

LE SCARPATE SU FAGLIA DELL'APPENNINO MERIDIONALE: GENESI, ETÀ E SIGNIFICATO TETTONICO*

A. Ascione - A. Cinque

Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Napoli "Federico II".

ABSTRACT - *Fault scarps in the southern Apennines: origin, age and tectonic significance* - Il Quaternario Italian Journal of Quaternary Sciences, 10(2), 1997, 285-292 - Geomorphic analysis of fault scarps is a powerful tool to obtain data on age, amount and distribution of Quaternary faulting, especially where syntectonic deposits are missing or, if present, their age is poorly constrained. After a brief review of the criteria allowing fault line scarps to be distinguished from fault scarps, general observations on fault scarps profiles resulting from the interaction between active tectonics and slope replacement are presented in this paper. The relative scarcity of fault scarps displaying features indicating a remarkable tectonic activity in the southern Apennines in recent times, is discussed. The conclusion reached is that the majority of fault scarps of the southern Apennines was inactive or moving at mean rates of a few centimetres per millennium during late Quaternary times.

Parole chiave: Analisi geomorfologica, scarpate di faglia, scarpate di linea di faglia, neotettonica, evoluzione dei versanti, Appennino meridionale, Italia

Key words: Geomorphology, fault scarp, fault line scarp, neotectonics, slope replacement, southern Apennines, Italy

1. PREMESSA

Il paesaggio dell'Appennino meridionale, specie laddove scolpito in formazioni poco erodibili, appare caratterizzato da un forte rilievo locale (*local relief*) (dislivelli pluri-ettometrici entro unità di campionamento di ordine chilometrico), nonché da una orografia frammentata fatta di alti e bassi morfologici che appaiono delimitati quasi sistematicamente da versanti rettilinei e ripidi marcati al piede da faglie. Tutto ciò farebbe pensare che la catena è stata largamente interessata da fenomeni di *block-faulting* abbastanza recenti da dare versanti di faglia non ancora addolciti dall'erosione.

Ma, come è ben noto, un pendio che si sviluppi parallelamente ad una faglia che corre al suo piede non è necessariamente una scarpata di faglia (*fault scarp*; *FS*) o un versante di faglia (termine normalmente preferito per i casi di notevole addolcimento erosionale dell'originario liscione di faglia). Esso potrebbe infatti essere una scarpata (o versante) di linea di faglia (*fault line scarp*; *FLS*) nata per erosione differenziale lungo una disgiunzione tettonica inattiva durante quella fase morfogenetica, oppure ancora una forma poligenica che è stata in parte creata attivamente e direttamente da una dislocazione ed in parte da morfoselezione. Nel denominare una scarpata (o versante) che sia associato ad una faglia basale della quale non sono chiari i rapporti genetici con il pendio sovrastante è dunque opportuno utilizzare un termine quale "Scarpata Su Faglia" (*SSF*), che si limita a sottolineare che la genesi di quel pendio sia da ritenere in qualche modo controllata (attivamente, passivamente o in entrambi i modi) dalla faglia che corre al suo piede o parallelamente ad esso.

2. LE SCARPATE, ED I VERSANTI, DI LINEA DI FAGLIA (*FLS*)

Una parte delle *SSF* che scandiscono il rilievo dell'Appennino meridionale sono delle *FLS* ricalcanti una rete di faglie ad alto angolo — sia normali che inverse ed oblique — che hanno interessato la catena quando le unità rigide che oggi formano i rilievi più elevati erano ancora largamente ammantate da quelle tenere coperture terrigene che oggi si conservano solo al fondo di depressioni, probabilmente in una fase in cui la catena era mediamente più bassa di oggi e/o più estesa verso il Tirreno in quanto non ancora troncata dalle ultime fasi di *rift* di retroarco (Miocene finale-Pliocene). Le *FS* attivamente create da quei fagliamenti sono andate perse con lo smantellamento delle coperture terrigene sulle quali esse apparivano (Ascione, 1997). Tale smantellamento è stato favorito in parte dai sollevamenti regionali dovuti allo strutturarsi del cuneo orogenico ed in parte, maggiore, agli incrementi dei gradienti fluviali che sono stati prodotti dalla nascita di depressioni tettoniche intramontane (abbassamento di livelli di base locali) e dal collasso sotto il livello marino di porzioni peri-tirreniche della catena stessa (accorciamento dei percorsi fluviali). E' appunto alle fasi di denudazione e dissezione che sono state innescate da detti fenomeni tettonici che si è avuta (e a luoghi si ha ancora) la graduale riesumazione dei numerosi contatti per faglia tra rocce dure e tenere creati nella regione da tutte le precedenti fasi deformative; vale a dire la nascita di *FLS* variamente orientati e tipicamente discontinui (vedi oltre). Nelle zone dove l'asportazione delle coperture terrigene è stata relativamente precoce (ad esempio, sul

