

G. D'ECCLESIIIS - D. GRASSI - L. MERENDA
M. POLEMIO - F. SDAO

EVOLUZIONE GEOMORFOLOGICA DI UN'AREA
SUBURBANA DI CASTRONUOVO S. ANDREA (PZ)
ED INCIDENZA DELLE PIOGGE SU ALCUNI
MOVIMENTI DI MASSA

Estratto da
GEOLOGIA APPLICATA E IDROGEOLOGIA
BARI, 1991 - VOLUME XXVI

G. D'ECCLESIIS (***) - D. GRASSI (*) - L. MERENDA (**)
M. POLEMIO (****) - F. SDAO (*)

EVOLUZIONE GEOMORFOLOGICA DI UN'AREA
SUBURBANA DI CASTRONUOVO S. ANDREA (PZ)
ED INCIDENZA DELLE PIOGGE SU ALCUNI
MOVIMENTI DI MASSA (*****)

RIASSUNTO

Vengono riportate le risultanze delle indagini geomorfologiche ed idrologiche condotte al fine di evidenziare la complessa evoluzione geomorfologica cui è stata sottoposta un'ampia porzione del territorio di Castronuovo S. Andrea (PZ), accertare la tipologia di frana di due diversi movimenti di massa investigati, nonché riconoscere l'incidenza che su questi hanno avuto gli eventi di pioggia. Le frane studiate si sono prodotte su due contrapposti versanti della bassa valle del Torrente Mastro Ciardi, dove regna un solo ambiente stratigrafico-strutturale, idrogeologico e geotecnico. L'una è riconducibile ad un movimento di primo distacco, mentre l'altra è riferibile, per almeno il 70%, ad un fenomeno di rimobilizzazione; entrambe le frane sono state in varia misura condizionate da giunti tettonici assecondanti due diverse direttrici tettoniche: NE - SW e WNW - ESE.

L'evoluzione geomorfologica delle aree investigate è stata ricostruita, per quanto concerne l'ultimo quarantennio, facendo ricorso ad analisi, anche comparate, di foto aeree di diversa generazione; la relazione intercorrente fra piogge cadute e frane prodottesi è stata riconosciuta per via empirica e statistica, tramite appositi modelli idrologici.

-
- (*) Dipartimento di Strutture, Geotecnica, Geologia Applicata all'Ingegneria, Università della Basilicata, Potenza. U.O. 2.42. G.N.D.C.I., C.N.R.
(**) C.N.R., I.R.P.I., Cosenza; U.O. 2.29 G.N.D.C.I., C.N.R.
(***) Geologo, U.O. 2.42, G.N.D.C.I., C.N.R.
(****) C.N.R., C.S.A.T.A.I., Bari.
(*****) Pubbl. n. 564 del G.N.D.C.I. - C.N.R.

SUMMARY

This work deals with the results obtained from geomorphological and hydrological investigation conducted in order to point out the complex geomorphological evolution related to a large part of the Castronuovo S. Andrea (Pz) territory, to identify the landslide typology of two different mass movements under investigation, as well as the influence caused by the rainfall. The landslide under study occurred on two opposite slopes of the low valley of torrent Mastro Ciardi, characterized by the same stratigraphic-structural, hydrogeological and geotechnic environment. The first slope can be ascribed to a displacement of a first detachment, while the other one for at least 70% can be referred to a rimobilization phenomenon; both landslides, to a variable extent, have been influenced by tectonic joints following two different directions: NE - SW and WNW - ESE.

As far as the last 40 years are concerned, the morphological evolution of the areas under study has been obtained resorting to analyses, even comparative, of aerial photos at different generation; the relationship between rainfall and landslide has been identified in an empirical way through special models.

1. PREMESSA

Da tempo alcuni degli scriventi stanno conducendo circostanziate ricerche in merito ai gravi e diffusi movimenti di massa che cronicamente si producono in Basilicata [11], con particolare riferimento a quelli che impegnano direttamente e/o da vicino gli impianti urbani e la relativa rete infrastrutturale [4, 5]. Il presente lavoro rientra in uno dei numerosi filoni di cui la dianzi specificata tematica di ricerca si compone, mirato a riconoscere i fenomeni di rimobilizzazione nonché l'incidenza che su di essi hanno gli eventi meteorici e l'ambiente idrogeologico venutosi ad originare in seno ai terreni sconvolti da frane antiche e recenti.

La necessità di approfondire le conoscenze circa la genesi ed i meccanismi dei fenomeni di rimobilizzazione parziale o totale è tra l'altro suggerita dall'accertata circostanza che la stragrande maggioranza dei moderni rioni urbani della Basilicata accusa gravi dissesti statici, per l'esser stata realizzata su aree facenti parte di corpi di frana. In merito all'incidenza dei fattori climatici, è ormai riconosciuto il ruolo di primo piano che essi svolgono, in forma diretta e/o mediata, sull'evoluzione delle condizioni di stabilità dei versanti. Ciò che qui preme fornire è un moderno contributo per distinguere la reale valenza delle analisi statistiche delle variabili idrologiche ed, in particolare, per riconoscere l'affidabilità che la variabile « pioggia cumulata » offre nelle correlazioni frane - piogge.

Per stabilire se e come le precipitazioni abbiano influito o determinato i movimenti di massa considerati e quindi per riconoscere l'eventuale relazione intercorrente tra piogge cadute e frane prodottesi, si è dovuto infatti far ricorso a modelli idrologici [2], che consentono per via statistica di: analizzare la rela-

zione precipitazione-frana; stabilire, esprimendo l'eccezionalità dell'evento meteorico in termini di tempo di ritorno, con quale ciclicità statistica il pendio è soggetto ad analoghe condizioni idrauliche. L'insufficienza e/o la scarsa affidabilità dei dati idrogeologici disponibili (andamento superficie piezometrica, variazione delle pressioni neutre durante le piogge, ecc.) non ha consentito l'applicazione di un modello di analisi più completo ed esaustivo, come quello efficacemente descritto da Cascini e Versace [2].

Le frane studiate ricadono nel territorio di Castronuovo S. Andrea (Pz), vistosamente afflitto da movimenti di massa, così come anche altri Autori hanno già evidenziato [3]. In particolare, esse hanno impegnato i contrapposti versanti della bassa valle del Torrente Mastro Ciardi (Fig. 1) e si sono verificate l'una nel 1953 in località Tempone Crocchiola, l'altra nel 1973 in corrispondenza del versante sud-occidentale di Piano dei Campi.

La scelta dei due specificati movimenti di massa da analizzare è stata essenzialmente suggerita: dall'opportunità di studiare distinti eventi di frana prodottisi in uno stesso ambiente litostratigrafico, morfostrutturale, idrogeologico e climatico; dalla disponibilità di dati di precipitazioni giornaliere relativi ad un arco di tempo sufficientemente ampio (52 anni) da conferire una valenza statistica ai risultati che si sarebbero ottenuti dall'elaborazione degli stessi; dalla certezza che almeno uno dei due movimenti di massa considerati si era espresso in concomitanza di precipitazioni meteoriche; dalla possibilità di poter estrapolare alle aree finitime almeno alcune delle considerazioni che ne sarebbero derivate; dal poter disporre di foto aeree che, essendo state eseguite negli anni 1955, 1970 e 1977, consentivano sia di accertare se la frana del 1973 poteva essere ritenuta almeno in parte un fenomeno di rimobilizzazione sia di riconoscere l'esistenza o meno di motivazioni di evoluzione geomorfologica valide a giustificare la circostanza che la frana del 1973 non si era prodotta in precedenza, dal momento che nel ventennio 1953-1973 si erano più volte verificati eventi meteorici della stessa intensità ed anche ben più eccezionali.

2. CARATTERI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI ESSENZIALI DELL'AREA INVESTIGATA

2.1. Stratigrafia

I terreni affioranti e le sottostanti Argille grigio-azzurre appartengono al ciclo sedimentario pleistocenico del Bacino di S. Arcangelo [15, 16]. La successione stratigrafica è data dalle seguenti formazioni: Sabbie di Aliano (Pleistocene inf.); Conglomerati di Castronuovo (Pleistocene inf.); Sabbie e Conglomerati della Serra Corneta (Pleistocene inf.-medio) (Figg. 1 e 2).

