

La frana di Taranta Peligna (Chieti) del 20 Aprile 2005: un altro caso di morte annunciata per frana

Gianluca Bianchi Fasani¹, Carlo Esposito², Gabriele Scarascia-Mugnozza³, Luigi Stedile⁴

¹Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Roma “La Sapienza”, gianluca.bianchifasani@uniroma1.it

²Autore corrispondente. Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Roma “La Sapienza”, P.le Aldo Moro, 5 – 00185 Roma; fax 06 49914080, carlo.esposito@uniroma1.it

³Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Roma “La Sapienza”, gabriele.scarasciamugnozza@uniroma1.it

⁴Centro di Ricerca CERI – Previsione, Prevenzione e Controllo dei Rischi Geologici, Università degli Studi di Roma “La Sapienza”, luigi.stedile@uniroma1.it

The 20th April 2005 landslide event in Taranta Peligna (Chieti): another predictable fatal landslide

ABSTRACT: A fatal slope failure occurred in the morning of April 20th 2005 in Taranta Peligna (CH). The event involved about 2000 m³ of marly-calcareous rocks that slid along the lower section of the Maiella eastern slope and destroyed along the path the national road Frentana, the road access to an electric power plant and a private house which collapsed causing a casualty. The detachment area is located at an elevation of about 850 m a.s.l., where the lithostructural and morphological setting of the rock mass is favourable for the onset of translational sliding events: the bedding attitude roughly parallel to the slope, the dip angle of the bedding planes which exceeds 30° and the presence of clayey, thin layers within the local sequence. The 20th April 2005 event can be framed within this context; in addition, a relevant role has been played by the presence of systematic discontinuity sets. With reference to the kinematics, it is possible to hypothesize a succession of different phases as deduced also by the description made by an eye witness. After the failure, the landslide mass initially moved according to a pure sliding kinematics uphill the road lane. The latter represented an interruption in the slope angle that allowed most of the blocks to stop. Only the largest boulders continued their motion acquiring new kinetic energy and moved downslope according to rolling and bouncing kinematics. The biggest one (about 400 m³) reached a private house causing its collapse and the death of one of the inhabitants. Considering the morpho-structural and stratigraphical setting of the Maiella eastern slope, the 20th April 2005 event can be considered as a “normal” event in the morpho-evolution of the slope–valley system, on its turn involved in a deformational process at slope-scale which could evolve into further catastrophic failures.

Key terms: rock mass, landslides, gravity-induced slope deformations, risk conditions, Maiella Mt.

Termini chiave: ammasso roccioso, frane, deformazioni gravitative di versante, condizioni di rischio, Montagna della Maiella

Riassunto

Il giorno 20 Aprile 2005 una frana in roccia di circa 2000 m³ si è distaccata dalle pendici del versante E della Maiella, causando l'interruzione di un'importante strada ed il danneggiamento di altre infrastrutture fino ad arrestare la sua corsa su un'abitazione privata in prossimità del fondovalle, dove ha provocato la morte di un abitante. Sulla base delle indagini di sito è stato possibile individuare i principali fattori che hanno condizionato il meccanismo di rottura: la giacitura degli strati a franapoggio con angolo di inclinazione >30°, la presenza di discontinuità sistematiche che forniscono lo svincolo cinematico per il distacco dell'ammasso e la presenza di livelli argillosi nella successione locale (calcarei e calcari marnosi miocenici). Tali condizioni litostrutturali sono largamente diffuse sul

tratto meridionale del versante E della Maiella, rendendo altrettanto diffuse condizioni di instabilità di porzioni più o meno ingenti dell'ammasso roccioso. Inoltre, il fenomeno osservato si inserisce nel quadro più ampio di deformazioni gravitative alla scala del versante (che hanno condotto tra l'altro al distacco della rock avalanche di Lettopalena), pertanto può essere interpretato come uno dei fenomeni che fanno da corollario ai processi deformativi di versante, cioè un rilascio localizzato dell'energia elastica accumulata nel processo deformativo stesso.