(*) Relazione ad invito - *Invited paper*

versante tirrenico del Lazio e della Campania settentrionale) i *FLS* che marginano i rilievi carbonatici appaiono come versanti abbastanza addolciti (30° o meno di pendenza) mentre appaiono come scarpate fino a subverticali nelle zone che hanno registrato forti sollevamenti (*uplift*) o cospicui troncamenti tettonici nel Pleistocene medio e superiore (ad esempio, nella zona compresa tra i margini della piana del Sele ed il Pollino).

Sulla scorta di quanto è emerso dallo studio morfostrutturale di una ampia e rappresentativa porzione dell'arco appenninico meridionale (Ascione, 1997) possiamo affermare che le *FLS* costituiscono una percentuale notevole (a tratti nettamente prevalente) delle SSF che si rinvergono in catena, anche se non è sempre possibile, per la mancanza di *marker* stratigrafici e geomorfologici datati, definire l'età della fase in cui la faglia basale è stata attiva. Distinguere una *FLS* da una *FS* non è sempre agevole e si deve far ricorso a numerosi e variabili criteri; uno di questi utilizza come evidenza il fatto che le *FLS* tendono a terminare laddove viene meno il contrasto di erodibilità (e quindi di litologia) sui due lati della faglia. Altri caratteri tipici sono il crescere dell'altezza in corrispondenza di vallate o testate erosive; lo scomparire della scarpata nei tratti non raggiunti dall'ondata di denudazione morfoselettiva (ove si possono trovare paleosuperfici e terrazzi che cavalciano indisturbati il lineamento); la associazione con valli o forre sovrimposte trasversalmente al lineamento.

3. LE SCARPATE, ED I VERSANTI, DI FAGLIA (*FS*)

Questa seconda categoria di SSF è certamente più interessante della precedente ai fini delle ricerche volte a ricostruire i regimi ed i pattern di fagliazione recenti, ad identificare le faglie attive ed a chiarire i rapporti tra fagliazione superficiale, strutture profonde ed attività sismogenetica. Dato che su larga parte della catena mancano o sono mal databili le formazioni sintettoniche in grado di aiutare la ricostruzione geometrica e cronologica dei fagliamenti quaternari, si impone la necessità di affidare all'analisi geomorfologica la ricerca di dati riguardanti l'età (almeno relativa), l'entità, il tipo e la distribuzione spazio-temporale dei fagliamenti. E ciò non solo analizzando i rapporti di dislocazione e/o suturazione tra linee tettoniche e paesaggi eroso-deposizionali di varie epoche, ma anche cercando di ricavare delle informazioni (sia pure qualitative o semi-quantitative) sulla storia dell'attività di ciascuna linea disgiuntiva tramite l'analisi dei caratteri delle *FS* che ad esse si associano.

E' appunto su questo ultimo aspetto che si concentra il seguito di questa nota, la quale tenta di sintetizzare in considerazioni e spunti di carattere generale l'esperienza sin qui maturata dagli scriventi sulla morfotettonica dell'Appennino meridionale. L'attenzione sarà concentrata sulle *FS* tagliate in formazioni litoidi (successioni carbonatiche di piattaforma e simili), in quanto il loro basso ritmo di evoluzione erosionale e la loro proprietà di essere "geomorfologicamente conservative" fanno sì che le loro presenti caratteristiche geometriche risentano non solo delle ultime tappe di disgiunzione e conseguente rimodellamento, ma anche della storia di lungo termi-

ne della scarpata stessa (Brancaccio *et al.*, 1979a; 1979b; Cinque *et al.*, 1993). In altri termini, le *FS* su rocce dure aprono delle finestre cronologiche più lunghe ed interessanti sulla storia delle loro faglie generatrici.

