolamento rotazionale i principali per la nostra Regione sono senza dubbio l'erosione al piede dei versanti da parte dei corsi d'acqua o del moto ondoso in conseguenza degli eventi meteomarinari più importanti. Nella maggiore parte dei casi, tuttavia, si verifica la concomitanza di due o più fattori che contribuiscono a determinare la rottura dell'equilibrio: ad esempio, fra le combinazioni più tipiche si può ricordare quella fra lo scalzamento al piede da parte di un corso d'acqua in piena e l'impregnazione delle coperture detritiche causata dalle stesse precipitazioni atmosferiche che hanno "gonfiato" il torrente.

### 4.3. Frane di scivolamento planare o scorrimento in blocco

Le frane di scivolamento planare sono costituite da movimenti di materiale di natura litoide prevalente lungo una superficie di scorrimento di forma tabulare che talvolta coinvolge estese porzioni di versanti, anche in presenza di basse acclività. Tale fenomenologia può essere schematizzata mediante il movimento di un "blocco" lungo un piano inclinato.

In Liguria queste tipologie di fenomeni interessano terreni di natura sedimentario-flyschoidi di età cretacea ed oligo-miocenica; ciò in ragione della presenza di superfici di stratificazione e di variazioni di composizione nella sequenza sedimentaria.

Esempi importanti sono ascrivibili alla zona delle "Langhe liguri", in Val Bormida (SV)<sup>3</sup>, dove anche in ragione delle ragguardevoli dimensioni areali, rappresentano il processo geomorfologico e gravitativo che più caratterizza il territorio.

Altre situazioni, irregolarmente distribuite e con volumetrie ed estensioni unitarie ridotte, sono rilevabili lungo la fascia costiera, nell'estremo ponente e nella porzione di centro-levante. In queste zone divengono prevalenti gli scorrimenti di singoli o gruppi di blocchi lungo una superficie fortemente inclinata rappresentante il top di una facies meno competente (Foto 4.3.1 e 4.3.1 bis).



Foto 4.3.1 - Bacino del T. S.Francesco (Comune di Rapallo - GE) - Calcari del M. Antola. Piano di scivolamento preferenziale, coincidente con la stratificazione in quest'area disposta a frana-poggio.



Foto 4.3.1 bis - particolare della foto precedente.

<sup>3</sup> Relativamente ai comuni di Piana Crixia, Dego, Cairo Montenotte, Cengio, Millesimo, Cosseria, Roccavignale e Plodio



Più in generale si può affermare che tali processi sono caratteristici di alcune formazioni geologiche in associazione a particolari situazioni morfologiche e strutturali.

- **Meccanismo di movimento** - Il movimento avviene per traslazione, con componente orizzontale prevalente, lungo un piano di scorrimento inclinato e di forma tabulare. Quest'ultimo è frequentemente rappresentato dalla stratificazione o da un piano ad essa parallelo<sup>4</sup> (Foto 4.3.2). La massa in movimento risulta anche isolata dal pendio retrostante mediante una superficie di rottura subverticale. Con riferimento alle grandi frane planari "delle Langhe" il cinematismo passa attraverso una prima fase "preparatoria" con comparsa in superficie di fratture di trazione, profonde anche 15-20 metri e con sviluppo lineare, più o meno continue nelle parti medio-alte del pendio e di rigonfiamenti del terreno nelle parti inferiori. Tale fase può perdurare per alcuni decenni, ma può anche anticipare di poche ore, o minuti, il collasso vero e proprio. La seconda fase è quella del movimento, cioè la traslazione in massa di uno o più blocchi solidali, anche per diverse centinaia di metri.



Foto 4.3.2 - Loc. Cengio Alto (Comune di Cengio - SV) - Formazione di Rocchetta (BTP) Frana planare relitta. L'immagine evidenzia il piano di scivolamento e la zolla traslata

<sup>4</sup> Con riferimento alle frane planari è stato spesso riconosciuto, in corrispondenza del piano di rottura, un livelletto di materiale decisamente meno consistente rispetto agli strati adiacenti e di natura argilloso-marnosa, destrutturato e contenente microscaglie di materiale integro. E' appunto lungo tale livello, spesso dello spessore di pochi millimetri, che si sviluppa il fenomeno di rottura.