

M. POLEMIO - F. SDAO

RISCHIO DI FRANA INDOTTO DAGLI EVENTI DI PIOGGIA  
IN AVIGLIANO (BASILICATA)

---



Estratto da  
GEOLOGIA APPLICATA E IDROGEOLOGIA  
BARI, 1996 - VOLUME XXXI

M. POLEMIO (\*) - F. SDAO (\*\*)

## RISCHIO DI FRANA INDOTTO DAGLI EVENTI DI PIOGGIA IN AVIGLIANO (BASILICATA)

### RIASSUNTO

*L'area urbana di Avigliano è diffusamente interessata da un'appariscente franosità che produce gravi danni alle strutture insediative e alle infrastrutture. In particolare, sono individuabili alcuni rilevanti movimenti di massa antichi, recenti ed attuali, soggetti a periodica e frequente rimobilitazione, totale o parziale, dovuta essenzialmente all'influenza instabilizzante esercitata da reiterati eventi di pioggia. Altre cause delle frane sono riconducibili alle crisi sismiche che investono le aree in parola o alla spesso incauta attività antropica. Scopo del lavoro è quello d'accertare la reale incidenza degli eventi di pioggia sulle frane dell'area urbana di Avigliano, attraverso l'uso di semplici ma rigorosi metodi idrologico-statistici.*

*Delle numerose frane riconoscibili nell'area urbana ne sono state selezionate cinque. La scelta delle frane da esaminare è stata influenzata da alcuni fattori: buona conoscenza dei relativi caratteri geometrici, geomorfologici ed evolutivi, esistenza di un'accurata banca dati sui movimenti di frana e sulle cause d'innescio; rimobilitazioni negli ultimi decenni durante periodi particolarmente piovosi; disponibilità di dati idrologici, geognostici, aereofotografici e storici.*

*Il ruolo delle piogge nelle rimobilitazioni delle frane investigate è stato studiato ricorrendo a modelli empirici di natura idrologico-statistica, già proficuamente utilizzati e verificati in altri studi condotti dagli scriventi.*

*Infine, sono state definite, relativamente al complesso delle frane esaminate, le classi di probabilità delle cumulate delle piogge giornaliere, che generalizzano il concetto di soglia di pioggia. Tali classi possono rappresentare anche delle soglie di rischio, oltrepassate le quali è probabile una riattivazione delle singole frane.*

### SUMMARY

*The urban area of Avigliano is widely affected by a conspicuous proneness to landslides which results in heavy damage to buildings and facilities. Some ancient, recent and current mass movements can be recognized which undergo periodical total or partial reactivation due mainly to the unstabilizing influence of repeated rainfalls. Landslides are also caused by earthquakes and by unwary human activities. This paper aims at ascertaining the true incidence of rainfall on the landslides occurring in the urban area of Avigliano, by means of rigorous hydrological and statistical methods.*

*Five major landslides were selected based on the following criteria: good knowledge of the corresponding geometrical, geomorphological and evolutionary features, availability of an accurate database on landsliding, triggering causes, reactivations occurred in the last decades following heavy rains, availability of hydrological, geognostic-, aerial photography- and historical data.*

*The role played by rainfalls in the reactivation of the investigated landslides was studied by applying*

(\*) CNR - CERIST, Bari.

(\*\*) Dipartimento di Strutture, Geotecnica, Geologia Applicata all'Ingegneria, Università della Basilicata, Potenza. Fondi M.U.R.S.T. (ex quota 60%, resp. Francesco Sdao).

*hydrological and statistical empirical models previously used and checked by the authors. The probability grades of the daily cumulative amounts of rain were also determined broadening the concept of rainfall threshold. These grades may also account for hazard thresholds beyond which landslides may be individually reactivated.*

## 1. PREMESSA

Uno dei principali fattori naturali che causa le frane è rappresentato dalle piogge intense e/o prolungate nel tempo. Le piogge possono causare pericolosi incrementi delle pressioni interstiziali nei versanti, modificare la geometria del pendio, a seguito dell'erosione, e generare processi di swelling e di softening nei terreni argillosi. Raramente le piogge sono in grado da sole d'innescare frane, più spesso esse compromettono condizioni al limite di stabilità, dovute al sovrapporsi dei differenti fenomeni che determinano la dinamica dei versanti (POLEMIO, 1993; D'ECCLESIS et al., 1991; COTECCHIA et al., 1995). Da ciò discende che la connessione piogge-frane non è definibile con semplicità, prescindendo dalla esaustiva conoscenza della storia morfologica del versante in frana.

Il fine dello studio è accertare le connessioni esistenti fra le continue rimobilitazioni franose e gli eventi di pioggia, in corrispondenza dell'area urbana di Avigliano. Alcuni studi recenti (DEL PRETE et al., 1990 e 1992) hanno già evidenziato tale connessione in un quadro complessivo, basato su un'accurata analisi storica delle rimobilitazioni franose. Ciò ha costituito la base su cui gli autori (DEL PRETE et al., 1992) hanno calcolato il relativo rischio indotto da ciascuna frana esaminata.