Introduzione

Lungo il versante orientale del Massiccio della Maiella (Appennino Centrale) sono numerose le testimonianze di eventi franosi catastrofici che hanno coinvolto, secondo



Fig. 1: Vista frontale della zona di distacco e del percorso della frana
Frontal view of the landslide detachment area and path



Fig. 2: Dettaglio del detrito che ha interrotto la sede stradale
Detail of the boulders that caused the road interruption



Fig. 3: Dettaglio del grande blocco (circa 400 m³) che ha raggiunto il fondovalle causando la distruzione di un'abitazione privata
Detail of the huge boulder (about 400 m³) that reached the valley bottom and impacted on a private house

differenti meccanismi, porzioni di ammasso roccioso calcareo di dimensioni variabili tra poche centinaia di m³ e decine di milioni di m³ (Paolucci *et al.*, 2001; Bianchi Fasani, 2003). In questo contesto morfoevolutivo si inserisce l'evento franoso del 20 Aprile 2005, che ha coinvolto circa 2000 m³ di rocce calcaree e calcareo-marnose.

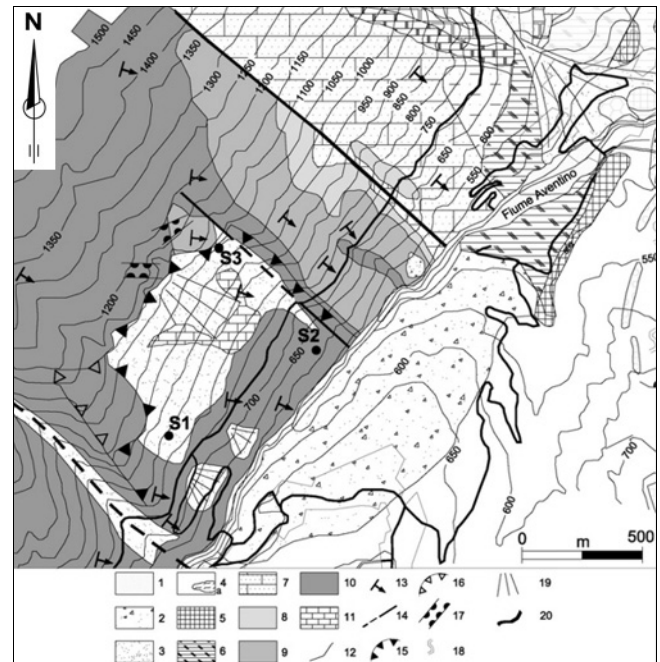


Fig. 4: Schema geologico dell'area di Taranta Peligna; legenda: 1- Depositi alluvionali (Olocene); 2- Deposito di rock avalanche (Olocene); 3- Deposito di versante (Olocene); 4- Formazione di Fara (Pliocene inf.), a) *Argille Varicolori*; 5- Conglomerati di San Valentino (Pliocene inf.); 6- Formazione Gessoso Solfifera (Messiniano sup.); Formazione Bolognana (Miocene medio-sup.); 7- Membro dei Calcari a Litotamni; 8- Membro delle Marne a *Orbulina*; 9- Membro dei Calcari a Briozoi; 10- Formazione Santo Spirito parte sup.: calcari e calcari marnosi (Eocene sup.); 11- Formazione Santo Spirito parte inf.: calcari detritici e calcari marnosi con nummuliti (Eocene medio-inf.); 12- Limite; 13- Giacitura degli strati; 14- Faglia, a tratteggio se ipotizzata; 15- Corona di frana; 16- Corona di frana secondaria; 17- Trincea; 18- Soil creep; 19- Cono di detrito; 20- Strada.