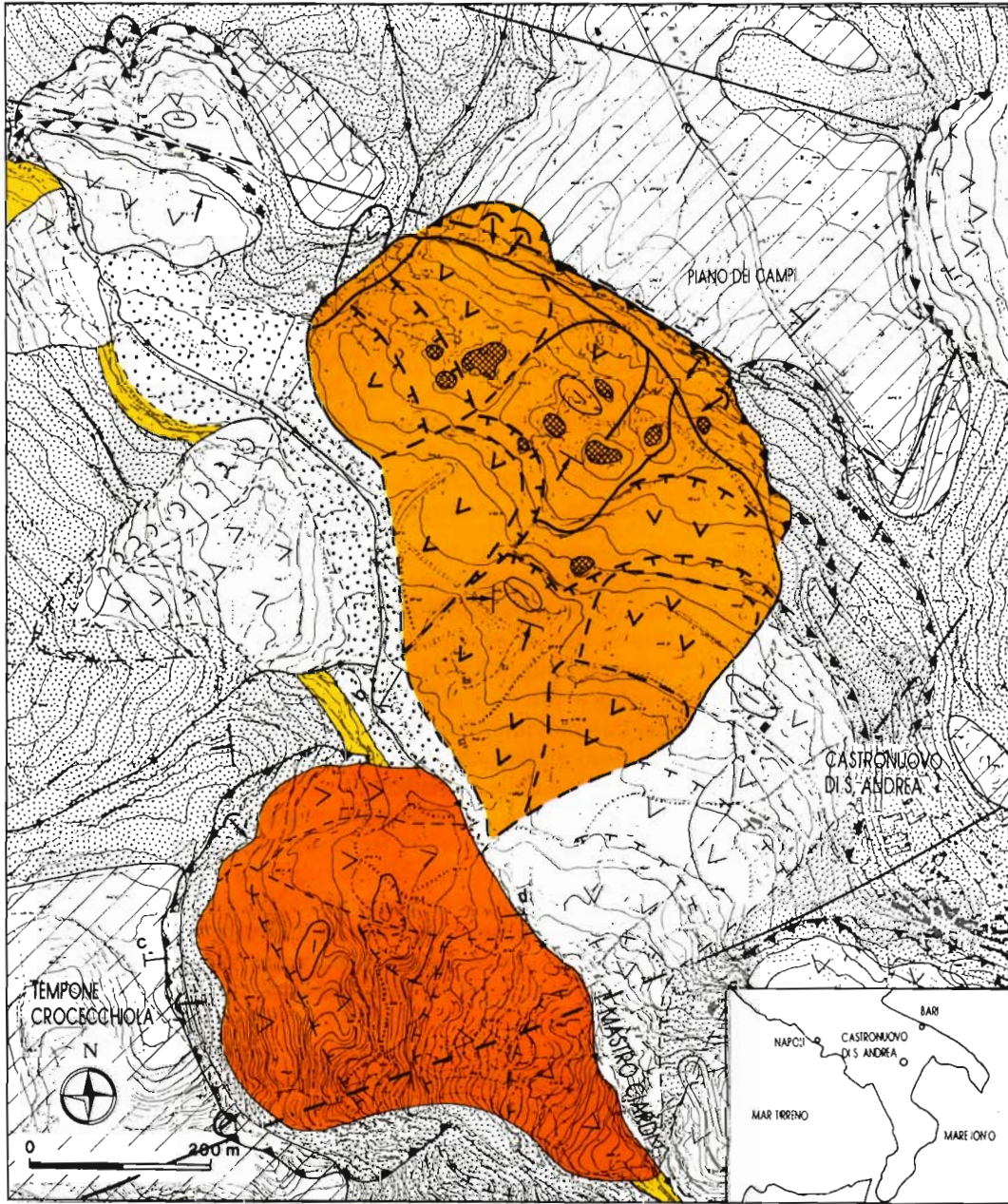


Fig. 1

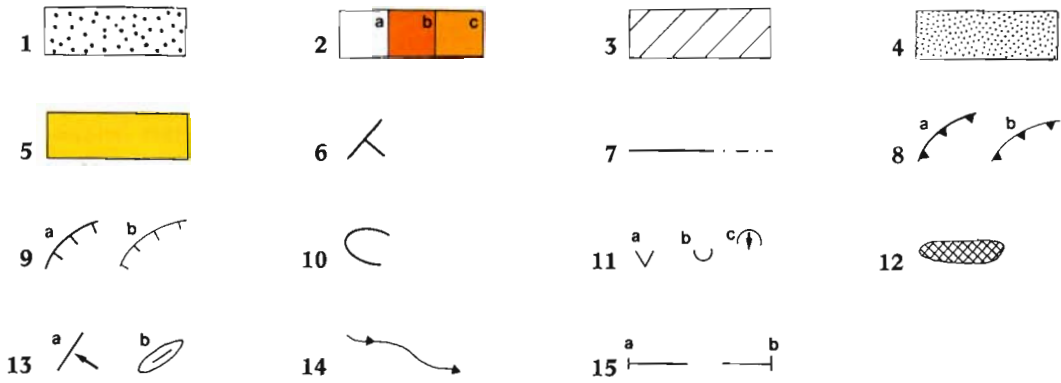


Fig. 1 - Carta geomorfologica: 1) Materiale di riporto; 2) Detrito di frana (a); corpo di frana relativo all'evento del 7/7/1953 (b); del 1/4/1973 (c); 3) Sabbie e Conglomerati della Serra Corneta (Pleistocene inferiore medio), conglomerati poligenici rossastri, sciolti o mediamente cementati e sabbie limose o limi sabbiosi giallastri o rossastri, a luoghi parzialmente eteropici; l'insieme di norma si presenta ben stratificato; 4) Formazione dei Conglomerati di Castronuovo (Pleistocene inferiore), conglomerati poligenici giallastri a matrice sabbioso-limosa, talora abbondante, ospitanti frequenti livelli e/o lenti sabbiosi e limosi, l'insieme è ovunque ben stratificato con strati e banchi potenti rispettivamente 20-30 cm e 1-2 m; 5) Formazione delle Sabbie di Aliano (Pleistocene inferiore), sabbie quarzoso-carbonatiche, talora limosa, ora del tutto sciolte ma sempre ben addensate ora mediamente cementate, ospitanti livelli e/o lenti di conglomerati poligenici, argille limose e limi argillosi, la stratificazione, in strati e banchi, è sempre netta; 6) Giacitura degli strati; 7) Giunto tettonico (a tratteggio quando presunto o ricadente nelle aree di frana); 8) Scarpata attuale (a), recente od antica (b); 9) Scarpata secondaria di frana (a tratteggio quando incerta o degradata), attuale (a), recente od antica (b); 10) Limite di corpo di frana: a tratteggio quando incerto o degradato; in grassetto quando si riferisce a frana in atto; a tratto sottile quando indica frana quiescente o in varia misura stabilizzata; 11) Scorrimento (a), colata (b), crollo (c); 12) Blocco conglomeratico-sabbioso crollato o dislocato da frana; 13) Superficie in contropendenza (a) e depressione morfologica (b) dovute a frana; 14) Linea di drenaggio superficiale; 15) Traccia di sezione geomorfologica.

Geomorphological map: 1) Backfill; 2) Landslide debris (a); sliding body related to the occurrence of the 7/7/1953 (b) and of 1/4/1973 (c); 3) Sands and Conglomerates of Serra Corneta (Lower-Middle Pleistocene). Loose or with an average cementation, reddish polygenic conglomerates and muddy sands or yellowish or reddish sandy silts with partially heteropic zones; normally the body appears well stratified; 4) Castronuovo Conglomerates (Lower Pleistocene), polygenic yellowish with sandy-muddy conglomerates, at times abundant, lodging frequent levels and/or sandy-muddy lenses. Everywhere the body appears well stratified with layers and banks whose thickness reaches respectively 20-30 cm and 1-2 m.; 5) Aliano Sands (Lower Pleistocene), quartzose-carbonate sands, sometimes completely loose but always well thick, sometimes with an average cementation, lodging levels and or lenses of polygenic conglomerates, muddy calys and clayey silts, the stratification, occurring in layers and banks is always clear; 6) Attitude of beds; 7) Tectonic joint (broken line meaning that it is assumed or falling under the sliding area); 8) Main Scarp of landslide (broken line meaning that it is degraded or uncertain), present (a), recent or old (b); 9) Secondary scarp of landslide (broken line when it is uncertain or degraded), present (a), recent or old (b); 10) Boundary of the sliding body: broken line when it is uncertain or degraded; boldface when it is referred to a landslide in progress; thin line meaning a quiescent landslide or stabilized to a various extent; 11) Sliding (a), flow (b), rockfall (c); 12) Conglomerate-sandy block, collapsed or displaced by landslide; 13) Countersloping surface (a) and morphological depression (b) due to landslide; 14) Surface drainage line; 15) Layout of geomorphological section.

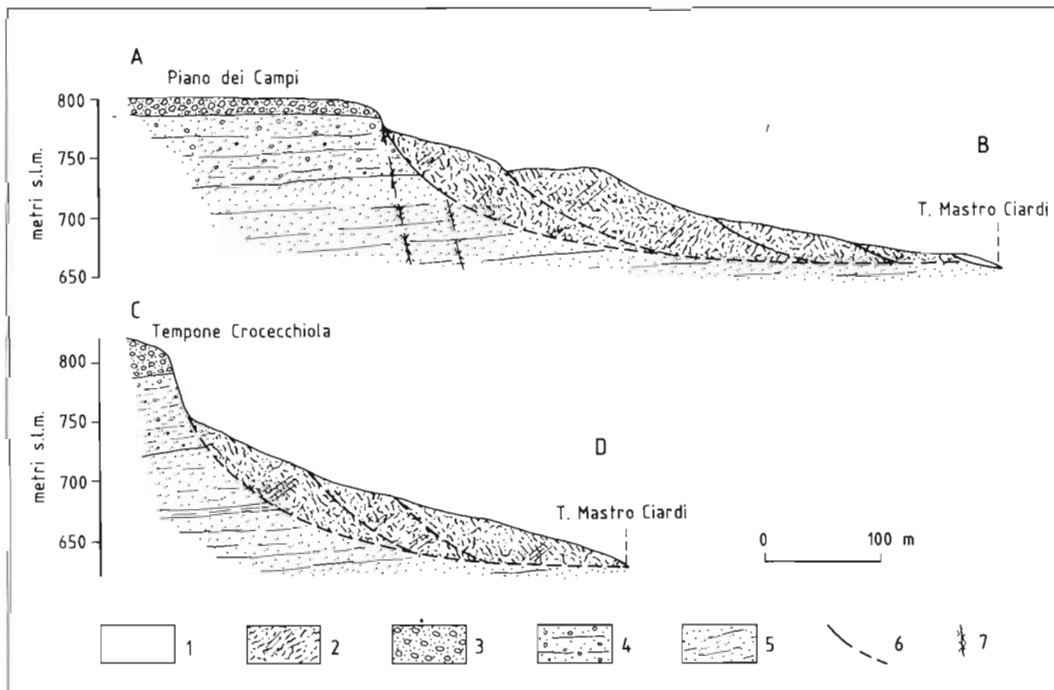


Fig. 2 - Sezioni geomorfologiche schematiche delle frane di Piano dei Campi (da [3] modificata) e di Tempone Crocicchola: 1) Materiale di riporto; 2) Detrito di frana; blocco conglomeratico-sabbioso dislocato e/o crollato; 3) Formazione delle Sabbie e Conglomerati di Serra Corneta (Pleistocene Inferiore- medio); 4) Formazione dei Conglomerati di Castronuovo (Pleistocene Inferiore); 5) Formazione delle Sabbie di Aliano (Pleistocene Inferiore); 6) Probabile andamento della superficie di scorrimento; 7) Giunto tettonico.

Schematic geomorphological sections of the Piano dei Campi landslides (from [3] - modified) of and of Tempone Crocicchola: 1) Backfill; 2) Landslide debris; Conglomerate-sandy block displaced and/or collapsed; 3) Formation of the sands and conglomerates of Serra Corneta (Lower-Middle Pleistocene); 4) Formation of the Castronuovo conglomerates (Lower Pleistocene); 5) Formation of the Aliano sands (Lower Pleistocene); 6) Likely trend of the slip surface; 7) Tectonic joint.

La *Formazione delle Sabbie di Aliano*, che affiora essenzialmente alle quote basse dei versanti, è generalmente costituita da sabbie quarzoso-carbonatiche giallastre o avana-grigiastre, a grana fine o medio-fine e talora limose, ora del tutto sciolte ma sempre ben addensate ora mediamente cementate. A luoghi la formazione ospita livelli e/o lenti di: conglomerati poligenici ad elementi ben arrotondati ed aventi diametro massimo dell'ordine di 10 cm; sabbie e conglomerati rossastri o avana-grigiastri; argille siltose o di limi argilloso-sabbiosi, posizionati nella parte bassa della formazione. L'insieme si presenta ben stratificato, con strati e banchi aventi spessori variabili da qualche decimetro a qualche metro.

La *Formazione dei Conglomerati di Castronuovo* trovasi, rispetto alla precedente, in continuità stratigrafica e, a luoghi, in parziale eteropia. Essa impugna gran parte dei versanti ed è costituita essenzialmente da conglomerati poligenici a matrice sabbiosa o sabbioso-limosa, sciolti o localmente cementati, con elementi aventi diametri variabili da qualche mm a 20-30 cm. Spesso la formazione ospita lenti e strati di sabbie ben addensate, sabbie limose e limi, che talora danno luogo ad una vera e propria alternanza. La stratificazione, sempre ben evidente, è data da strati e da banchi potenti rispettivamente 20-30 cm e 1-2 m. Nell'ambito dell'area investigata, la formazione mostra di possedere uno spessore residuo estremamente variabile: da qualche decina di metri ad oltre 120 m.

La *Formazione delle Sabbie e dei Conglomerati della Serra Corneta*, che condiziona gran parte della spianata di Piano dei Campi (Fig. 1), si è depositata in un ambiente ora litorale ora fluviale. Essa risulta essere costituita da conglomerati poligenici rossastri, spesso cementati, i cui elementi lapidei hanno diametri variabili da pochi mm a qualche decina di cm. Siffatti conglomerati a luoghi passano lateralmente a sabbie e limi sabbiosi giallastri o rossastri, di norma sciolti ma talora discretamente cementati. L'insieme si presenta ben stratificato in strati e banchi, aventi rispettivamente spessori dell'ordine di 50-60 cm e di 3-4 m.

2.2. Assetto strutturale

Lo sconvolgimento dovuto ai diffusi movimenti di massa e le apprezzabili cancellazioni operate dagli intensi processi erosionali non sempre consentono una chiara ed univoca lettura degli elementi tettonici presenti nel territorio. Di certo si può dire che le formazioni riconosciute in affioramento risultano essere disposte secondo una regolare ma poco accentuata monoclinale, orientata grossomodo in senso NE-SW o N-S e con strati immergenti di 10° - 15° verso NW o W; di modo che in corrispondenza dei versanti che qui specificamente interessano, quello di Piano dei Campi e quello di Tempone Crocchiola, gli strati risultano essere rispettivamente a traversopoggio ed a reggipoggio (Figg. 1 e 2).