Avigliano è un importante centro urbano della Basilicata nordoccidentale, non molto distante da Potenza. La franosità di Avigliano è storicamente nota: infatti si è a conoscenza di frane mobilitatesi nel 1873 e nei primi anni di questo secolo (DEL PRETE et al., 1990). Le frane, oltre a circondare l'intero perimetro urbano, non di rado interessano anche significativamente l'area eminentemente urbana: si ricordano per esempio le frane dei rioni Gianturco e Lagariello (Frane 2 e 6 in Fig. 1). Neanche le aree urbane di più recente edificazione sono esenti da instabilità in atto o potenziale, ricalcando un malessere regionale.

Ai fini del presente studio, fra le numerose frane che interessano l'area urbana, sono stati selezionati cinque diversi movimenti di massa, contrassegnati in Fig. 1 da un numero.

La scelta delle frane è basata su alcuni fattori: buona conoscenza dei caratteri geometrici, geomorfologici ed evolutivi; esistenza di un'accurata banca

dati (DEL PRETE et al., 1990), sui movimenti di frana e sulle relative cause d'innescamento; la circostanza che esse si sono più volte rimobilitate negli ultimi decenni in periodi particolarmente piovosi, dimostrando pertanto un'elevata sensibilità delle frane agli eventi di pioggia.

## 2. CARATTERI GEOLOGICI DEL TERRITORIO

L'area urbana di Avigliano si sviluppa tra quote 750 e 960 m s.l.m. ed occupa la parte alta di una dorsale orientata in senso grossomodo NW-SE, estremità propaggine del monte Carmine. Tale dorsale è delimitata lateralmente a NW e a SE rispettivamente da due profonde incisioni, la Fiumara Braita e il Vallone Boni, affluenti di destra della Fiumara di Avigliano (Figg. 1 e 2). La dorsale mostra una forma tipicamente asimmetrica, propria dei rilievi monoclinici, e si presenta sbocconcellata in sommità, per la presenza di scarpate ed alvei di frana, di testate di reticoli di fossi o di vallecicole, impostate in corrispondenza dei termini più erodibili delle successioni plioceniche affioranti. Pronunciate vallecicole (costituenti vecchi alvei di frana tuttora attivi) si riconoscono nelle località Gianturco e Lagariello e s'insinuano significativamente nell'area urbana.

Siffatta struttura morfologica è modellata in depositi sabbioso-conglomeratici pliocenici, riferibili all'Unità di Ariano (D'ARGENIO et al., 1973), poggianti in trasgressione discordante su terreni pelitico-fliscioidi cretaceo-miocenici, riconducibili alle Argille Varicolori dell'Unità Sicilide e dell'Unità Lagonegrese (CENTAMORE et al., 1971; MELIDORO, 1981; GUERRICCHIO e MELIDORO, 1987; DEL PRETE et al., 1990). Ampiamente affioranti al di fuori dell'area urbana, le Argille Varicolori sono costituite da una fitta alternanza di argille, argille marnose, marne argillose varicolori, finemente stratificate, fratturate e intimamente scagliose. Siffatta formazione, caratterizzata da un'intensa alterazione della sua parte più superficiale, mostra ovunque un aspetto notevolmente caotico.

Sui predetti terreni argilloso-marnosi strutturalmente complessi si ritrovano, in trasgressione, de-

positi conglomeratico-sabbiosi del Pliocene medio, caratterizzati da uno spessore complessivo di 60 - 80 m (Fig. 2).

La parte inferiore della sequenza è costituita da conglomerati continentali (di facies fluvio-lacustre) rossastri e biancastri, eterometrici e poligenici, ora sciolti, ora mediamente cementati, ora tenaci. La matrice, a luoghi abbondante o scarsa, è di natura sabbioso-limosa o argilloso-limosa. I conglomerati ospitano livelli e banchi di argille, argille marnose, marne argillose e, subordinatamente, sabbie ed arenarie. Essi affiorano diffusamente nella porzione settentrionale ed orientale dell'area urbana.

Tali conglomerati passano verso l'alto a sabbie gialle marine, a grana fina o grossa, ora ben cementate ora del tutto sciolte, ma sempre ben ad-

densate. In siffatte sabbie si ritrovano intercalati livelli e strati di limi sabbiosi, di argille marnose, di arenarie e di conglomerati. Su tali depositi sabbiosi sorge la gran parte dell'area urbana di Avigliano.

I terreni pliocenici sono spesso sepolti sotto potenti coperture detritiche, riconducibili a corpi di frana, a depositi eluvio-colluviali e a riporti antropici. Tali coperture raggiungono in molti punti spessori anche dell'ordine di alcune decine di metri.

La sequenza pliocenica costituisce una regolare monoclinale, orientata in direzione N-S o NW-SE, con strati inclinati da 20 a 50°, immergenti verso Ovest o SW. Non di rado tale struttura monoclinale è dissecata da faglie e da importanti fratture, orientate in senso appenninico o antiappenninico (DEL PRETE et al., 1990).