Geological scheme of the Taranta Peligna area; key to legend: 1- Alluvial deposits (Holocene); 2- Rock avalanche deposit (Holocene); 3- Talus deposits (Holocene); 4- Lower Pliocene terrigenous deposits (Fara Fm.), a) interlayered red and greenish clays (Argille Varicolori); 5- S. Valentino Conglomerate (Early Pliocene); 6- Gessoso Solfifera Fm. (Upper Messinian); Bolognana Fm (Middle-Upper Miocene): 7- Calcari a Litotamni member; 8- Marne a Orbulina member; 9- Calcari a Briozoi member; 10- Santo Spirito Fm. upper part: limestones and marly limestones (Upper Eocene); 11- Santo Spirito Fm. lower part: detritic limestones and marly limestones with nummulites (Lower-Middle Eocene); 12- Boundary; 13- Bedding attitude; 14- Fault, dashed if supposed; 15- Main landslide scarp; 16- Secondary landslide scarp; 17- Trench; 18- Soil creep; 19- Debris fan; 20- Road.

Nell'ambito delle attività svolte presso il Centro di Ricerca sui Rischi Geologici (CERI) dell'Università "La Sapienza", l'area interessata dall'evento in esame era stata perimetrata e classificata, ben prima dell'evento, quale area ad elevato rischio di frana a causa della presenza di elementi esposti quali una centrale idroelettrica gestita dall'ENEL, due abitazioni ad uso privato, una strada statale ed una strada privata di accesso alla centrale elettrica. Nel presente articolo sono discusse le cause ed il meccanismo dell'evento franoso in relazione sia ai processi di deformazione alla scala di versante sia allo specifico assetto litologico-strutturale del fianco orientale della Maiella.

Descrizione dell'evento e dei danni osservati

Il giorno 20 Aprile 2005, alle ore 06.55, un volume di roccia pari a circa 2000 m³ si è distaccato lungo le pendici orientali del Massiccio della Maiella (Fig. 1), ad una quota di circa 850 m s.l.m., ed è scivolato a valle ostruendo la ex SS 84 Frentana all'altezza del km 26, in conseguenza sia del coinvolgimento di parte della sede stradale e delle opere accessorie nel movimento verso valle sia dell'arresto di numerosi massi di volume pari ad alcuni m³ sulla sede stradale per un totale di circa 500 m³ (Fig. 2). Una porzione di tale volume, pari a circa 1000 m³, proseguendo nel proprio movimento verso valle, ha danneggiato la strada privata di accesso alla centrale idroelettrica dell'ENEL (via Acquevive). Infine, un masso di circa 400 m³ è giunto in prossimità del fondovalle del fiume Aventino (ad una quota di circa 500 m s.l.m.) arrestando la propria corsa nell'urto contro un'abitazione privata e provocando la morte di uno degli occupanti (Fig. 3).

Inquadramento geologico e geomorfologico dell'area

Il Massiccio della Maiella è la struttura carbonatica più esterna dell'Appennino centrale; si tratta di una struttura anticlinale arcuata orientata circa N-S. Nella parte meridionale, essa è costituita da una successione che inizia con termini in facies di piattaforma carbonatica ristretta del Cretacico inferiore; seguono depositi di rampa carbonatica riferibili all'intervallo Cretacico superiore-Miocene superiore (calcarei, calcari marnosi e marne); la sequenza carbonatica è ricoperta da depositi evaporitici del Messiniano e, infine, da depositi sinorogenici silicoclastici del Pliocene inferiore (Cipollari *et al.*, 2001) (Fig. 4).

In particolare, la base della sequenza affiorante nell'area di Taranta Peligna è rappresentata da calcareniti ricche in nummuliti e micriti e intramicriti ben stratificate nella parte superiore ascrivibili ai depositi di rampa carbonatica dell'Eocene-Oligocene (Formazione di Santo Spirito; Donzelli, 1969). Ad essi seguono i termini miocenici della Formazione Bolognano (Donzelli, 1969; Danese, 1999) che, in questo settore della Maiella, sono distinguibili in quattro membri informali riconducibili a due sequenze eustatiche di tipo *deepening upwards*. La prima sequenza inizia con il