Siffatta monoclinale risulta essere in più punti dissecata da fratture e faglie, assecondanti principalmente due distinte direttrici tettoniche: NE-SW e WNW-ESE (Fig. 10); a luoghi è presente anche un terzo sistema di giunti, orientato in

senso N-S. La maggior parte del solco del Fosso Manca (Fig. 10) impegna il giunto più significativo appartenente a quest'ultimo sistema.

Il sistema di giunti ad andamento antiappenninico, responsabile del contatto laterale che in località T. Crocchiola caratterizza gli affioramenti delle due diverse e dianzi specificate formazioni sabbioso-conglomeratiche, sembra essere più antico di quello appenninico, essendo spesso da questo interrotto o addirittura dislocato. La configurazione morfologica dell'area investigata conferisce ai giunti tettonici ad andamento appenninico un ruolo di primissimo piano come causa predisponente remota dei movimenti di massa.

2.3. Caratteri geomorfologici

L'assetto morfologico del territorio è tipicamente appenninico (Fig. 1 e Fig. 10): versanti spesso molto acclivi (50° - 60°); solchi torrentizi stretti e profondi; brusche variazioni di pendenza promosse da accidenti tettonici e da frane; alvei attivi ad andamento serpeggiante, per le continue deviazioni operate dai corpi di frana che spesso invadono i fondovalle; lembi residui di superfici di spianamento smembrate dalla tettonica ed in rapida demolizione, in quanto aggrediti dai movimenti di massa e dall'erosione; etc.. Su uno di detti lembi subpianeggianti, impegnato in massima parte dalla Formazione dei Conglomerati di Castronuovo, poggia in parte l'impianto urbano; trattasi di una morfostruttura circoscritta dai solchi del Torrente Mastro Ciardi e del Fosso Manca, impostatisi in corrispondenza di giunti tettonici orientati in senso WNW-ESE e N-S rispettivamente. Anche buona parte degli affluenti dei detti corsi d'acqua sembra assecondare fratture tettoniche, appartenenti essenzialmente al sistema NE-SW; per modo che il reticolo idrografico del territorio possiede, nel suo insieme, una geometria riconducibile ad un pattern di tipo subparallelo, decisamente influenzato dalla tettonica.

Le rotture promosse dalla neotettonica, unitamente alla acclività dei versanti ed alla decompressione che questi hanno accusato, in ragione del rapido ed apprezzabile approfondimento dei solchi vallivi, si rendono responsabili di una vivace evoluzione geomorfologica. Questa da tempo va compendosi ad opera di diffusi e spesso vistosi movimenti di massa, nonché di intensi processi erosionali sia areali che lineari, i cui effetti sono esaltati dall'alto grado di erodibilità dei terreni affioranti.

I movimenti di massa, profondi anche 50-60 metri e che imprimono improvvise accelerazioni alla dinamica morfogenetica dei versanti, si producono essenzialmente mediante scorrimenti rotazionali e rototraslazionali, talora evolventisi a colata, estrinsecantisi con modalità retrogressive. Quest'ultima circostanza fa sì che, nel tempo, migrando verso monte le nuove scarpate di frana, anche i giunti tettonici presenti alle quote più alte dei versanti, e quindi più arretrati rispetto al fondovalle, assumano un ruolo di primo piano come causa predisponente di frana. Infatti sono frequenti, specie lungo il perimetro dell'area urbana, i casi in cui le scarpate di frana, sempre modellate nei terreni conglomeratico-sabbiosi, coincidono con giunti tettonici o risultano impostate all'incrocio di due distinti giunti (Fig. 10).

3. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE ESSENZIALI DEI MOVIMENTI DI MASSA CONSIDERATI

I rilievi di campagna e l'analisi delle già specificate foto aeree hanno innanzitutto consentito di accertare che i due movimenti di massa, oggetto del presente studio, hanno in comune le seguenti circostanze:

- la loro scarpata di frana principale è modellata nelle Formazioni di Serra Corneta e dei Conglomerati di Castronuovo;

- si sono prodotti in condizioni di giacitura sfavorevoli, risultando la loro direzione di movimento disposta grossomodo a 180° (frana del 1953) ed a 90° (frana del 1973) rispetto alla direzione in cui immergono gli strati;

- sono stati in parte condizionati da chiari giunti tettonici (Fig. 1), orientati in senso NE-SW (frana del 1953) e WNW-ESE (frana del 1973).

Le due frane sono tra loro diverse essenzialmente in quanto: mentre quella di Tempone Crocecchiola (frana del 1953) è di primo distacco e di tipo scorrimento rotazionale profondo, per contro quella di Piano dei Campi (frana del 1973) è uno scorrimento rototraslazionale profondo, che si è sviluppato in un'area che almeno per il 70% era già stata interessata a più riprese da diversi movimenti di massa (Fig. 10).

Il corpo della frana di Tempone Crocecchiola (Figg. 1 e 3), definito da una scarpata molto acclive (60° - 70°) ed arcuata e dotato di una pendenza media dell'ordine dei 20° , si sviluppa per 400 m a partire da quota 750 m fino all'alveo del Torrente Mastro Ciardi. Per il parziale sbarramento subito da quest'ultimo, l'alveo attivo ha migrato verso la contrapposta sponda, dove le acque torrentizie hanno iniziato ad esercitare un'intensa erosione di sponda al piede del versante. Il corpo di frana, ancor oggi parzialmente attivo nella zona di piede, è frazionato da scarpate di frana secondarie, che peraltro isolano blocchi in contropendenza ed aree morfologicamente depresse. La scarpata di frana principale, il cui fianco destro asseconda grosso modo il giunto tettonico dianzi specificato, è ancor oggi in evoluzione morfologica, ad opera di continui fenomeni di crollo e di sfettamento (Fig. 3).

Lo scorrimento rototraslazionale di Piano dei Campi (Figg. 1 e 4) è limitato a monte ed al piede da due lineazioni, rispettivamente la frattura tettonica orientata in senso WNW-ESE ed il solco del Torrente Mastro Ciardi, intersecantesi a NW in località Passarana. Per modo che la scarpata ed il corpo di frana assumono, a differenza di quanto accade per lo scorrimento di Tempone Crocecchiola, una configurazione alquanto irregolare ed asimmetrica (Figg. 1 e 4). Infatti la scarpata principale, dotata di una pendenza dell'ordine di 70° - 80° , ha un andamento alquanto particolare: quasi rettilineo per buona parte del suo sviluppo (circa 500 m), là dove nella sua parte centrale ed in quella occidentale asseconda la frattura tettonica; molto ed improvvisamente arcuata ed irregolare nella porzione orientale, dove taglia quasi perpendicolarmente le preesistenti scarpate principali e secondarie dello scorrimento multiplo A (Fig. 10). Siffatto andamento denuncia l'anisotropia della ripartizione dei punti a minor resistenza meccanica in seno all'originario pendio.

La superficie di scorrimento, composita e verosimilmente modellata ad una profondità massima dell'ordine dei 60 m, dopo aver tagliato i Conglomerati di Castronuovo si sviluppa nella sottostante Sabbie di Aliano (Fig. 2). Il corpo di



Fig. 3

Fig. 3 - Frana di Tempone Crocecchiola. Il corpo di frana sembra trovarsi in condizioni di quiescenza; la scarpata (indicata con i triangolini), molto acclive e chiaramente modellata nella Formazione delle Sabbie e Conglomerati della Serra Corneta (a) e nei Conglomerati di Castronuovo (b), è ancora dotata di una limitata attività estrinsecantesi mediante crolli e sfettamenti. È ben visibile il giunto tettonico orientato NE - SW (indicato con tratto e punto) che sembra aver condizionato il fianco destro della frana. (Foto Volitalia, Bari Conc. S.M.A. n. 492 del 26 Aprile 1990).

Landslide of Tempone Crocecchiola. The landslide body seems to be quiescent; the main scarp (represented by little triangles), very steep and clearly cut into the formation of sands and conglomerates of Serra Corneta (a) and in the Castronuovo Conglomerates (b), still shows a limited activity which takes place by collapsing and sliding. One can clearly see the NE-SW oriented tectonic joint represented by line and dot) which probably affected the right side of the landslide. (Foto Volitalia, Bari Conc. S.M.A. n. 492 of 26/04/1990).



Fig. 4

Fig. 4 - Veduta parziale del versante di Piano dei Campi sul quale si è prodotta la frana dell'aprile 1973 (la linea tratteggiata definisce il corpo di frana). La scarpata principale (indicata con i triangolini) è molto acclive ed in massima parte asseconda fedelmente uno dei giunti tettonici (tratto e punto) orientati NNW-SSE. In seno al corpo di frana sono ben evidenti: depressioni morfologiche (freccette); blocchi conglomeratico-sabbiosi (a). In alto ed a sinistra sono visibili gli scorrimenti di località Passarana; la scarpata di uno di questi è anch'essa controllata dal già specificato giunto tettonico. (Foto Volitalia, Bari - Conc. S.M.A. n. 492 del 26 Aprile 1990).

Partial view of the slope of Piano dei Campi where the landslide of April 1973 occurred (the dotted line indicates the sliding body). The main scarp (represented by little triangle) is very steep and in most cases it follows faithfully the development of one of the tectonic joints (line and dots) in a NNW-SSE direction. Within the sliding body one can clearly see: morphological depression (arrows); Conglomerate-sandy blocks (a). Above and on the left of the picture one can see the slips of Passarana site; the scarp of one of them runs along the above mentioned tectonic joint too. (Foto Volitalia, Bari - Conc. S.M.A. n. 492 of 26/04/1990).

frana, a configurazione grosso modo triangolare e dotato di una larghezza massima dell'ordine di 500 - 550 m in corrispondenza del fianco sinistro ed orientale, risulta frazionato da scarpate secondarie, alcune delle quali coincidenti con scarpate preesistenti; lo stesso corpo, dotato di una pendenza generalmente dell'ordine dei 10°-15° ed a luoghi anche di 20°-22°, ospita: ammassi arenaceo-conglomeratici franati in blocco, aree in contropendenza, depressioni morfologiche a drenaggio anche endoreico (Figg. 1 e 4).

A suo tempo il corpo di frana, invadendo e sbarrando l'alveo del Mastrociardi, generò un lago che, per ragioni di sicurezza, fu artificialmente svuotato. Attualmente il corpo di frana trovasi in una fase quiescente, salvo talune modeste porzioni situate alle quote più alte, dove peraltro la scarpata di frana principale è ancora suscettibile di accusare locali crolli e sfettamenti.

4. CAUSE DEI DUE MOVIMENTI DI MASSA STUDIATI

4.1. Precipitazioni

Per accertare l'incidenza che gli eventi di pioggia possono aver avuto sui due movimenti di massa, è stato eseguito uno studio statistico delle variabili idrologiche « piogge cumulate », che si è avvalso dei dati di precipitazioni giornaliere relativi a 52 anni di osservazione. Lo studio è stato condotto applicando due distinte funzioni di distribuzione della probabilità, note come: *General Extreme Value (GEV)* e *Funzione di Gumbel* (che è un caso particolare della precedente).

In particolare, sulla scorta dei dati del S.I.I. relativi al periodo 1922-1987 [14], è stato possibile ricostruire l'andamento delle precipitazioni e calcolare giorno per giorno le cumulate relative a 1, 2, 5, 10, 20, 30, 60, 90, 120 e 180 giorni consecutivi. Quindi, dai dati elaborati, sono stati estratti i valori massimi annuali, nella ragionevole supposizione che quest'ultime variabili potessero ritenersi casuali.