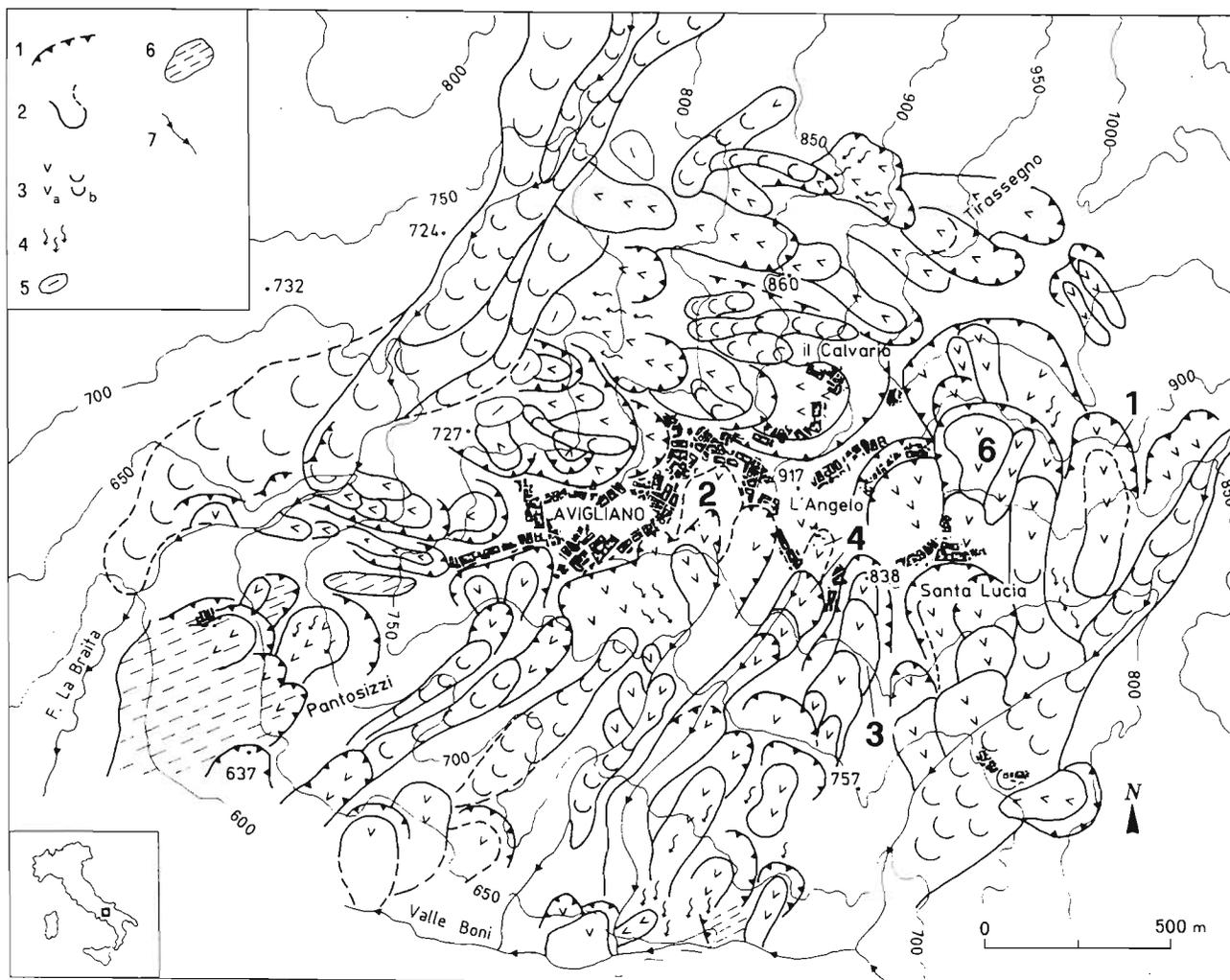


Fig. 1 - Carta geomorfologica schematica: 1) Scarpa principale di frana, a tratteggio dove degradata o incerta; 2) Limite di corpo di frana, a tratteggio dove degradato o incerto; 3) Scorrimento (a), colata (b); 4) area sottoposta ad intensi processi di creeping; 5) depressione morfologica dovuta a frana; 6) Area in frana; 7) Linea di drenaggio principale. Le frane esaminate sono contrassegnate con una sigla ed elencate in Tab. 1.

Schematic geomorphological map: 1) Main scarp of landslide, broken line where is uncertain or degraded; 2) Boundary of landslide body, broken line where is uncertain or degraded; 3) Slides (a) and earthflow (b); 4) intense creeping processes; 5) morphological depression due to landslide; 6) Landslide area; 7) principal surface drainage line.

### 3. MOVIMENTI DI MASSA RICONOSCIUTI NELL'AREA URBANA DI AVIGLIANO

La Fig. 1, ricavata da accurati rilievi di campagna e da analisi interpretative di foto aeree (relative agli anni 1955 e 1990), mostra che l'area urbana di Avigliano presenta diffuse e ben evidenti tracce di una vivace dinamica gravitativa, che si manifesta mediante movimenti di massa, di vario tipo e dimensione, ed intensi processi erosivi superficiali e di sponda. Anche le aree limitrofe, condizionate dagli instabili terreni argilloso-marnosi sicilidi, sono in gran parte coinvolte in rilevanti frane antiche, recenti ed attuali, che mostrano in più punti inequivocabili segni d'attività recente ed attuale. Trattasi nella maggioranza dei casi di frane riconducibili a scorrimenti-colate di terra.

