

MORFOGENESI DI VERSANTE LEGATA A EVENTI IDROLOGICI ESTREMI IN AREE ANTROPIZZATE: LE FRANE DEL 22 E 27 SETTEMBRE 1992 IN LIGURIA

M. Chiarle⁽¹⁾ - A. Deganutti⁽¹⁾ - A. Moscariello⁽²⁾

⁽¹⁾C.N.R. - Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica nel Bacino Padano, Torino

⁽²⁾Section des Sciences de la Terre, Université de Genève

RIASSUNTO - *Morfogenesi di versante legata a eventi idrologici estremi in aree antropizzate: Le frane del 22 e 27 settembre 1992 in Liguria* - Il Quaternario, 7(1), 1994, 397-402 - Sono presi in considerazione i fenomeni franosi superficiali innescati da eventi meteorici di eccezionale intensità. Sono dapprima analizzati i caratteri idrologici dei due eventi che hanno colpito la Liguria nel settembre 1992; il primo ha interessato l'area savonese il 22 ed il secondo quella genovese il 27. Viene considerata la distribuzione areale delle frane superficiali (*soil slip* e *earth flow*) in relazione alla litologia del substrato e all'uso del suolo, focalizzando l'attenzione sul ruolo rivestito dalle precipitazioni elevate e persistenti nel determinare tali fenomeni. Alcune considerazioni sono infine proposte circa l'importante, seppur puntuale, azione morfogenetica esercitata dalle frane superficiali che contribuiscono, con la loro diffusione in un breve intervallo di tempo, al rimodellamento dei versanti attraverso la mobilitazione e la ridistribuzione dei terreni superficiali.

ABSTRACT - *Slope morphogenesis following extreme rainfall onto inhabited areas. The floods of September 22 and 27, 1992 in Liguria* - Il Quaternario, 7(1), 1994, 397-402 - The paper reports on superficial landslides triggered by exceptional meteorological events using as an example the hydrological characters of the events that damaged the Savona and Genoa territories in Liguria on September 22 and 27, 1992. The areal distribution of superficial landslides (*soil slips* and *earth flows*), is considered in relation to substratum lithology and soil use. Particular attention is paid to the bearing of heavy and persistent rains as triggers for such phenomena. The important (even if local) morphogenic action of superficial landslides expanding over a territory in a short time and contributing to the remodelling of slopes through mobilization and redistribution of superficial terraines is discussed.

Parole chiave: Morfogenesi di versante, frana, evento idrologico, uso del suolo

Key words: Slope morphogenesis, landslide, hydrological event, soil use

1. INTRODUZIONE

Le abbondanti precipitazioni cadute in occasione degli eventi idrologici del 22 e 27 settembre 1992 hanno determinato l'innescare di oltre 600 fenomeni di instabilità che hanno ripetutamente interferito con le strutture e le attività antropiche. Le osservazioni effettuate sul terreno nei giorni immediatamente successivi, integrate dallo studio di aerofotografie appositamente realizzate a breve distanza di tempo dagli eventi, hanno consentito di individuare due principali tipi di frane (*soil slip* e *earth slump*), entrambi sviluppatasi nei materiali sciolti della copertura eluvio-colluviale o in livelli profondamente alterati della roccia in posto. Data la relativa omogeneità delle tipologie di frana, l'attenzione è stata focalizzata sulla distribuzione areale dei fenomeni in relazione alle precipitazioni, alla litologia del substrato e all'uso del suolo.

2. CARATTERI IDROLOGICI DEGLI EVENTI PLUVIOMETRICI

2.1 Savonese

Durante l'evento del 22 settembre, la pioggia cadde fra le ore 10 e le ore 22, con qualche prodromo o strascico di piccola entità per alcune stazioni. Gli scrosci di maggior intensità sono stati registrati fra le 17 e le 21, con alcuni picchi secondari intorno alle ore 14. L'estensione della zona colpita è stata relativamente vasta: su 220 km² sono caduti più di 300 mm e su 34 km² sono stati superati i 400 mm, valori notevoli ma non eccezionali in quest'area geografica. Esaminando i pluviogrammi si può notare che la precipitazione è stata caratterizzata da una successione di scrosci con durata complessiva di 10-12 ore; con punte di intensità oraria notevolissime (Sassello: 105 mm/h; Pontinvrea: 92 mm/h). Altri strumenti (Sella Savona, Bric Berton) hanno registrato intensità orarie fra 80 e 90 mm/h, anche per più ore consecutive (a Sella Savona per 3 ore).