L'incidenza delle precipitazioni sulla frana del 1973 è stata, in via preliminare, suggerita dal grafico di Fig. 5. Questo, infatti, mette ben in evidenza come sostanzialmente un po' tutte le variabili cumulate considerate raggiungano un massimo in occasione o immediatamente prima dell'evento di frana.

È il caso di evidenziare che le relazioni intercorrenti fra precipitazioni e frane ed in particolare il rapporto di causa ed effetto che lega i due fenomeni sono già state riconosciute. Infatti il carattere del fenomeno meteorico è stato definito facendo ricorso alla coppia di parametri: intensità di pioggia e cumulate [8] oppure intensità e durata della pioggia [1].

La relazione tra intensità i e durata t della pioggia è del tipo (10): $i = a t^b$, dove a e b sono degli opportuni coefficienti; essa è del tutto analoga alla relazione che tradizionalmente riproduce l'andamento delle curve di pioggia: $h = a t^u$, dove h è l'altezza di pioggia ed $u = b + 1$.

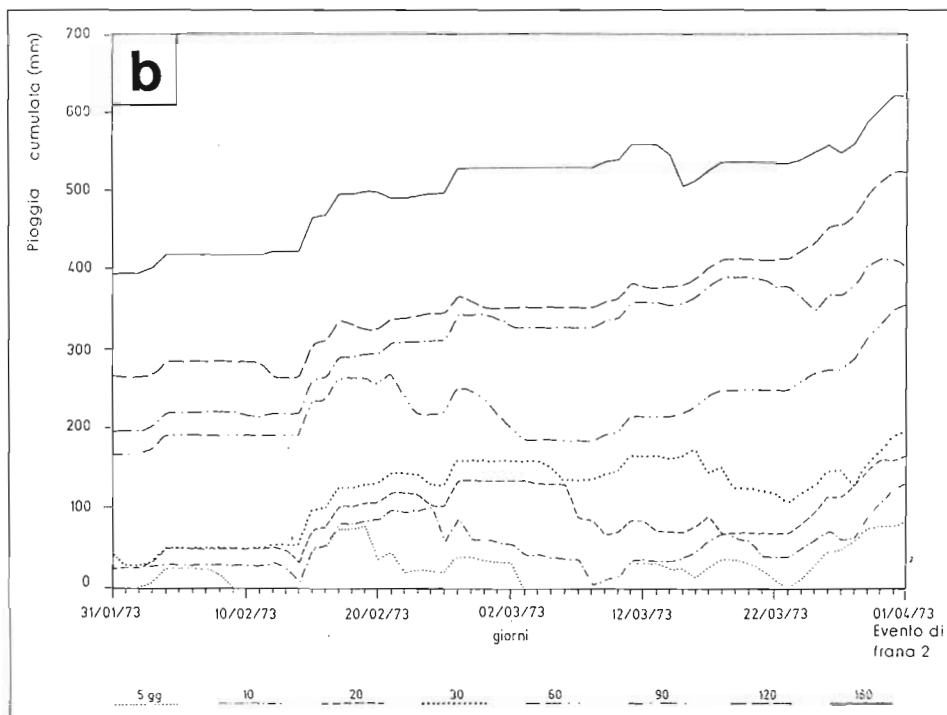
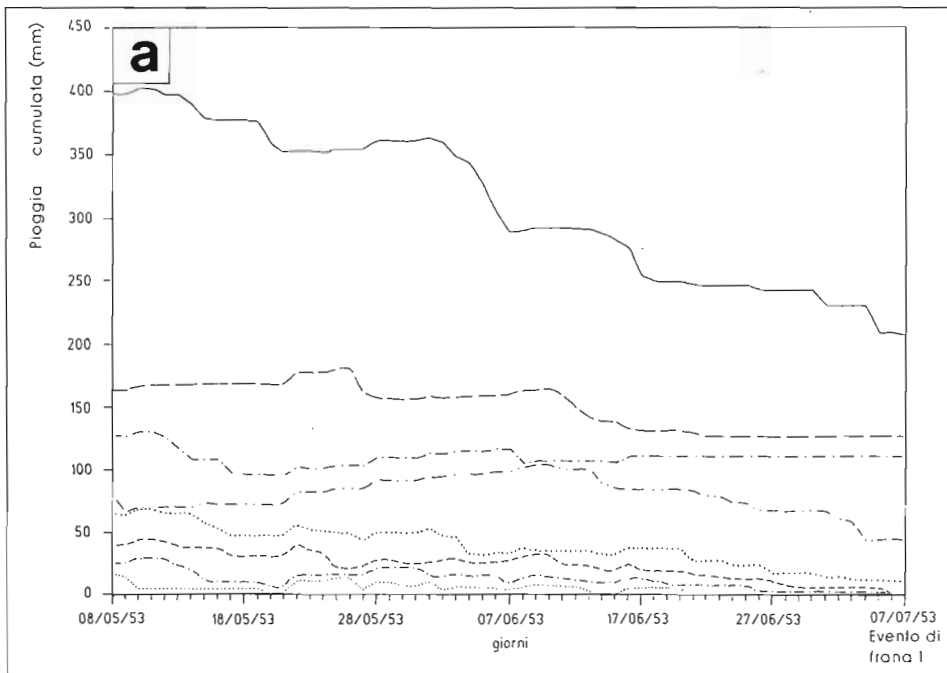


Fig. 5 - Piogge cumulate per 5, 10, 20, 30, 60, 90, 120 e 180 giorni relative ai due mesi precedenti gli eventi di frana del Luglio 1953 (a) e dell'Aprile 1973 (b).

Rainfall cumulated during 5, 10, 20, 30, 60, 90, 120 and 180 days related to the two months preceding the landslides of July 1953 (a) and April 1973 (b).

Dello stesso tipo è la funzione $i = f(t)$, rappresentata in scala bilogarithmica in Fig. 6. Detta funzione, definita da CANCELLI e NOVA [1] mediante i casi che in figura sono stati rappresentati dall'area retinata, delimita inferiormente il semipiano di punti (h, t) critici, ovvero virtualmente responsabili di mobilitazione franosa. Nella stessa figura i punti 1, 2 e 3 simboleggiano, per differenti valori di durata della precipitazione, la frana del 1973; la frana del 1953 invece non compare in quanto i punti che la rappresentano, relativi ad una qualsivoglia durata di precipitazione, non ricadono nel semipiano sovrastante la $h = f(t)$. La Fig. 6 ospita inoltre 10 punti significativi di altrettanti eventi eccezionali registrati in ambienti extraeuropei e, quindi, sotto climi sostanzialmente diversi [9]. La circostanza che anche detti punti si dispongano secondo un andamento rettilineo conferma la validità della relazione che lega le due variabili rappresentate nel piano semilogarithmico e suggerisce che la stessa relazione si modifica al variare delle condizioni climatiche, nonché geomorfologico-strutturali.

Accertato in via preliminare che i casi analizzati si prestavano per un'analisi più circostanziata, il tempo di ritorno degli eventi di pioggia responsabili dei movimenti di massa è stato quantificato facendo ricorso sia alla semplice ma efficace funzione di Gumbel [12], ancor oggi valida in campo idrologico, sia alla

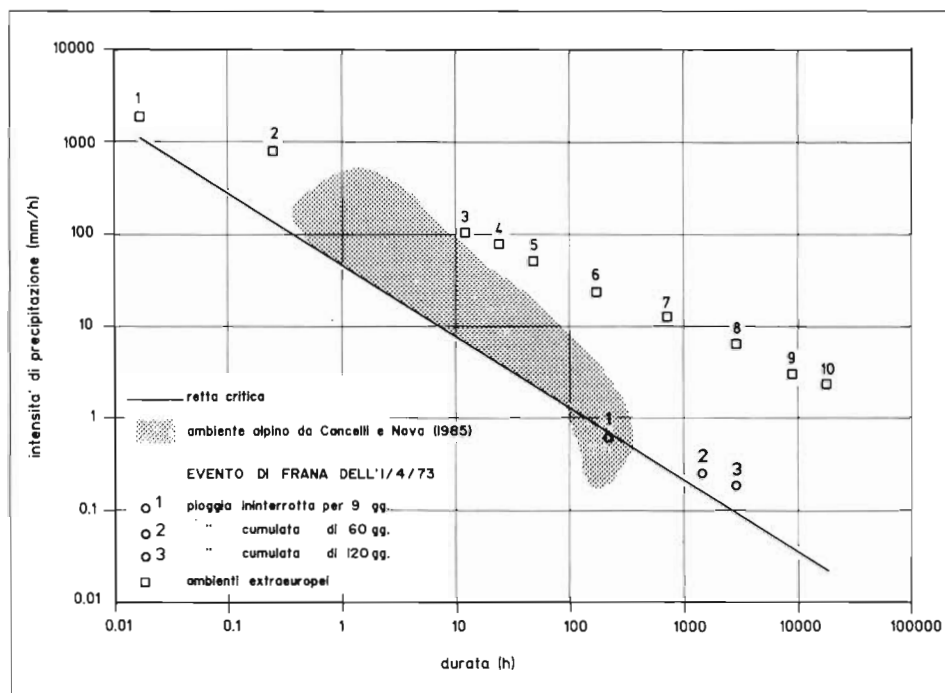


Fig. 6 - Relazione tra intensità e durata degli eventi meteorici associati a frane. La retta critica, definita in un piano bilogarithmico mediante i casi raccolti da Cancelli e Nova (1985) [1] in ambiente alpino, mostra come gli eventi di pioggia della frana dell'aprile 1973 siano potenzialmente critici; i casi relativi ad ambienti non europei individuano un diverso andamento critico rettilineo.

Connection between the intensity and the duration of the meteoric events associated with the landslide. The critical line, determined on a bilogarithmic plane through cases collected from Cancelli and Nova (1985) [1] in the Alpine environment, indicates how the rainfall of the April 1973 landslide is likely to be critical; cases related non-European environment show a different critical rectilinear trend.