Imponenti corpi multipli di colata, caratterizzati da spessori a luoghi anche dell'ordine delle svariate decine di metri, hanno colmato, condizionandone l'andamento, i fondovalle della Fiumara La Braita e del Vallone Boni. Per quanto riguarda la frana di «La Braita», trattasi di un imponente corpo di colata multipla ed antica, periodicamente suscettibile di rimobilitazione parziale o totale. L'ultima importante fase di movimento della colata è avvenuta nel Febbraio 1981, a seguito dell'intensa crisi sismica del Novembre 1980 (CALCAGNILE et al., 1983). La colata è stata ed è tuttora alimentata dai grandi corpi di frana per scorrimento che condizionano per in-

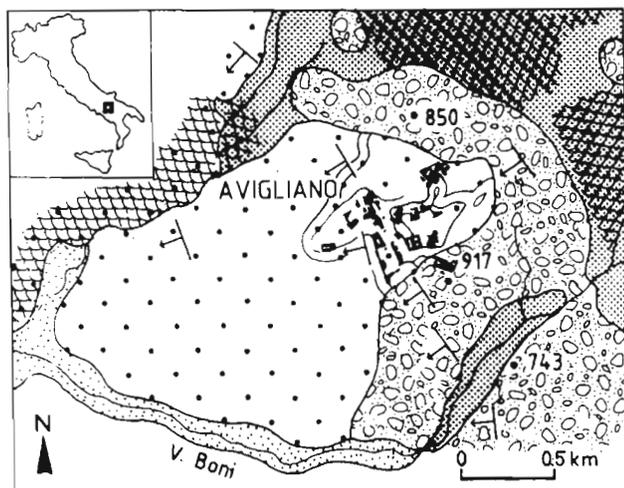


Fig. 2 - Carta geologica schematica (dalla Carta Geologica d'Italia, F° 187 «Melfi», I.G.M., 1969, modificata): 1) Depositi alluvionali; 2) formazione sabbiosa (Pliocene medio); 3) formazione conglomeratica (Pliocene medio); 4) Complesso delle Argille varicolori (Cretacico superiore - Oligocene); 5) giacitura degli strati; 6) corpi di frana.

Schematic geological map: 1) Alluvial deposits; 2) Sandy formation (middle Pliocene); 3) Conglomerate formation (middle Pliocene); 4) Varicoloured Clays (Upper Cretaceous - Oligocene); 5) Attitude of strata; 6) Landslide bodies.

tero la parte alta del bacino della fiumara. La parte medio-bassa della colata, all'altezza di Avigliano, ha una larghezza media di qualche centinaio di metri e uno spessore dell'ordine dei 30 - 40 m.

Nell'area urbana le frane sono molto diffuse, appariscenti e croniche, tali da costituire periodicamente un reale pericolo per la comunità residente. Le frane circoscrivono praticamente per intero il perimetro urbano e, in molti punti, l'interessano direttamente per centinaia di metri. Neanche le aree di più recente edificazione sono esenti da instabilità dei versanti in atto o potenziali. A comprova di ciò vale la pena ricordare le frane presenti nelle località Lagariello e Pantosizzi (MELIDORO, 1980; GUERRICCHIO e MELIDORO, 1987).

La franosità di Avigliano, purtroppo, è storicamente nota; si è infatti a conoscenza di frane avvenute nel 1883 e nei primi anni di questo secolo (DEL PRETE et al., 1990).

Accanto a numerosissime frane di modeste dimensioni, spesso non cartografabili e che coinvolgono la parte più alterata dei conglomerati e delle sabbie e/o la coltre detritica, s'individuano nettamente almeno una decina di rilevanti frane antiche e recenti, periodicamente soggette a rimobilitazioni.

La periodicità con cui le principali frane si rimobilitano e le relative cause d'innescio sono state esaurientemente evidenziate da Del Prete et al. 1990, mediante un'accurata analisi storica. Da quest'ultima s'evince che tra le principali cause d'innescio della franosità di Avigliano ci sono i reiterati e spesso idrologicamente rilevanti eventi di pioggia; le altre cause di frana sono i sismi e l'incauta e diffusa azione antropica. Inoltre, dallo citato studio è possibile ricavare che talune frane (in particolare quelle esaminate nel presente lavoro) sono, più di altre, particolarmente suscettibili agli eventi di pioggia. Tale circostanza sarà ampiamente discussa e interpretata nel proseguo del presente lavoro.

Le principali frane sono riconducibili a scorrimenti rototraslazionali multipli o traslazionali, circoscritti da più o meno evidenti scarpate principali e costituite da corpi di frana diffusamente interessati da scarpate secondarie, zone di rigonfiamento, depressioni morfologiche, processi di creeping e di franosità superficiale. Tali frane hanno interessato il più delle volte la formazione sabbiosa pliocenica, altre volte i sottostanti conglomerati, altre volte ancora la spesso potente coltre detritica che condiziona buona parte dell'impianto urbano.

Gli spessori di siffatte frane sono variabili da una a qualche decina di metri.