Un'altra caratteristica dell'evento è stata la persistenza nello spazio degli scrosci: la precipitazione, nell'arco della sua durata, ha insistito sulla zona colpita senza subire spostamenti significativi; del resto precipitazioni di questo tipo sono caratteristiche della Liguria ove spesso si verificano situazioni meteorologiche di "blocco" che ritardano lo spostamento verso est della perturbazione, producendo l'insistenza degli scrosci sulla medesima zona (Dagnino *et al.*, 1975). E' proprio quest'ultimo fenomeno meteorologico a produrre precipitazioni tanto cospicue; si notino in particolare i valori totali di Pontinvrea con 380 mm, di Acquabuona con 412 mm ed il massimo di 508 mm a Sella di Savona.

Dall'andamento delle isoiete totali (Fig. 1), si può notare che ad ovest di Sella Savona i valori passano da 100 a 500 mm in circa

3,8 km, mentre molto più lentamente calano verso est, direzione in cui la stessa differenza di pioggia si raggiunge in 20 km circa.

Data la scarsa disponibilità di serie storiche di piogge intense per le stazioni coinvolte nell'evento, si è potuto procedere alla regolarizzazione statistica di Gumbel per la sola stazione di Piancastagna (214 mm) ove si è calcolato un tempo di ritorno di 14 anni.

2.2 Genovese

L'evento pluviometrico di eccezionale intensità avvenuto nell'area genovese il 27 settembre ricalca le tipologie essenziali di quello che ha colpito il Savonese; le piogge hanno avuto luogo fra le ore 12 del 27 e le ore 3 del 28. La fase più intensa della precipitazione si è avuta fra le ore 12 e le ore 17 seguita, intorno alle ore 23, da una seconda serie di scrosci di minore importanza.

L'evento ha interessato un'area più vasta di quella colpita il 22 nel Savonese: apporti superiori a 300 mm hanno interessato un'area di 340 km² e su 56 km² sono caduti più di 400 mm di pioggia. La zona in cui sono state registrate le precipitazioni più gravose è quella che comprende la parte orientale di Genova (bacino del Bisagno) ed il suo immediato entroterra nord.

Come per il Savonese la precipitazione è iniziata ed è andata esaurendosi praticamente nello stesso intervallo di tempo su tutta l'area colpita: la cella temporalesca non si è spostata durante l'evento, ricalcando ancora una volta le tipologie caratteristiche degli eventi temporaleschi liguri.

I totali di precipitazione sono stati mediamente inferiori, anche se non di molto; (notevoli in ogni caso sono i 451 mm registrati a Genova ed i 435 mm della stazione di Pontecarrega) nettamente inferiori sono state le massime intensità orarie che hanno raggiunto solo 80 mm/h alla stazione di Pontecarrega; l'evento si caratterizza nel suo complesso per una maggior persistenza della pioggia con valori non eccezionali delle intensità orarie.

Le isoiete totali evidenziano un andamento della precipitazione "a cono" con il vertice su Genova (451 mm) con decremento a isoiete concentriche attorno a questo massimo a gradiente praticamente costante, di circa 20 mm/km.

Anche per questo evento si è proceduto all'elaborazione statistica, mediante regolarizzazione di Gumbel, delle serie storiche disponibili, per le durate di 1, 3 e 12 ore. La maggiore consistenza di serie storiche di dati di precipitazione intensa rispetto al Savonese, ha consentito alcune elaborazioni statistiche più approfondite. I tempi di ritorno delle piogge orarie risultano compresi fra 3 e 8 anni, mentre l'elaborazione statistica relativa alle piogge di 3 ore porge tempi di ritorno più alti: 36 anni per Genova Università (serie storica di 58 anni), 57 anni per Pontecarrega (serie storica di 29 anni), 13 anni per Monte Cappellino (30 anni di osservazioni). E' quindi verosimile concludere, anche esaminando le notizie storiche relative agli eventi di dissesto passati, che la ricorrenza di eventi analoghi a quello del 27 settembre 1992, con riferimento agli effetti prodotti, corrisponda ai valori dei tempi di ritorno per piogge di durata fra 1 e 3 ore e cioè intorno ai 15-18 anni.