3.1 Il modello di *Slope Replacement* o *Cliff Recession*

I pendii tagliati in rocce lapidee che si degradano in detriti grossolani soggetti a rimozione gravitativa istantanea, se dotati di angoli iniziali sensibilmente maggiori dell'angolo di attrito interno (o di *initial sliding*), evolvono secondo il modello di *slope replacement* (o *cliff recession*; Lehmann, 1933; Young, 1972). Essi vanno cioè in arretramento sviluppando al piede della scarpata arretrante un pendio uniforme con angolo circa pari a quello minimo necessario per garantire il transito dei detriti crollanti dalla parete in recessione (angolo α delle figure). Questo nel caso dei cosiddetti versanti di Richter (Fig. 1A), nei quali l'intero pendio di *replacement* è tagliato in roccia, essendo la formazione di una falda detritica del tutto impedita vuoi da un agente di rimozione basale, vuoi dalla configurazione topografica presente al piede della scarpata (mancanza di un ripiano) e/o da una instabilità del paesaggio basale (come, ad esempio, nel caso di SSF che affacciano su terreni flyschoidi in continuo rimodellamento per frane ed erosione accelerata). Se, invece, l'accumulo basale non è impedito, il pendio di *replacement* è di tipo deposizionale (versanti di Lehmann) e corrisponde al *top* di una falda detritica che mantiene il suo apice in contatto col piede della parete in recessione (Fig. 1B). Anche in questo secondo caso il tratto di *replacement* ha profilo trasversale circa rettilineo (leggermente concavo) attestato sull'angolo di natural declivio (o di

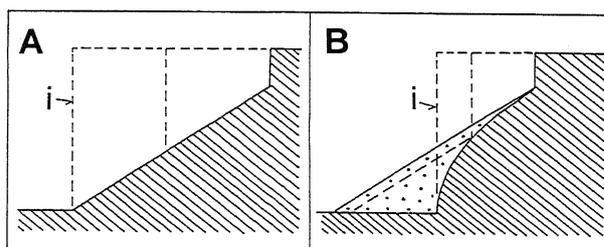


Fig. 1 - I due possibili modi di evoluzione di una scarpata soggetta a *slope replacement*. A: senza accumulo di una falda detritica basale (Versante di Richter); B: con crescita di una falda detritica basale (Versante di Lehmann). Il nuovo pendio che rimpiazza quello iniziale (*i*) si sviluppa a partire dal piede e allungandosi progressivamente verso l'alto. Nel caso A, l'angolo del nuovo pendio è quello di *initial sliding* del materiale detritico che, proveniente dalla parete in recessione, vi transita sopra. Nel caso B, l'angolo esso è invece uguale all'angolo di *final rest* dell'accumulo detritico; questi due valori angolari sono molto simili tra loro e si aggirano tra i 30° ed i 38° (media più rappresentativa 35°).

Possible modes of evolution of a scarp subjected to *slope replacement*. A: replacement by a transport slope (Richter's case); B: replacement by a depositional slope (Lehmann's case). In both cases the replacing slope develops from the base upwards, gradually replacing the initial cliff (*i*). In case A, the new slope has the angle of initial sliding of the detrital material travelling across it; in case B, it corresponds to the angle of final rest of the talus debris. For coarse-grained angular debris, these angles are quite similar to one another and normally range between 30° and 38° , the most common value being about 35° .

final rest) del detrito. Per l'inevitabile, graduale ridursi del ritmo di ispessimento della falda (dovuto sia a diminuzione dell'altezza della parete residua, sia all'allungarsi della falda stessa), se il ritmo d'arretramento rimane costante, si ha che il contatto tra la falda e la sottostante roccia in posto prende una forma convessa (il cosiddetto paraboloide) che verso l'alto incontra con un angolo via via minore (man mano che si completa il *replacement*) la superficie della falda detritica in crescita (Cinque *et al.*, 1993).