In Fig. 1 sono evidenziate, con una numerazione progressiva, le frane considerate nel presente studio. I principali caratteri geomorfologici e geometrici e la storia dei loro movimenti più recenti, dovuti alle solo piogge, sono riportati in Tab. 1.

TABELLA 1 - Caratteri geomorfologici e geometrici delle frane.  
*Landslides geomorphological and geometric characters.*

località	S. Vito	Gianturco	Pantanello	Santa Lucia	Lagariello
frana	1	2	3	4	6
tipo	scivolamento	scorrimento rototraslazionale	scivolamento	scorrimento rototraslazionale	scorrimento rototraslazionale
spessore (m)		13-16		8÷10	15÷20
lunghezza (m)	500	250	550	140	260
larghezza	130	150	150÷170	80	200÷250
terreni originari	conglomerati	sabbie	detriti e sabbie	detriti e sabbie	detriti e conglomerati
evento	1, 6, 8, 9	1, 3, 3a, 4a, 4b, 4c, 4d, 6, 6a, 7, 8	2, 8	6, 8, 9	0, 3, 4, 4c, 5, 6, 6a, 8, 9
periodo anni*	17,5	6,3	35	23,3	7,8

\* sulla base di 70 anni d'informazioni storiche sufficientemente attendibili.

#### 4. LA STATISTICA IDROLOGICA APPLICATA AI VALORI ESTREMI DELLE PIOGGE CUMULATE

Sono stati raccolti circa settanta anni di dati giornalieri di pioggia misurati dalla stazione pluviometrica di Avigliano del Servizio Idrografico. I modelli idrologico-statistici studiano il carattere d'eccezionalità dell'evento meteorico associabile alla frana mediante lo studio dei massimi valori assunti dalla variabile idrologica prescelta (POLEMIO, 1993).

TABELLA 2 - Data probabile delle principali fasi di attività delle frane.

*Probable date of the principal landslides activity phases.*

evento	data	frane
0	5/25	6
1	21-23/9/1929	1, 2
2	7/1930	3
3	22/2/1931	2, 6
3a	12/33	2
4	2/1936	6
4a	2/38	2
4b	1/40	2
4c	2/44	2, 6
4d	1/45	2
5	27/2/1956	6
6	9/1/1960	1, 2, 4, 6
6a	1/66	2, 6
7	20-25/11/1976	2
8	8-9/4/1978	1, 2, 3, 4, 6
9	18-23/4/1985	1, 4, 6

Il carattere d'eccezionalità dell'evento pluviometrico associato alla frana si può esprimere, grazie a tali modelli, in termini di tempo di ritorno. Tale risultato permette di stabilire con quale ciclicità statistica il pendio è stato soggetto a condizioni idrologiche analoghe a quelle esaminate.

La metodologia è stata applicata alle variabili piogge giornaliere cumulate  $PC_{n,j}$ , con  $n$  da 1 a 180 giorni consecutivi e  $j$  numero d'ordine dei giorni di misura del periodo d'osservazione. Dalle serie di dati generate sono stati estratti, per ciascun anno  $y$ , i valori massimi  $PCMAX_{n,y}$ .

Rinviando per brevità alla bibliografia, il metodo di studio, la cui applicazione trova una sua evoluzione in questo lavoro, è stato già descritto in precedenti lavori (POLEMIO, 1993; POLEMIO e DRAGONE, 1993; COTECCHIA et al., 1995; POLEMIO e SDAO, 1996).

#### 5. GLI EVENTI DI PIOGGIA-FRANA STUDIATI

Sono state selezionate cinque frane (Fig. 1 e Tab. 1) che nel corso del corrente secolo, in particolare dal 1921 al 1990, hanno subito un complesso di sedici mobilitazioni (Tab. 2). Gli eventi di frana considerati sono stati imputati alle intense precipitazioni (DEL PRETE et al., 1990 e 1992).

Considerando esclusivamente le rimobilitazioni riconducibili agli eventi meteorici, per ciascuna delle cinque frane è stato calcolato il periodo, nell'arco di settant'anni, con cui in media si sono verificati movimenti dovuti alle piogge, in base alle cono-

scenze bibliografiche (Tab. 1). Risulta così che le frane 2 e 6 (Gianturco e Lagariello) subiscono rimobilitazioni a causa delle piogge più frequenti, ogni sei anni in media, mentre le rimobilitazioni meno frequenti si hanno per la frana 3 (Pantanello, in media ogni 35 anni).

Dei sedici eventi di pioggia associabili alle frane selezionate, ne sono stati considerati nove, i più rilevanti per le successive elaborazioni, in virtù delle qualità delle informazioni disponibili (Tab. 3). I primi due eventi si sono verificati grosso modo in estate, dal terzo al sesto trattasi di eventi invernali, il settimo si è verificato in autunno mentre gli ultimi due sono primaverili.

Per ciascuno dei nove eventi di pioggia sono state calcolate le cumulate delle piogge giornaliere da 1 a 180 giorni, per un intervallo che s'estende da 60 giorni prima a 30 dopo gli eventi di frana. Per ciascuno di questi valori è stato calcolato il tempo di ritorno mediante le funzioni di distribuzione della probabilità definite mediante le  $PCMAX_{n,y}$ .