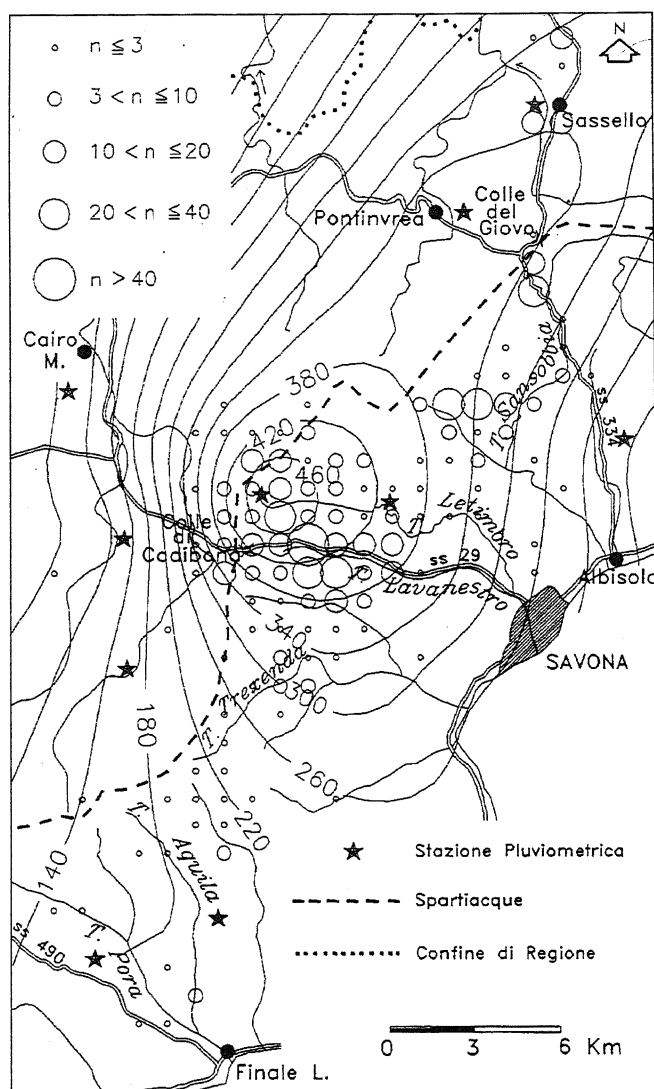


Fig. 1 - Distribuzione dei fenomeni franosi superficiali a confronto con le precipitazioni relative all'evento del 22 settembre 1992. La densità di dissesto, intesa come numero di frane per km² (n), è raffrontata con le isoiete totali dell'evento.

Distribution of superficial landslides in relation to the September 22, 1992 rain-fall. The landslides areal density, expressed in number of landslides per km² (n), is compared with the event total isohyets.

3. TIPOLOGIE DEI FENOMENI DI INSTABILITA': OSSERVAZIONI GENERALI

3.1 Soil slip

I *soil slip* (*earth flow* sec. Varnes, 1978) sono risultati di gran lunga i fenomeni di instabilità di versante predominanti. Si tratta di frane estremamente superficiali (spessori medi coinvolti di 0,5 +1 m) che si manifestano inizialmente come scivolamenti di suolo che evolvono rapidamente in colate di fango a notevole fluidità. Il loro innesco è legato alla formazione, in occasioni di precipitazioni intense, di una falda temporanea sospesa all'interno della copertura

eluvio-colluviale che comporta la modificazione delle caratteristiche meccaniche stabilizzanti del terreno (Campbell, 1975).

L'elemento morfologico di maggior risalto è rappresentato dalla nicchia di distacco che, in base ai dati raccolti, raggiunge larghezze generalmente comprese tra alcuni metri e poche decine di metri. Al di sotto della scarpata subverticale di frana le superfici di scivolamento, sovente impostate al contatto con il substrato roccioso, mostrano inclinazioni comprese tra 35° e 50°, generalmente di poco superiori a quelle del versante. La distanza percorsa dal materiale mobilizzato presenta una notevole variabilità (da pochi metri a parecchie decine di metri) in relazione alla tipologia dei terreni interessati, ai volumi coinvolti, alle caratteristiche del pendio e al grado di imbibizione del terreno.