3.2 Interazioni tra *Slope replacement* ed attività tettonica di una FS

Se, come noi riteniamo sostanzialmente valido, la maggioranza delle FS dell'Appennino meridionale calcareo ha subito una evoluzione riconducibile al citato modello di *slope replacement*, è possibile ricavare delle indicazioni circa la *slip history* di quelle faglie (continuità o meno della loro attività; presenza o meno di una attività disgiuntiva recente o recentissima; rapporti tra attività antica e recente) analizzando in chiave tettonica le eventuali discrepanze rispetto ai profili previsti dal modello per i casi di scarpate non ravvivate da eventi tettonici durante il loro modellamento.

a) Geometria del contatto roccia-falda detritica.

Come evidenziato in Cinque *et al.* (1993), nel caso di una FS che continua o riprende la sua attività tettonica mentre è interessata da *replacement* con crescita di falda detritica, il "paraboloide" di contatto tende a sviluppare un tratto rettilineo basale con carattere di liscione di faglia (Fig. 2A). Se la faglia manifesta attività sino alla fine del *replacement*, tale elemento rettilineo può costituire per intero il contatto falda-roccia (Fig. 2B) presentandosi in superficie come una traccia di faglia che separa la parte bassa (deposizionale) dalla parte alta (pseudo-Richter) del pendio di *replacement*. Detta traccia può essere marcata da una scarpata di faglia intatta (un liscione esposto, poco o niente degradato; il cosiddetto "nastrino" di alcuni autori) nel caso in cui l'attività tettonica sia proseguita anche in tempi molto recenti (Fig. 2C).

Casi di questo genere non sono infrequenti nell'Appennino meridionale e centrale, anche se quelli per i quali una attività recente sia stata accertata sembrano caratterizzare una percentuale relativamente modesta delle FS quaternarie. A tale proposito va anche ricordata la necessità di escludere dal computo quei casi in cui il nastrino è una FLS nata per recente asportazione di una parte della falda detritica.

Nel caso di FS che abbiano avuto modo di sviluppare un paraboloide abbastanza marcato a seguito di un periodo di quiescenza della faglia, una ripresa dell'attività tettonica comporta l'emergere della faglia non presso il limite superiore della falda, ma nel mezzo di questa (Fig. 2D). In tal caso il gradino di faglia tende ad essere velocemente cancellato sia per erosione del tratto di falda (relativamente) sollevato che per deposizione sul tratto ribassato. D'altro canto, anche l'evidenza stratigrafica del rigioco tettonico recente (contatto per faglia tra unità detritiche di diversa età) non è facilmente rilevabile in quanto le falde detritiche associate a questo tipo di

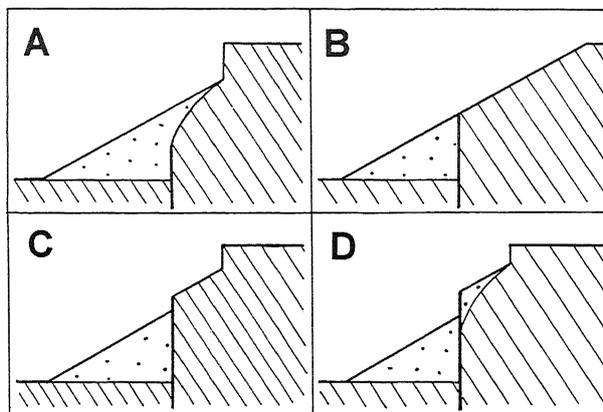


Fig. 2 - Modificazioni della geometria esterna ed interna di un versante di Lehmann nel caso che questo corrisponda ad una scarpata di faglia attiva durante il *replacement*. A: la faglia è attiva durante la prima parte del *replacement*, ma non nella seconda parte; B: la faglia è attiva sino alla fine del *replacement*; C: la faglia è stata attiva anche in tempi molto recenti; D: la faglia ha recentemente rigiocato dopo un lungo periodo di inattività.