membro dei Calcari a Briozoi (5-10 m di calcareniti a stratificazione incrociata) e termina con il membro dei Calcari ad Orbulina (circa 20 m di calcari marnosi e marne emipelagiche); la seconda sequenza è costituita da calcareniti massive (Calcari a Lithotamnium) che passano gradualmente a marne e marne argillose emipelagiche (Marne lastriformi). Sulla sequenza carbonatica poggiano pochi metri della successione evaporitica costituita dai gessi e dalle peliti ipoaline della Formazione Gessoso-Solfifera e dal livello massivo dei Conglomerati di San Valentino, ai quali segue il flysch argilloso-arenaceo della Formazione Fara (Donzelli, 1969).

In destra idrografica del F. Aventino sono presenti, infine, i termini prevalentemente pelitici contenenti olistoliti dell'Unità Alloctona Molisana in contatto tettonico con i termini più recenti della successione della Maiella sui quali sono sovrascorsi.

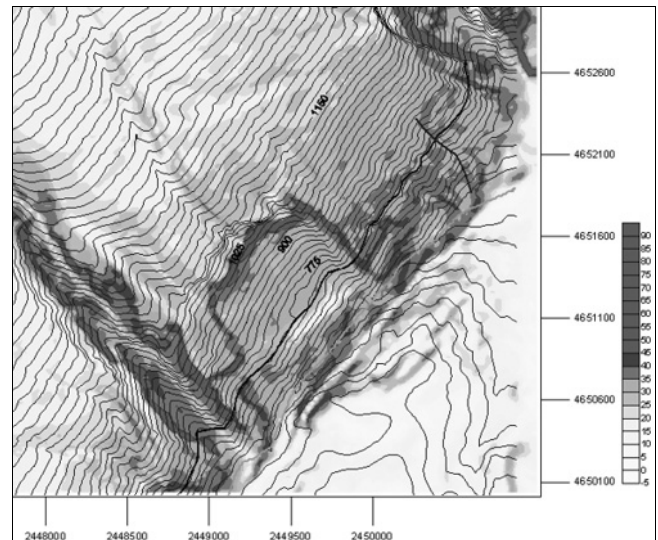


Fig. 5: Carta delle pendenze dell'area investigata e percorso della frana del 20/04/2005

Terrain slope map of the investigated area and travel path of the 20th April 2005 event

Lungo il versante orientale del settore meridionale della Maiella il contatto tra i termini carbonatici e terrigeni, inciso dal corso del F. Aventino, è di natura essenzialmente stratigrafica solo localmente complicato da motivi tettonici ad alto angolo (faglie normali e faglie transpressive destre ovest-immersenti come nella zona di Fara San Martino). Tale contatto determina una netta variazione morfologica: i termini calcarei e calcareo-marnosi, come conseguenza dell'assetto strutturale dell'anticlinale, costituiscono un rilievo marcatamente convesso seguendo all'incirca la giacitura degli strati, la cui inclinazione sub-orizzontale nell'ampia zona di cresta subisce prima un graduale aumento (10°-20°) che diventa poi repentino (fino a circa 45°) nella parte medio-bassa del versante (Figg. 5, 6). Il paesaggio impostato sui termini terrigeni (flysch argilloso-

arenaceo) è caratterizzato da forme collinari blandamente ondulate (Fig.6).



Fig. 6: Vista panoramica della parte bassa e del raccordo con il fondovalle del versante interessato dal fenomeno franoso (foto precedente all'evento)

Panoramic view of the valleybottom and of the lower sector of the slope (before the fatal event)

Il risultato dell'analisi strutturale condotta sul versante carbonatico ha evidenziato la presenza di numerose famiglie di discontinuità, oltre alla stratificazione, quali diversi set di faglie ad alto angolo, sia dirette che trascorrenti. Il quadro strutturale è completato dalla presenza di faglie normali a basso angolo sub-parallele all'asse della piega, facenti parte di un sistema di horst e graben sin- o pre-thrusting, in seguito ruotati passivamente durante la strutturazione della piega.