L'elevato contenuto in acqua ha sovente prodotto la completa disintegrazione del materiale mobilizzato, impedendo la formazione di un accumulo ben definito: il percorso effettuato dalla massa fluidificata è in questi casi testimoniato da una sottile strato di fango o talora soltanto dall'erba piegata. In altri casi invece il materiale mobilizzato si è arrestato al piede della nicchia di distacco o è stato rimobilizzato e disperso dopo aver raggiunto il letto di un corso d'acqua. Nel territorio genovese fenomeni tipo *soil slip* hanno talora coinvolto blocchi rocciosi di dimensioni fino a 1÷2 m³. Questa circostanza è da porre in relazione alla presenza in quest'area di calcari marnosi interessati da una fratturazione pervasiva (Formazione del Monte Antola), che induce la formazione di una coltre di alterazione di tipo detritico-colluviale, con ciottoli e blocchi immersi in una matrice a grana fine.

I danni prodotti sono consistiti soprattutto nell'interruzione della viabilità, nella distruzione di coltivi e di opere di terrazzamento e nella invasione di cortili di abitazioni. E' stata quest'ultima una fortunata circostanza perché è noto che l'impatto di un *soil slip* su un edificio può essere altamente distruttivo come diretta conseguenza dell'elevata velocità che la massa in frana assume (fino a 30 ÷ 50 km/h).

3.2 Earth Slump

Di dimensioni confrontabili ai *soil slip* ma molto meno diffusi sono risultati i casi in cui la superficie di scivolamento si è imposta a profondità maggiori (2 ÷ 3 m). Tali fenomeni sono stati definiti come *earth slump* (Varnes, 1978) per la presenza, in prossimità della nicchia, di porzioni di terreno separate in zolle ribassate lungo superfici di taglio rotazionali, impostate in profondità al contatto con il substrato roccioso.

Lo sviluppo di queste frane è messo in relazione con precipitazioni di durata sufficiente per consentire la percolazione in profondità delle acque piovane e l'imbibizione degli orizzonti inferiori della copertura eluvio-colluviale, con lo sviluppo di una superficie di scivolamento a profondità dell'ordine di alcuni metri (Govi *et al.*, 1985). Nei casi osservati tali fenomeni sono evoluti in colate nella parte distale.

I tipi di danni che ne possono derivare sono risultati evidenti in località M. Moro (Savona), dove un'abitazione è stata parzialmente ribaltata causando la morte di una persona.

4. DISTRIBUZIONE SPAZIALE DI PROCESSI DI INSTABILITA': FATTORI INNESEANTI E PREDISPONENTI

4.1 Precipitazioni

Lo studio della distribuzione temporale e spaziale delle precipitazioni legate agli eventi idrologici considerati ha messo in risalto come esse siano da considerarsi il principale fattore influenzante la distribuzione spaziale dei fenomeni di dissesto.

Uno studio specifico è stato svolto per l'area savonese. Non essendo state raccolte indicazioni univoche circa gli orari in cui si sono verificati i dissesti, non è stato possibile definire i parametri (intensità di pioggia oraria al momento dell'innesco e quantità di pioggia cumulata prima dell'evento) ritenuti significativi per la definizione delle soglie critiche di innesco, come proposto da Govi *et al.* (1985).

Sono state comunque ottenute interessanti indicazioni dal confronto tra la distribuzione areale delle frane, espressa sotto forma di classi di frequenza (numero di casi per km²), e l'andamento delle isoiete delle piogge totali e delle massime intensità orarie (Fig. 1).

Tale confronto evidenzia una buona corrispondenza tra massime densità di frane per km² e massimi valori di piogge totali. Se ne può dedurre che la maggior parte dei fenomeni in studio si siano verificati per precipitazioni elevate prolungatesi per più ore (270 mm in 3-4 ore) piuttosto che per piogge più intense (oltre 100 mm/h) ma di minor durata.