Some typical characters of Lehmann's slopes developed on active faults. A: the fault was moving during the first part of the slope replacement only; B: the fault was moving all long the slope replacement; C: the fault moved also very recently; D: a very recent replay of the fault occurred after a long period of tectonic quite.

versanti sono oggi, nel caso della regione appenninica, coperte di manti pedologici e da fitta vegetazione, avendo pressochè cessato di crescere con la fine dell'ultimo glaciale. E' quindi probabile che i casi del tipo schematizzato in Figura 2D siano più frequenti di quanto possa rivelare una indagine morfotettonica poco dettagliata.

Al piede di una FS, l'eventuale attività recente della faglia generatrice può non avere espressione geomorfologica (non manifestarsi con un tratto ripido basale) anche nei casi in cui la parte bassa della FS viene seppellita da una pianura che subisce aggradazione ad un ritmo più elevato del ritmo di fagliazione. Casi di questo tipo sono presenti lungo alcuni tratti dei margini tettonici della Piana Campana. Altri potrebbero occorrere lungo i bordi di quelle conche intra-appenniniche che sono state sede di notevole aggradazione lacustre e/o fluviale nel corso del tardo Quaternario ed Olocene.

b) Geometria del tratto in recessione.

Se, come visto sinora, delle indicazioni sulla *slip history* di una faglia possono essere desunte analizzando i rapporti geomorfologici tra la FS da essa generata ed i depositi di falda e di piana basale, altre possono certamente (e più facilmente) essere ottenute analizzando il profilo trasversale del tratto di versante a monte di tali depositi. In Figura 3 vengono definiti i parametri che controllano le pendenze locali e medie di FS attive e soggette a *replacement* sintettonico. Il caso considerato è quello di un versante tipo Richter (senza falda), ma può considerarsi rappresentativo anche di quanto accade sul tratto alto delle FS del tipo mostrato in Figura 2B e 2C. Adottando una discretizzazione del processo in tappe di uguale durata, si assume che la faglia dia impulsi di dislocazione (*slip event*) (Δd ad intervalli regolari di tempo Δt) e che le pareti create dai vari scatti

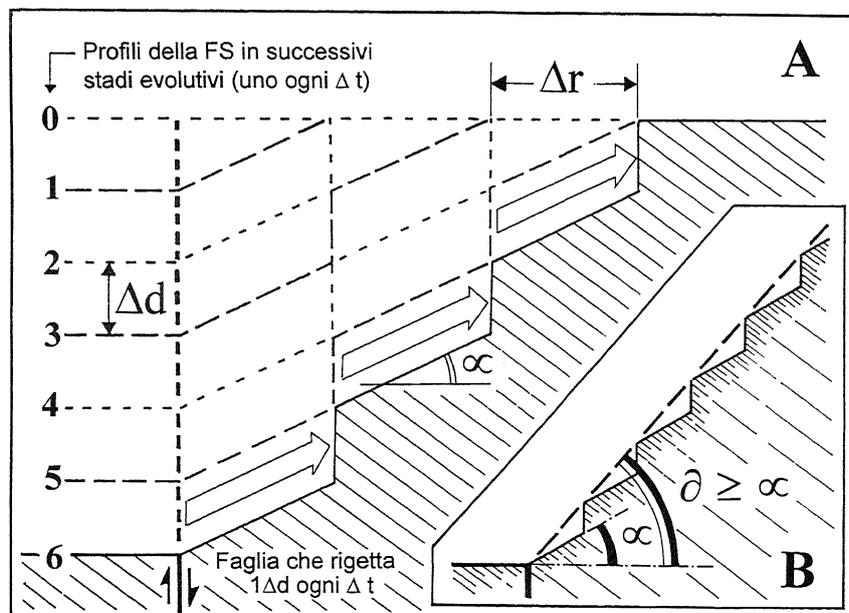


Fig. 3 - Schematizzazione della evoluzione per *slope replacement* (senza accumulo di falda) di una scarpata di faglia in crescita. Vedi testo per spiegazione.

Schematic representation of the geomorphological response to the interaction between fault activity and slope replacement of the related fault scarp. See text for explanation.