Meccanismi di rottura e messa in posto

Il movimento di frana ha coinvolto, come accennato in precedenza, circa 2000 m³ di calcari e calcari marnosi in affioramento sul versante orientale del Massiccio della Maiella. L'area di distacco (Fig.7) è ubicata ad una quota di circa 850 m s.l.m. dove le condizioni stratigrafiche e strutturali dell'ammasso roccioso, unitamente alle condizioni morfologiche del versante in termini di energia di rilievo, favoriscono condizioni di instabilità rispetto a movimenti tipo scorrimento traslativo. La giacitura degli

strati a franapoggio con direzione circa parallela a quella del pendio, l'angolo di inclinazione degli stessi che, soprattutto nella parte bassa del versante a quote comprese tra 1100 e 500 m s.l.m., supera i 30°, e la presenza di interstrati argillosi nell'ambito della successione locale sono fattori predisponenti per fenomeni di scivolamento planare di alcune porzioni dell'ammasso roccioso. E' da ritenersi pertanto che il fenomeno franoso verificatosi il 20 Aprile 2005 sia avvenuto in questo contesto, così come confermato anche dalle evidenze e dai dati raccolti in occasione dei rilievi di sito. Un ruolo rilevante, inoltre, è stato svolto dai sistemi di discontinuità presenti nell'ammasso che, insieme alla stratificazione, hanno agito come svincolo cinematico nella fase di rottura e distacco della porzione di ammasso.



Fig. 7: Dettaglio della zona di distacco della frana
Detail of the landslide detachment area

Il risultato del rilievo dei principali sistemi di discontinuità ha infatti messo in evidenza la presenza di 3 set di giunti con spaziatura dell'ordine metrico oltre alla stratificazione (Fig. 8). La genesi primaria di questi giunti può essere ritenuta essenzialmente tettonica, in accordo con alcune misure strutturali eseguite in precedenza nella medesima zona (Scarascia Mugnozza *et al.*, 2002): si tratta infatti di sistemi ad alto angolo con direzione circa parallela a quella dei principali elementi tettonici. La loro orientazione è comunque tale da aver condizionato sia la geometria che il meccanismo di rottura dell'ammasso. Se si considera infatti l'andamento in planimetria della scarpata che segna il fronte del distacco si riconoscono bene 2 segmenti della scarpata coincidenti con altrettanti sistemi di discontinuità: nella parte alta è presente una scarpata netta subverticale, di altezza pari a circa 3 m, con direzione azimutale circa N110 (concordante con il set N20 – 80°), mentre nella parte bassa è visibile una scarpata con orientazione circa N150 (concordante con il set N240 – 85°).

La presenza di segni di alterazione chimico-fisica dell'ammasso lungo tali scarpate è un'ulteriore conferma del fatto che esse coincidano con sistemi di discontinuità

preesistenti, lungo i quali l'infiltrazione dell'acqua e degli apparati radicali sono tra i principali fattori responsabili dell'alterazione.

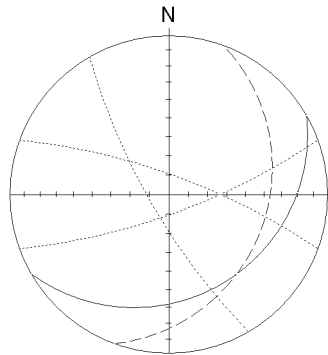


Fig. 8: Plot (reticolo di Schmidt equiareale, emisfero inferiore) dei principali sistemi di discontinuità; le linee puntinate rappresentano i giunti di origine tettonica, la linea tratteggiata indica la stratificazione, la linea continua rappresenta il versante
Plot (equiareal Schmidt net, lower hemisphere) of the main discontinuity sets; dotted lines represent the primary tectonic joints, dashed line indicates the mean orientation of bedding planes, continuous line represent the slope