4.2 Litologia

Il confronto tra la distribuzione delle frane e i caratteri geolitologici ha messo in evidenza come esistano litotipi la cui copertura eluvio-colluviale è stata sede preferenziale di dissesto. Essi sono rappresentati da conglomerati, migmatiti, marne, filladi e micascisti, anfiboliti; in questi litotipi la concentrazione massima osservata è stata di oltre 40 frane per km². Concentrazioni decisamente inferiori (1-3 frane per km²) sono state osservate in corrispondenza di litotipi quali *gneiss*, *metagabbri*, *calcescisti* e *prasiniti*, *serpentiniti*.

Una serie di campioni raccolti in corrispondenza di alcune scarpate di frana ha consentito di definire i parametri granulometrici dei materiali mobilizzati. I siti di prelievo sono stati scelti in modo tale da rappresentare *soil slip* impostatisi nella copertura eluvio-colluviale dei differenti litotipi presenti nelle aree in esame (Tabella 1). Pur non trattandosi di un campionamento condotto in modo sistema-

Tabella 1 - Composizione granulometrica dei terreni interessati da fenomeni di frane superficiali (da Tropeano *et al.*, in stampa; modif.).
Grain size distribution in the soils involved in superficial landslides (Tropeano et al., in press, modified).

Litotipo	Formazione	% argilla-limo < 0,063 mm	% sabbia 0,063-2 mm	% ghiaia 2-64 mm	D 50 (mm)
Migmatiti	Migmatiti di Nucetto	25-46	30-47	18-39	0,09-0,7
Conglomerati	Formazione di Molare	30	39	31	0,35
Marne	Formazione di Molare	73	25	2	0,03
Marne	Marne di Rigoroso	86	14	0,2	0,02
Anfiboliti	Anfiboliti di M.Spina	12	23	65	3
Filladi e micascisti carboniosi	Formazione di Murialdo	40-42	18-24	35-40	0,13-0,4
Calcarei marnosi	Calcarei di M.Antola	43-67	3-9	27-48	1,4 -<0,002

tico, i valori ottenuti consentono alcune considerazioni a carattere indicativo.

La percentuale (in peso) di frazione limoso-argillosa presente nei terreni campionati varia dal 12 all'86%, il contenuto in sabbia è compreso tra il 3% e il 47%, quello in ghiaia tra lo 0,2 e il 65%. Le percentuali delle frazioni limoso-argillose, sabbiose e ghiaiose, all'incirca equivalenti per i soli terreni derivati da migmatiti e conglomerati, presentano sensibili variazioni negli altri casi. I prodotti di alterazione delle filladi e micascisti sono assimilabili dal punto di vista granulometrico a quelli dei calcarei marnosi per la presenza di una percentuale di sabbia piuttosto ridotta. Per contro, il campione prelevato nella copertura eluvio-colluviale delle anfiboliti, ove si è manifestato il citato fenomeno di *earth slump* di M. Moro, si presenta particolarmente ricco di clasti grossolani (65% ghiaie). La curva granulometrica dei terreni derivati da litotipi marnosi è invece spiccatamente spostata verso le classi più fini, dove la frazione limoso-argillosa costituisce una percentuale preponderante.

Dall'insieme delle osservazioni effettuate, risulta che, se esiste una relazione tra densità di frane e litologia di superficie, essa non può essere attribuita alle caratteristiche granulometriche della coltre eluvio-colluviale, dato il quadro estremamente eterogeneo delle diverse componenti frazionali. Si può pertanto ipotizzare, che il ruolo della litologia consista nella differente propensione all'alterazione superficiale dei diversi litotipi piuttosto che nel tipo di prodotti di alterazione. Tale propensione è funzione peraltro di altri fattori locali quali la pendenza, l'esposizione del versante e caratteristiche climatiche.

4.3 Uso del suolo

Una stretta relazione è stata riscontrata tra la distribuzione dei dissesti e il tipo di utilizzo del suolo coinvolto. I fenomeni osservati sono infatti generalmente localizzati su versanti prativi. Essi si sono prodotti sia su versanti naturali con pendenze comprese tra 35° e 40°, sia, in particolare, su versanti terrazzati artificialmente, in corrispondenza delle scarpate che raggiungono pendenze tra 50° e 75°.