Profili costituiti, invece, da più elementi a diversa pendenza possono nascere qualora la *slip history* della faglia generatrice si componga di periodi a diverso *slip rate* medio. I tre casi esemplificativi A, B e C di Figura 4 si riferiscono a FS ancora attive al momento della osservazione. In tutti e tre i casi la FS ha conosciuto un periodo iniziale di disloca-

della faglia arretrino tutte con uguale e costante ritmo (un Δr ogni Δt), creando tratti di *replacement* inclinati di un angolo α e tutti migranti verso monte; Fig. 3A). Si osserva la nascita di una FS a profilo segmentato che diviene via via più alta (altezza = *slip rate* medio \times tempo trascorso dall'inizio del fagliamento). Tale pendio mantiene un angolo medio δ che è comunque più basso dell'angolo di inclinazione della faglia (qui supposta verticale) e più alto di α (Fig. 3B). Ad eccezione dei rari casi in cui la scarpata cresce attraverso crisi più o meno istantanee in cui la faglia rigetta di alcuni metri o più, si può ritenere che la segmentazione di cui in Figura 3 risulti praticamente impercettibile, per cui la scarpata sarà rilevata come un pendio uniforme di inclinazione δ .

La differenza tra δ ed α è funzione del rapporto tra Δd e la quantità di recessione che occorre tra due scatti successivi della faglia. Essendo quest'ultima variabile legata al tempo che separa tali scatti (oltre che alla litologia ed al clima, qui assunti come invarianti), si ha che lungo una FS attiva lo scostamento di δ da α è funzione del ritmo medio di attività della faglia. A titolo di esempio si osserva che con ritmi medi di dislocazione circa uguali al ritmo medio di recessione δ assume valori intorno a 50° , mentre sale a circa 65° se il ritmo medio di dislocazione è due volte quello di recessione. È interessante notare che quando il ritmo medio di dislocazione è una piccola frazione del ritmo di recessione (in pratica già quando si avvicina ad un decimo di questo) la differenza tra δ ed α diviene così piccola da essere difficilmente rilevabile. Tale valore critico del rapporto tra ritmo di dislocazione e ritmo di recessione viene qui definita come "soglia di percettibilità geomorfologica dell'attività della faglia" (PGA) in quanto esso si traduce di fatto nell'impossibilità di discriminare una FS che è attiva (sia pure con un ritmo blando rispetto al ritmo di recessione) da una FS inattiva.

Il caso considerato in Figura 3 è dunque quello di una FS derivata da una attività disgiuntiva sostenuta e prolungatasi sino ad oggi; il suo profilo trasversale appare costituito (alla macroscale) da un solo elemento.

zione abbastanza rapida, tanto da generare un pendio inclinato di 60° . Nel caso A esso è seguito da un periodo in cui la faglia rallenta sotto il limite della soglia PGA. Nel caso B, invece, il secondo periodo di crescita supera detta soglia, ma è comunque più lento del periodo iniziale. Nel caso C, infine, il secondo periodo di attività è più veloce del primo. Come è facile intuire, questa segmentazione del profilo tende a perdersi col procedere della recessione. In particolare (caso D di Fig. 4) gli elementi superiori del profilo (quelli che testimoniano antiche fasi di attività a ritmo medio diverso dal presente) scompaiono per essere sostituiti con un pendio uniforme di angolo pari ad α esteso a tutta la FS se agli eventi dislocativi che li avevano generati segue un periodo sufficientemente lungo di completa inattività tettonica, oppure di dislocazione a ritmo medio inferiore alla soglia PGA. Affinchè ciò avvenga è necessario che tale periodo finale di quiete (o ridotta attività) tettonica abbia durata pari a circa $2 \times H_c/\Delta r$, dove H_c è l'altezza di tutto il tratto di scarpata che si trova al di sopra della più bassa rottura di pendenza concava (R.p.s.) che porta l'acclività al di sopra dell'angolo di rimozione gravitativa del detrito e Δr il ritmo medio di recessione.

4. CONCLUSIONI

Da quanto sin qui osservato in termini di modelli generali di evoluzione di FS attive soggette a *slope replacement* si può concludere che delle FS che hanno avuto in tempi recenti (e di durata non trascurabile) una attività tettonica a ritmi medi elevati manifestano delle peculiarità geomorfologiche che le rendono distinguibili dai pendii di replacement nati su faglie inattive da tempo e dalle FS ad attività tettonica recente molto ridotta.