Sulla base di queste considerazioni e del non perfetto parallelismo tra la stratificazione ed il versante è possibile ipotizzare che il meccanismo di rottura sia rappresentato da un cuneo fortemente asimmetrico definito dalla combinazione del sistema ad alto angolo $N240 - 80^\circ$ ed il piano di strato ($N100 - 35^\circ$), la cui linea di intersezione risulta avere un'orientazione pari a $N154 - 25^\circ$ che rende compatibile un meccanismo tipo *wedge*. In questo quadro, il sistema orientato $N20 - 80^\circ$ può aver agito come svincolo rispetto agli sforzi di taglio agenti sul cuneo di roccia individuato dai due sistemi sopra menzionati. Le evidenze morfologiche, inoltre, mostrano come la porzione di ammasso coinvolta nel fenomeno franoso e delimitata a monte dalla discontinuità $N20 - 80^\circ$ fosse completamente svincolata sul lato W dove formava una scarpata (l'unione dei due segmenti a monte ed a valle della zona di distacco coincidenti con la discontinuità $N240 - 80^\circ$), mentre risultava vincolata sul fianco opposto, laddove si osservano allo stato attuale estesi ponti di roccia (Fig. 9).

Proprio in questa zona si è avuto il distacco dell'ammasso roccioso e la formazione della spalla sinistra della zona di distacco. Anche in questa fase, comunque, nel meccanismo di rottura un ruolo rilevante è stato giocato anche dal terzo sistema di discontinuità individuato, orientato $N160 - 80^\circ$ e con spaziature dell'ordine decimetrico, che come linea di debolezza preesistente ha almeno in parte guidato la rottura dell'ammasso consentendone il trasferimento tra i due segmenti di scarpata sopra menzionati.

Per ciò che concerne le resistenze massime disponibili nella fase pre-rottura è da rilevare che non solo bisogna far

riferimento ai valori di resistenza dei giunti, largamente inferiori a quelli della roccia intatta, ma che il lato del cuneo con maggiore estensione areale coincide con la stratificazione ed in particolare con uno dei livelli argillosi caratteristici della successione locale (Fig. 10), dotato di scadenti caratteristiche di resistenza al taglio.



Fig. 9: In questa foto si nota la variazione nell'orientazione della scarpata di frana coincidente con un giunto $N20 - 80^\circ$ in corrispondenza di una ponte di roccia che ne interrompeva la continuità

Trend variation of the sharp scarp defining the crown area in correspondence to the presence of a pre-existing, large rock bridge



Fig. 10: Dettaglio del livello argilloso coincidente con la base della massa mobilizzata

Detail of the clayey layer at the base of the slid rock mass

Con riferimento alla fase post-rottura si ritiene che la massa in frana si sia mossa inizialmente secondo un cinematisma di scorrimento traslativo puro, così come testimoniato dalla presenza di blocchi distaccati dal versante ed arrestatisi in posizione del tutto confrontabile con quella iniziale (Fig. 11). Il piano stradale della ex SS 84, raggiunto dal corpo di frana dopo un dislivello di circa 150 m ed una distanza planimetrica di circa 750 m, ha costituito una

rottura di pendio che ha causato l'arresto del movimento di una buona parte del detrito di frana dopo la perdita dell'energia cinetica per impatto sulla strada stessa. Solo i blocchi di dimensioni maggiori hanno superato il muretto di spalla verso valle della strada; a partire da questo punto, i blocchi hanno acquisito nuova energia cinetica ed hanno iniziato un movimento per rotolamento al di sopra di una coltre detritica, parzialmente rimobilizzata e coinvolta nel dissesto, fino al loro arresto in prossimità del fondovalle (Fig. 12).