Uno studio specifico a questo riguardo è stato eseguito nel bacino del T. Sturla (Genova), interessato dall'evento idrologico del 27 settembre (Fig. 2). Il confronto tra carta dell'uso del suolo e distribuzione dei franamenti superficiali ha messo in evidenza come circa il 70% di questi ultimi è concentrato sulle aree prative, che rappresentano meno del 25% della superficie totale del bacino. Le relazioni individuate sono riassunte in Tabella 2.

Tabella 2 - Rapporti tra tipo di uso del suolo e distribuzione di frane superficiali nel bacino del T. Sturla.
Soil use and superficial landslides distribution relationship in the River Sturla basin.

Tipo di uso del suolo	Superficie (km ²) (% area tot. bacino)	N° frane	Densità di frane (n° frane/km ²)
prato	2.2 (17.2)	17	7.7
prato terrazzato artificialmente	0.8 (6.2)	4	5
bosco rado	1 (7.7)	2	2
bosco fitto	4.8 (37.5)	6	1.3
area a moderata urbanizzazione (*)	3.1 (23.8)	3	1
area ad elevata urbanizzazione (*)	1 (7.6)	-	-

(*) per urbanizzazione elevata si intende un'area edificata per l'85 % (25 % se moderata).

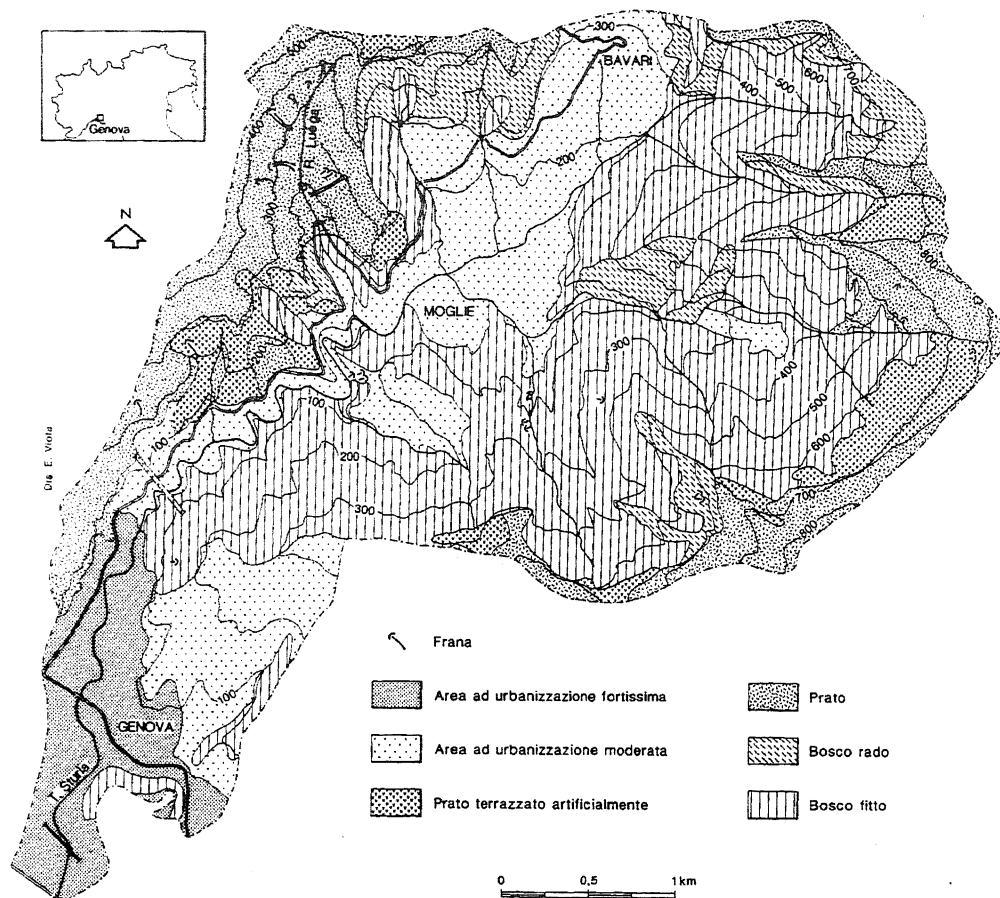


Fig. 2 - Carta dell'uso del suolo del bacino del Torrente Sturla (GE) con distribuzione dei fenomeni franosi superficiali (evento del 27 settembre 1992). Per urbanizzazione fortissima si intende un'area edificata per l'85 % (25 % se moderata).