Gli autori sostengono la tesi che in virtù delle specificità dei fenomeni piogge-frane e per favorire una maggiore generalizzazione dei risultati conseguiti con questi studi, non si debba operare in termini di soglie idrologiche d'innescò, nel senso tradizionale del termine, in altre parole di una determinata altezza o intensità di pioggia oltre la quale, in un determinato sito o area, si producano delle frane (POLEMIO e SDAO, 1996). In altre parole, si dovrebbe parlare di rischio che determinati eventi idrologici influenzino la stabilità del versante. A tale fine si propone di classificare l'influenza delle piogge sulla stabilità del versante secondo Classi di Probabilità.

Le classi di probabilità sono distinte da 1 a 6, per influenza delle piogge crescente: classe 1, per un tempo di ritorno  $T$ , delle cumulate degli eventi di pioggia-frana, inferiore a 2 anni, classe 2, per  $T$  compreso tra 2 e 5 anni, classe 3, per  $T$  da 5 a 10 anni, classe 4, per  $T$  da 10 a 20 anni, classe 5, per  $T$  da 20 a 50 anni, e classe 6, per  $T$  maggiore di 50 anni.

Qualora si considerino le singole cumulate, si presenta il più ampio intervallo di classi di probabilità, da 1 a 6 (Tab. 3, Fig. 3); più precisamente, le cumulate da 1 a 10 giorni presentano l'intero intervallo di classi, da 20 a 30 giorni le classi da 1 a 5 mentre per durate maggiori non si supera la terza classe.

Si consideri che le classi 1 e 2 hanno rispettivamente un'influenza nulla e molto bassa sulle frane (POLEMIO e SDAO, 1996). Tale prima osservazione permette una prima conclusione che si differenzia da quanto noto in bibliografia. Gli eventi meteorici estivi relativi al luglio 1930 (evento 2), in occasione della rimobilitazione della frana 3, non possono essere associati, anche come concausa, alla rimobilitazione stessa.

Tra i casi considerati ci sono quattro rimobilitazioni della frana 1 e cinque della 2. In tutti gli eventi relativi a queste due frane, tranne l'evento 1, la cumulata per 1 giorno è di classe 1. Per tutte le altre frane le cumulate per 1 giorno sono sempre di classe 1. Ciò comporta che le piogge di durata giornaliera si possano ritenere prive di influenza sull'innescò di eventi di rimobilitazione; nel seguito quindi non verranno più discusse.

Le quattro rimobilitazioni della frana 1 s'associano ad eventi idrologici di classe pari o superiore alla terza. L'influenza è massima per la cumulata di 10 giorni, per cui si ha una classe media pari a 3,5. La durata critica, intesa come l'intervallo di tempo definito dalle cumulate potenzialmente significative per l'innescò di condizioni di instabilità, sembra estendersi da 10 a 90 giorni nel caso della frana 1. Gli eventi di fine inverno o primaverili sembrano associabili alle maggiori durate.

Considerazioni molto simili valgono per le rimobilitazioni delle frane due, quattro e sei. In termini di differenze, nel caso della frana 2 la cumulata più significativa sembra essere quella per 20 giorni (classe media 2,6), per la frana 4 la 10 giorni (classe media 3,0) e per la frana 6 ancora la cumulata per 20 giorni (classe media 2,3).

Un discorso a parte merita la frana Pantanello (3). L'evento 2 ha interessato durante la stagione estiva, come già detto, soltanto questa frana. A luglio del 1930 sono caduti ad Avigliano soltanto 15,4 mm di pioggia. Non stupisce quindi che le classi di probabilità siano tutte pari a 1. Si può quindi concludere che questa rimobilitazione sia dovuta a fenomeni diversi da quelli legati all'infiltrazione delle acque piovane; le piogge contemporanee alla frana hanno esclusivamente evidenziato una situazione d'instabilità giunta a maturazione per altre circostanze. Si noti che tra i 16 eventi idrologici ritenuti dalle fonti bibliografiche artefici di movimenti franosi, questo è l'unico che si è verificato in piena estate. Da ciò consegue che per la frana 3 il periodo medio tra due successive rimobilitazioni non è quello riportato in Tab. 1. Allo stato, sulla base di un solo evento, il periodo medio di rimobilitazione da pioggia non è calcolabile. L'unico evento (8) noto non permette ulteriori approfondimenti per questa frana.

Sembra abbastanza attendibile ritenere inoltre che le rimobilitazioni relative all'evento 3 e 4 (frana 2 e 6) non siano state prevalentemente dovute alle piogge.