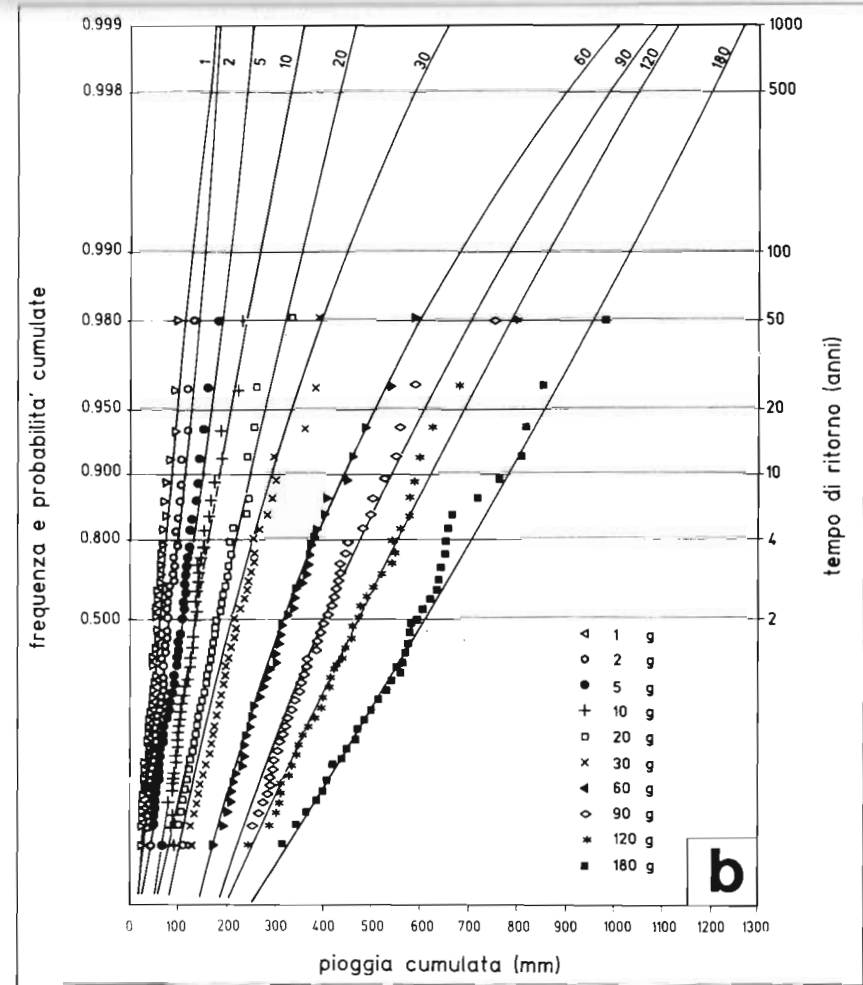
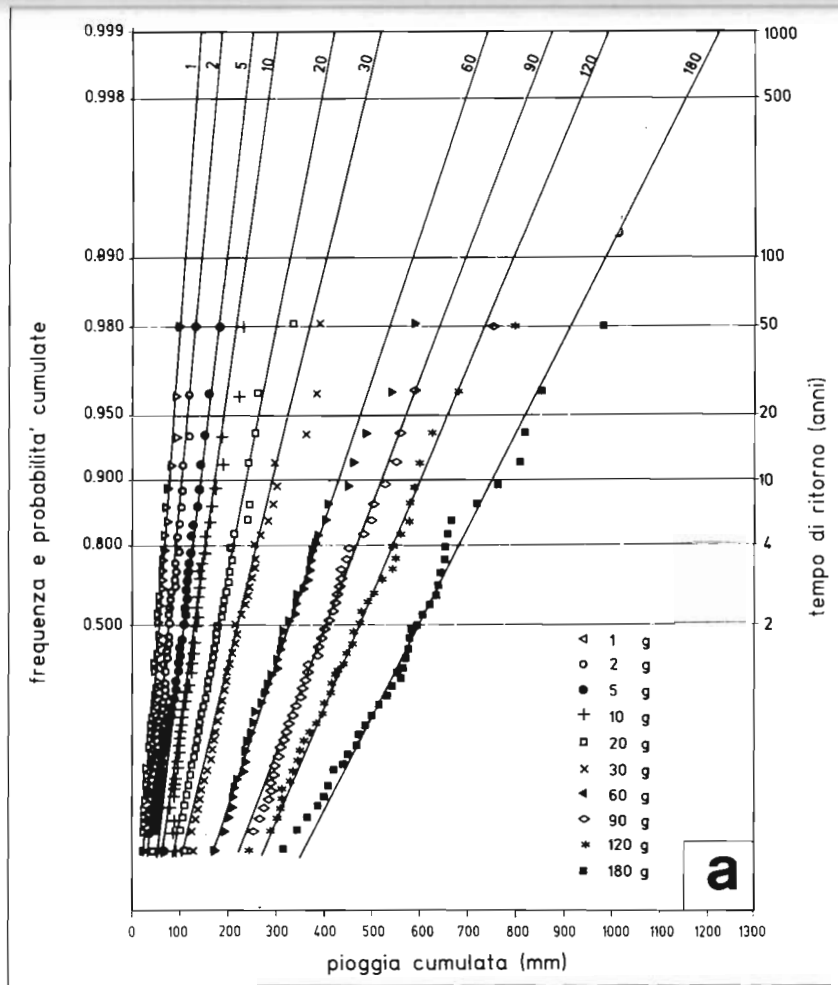


Fig. 7 - Confronto tra la frequenza cumulata dei massimi annuali delle piogge cumulate da 1 a 180 giorni e la probabilità cumulata sia secondo la Funzione di distribuzione della probabilità di Gumbel (a) che secondo la funzione di distribuzione generale del valore estremo (GEV) (b). I simboli rappresentano le frequenze cumulate, le linee rappresentano le probabilità cumulate secondo la funzione adottata.

Comparison between the cumulated frequency of the annual maximum values of rainfall over a period of 1 through 180 days and the cumulated probability both according to the Gumbel's probability distribution function and to the general distribution function of the extreme value (GEV) (b). Symbols stand for cumulated frequencies, lines stand for the probabilities cumulated according to the function which has been used.

funzione più generale GEV (Generale Extreme Value) di Jenkinson [13], ottenuta come soluzione dell'equazione di Fisher e Tippett [6]. L'opportunità di utilizzare anche quest'ultima è stata suggerita dai limiti che la funzione di Gumbel mostra di possedere allorché si vanno a prevedere eventi particolarmente rari o quando la serie di dati disponibili è molto limitata [2].

La Fig. 7 è stata tracciata, su carta probabilistica di Gumbel, dopo aver individuato i due parametri caratteristici della funzione di Gumbel ed i tre parametri della funzione GEV, applicando il metodo PWM [13]. Il confronto grafico tra le variabili calcolate consente di verificare speditamente l'attendibilità delle funzioni della distribuzione della probabilità utilizzate.

Le curve delle piogge cumulate, tracciate per diversi tempi di ritorno (Fig. 8), sono state elaborate sulla base dei dati rappresentati in Fig. 7. Il confronto con le precipitazioni prodottesi in concomitanza con i due eventi di frana studiati porta ad escludere, in forma definitiva, che le precipitazioni possano avere in qualche modo contribuito a determinare la frana del 1953; ciò, peraltro, si evince con maggior chiarezza dalla Fig. 9, dove si legge il tempo di ritorno delle piogge cumulate: mentre per la frana del 1953 non è mai maggiore di 1,1 anni, per la frana del 1973 risulta compreso tra 4,7 e 5,0 anni.

Entrambi i metodi adottati indicano che dal punto di vista statistico, l'evento del 1973 risulta essere particolarmente significativo in relazione alle variabili piogge cumulate da 60 a 120 giorni; di modo che, nel nostro caso, il periodo piovoso efficace può essere esteso fino a 120 giorni [7]. Ne discende che se da un lato si può ritenere che le precipitazioni prolungate verificatesi nella zona abbiano quanto meno contribuito a destabilizzare il pendio in oggetto, dall'altro lato si ha che la non eccezionalità dell'evento di pioggia, espressa da un tempo di ritorno relativamente modesto, lascia presumere che in tempi recentissimi il versante abbia accusato, ad opera di altri fattori destabilizzanti, modifiche sostanziali anche se non appariscenti. Tale quadro non può essere significativamente modificato dalla considerazione, comunque fondata, che la mancanza di una stazione pluviografica in Castronuovo S. Andrea abbia potuto impedire la misura di precipitazioni particolarmente intense da associare al centro di scroscio sull'abitato. L'interpretazione formulata è tra l'altro comprovata dal fatto che quantunque il 1959 sia stato un anno particolarmente piovoso, caratterizzato da piogge cumulate aventi un tempo di ritorno di circa 10 anni, sul versante investigato si sono prodotti solo modesti e circoscritti fenomeni di rimobilizzazione parziale. Si è infatti accertato che nell'anno in parola le precipitazioni totali sono risultate essere pari al 147% della precipitazione annua media e le piogge verificatesi tra aprile e settembre hanno raggiunto un'intensità pari a 90 mm/h.

È giusto il caso infine di evidenziare che le risultanze dell'analisi idrologica eseguita concordano con quella dell'analisi a ritroso eseguita da alcuni Autori [3] sulle condizioni di stabilità dello stesso pendio. Secondo quest'ultima analisi il corpo di frana si sarebbe potuto rimobilizzare solo per valori del coefficiente di pressione interstiziale r_u prossimi a quello massimo consentito dalla geometria e dai caratteri stratigrafici del pendio. Siffatti valori di r_u possono conseguirsi solo con una superficie piezometrica dotata di un forte gradiente, dell'ordine del 28%, che solo cospicue e prolungate piogge son in grado di generare.

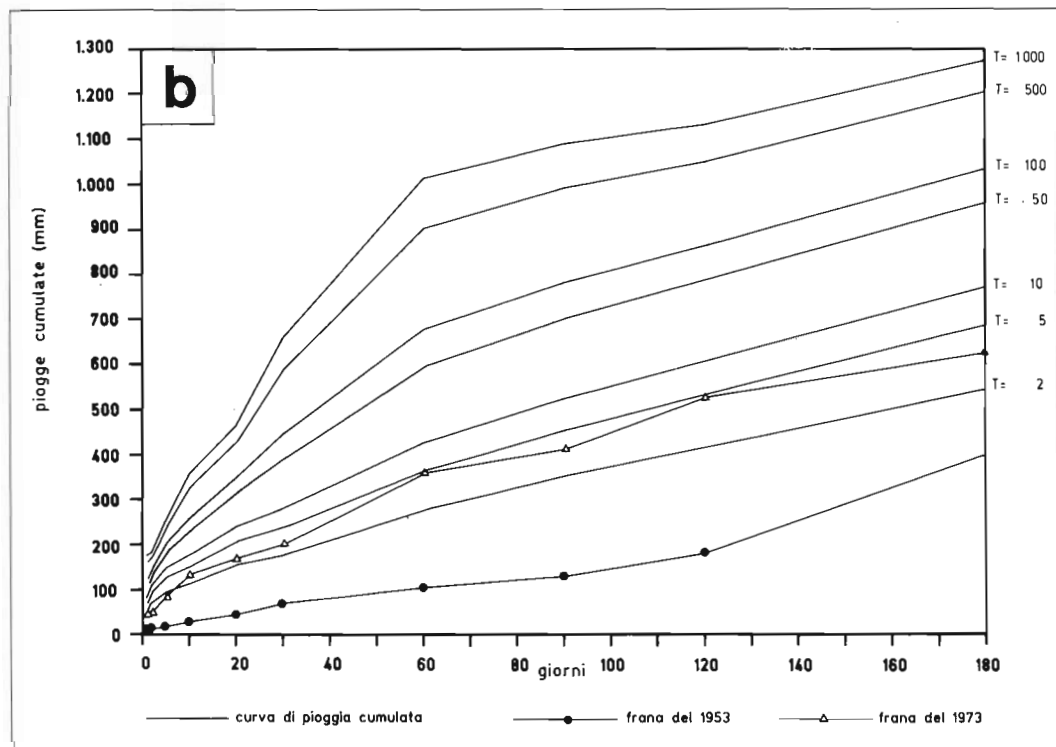
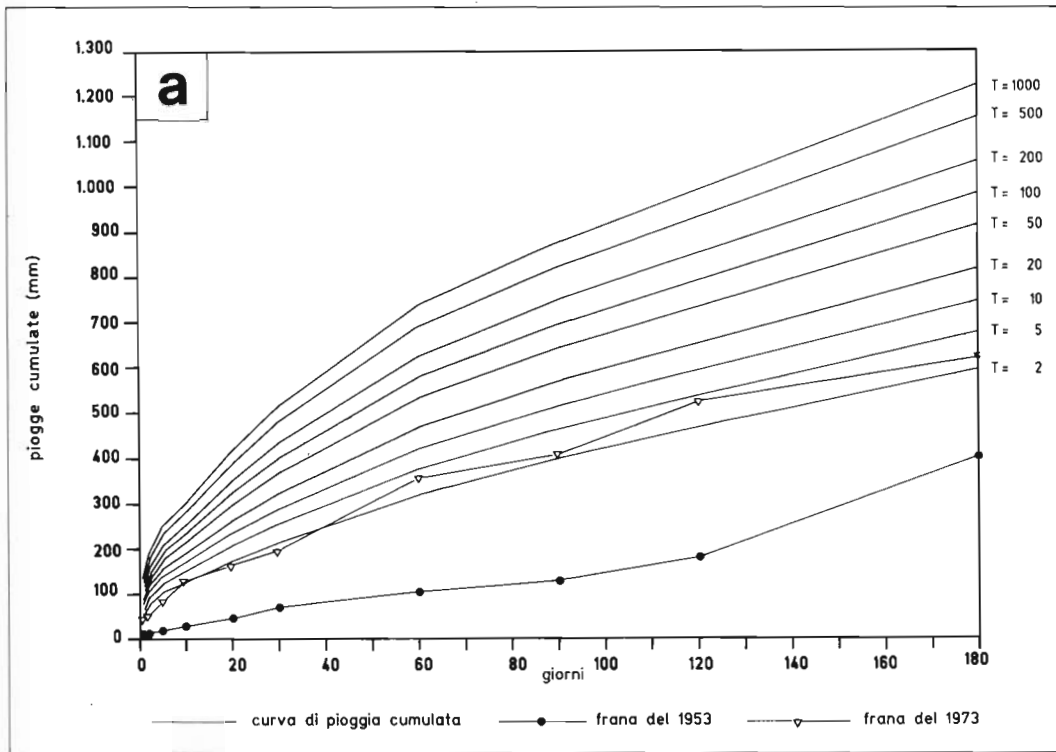


Fig. 8 - Confronto tra gli eventi pluviometrici registrati in occasione dei due movimenti franosi e le curve di pioggia cumulata, calcolate per diversi tempi di ritorno, sia mediante la funzione di distribuzione della probabilità di Gumbel (a) che secondo la funzione di distribuzione generale del valore estremo (b). T rappresenta il tempo di ritorno espresso in anni.