Soil use chart of the Torrente Sturla basin (Genoa) with distribution of superficial landslides (September 27, 1992 event). The term "very dense urbanization" is used for 85 % built-up areas ; the term "moderately urbanized" refers to an area with 25 % of its surface covered by buildings.

5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Dalle relazioni osservate tra distribuzione areale dei fenomeni franosi superficiali innescati da eventi idrologici estremi, litologia del substrato ed uso del suolo, emerge l'importante ruolo rivestito dalle precipitazioni elevate e persistenti.

Tra i fattori predisponenti è stato riconosciuto un controllo litologico sulla densità di dissesto: la dispersione di valori ottenuta dalle indagini granulometriche (cfr. § 4.2) induce a ritenere che il ruolo svolto dalla litologia dipenda dalla differente propensione alla degradazione superficiale di ciascun litotipo piuttosto che dal tipo di copertura eluvio-colluviale sviluppatasi. Tale controllo litologico appare comunque subordinato rispetto al ruolo giocato dalle precipitazioni. Risulta invece evidente come l'attuale uso del suolo, risultante dagli interventi antropici succedutisi nel tempo, abbia condizionato in modo evidente la localizzazione dei dissesti. Le superfici prative originatesi in seguito a disboscamenti e all'insediamento delle attività agropastorali sono infatti quelle maggiormente interessate da frane.

Le frane superficiali osservate non presentano marcate evidenze morfologiche e non sono stati responsabili di danni catastrofici alle strutture antropiche. In relazione ai volumi coinvolti esse possono essere considerate trascurabili se paragonate ad altri fenomeni ben più estesi e profondi. Purtroppo esse hanno esplicato un'importante, seppure puntuale, azione morfogenetica contribuendo al rimodellamento dei versanti attraverso la mobilitazione e la ridistribuzione dei terreni coinvolti e, talora, alimentando considerevolmente il carico solido dei torrenti.

I danni se riferiti ad un singolo fenomeno sono risultati generalmente contenuti ma globalmente essi sono stati rilevanti considerata la ripetuta interferenza delle frane con le strutture antropiche.

L'importanza delle frane superficiali risiede perciò non tanto nell'ampiezza dei singoli fenomeni, quanto nella loro diffusione, nel breve intervallo di tempo in cui esse avvengono e nella rapidità con cui si innescano e si esauriscono.

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano P.G. Trebò, E. Viola e G. Mortara per la collaborazione prestata alla realizzazione del lavoro.

LAVORI CITATI

- Campbell R.H., 1975 - *Soil Slip, debris flow and rainstorm in the Santa Monica Mountains and vicinity, Southern California*. U.S. Geol. Survey Prof. Paper 851, 51 pp., Washington.
- Dagnino I., Flocchini G. & Palau C., 1975 - *Sulle cause meteorologiche che determinano precipitazioni "anomale" sulla Liguria*. Atti dell'Accademia Ligure di Scienze e Lettere, **31**, 149-168.
- Govi M., Mortara G. & Sorzana P.F., 1985 - *Eventi idrologici e frane*. Geol. Appl. Idrogeol., **XX** (2), 359-375.
- Tropeano D., Chiarle M., Deganutti A., Mortara G., Moscariello A. & Mercalli L. (in stampa) - *Gli eventi alluvionali del 22 e 27 settembre 1992 in Liguria. Studio idrologico e geomorfologico*. Boll. Ass. Min. Subalp. GEAM.
- Varnes D.J., 1978 - *Slope movement types and processes*. In: Schuster R.J. & Krizek: *Landslides analysis and control*. Transportation Research Board, Special Report 176, National Academy of Science, Washington D.C., 12-33.

*Manoscritto ricevuto il 20. 7. 1993
Inviato all'Autore per la revisione il 9. 3. 1994
Testo definitivo ricevuto il 20. 4. 1994*