Al termine della discussione delle peculiarità di ciascuna frana, si noti che non sono risultate particolarmente significative le cumulate da 1 a 5 giorni e da 120 giorni in poi. Possiamo quindi concludere che gli eventi idrologici per tali durate non hanno particolare rilevanza sulle cinque frane con-

TABELLA 3 - Eventi di pioggia-frana selezionati e classi di probabilità delle cumulate di pioggia considerate.  
*Selected rainfall-landslide events and probability grades of the examined cumulative rainfall.*

evento	data	frane	1g	5g	10g	20g	30g	60g	90g	120g	180g
1	21-23/9/1929	1, 2	6	6	5	3	4	1	1	1	1
2	7/1930	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	22/2/1931	2, 6	1	1	1	1	1 a	1	2	2	2
4	2/1936	6	1	1	1	1	1	1	2	1	1
5	27/2/1956	6	1	2 b	2 b	4 b	5	2	1	1	2
6	9/1/1960	1, 2, 4, 6	1	1	1	1	1	3 c	2	1	1
7	20-25/11/1976	2	1	1	1	4	5	2	2	1	1
8	8-9/4/1978	1, 2, 3, 4, 6	1	1	2	2	2	3	3	3	3
9	18-23/4/1985	1, 4, 6	1	5	6	5	2	2	1	2	2

Note: a) classe 5 40 g prima della notizia, b) da 7 a 11 giorni prima della notizia, c) 14 g prima della notizia.

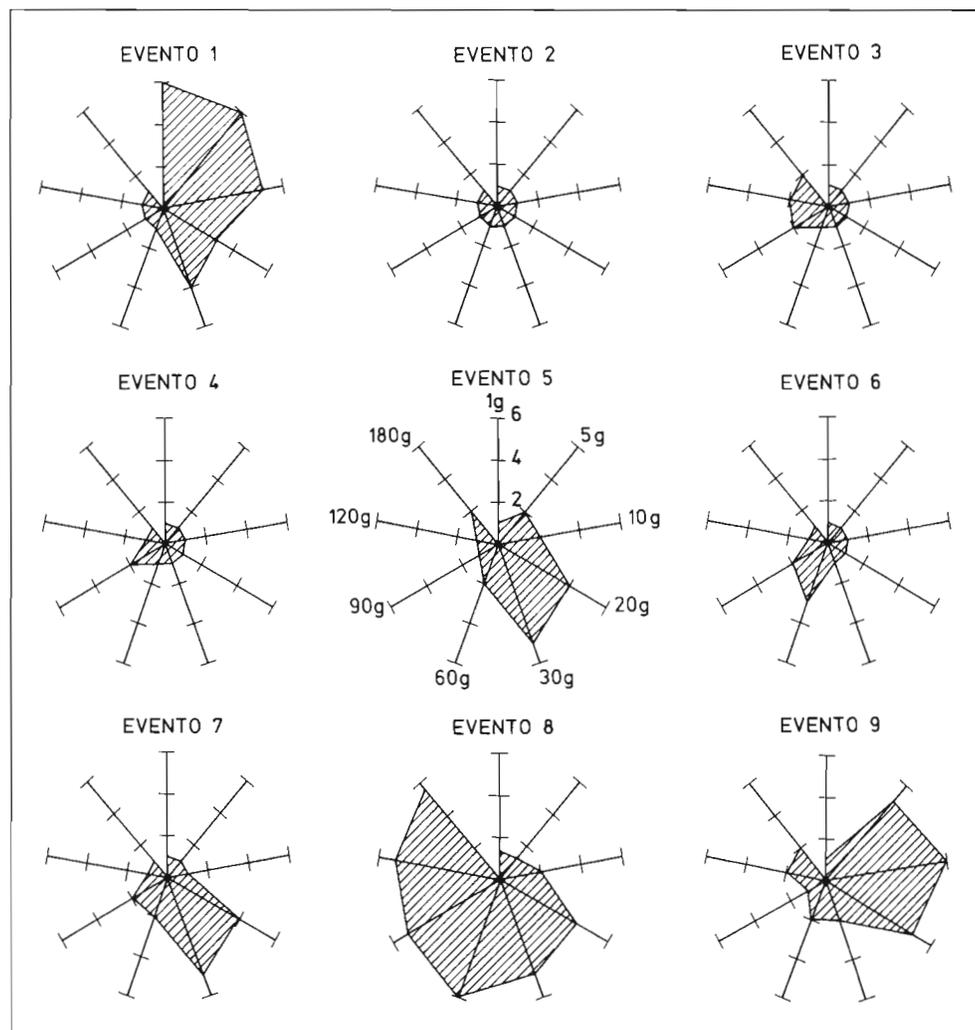


Fig. 3 - Diagrammi polari delle classi di probabilità delle cumulate da 1 a 180 giorni per i 9 eventi idrologici selezionati.  
*Polar graphs of the probability grades of cumulative rainfall from 1 to 180 days.*

siderate, le principali di Avigliano. Si possono quindi ignorare le colonne relative a queste cumulate e la riga relativa all'evento 2 di Tab. 3. In tal modo è possibile calcolare un valore medio della classe di probabilità che è risultato pari a 2,3 e, in termini di tempo di ritorno delle cumulate, pari a 8 anni.

Si deve quindi ritenere che, allo stato delle conoscenze, basandosi esclusivamente su considerazioni idrologico-statistiche, per le frane di Avigliano siano significative le cumulate da 10 a 90 giorni. Per queste cumulate la classe di probabilità 3 costituisce una soglia oltre la quale il rischio che le precipitazioni influenzino la stabilità dei versanti si fa rilevante. A questa soglia di probabilità corrisponde un tempo di ritorno di 10 anni.