Fig. 11: Uno di grandi blocchi arrestatisi lungo il percorso della frana in posizione circa coincidente con la posizione sul versante prima del distacco, come è evidenziato anche dal sottile strato vegetale e dalla copertura detritica sulla parte superiore
One of the huge blocks on the landslide path in a position very similar to that on the slope before the detachment, as testified by the presence of a thin soil and debris cover on its upper part

Considerazioni conclusive

Sebbene tra le cause di innesco del fenomeno del 20 Aprile è possibile ipotizzare le variazioni dei valori dei campi tensionali nelle discontinuità d'ammasso legate alle abbondanti precipitazioni nevose dell'ultimo inverno ed al conseguente scioglimento delle stesse, l'inquadramento del fenomeno franoso sopra descritto nel più ampio quadro morfostrutturale del settore meridionale della Maiella rende necessarie alcune considerazioni.

Ricercatori del Centro di Ricerca CERI "Previsione Prevenzione e Controllo dei Rischi Geologici" dell'Università degli Studi "La Sapienza" sono impegnati da alcuni anni nello studio di fenomeni di frana presenti nei rilievi calcarei dell'Appennino laziale ed abruzzese, con specifico riferimento alla ricostruzione dei meccanismi di rottura, alla definizione dei fattori di innesco ed alla valutazione della pericolosità di frana in aree campione. E' proprio in questo quadro che si sono potute constatare numerose situazioni di pericolosità connesse con fenomeni di frana di maggiori o minori dimensioni (con volumi compresi tra pochi metri cubi e milioni di metri cubi) lungo

il versante orientale del massiccio della Maiella; a causa della presenza di elementi esposti al rischio, quali strade, acquedotti, opere di captazione, centrali idroelettriche, edifici isolati, edifici strategici, aree turistiche e centri abitati, le condizioni di rischio di frana sono conseguentemente di livello elevato o molto elevato.



Fig. 12: Vista del tratto inferiore del percorso della frana
View of the lower part of the landslide path

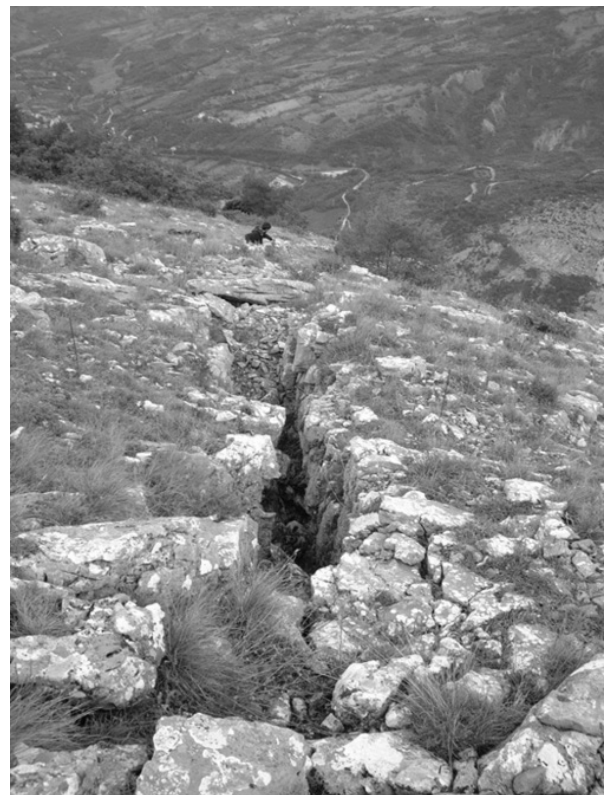


Fig. 13: Dettaglio di una delle fratture da trazione beanti presenti nella parte medio-alta del versante orientale della Maiella
Detail of one of the open tension fractures in the middle-upper sector of the Maiella eastern slope



Fig. 14: Vista panoramica del settore della Maiella tra Lettopalena e Taranta Peligna: oltre all'area di distacco della rock avalanche di Lettopalena e della frana di Taranta Peligna, è visibile una grande trincea (evidenziata dalle frecce) imputabile ad un processo di deformazione gravitativa alla scala del versante