Comparison between the rainfall recorded during the two landslides and the cumulated rain curves calculated for different return times, both by means of the Gumbel's probability distribution function (a) and according to the function of general distribution of the extreme value (b). T stands for the return time expressed in years.

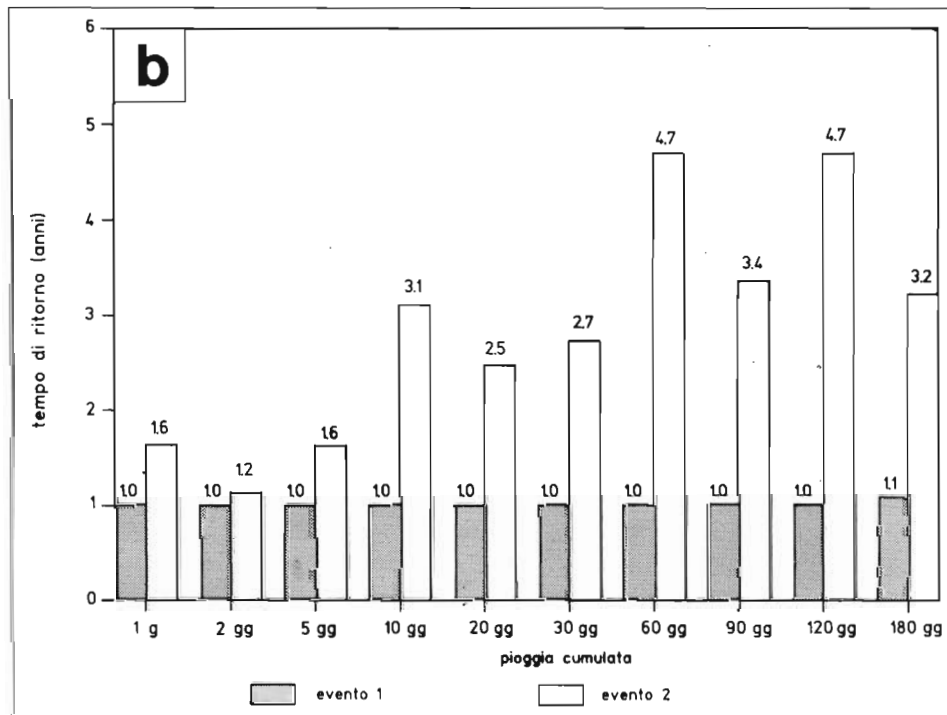
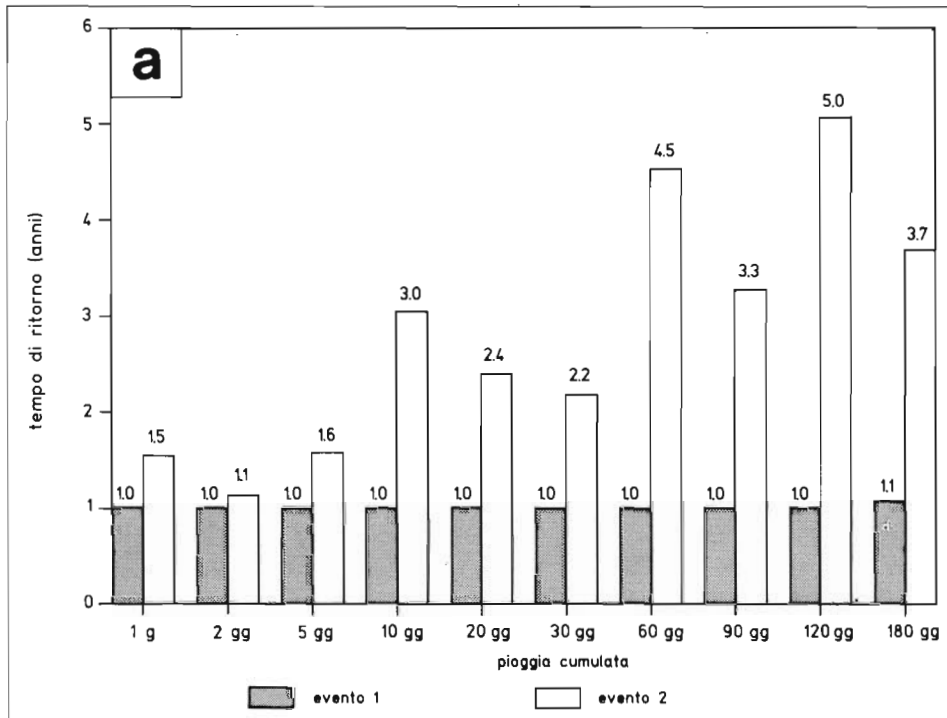


Fig. 9 - Tempo di ritorno dalle variabili piogge cumulate da 1 a 180 giorni in occasione dei due eventi franosi. I tempi di ritorno sono stati calcolati sia mediante la funzione di distribuzione della probabilità di Gumbel (a) sia secondo la funzione di distribuzione generale del valore estremo (b).

Return time of the variable rainfall cumulated from 1 to 180 days during the two sliding events. Return times have been calculated both by the Gumbel's probability distribution function (a) and according to the function of general distribution of the extreme value (b).

4.2. Recente evoluzione geomorfologica dei versanti

Per valutare in che misura la frana di Piano dei Campi poteva essere ricondotta ad un fenomeno di rimobilizzazione e per giustificare la circostanza che la stessa frana era avvenuta in concomitanza di un evento di pioggia che, oltre a non potersi definire eccezionale, si era più volte verificato nel precedente ventennio, si è cercato di riconoscere se in tempi non molto antecedenti al 1973 la porzione di versante implicata avesse o meno accusato modifiche geomorfologiche tali da produrre, in forma diretta e/o mediata, effetti destabilizzanti.

Si è a tal fine fatto ricorso ad un'analisi anche comparata delle foto aeree relative agli anni 1955 e 1970 (Fig. 10); analisi che ha inequivocabilmente evidenziato che la porzione di versante in oggetto aveva accusato, per fenomeni sia di frana sia di erosione intensa e selettiva, modifiche tali da inficiare le condizioni di equilibrio al punto da consentire ad una qualsivoglia ed anche non eccezionale causa determinante di innescare un grosso movimento di massa. In sintesi ciò che le modifiche in parola avevano promosso sono essenzialmente riconducibili alle seguenti circostanze:

- una complessiva riduzione della resistenza meccanica dei terreni presenti anche in profondità, derivante dal disturbo causato da diffusi e reiterati movimenti di massa;

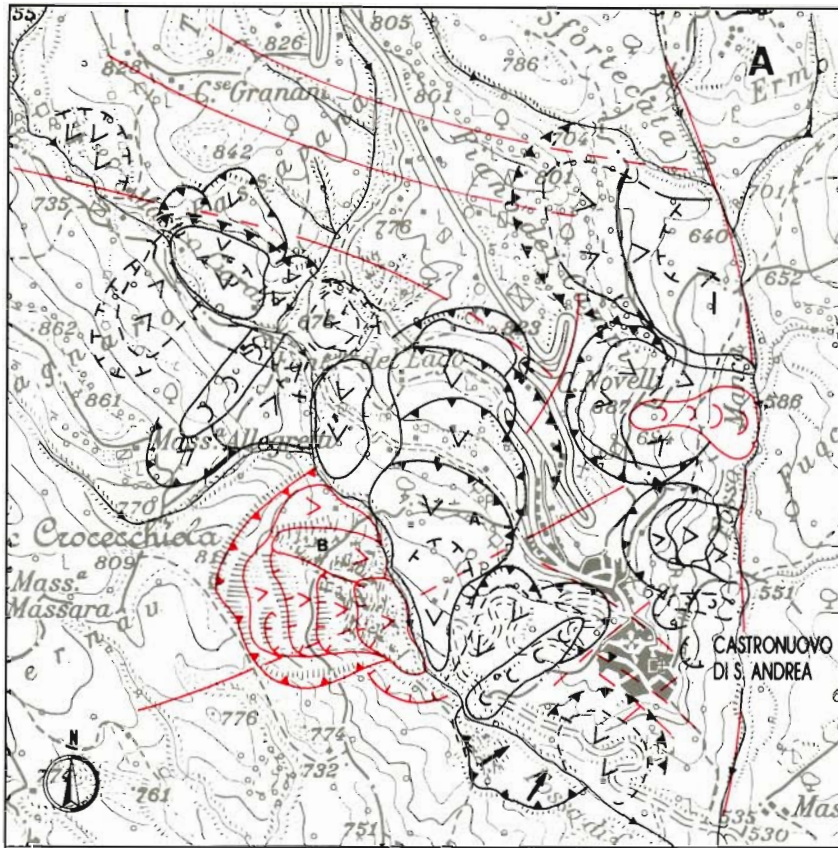
- un'esaltazione del ruolo di preesistenti cause predisponenti, quali i giunti tettonici come conseguenza sia della decompressione promossa dalle frane prodottesi immediatamente a valle dei giunti stessi sia delle modalità retrogressive con le quali i movimenti di massa si innescavano (migrazione verso monte delle scarpate di frana, fino alla loro parziale identificazione con gli stessi giunti);

- l'insorgere di un insieme di condizioni atte a determinare azioni destabilizzanti, quali: l'indebolimento, per erosione, del piede resistente del versante; l'appesantimento dei terreni e l'incremento delle pressioni interstiziali derivanti dalla genesi, in seno ai corpi di frana, di sia pur effimere falde idriche anche di tipo confinato, nonché dell'aumento del grado d'infiltrazione delle acque di pioggia (dovuto allo scompaginamento dei terreni ed ad una riduzione della pendenza e quindi ad un maggior tempo di permanenza delle acque in superficie, specie in corrispondenza delle depressioni morfologiche originate da frane).