Si noti che il periodo medio di rimobilitazione delle quattro frane per cui si dispone di dati a sufficienza (frane 1, 2, 4 e 6) è pari a circa 14 anni, valore in buona relazione con l'esito dell'analisi idrologico-statistica. La relazione sarebbe ancora maggiore se si considerasse attendibile l'ipotesi che segue. Per le rimobilitazioni delle frane 1, 2, 4 e 6 è risultato che la massima influenza spetta alla cumulate da 10 a 20 giorni; per alcune rimobilitazioni (eventi 6 ed 8), tardo-invernali o primaverili, si è notata una certa rilevanza della cumulate 60 g. Questa circostanza, insolita negli studi idrologico-statistici svolti dagli autori, potrebbe essere spiegata con l'esistenza, per queste frane, di due diversi circuiti d'infiltrazione e circolazione idrica sotterranea, condizionati dagli eventi meteorici di diversa durata. Se tale ipotesi fosse attendibile, le rimobilitazioni si verificherebbero per cumulate di 10-20 g e 60 g contemporanee e di data eccezionalità.

## 5. CONCLUSIONI

Lo studio ha evidenziato la complessità e la diversità dei fenomeni che regolano gli effetti delle precipitazioni meteoriche sulla stabilità dei versanti. La determinazione dei tempi di ritorno delle cumulate delle piogge giornaliere da 1 a 180 giorni, lo studio di questi e delle classi di probabilità ha fornito un valido strumento per accertare e quantificare l'effettiva influenza delle piogge sulle rimobilitazioni delle frane di Avigliano. Le classi di probabilità si dimostrano un valido strumento per stabilire dei criteri per la valutazione del rischio di frane dovute alle precipitazioni meteoriche.

## LAVORI CITATI

- 1 - CASCINI L., VERSACE P. (1986). *Eventi pluviometrici e movimenti franosi*. Agi XVI Convegno Nazionale di Geotecnica, Bologna 14-16 maggio.
- 2 - CALCAGNILE G., CANZIANI R., DEL GAUDIO V., GUERRICCHIO A., MELIDORO G., RUINA G. (1983). *Indagini geologico - geofisiche in alcune aree franose di Avigliano e di Stigliano (Basilicata)*. Geol. Appl. & Idrogeol. vol. XVIII.
- 3 - CATENACCI V. (1993). *Il dissesto idrogeologico e geoambientale in Italia dal dopoguerra al 1990*. Mem. Descr. Carta Geol. It., vol. 47.
- 4 - COTECCHIA V., D'ECCLISIIS G., POLEMIO M. (1995). *La dinamica dei versanti della Valle dei Templi di Agrigento*. Atti del I Conv. Naz. di Geologia Applicata "La città Fragile", Giardini Naxos (Me), 369-383.
- 5 - DEL PRETE M., GOSTELOW T. P., SUMMA V. (1990). *Studio dei movimenti franosi della Basilicata appenninica attraverso l'utilizzazione dei dati storici*. Atti del I Conv. Dei Giovani Ricercatori in Geologia Applicata, Gargnano, 1990.
- 6 - DEL PRETE M., GIACCIARI E., TRISORIO-LIUZZI G. (1992). *Rischio da frane intermittenti a cinematica lente*. Rapporto U.O. 2.37, GNDCI.
- 7 - D'ECCLISIIS G., GRASSI D., MERENDA L., POLEMIO M., SDAO F. (1991). *Evoluzione Geomorfologica di un'area suburbana di Castronuovo S. Andrea (PZ) ed incidenza delle piogge su alcuni movimenti di massa*. Geologia Applicata e Idrogeologia, Vol. XXVI, Bari.
- 8 - GUERRICCHIO A., MELIDORO G. (1987). *Urbanizzazione e franosità delle formazioni sabbiose plio-peistoceniche in Basilicata: il caso di Senise*. Mem. Soc. It. Vol. XXXVII.
- 9 - LAZZARI S., CALOIERO D., GABRIELE S., LAMBIASE S., MERCURI T., PESCE F., TRAMUTOLI M., VERSACE P. (1991). *Effetti prodotti in Basilicata dagli eventi meteorici verificatisi nel periodo dicembre 1984 - aprile 1985*. CNR IRPI, Geodata, 37, Cosenza.
- 10 - MELIDORO G. (1981). *Indagini geologiche e geotecniche sui dissesti prodotti da terremoto del novembre 1980 nell'abitato di Avigliano*. Relazione tecnica per il comune di Avigliano, Aprile 1981.
- 11 - POLEMIO (1993). *Le precipitazioni meteoriche e i fenomeni di instabilità dei versanti in ambiente mediterraneo*. Medit, n. 4/93, Bologna.
- 12 - POLEMIO M., DRAGONE V. (1993). *La condizione di separazione nello studio delle piogge cumulate in relazione alle frane*. CNR CERIST, Rapp. Int. n. 22, 1-8, Bari.
- 13 - POLEMIO M., SDAO F. (1996). *Landslide hazard and critical rainfall in Southern Italy*. VII Int. Symp. on landslides, Norway, Balkema, Rotterdam.