Panoramic view of the Maiella slope between Lettopalena and Taranta Peligna villages: a huge trench (evidenced by the arrows) connected with a gravitational deformation process at the slope scale is visible, beyond the Lettopalena rock avalanche and Taranta Peligna landslide detachment areas

Le condizioni stratigrafico-strutturali e morfologiche predisponenti per l'attivazione di fenomeni di instabilità alla scala delle frane s.s. sussistono infatti su tutto il tratto meridionale del versante est della Maiella, soprattutto nella zona compresa nella fascia altimetrica tra il fondovalle del

fiume Aventino e la quota media di circa 1200 m s.l.m., dove l'inclinazione del versante e della stratificazione, tra di loro circa concordanti anche in termini di direzione, assume valori che rendono cinematicamente compatibili i fenomeni di scorrimento traslativo, oltre a quelli di ribaltamento che interessano soprattutto i grandi blocchi sulle pareti delle valli che solcano trasversalmente il massiccio. E' da rilevare soprattutto che i fenomeni di instabilità gravitativa osservati si inseriscono in un quadro più ampio di deformazione gravitativa alla scala del versante, le cui evidenze (trincee, fratture aperte, contropendenze, ecc.) sono largamente diffuse anche nei settori più elevati del versante (Scarascia Mugnozza *et al.*, 2002; Di Luzio *et al.*, 2004) (Figg. 13, 14). Questo aspetto assume particolare rilevanza in considerazione del fatto che l'evoluzione di questo tipo di dissesto può condurre al distacco di ingenti volumi di roccia, come nel caso della grande paleofrana di Lettopalena (circa 30×10^6 m³), dotati di grande energia cinetica (Paolucci *et al.*, 2001; Bianchi Fasani, 2003). In quest'ottica eventi franosi quali quello descritto in questo lavoro assumono un particolare significato: potrebbe infatti trattarsi di uno di quei fenomeni franosi di dimensioni relativamente modeste che tipicamente fanno da corollario ai processi deformativi alla scala del versante e che rappresentano fasi localizzate di rilascio di accumuli di energia elastica immagazzinata nell'ammasso roccioso proprio nell'ambito del processo deformativo alla scala del versante.

Bibliografia

- Bianchi Fasani G., 2003. Grandi Frane in roccia: fenomenologia ed evidenze di terreno. Tesi di Dottorato, Università degli Studi di Roma "La Sapienza".
- Cipollari, P., Cosentino, D., Di Bella, L., Gliozzi, E., Pippozzi, G., 2001. La sezione di Fonte dei Pulcini (Maiella meridionale): sezione di riferimento per il limite Miocene-Pliocene nella successione pre-orogena dell'avampese adriatico. Final proc. Geitalia 2001, 3° Forum Italiano di Scienze della Terra. Chieti, Italy, 237-239.
- Danese, E., 1999. Upper Miocene carbonate ramp deposits from the southernmost part of the Maiella mountain (Abruzzo, central Italy). *Facies* 41, 41-54.
- Donzelli, G., 1969. Studio geologico della Maiella. Edited by Crescenti U., 1997. Università degli Studi G. D'Annunzio, Chieti, Italy.
- Di Luzio E., Saroli M., Esposito C., Bianchi Fasani G., Cavinato G.P., Scarascia Mugnozza G., 2004. Influence of structural framework on mountain slope deformation in the Maiella anticline (Central Apennines, Italy). *Geomorphology* 60, 417-432.
- Paolucci, G., Pizzi, R., Scarascia Mugnozza, G., 2001. Analisi preliminare della frana di Lettopalena (Abruzzo). *Mem. Soc. Geol. It.* 56, 131-137.
- Scarascia Mugnozza G., Bianchi Fasani G., Esposito C., 2002. Prehistoric rock avalanches, mountain slope deformations and hazard conditions in the Maiella Massif (Central Italy). *Extended Abstracts Volume pp. 151-157. NATO Advanced Research Workshop, Celano (AQ) 19, 21 June 2002.*