In particolare, dalla Fig. 10a si evince innanzitutto che:

a) Già prima del 1955 il versante di Piano dei Campi era stato interessato da numerose frane; queste si erano prodotte quasi esclusivamente nella porzione bassa e sud-occidentale dello stesso versante, all'interno di una precisa area definita da due giunti tettonici, quasi ortogonali fra loro (WNW-ESE e NE-SW) e dal solco del Torrente Mastro Ciardi (verosimilmente assecondante, come già detto, almeno in parte un terzo giunto tettonico a direzione grosso-modo WNW-ESE);

b) Tutte le scarpate delle frane in parola si erano modellate in corrispondenza o immediatamente a valle del giunto orientato in senso WNW-ESE;



0 500m

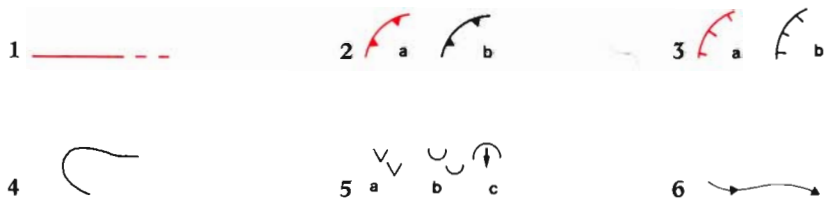
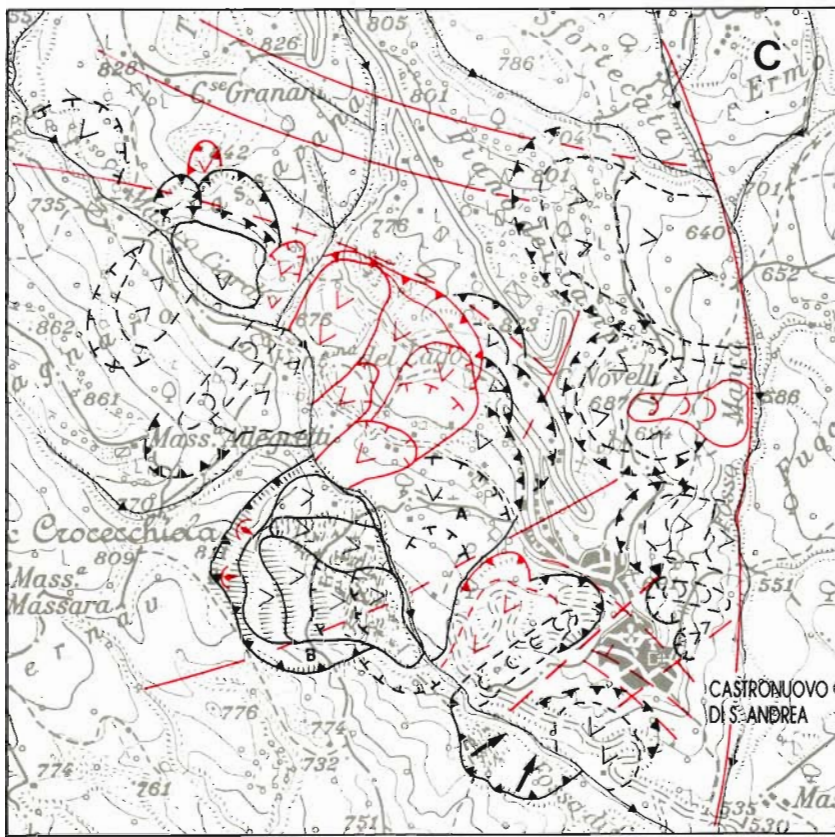
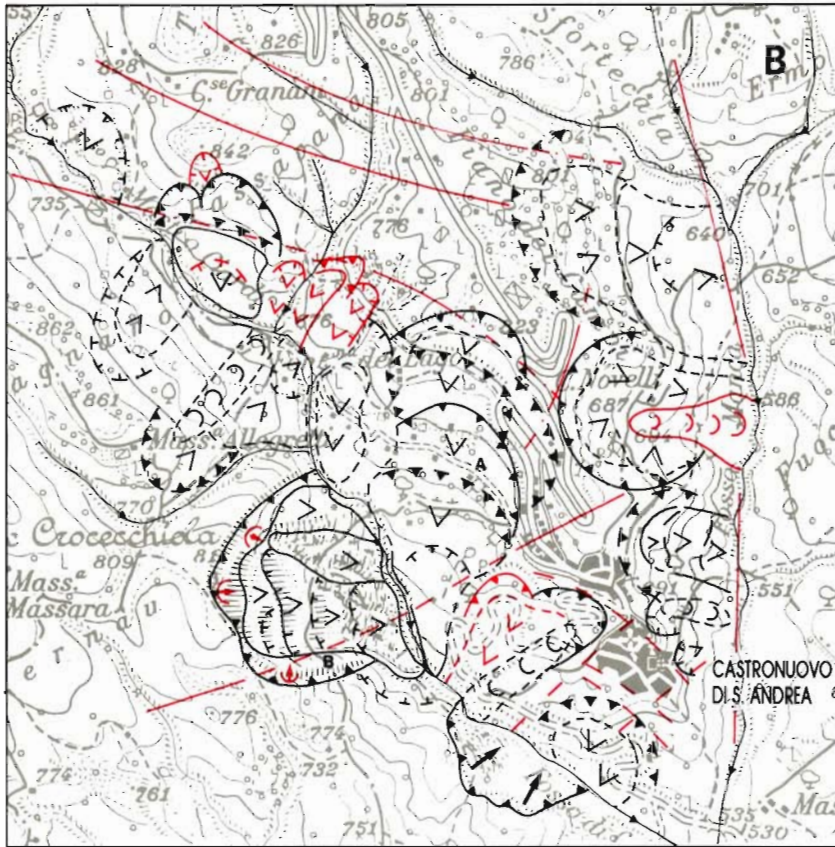


Fig. 10 - Evoluzione geomorfologica delle aree investigate e contermini, deducibile dalle foto aeree relative agli anni 1955 [A], 1970 [B] e 1977 [C]: 1) Giunto tettonico (a tratteggio quando presunto o ricadente nelle aree di frana); 2) Scarpata principale di frana (a tratteggio quando degradata o incerta), attuale (a), recente od antica (b); 3) Scarpata secondaria di frana (a tratteggio quando incerta o degradata), attuale (a), recente od antica (b); 4) Limite di corpo di frana: a tratteggio quando incerto o degradato, in rosso quando si riferisce a frana in atto; 5) Scorrimento (a), colata (b), crollo (c); 6) Linea di drenaggio superficiale; (a tratteggio quando temporanea).

Geomorphological evolution of the investigated areas illustrated by the aerial photos related to 1955 (a), 1970 (b), and 1977 (c): 1) tectonic joint (a) when it is assumed or falling under the landslide areas; 2) Main landslide scarp (when degraded or uncertain), present (a), recent or old (b); 3) Secondary landslide scarp (broken line when uncertain or degraded), present (a), recent or old (b); 4) Boundary of the landslide body: broken line when uncertain or degraded; in red when it refers to a landslide in progress; 5) Sliding (a), flow (b), rockfall (c); 6) Surface draining line; (dotted when temporary).



c) La principale di dette frane, che lambisce il Cimitero e la periferia dell'abitato, è riconducibile ad uno scorrimento rotazionale multiplo (frana A di Fig. 10) di apprezzabili dimensioni; la sua scarpata più alta, dotata di una pendenza dell'ordine di 60° - 70° , coincide in parte con il giunto WNW-ESE, mentre il suo fianco sinistro è definito, nella parte mediana e bassa, dal giunto tettonico NE-SW. Il corpo di frana, che ha una lunghezza dell'ordine degli 800 m ed una pendenza media dell'ordine degli 11° - 15° , ospita evidenti: scarpate di frana secondarie, blocchi in contropendenza, depressioni morfologiche anche a drenaggio endoreico. Al piede lo stesso corpo è eroso dalle acque del Torrente Mastro Ciardi, deviate dalla frana Crocechiola (frana B in Fig. 10) peraltro ancora dotata di una certa attività.

d) Movimenti di massa minori, con scarpate e corpi di frana a luoghi già molto degradati, sono presenti nelle località Fontana del Lago e Passarana. In quest'ultima una delle scarpate di frana è modellata in corrispondenza del giunto tettonico WNW-ESE.

Dalle Figg. 10a e 10b si evince che tra il 1955 ed il 1970 l'evoluzione morfologica della già specificata porzione di versante non sembra essersi compiuta mediante apprezzabili movimenti di massa. Persino le eccezionali piogge cadute nel 1959 hanno promosso solo delle circoscritte ed epidermiche rimobilizzazioni in seno ai corpi di frana preesistenti (di dette rimobilizzazioni si ha notizia solo grazie alle informazioni fornite dall'Ufficio Tecnico di Castronuovo S. Andrea). Ciò nonostante è nell'arco di detti 15 anni che maturano quelle premesse necessarie e sufficienti per l'innesco della frana del 1973. Trattasi di fenomeni di per sé modesti e comunque poco appariscenti che, per l'essersi prodotti in un'area già provata dalla tettonica e dalle frane, hanno però sortito un particolare effetto destabilizzante. Si fa riferimento: a tre modeste frane prodottesi nell'area situata cavallo tra le località Fontana del Lago e Passarana (Fig. 10b); all'apprezzabile quantità di materiale asportato da un'intensa e selettiva erosione; alle manipolazioni antropiche, con particolare riferimento a tagli stradali eseguiti nella parte mediana e medio-bassa del versante, anche in corrispondenza di scarpate e di frana.

In particolare, per quanto riguarda le tre nuove frane, i cui corpi raggiungono il solco del Mastro Ciardi, degna di rilievo è la circostanza che esse si siano prodotte nell'unica area ancora parzialmente (il 50% circa) e relativamente integra, con scarpate coincidenti o molto prossime alla più volte menzionata frattura WNW-ESE. La loro ubicazione è particolarmente significativa in quanto: da un lato fornisce un'ulteriore comprova circa il carattere retrogressivo dei movimenti di massa; dall'altro giustifica l'innesco e le modalità di sviluppo della scarpata della frana che si sarebbe verificata nel 1973. Scarpata che, come si è già detto, là dove con andamento quasi rettilineo asseconda fedelmente il giunto tettonico includendo tutte le scarpate delle frane preesistenti, mentre là dove quasi improvvisamente si fa arcuata (risentendo di un ipotetico giunto tettonico antiappenninico) taglia perpendicolarmente tutte le preesistenti scarpate di frana. Le due frane di F.na del Lago, che sono coalescenti, hanno tra l'altro nettamente tranciato la strada ivi esistente.

In merito all'alleggerimento, per asportazione del materiale, che specie la parte bassa del versante ha accusato, esso è stato agevolato dalla circostanza che i processi di dilavamento superficiale e di erosione di sponda operata dal

Torrente Mastro Ciardi hanno agito su terreni già di per sè facilmente erodibili ed ormai quasi ovunque scompaginati dalle frane. L'intensità ed il carattere selettivo di detti processi sono deducibili dalla circostanza che in un breve lasso di tempo i tratti morfologici più distintivi si sono fatti (sempre più) evanescenti e, a luoghi, risultano essere del tutto cancellati. Le scarpate, i terrazzi ed i corpi di frana ancora distinguibili si presentano molto degradati, meno pendenti e spesso con soluzione di continuità; le depressioni morfologiche risultano essere quasi del tutto colmate da materiali eluvio-colluviali.

In definitiva, lo studio comparato di tre generazioni di foto aeree ha chiaramente evidenziato che la frana di Piano dei Campi del 1973, a differenza di quella di Tempone Crocchiola, è in massima parte riconducibile ad un fenomeno di rimobilizzazione che ha avuto: come causa determinante un non eccezionale evento di pioggia; come causa preparatoria numerose frane minori esplicantesi, in un arco di tempo dell'ordine dei 20-25 anni, con modalità retrogressive; come remota concausa predisponente alcuni elementi tettonici. Essa rappresenta una conseguenza logica, una tappa obbligata di un'evoluzione geomorfologica iniziata alle quote medio-basse con frane minori, che ancor'oggi va compendosi con modalità retrogressive. È molto verosimile, infatti, che in ragione di siffatta dinamica evolutiva, che contempla la migrazione verso monte delle nuove scarpate di frana, la porzione di versante immediatamente sovrastante alla frana del 1973 possa essere interessata da movimenti di massa che risalendo il pendio andranno ad intercettare con la loro scarpata la frattura tettonica ivi esistente ed orientata anch'essa in senso WNW-ESE (Fig. 1 e Fig. 10). Le prime avvisaglie di detta ipotetica evoluzione futura si sono già manifestate sia in località Passarana sia a monte della frana del 1973; infatti in quest'ultimo caso uno scorrimento ha investito a scarpata principale.

È il caso infine di evidenziare che in corrispondenza del contrapposto versante dove si è prodotta la frana del 1953, l'evoluzione geomorfologica non sembra compiersi con i ritmi e le modalità dianzi specificate: ivi infatti quantunque il pendio sia dotato di una maggiore acclività, negli ultimi 40 anni circa non si sono verificati nuovi movimenti di massa, bensì solo modesti ed ovvii aggiustamenti in seno al corpo della frana del 1953 (Fig. 10).

5. CONCLUSIONI

La ricerca condotta ha consentito, tra l'altro, di accertare quanto segue.

- I due movimenti di massa considerati, prodottisi in un ambiente fisico interamente uguale, possono essere definiti: l'uno (quello del 1953) di primo distacco, l'altro per il 70% un fenomeno di rimobilizzazione.

- Entrambe le frane, che si sono verificate in condizioni di giacitura sfavorevoli, sono state, così come accade per buona parte dei principali movimenti di

c) La principale di dette frane, che lambisce il Cimitero e la periferia dell'abitato, è riconducibile ad uno scorrimento rotazionale multiplo (frana A di Fig. 10) di apprezzabili dimensioni; la sua scarpata più alta, dotata di una pendenza dell'ordine di 60° - 70° , coincide in parte con il giunto WNW-ESE, mentre il suo fianco sinistro è definito, nella parte mediana e bassa, dal giunto tettonico NE-SW. Il corpo di frana, che ha una lunghezza dell'ordine degli 800 m ed una pendenza media dell'ordine degli 11° - 15° , ospita evidenti: scarpate di frana secondarie, blocchi in contropendenza, depressioni morfologiche anche a drenaggio endoreico. Al piede lo stesso corpo è eroso dalle acque del Torrente Mastro Ciardi, deviate dalla frana Crocecchiola (frana B in Fig. 10) peraltro ancora dotata di una certa attività.

d) Movimenti di massa minori, con scarpate e corpi di frana a luoghi già molto degradati, sono presenti nelle località Fontana del Lago e Passarana. In quest'ultima una delle scarpate di frana è modellata in corrispondenza del giunto tettonico WNW-ESE.

Dalle Figg. 10a e 10b si evince che tra il 1955 ed il 1970 l'evoluzione morfologica della già specificata porzione di versante non sembra essersi compiuta mediante apprezzabili movimenti di massa. Persino le eccezionali piogge cadute nel 1959 hanno promosso solo delle circoscritte ed epidermiche rimobilizzazioni in seno ai corpi di frana preesistenti (di dette rimobilizzazioni si ha notizia solo grazie alle informazioni fornite dall'Ufficio Tecnico di Castronuovo S. Andrea). Ciò nonostante è nell'arco di detti 15 anni che maturano quelle premesse necessarie e sufficienti per l'innescò della frana del 1973. Trattasi di fenomeni di per sé modesti e comunque poco appariscenti che, per l'essersi prodotti in un'area già provata dalla tettonica e dalle frane, hanno però sortito un particolare effetto destabilizzante. Si fa riferimento: a tre modeste frane prodottesi nell'area situata cavallo tra le località Fontana del Lago e Passarana (Fig. 10b); all'apprezzabile quantità di materiale asportato da un'intensa e selettiva erosione; alle manipolazioni antropiche, con particolare riferimento a tagli stradali eseguiti nella parte mediana e medio-bassa del versante, anche in corrispondenza di scarpate e di frana.

In particolare, per quanto riguarda le tre nuove frane, i cui corpi raggiungono il solco del Mastro Ciardi, degna di rilievo è la circostanza che esse si siano prodotte nell'unica area ancora parzialmente (il 50% circa) e relativamente integra, con scarpate coincidenti o molto prossime alla più volte menzionata frattura WNW-ESE. La loro ubicazione è particolarmente significativa in quanto: da un lato fornisce un'ulteriore comprova circa il carattere retrogressivo dei movimenti di massa; dall'altro giustifica l'innescò e le modalità di sviluppo della scarpata della frana che si sarebbe verificata nel 1973. Scarpata che, come si è già detto, là dove con andamento quasi rettilineo asseconda fedelmente il giunto tettonico includendo tutte le scarpate delle frane preesistenti, mentre là dove quasi improvvisamente si fa arcuata (risentendo di un ipotetico giunto tettonico antiappenninico) taglia perpendicolarmente tutte le preesistenti scarpate di frana. Le due frane di F.na del Lago, che sono coalescenti, hanno tra l'altro nettamente tranciato la strada ivi esistente.

In merito all'alleggerimento, per asportazione del materiale, che specie la parte bassa del versante ha accusato, esso è stato agevolato dalla circostanza che i processi di dilavamento superficiale e di erosione di sponda operata dal

massa presenti sul territorio urbano di Castronuovo S. Andrea, in varia misura condizionate da giunti tettonici. Il ruolo che questi hanno come causa predisponente viene nel tempo esaltato dalla circostanza che l'evoluzione geomorfologica del versante, per movimenti di massa, si compie con modalità retrogressive.

- Il fenomeno di rimobilizzazione si è prodotto in concomitanza di un evento di pioggia ed in condizioni idrologiche caratterizzate da una modesta ciclicità statistica; l'incidenza dell'evento di pioggia sulla frana è stata riconosciuta mediante uno studio statistico della variabile idrologica « pioggia cumulata »; la ciclicità dell'evento meteorico è stata riconosciuta esprimendo l'eccezionalità dello stesso evento in termini di tempo di ritorno.

Entrambi i metodi adottati hanno evidenziato nel caso in esame un periodo efficace delle precipitazioni che si estende per 60 - 120 giorni prima della frana.

- Gli eventi meteorici difficilmente promuovono frane di primo distacco, quanto meno in ambienti fisici uguali a quello investigato; inoltre, essi, da soli, non sempre sono in grado di innescare significativi fenomeni di rimobilizzazione. Quest'ultima affermazione, è tra l'altro, comprovata, da due circostanze accertate: nell'ambito del bacino di frana del 1953, dove la morfologia è ancor'oggi caratterizzata da un'acclività mediamente dell'ordine dei 20°, negli ultimi 40 anni non si sono verificati apprezzabili fenomeni di rimobilizzazione, quantunque si siano più volte prodotti eventi meteorici anche particolarmente eccezionali; nel contrapposto versante, che prima della frana del 1973 aveva una pendenza media dell'ordine dei 12°, un evento meteorico dotato di un tempo di ritorno di appena 5 anni ha determinato un fenomeno di rimobilizzazione che nei precedenti decenni nessun evento di pioggia, anche se di gran lunga più eccezionale (con ciclicità statistica dell'ordine dei 10 anni), era riuscito a promuovere. Infatti le precipitazioni totali cadute nel 1959 sono risultate pari al 147% della precipitazione annua media e le piogge verificatesi tra aprile e settembre hanno raggiunto intensità di 90 mm/h.

- L'incidenza delle non eccezionali piogge sulla frana del 1973 trova giustificazione nelle modifiche morfologiche, e quindi idrogeologiche e geotecniche, che la porzione di versante interessata ha accusato in più di 20 anni. Trattasi di modifiche di per sé modeste o comunque poco appariscenti che, per l'essersi prodotte in un'area già provata dalla tettonica, dalle frane e dall'erosione selettiva, hanno però sortito un chiaro effetto destabilizzante, creando le premesse necessarie e sufficienti affinché un non eccezionale evento di pioggia determinasse la frana.

LAVORI CITATI

- 1 - CANCELLI A., NOVA R. (1985), *Landslides in soil and debris cover triggered by Valtellina (Central Alps - Italy)*. Proc. IV Int. Conf. and Field Workshop on Landslide, Tokyo.
- 2 - CASCINI L., VERSACE P. (1986), *Eventi pluviometrici e movimenti franosi*. XVI Congr. Nazionale Geotecnica, Bologna.
- 3 - COTECCHIA V., FEDERICO A., GUERRICCHIO A., MELIDORO G., PETLEY D.G. (1983), *Introductory back analysis of landslides of southern Appennines*. Geol. Appl. e Idrogeol., vol. XVIII, P.I., Bari.
- 4 - COTECCHIA V., GRASSI D. & SDAO F. (1989), *Evoluzione geomorfologica e movimenti di massa del versante val-livo impegnato dall'abitato di Senise (Basilicata)*. Geol. Appl. e Idrogeol., vol. XXIV, Bari. Pubbl. n. 251 del G.N.D.C.I., C.N.R.
- 5 - COTECCHIA V., GRASSI D., MERENDA L. & SDAO F. (1989), *Movimenti di massa connessi a deformazione gravi-tative profonde di versante nell'ambito di aree urbane dell'Appennino meridionale*. Atti del Convegno « Centri Abitati Instabili » G.N.D.C.I., C.N.R., Portonovo di Ancona, Maggio.
- 6 - FISHER R.A., TIPPETT L.H.C. (1928), *Limiting forms of the frequency distribution of the largest or smallest member of a sample*. Proc. Camb. Phil. Soc., 24, 180-190.
- 7 - FRIZ C., SILVANO S., CARAMPI N., DALL'ACQUA R. (1986), *Studio preliminare sulla correlazione tra precipita-zioni e dissesti geomorfologici nel bacino del torrente Cordevole (Belluno)*. Mem. Sc. Geol., vol. XXXVIII, Padova.
- 8 - FUKUOKA M. (1980), *Landslide associated with rainfall*. Geotechnical Engineering, vol. II.
- 9 - GOSTELOW T.P. (1990), *Rainfall and landslides*. Proc. European School of Climatic and Natural Hazards, Lisbon.
- 10 - GOVI M., MORTARA G., SORZANA P.F. (1985), *Eventi idrogeologici e frane*. Geol. Appl. e Idrogeol., vol. XX, p. 2, Bari.
- 11 - GRASSI D., MERENDA L., SDAO F. (1988), *Esempi di fenomeni gravitativi di diverso tipo nell'Appennino Cam-pano-Lucano*. Atti 74° Congr. Naz. S.G.I., vol. A, Sorrento.
- 12 - GUMBEL E.J. (1954), *Statistical theory of extreme value and some practical applications*. U.S. Dep. of Commerce National Bureau of Standards, Applied mathematics, series 33.
- 13 - JENKINSON A.F. (1955), *The frequency distribution of the annual maximum (or minimum) values of meteorolo-gical elements*. Quarterly Journal fo the Royal Society.
- 14 - MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI - S.I.I., SEZ. DI CATANZARO, *Annali idrologici*, Roma.
- 15 - VEZZANI L. (1967), *Il bacino plio-pleistocenico di Sant'Arcangelo (Lucania)*. Atti Acc. Gioenia Sc. Nat., s. 6, vol. 18.
- 16 - VEZZANI L. (1968), *Geologia della Tavoletta Castronuovo S. Andrea (Prov. di Potenza, F211, IV SE)*. Atti Acc. Gioenia, Sc. Nat., s.6, vol. 19, Catania.