Nel caso si tratti di versanti di Lehmann (vedi §3.2) la differenza consiste in un contatto roccia-falda detritica che è piano anzichè convesso (almeno presso la base) e che può emergere in superficie come un liscione poco o niente eroso se la faglia è ancora attiva.

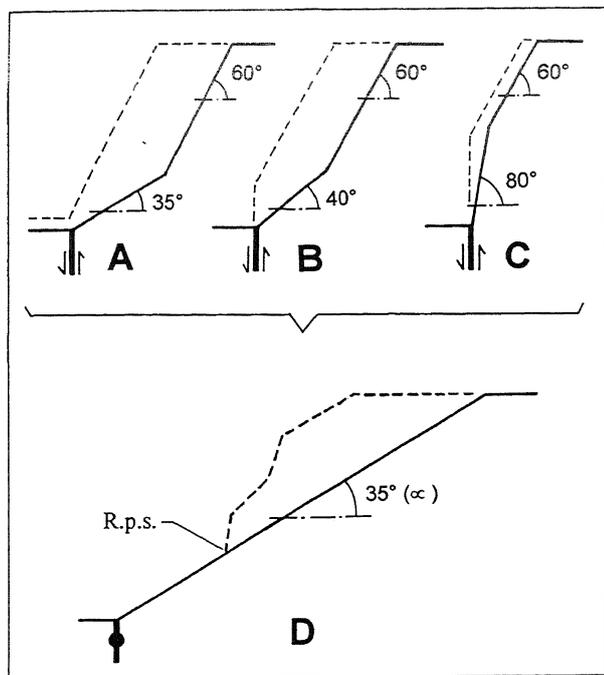


Fig. 4 - Esemplicazioni della risposta geomorfologica di una FS a variazioni del ritmo medio di dislocazione. Si noti che le articolazioni presenti nei tre casi A, B e C (spiegate nel testo) si perdono se la FS conosce una lunga fase finale di stasi tettonica o di attività molto lenta (caso D).

Examples of fault scarps showing segmented cross profiles due to periods of displacement at different mean rate. Note as the significant segmentation of cases A, B and C (explained in the text) goes lost if a sufficiently long phase of fault inactivity (or very slow activity) occurs.

Nel caso di versanti di Richter e, in ogni caso, sul tratto in roccia di una FS soggetta a *replacement*, la attività recente si evidenzia morfologicamente solo nei casi in cui lo *slip rate* medio della faglia generatrice non sia una frazione troppo piccola (un decimo o meno) del ritmo medio di recessione. Se tale condizione è soddisfatta, l'attività recente della faglia si manifesta con una pendenza del profilo trasversale sensibilmente superiore al normale angolo di *replacement* (Fig. 3). Questo elemento ripido (ER) può tanto costituire l'intera altezza della FS oppure iscriversi a valle di un elemento meno acclive denotante antiche fasi di stasi o più modesta attività tettonica della faglia (ER basale).

Se la faglia è ancora attiva o quiescente da poco, il piede di detto ER coincide con la traccia della faglia stessa. La sua altezza sarà circa uguale al prodotto dello *slip rate* medio per il tempo trascorso dall'inizio della fagliazione (ciò nel caso più semplice che la cima dell'ER vada a consumare un ripiano sub-orizzontale). L'inclinazione media dell'ER sarà, invece, funzione diretta del rapporto tra *slip rate* medio e ritmo medio di recessione.

Pur non avendo svolto una sistematica indagine statistica regionale, ci sembra di poter notare che tra le FS dell'Appennino meridionale sono percentualmente molto scarsi i casi in cui è presente un alto ER basale a testimonianza di una notevole e recente attività della faglia generatrice. A tale proposito va anche notato che le SSF più ripide della regione, una volta indagate con

attenzione, si rivelano quasi sempre come delle FLS dovute a recenti fasi di erosione selettiva lungo faglie inattive che mettono a contatto litologie a diversa erodibilità. Nella stragrande maggioranza dei casi le FS di grande rigetto (decametriche ed ettometriche) presentano almeno il loro tratto basale ridotto a pendenze uguali o inferiori all'angolo α di *replacement* e non di rado mostrano la faglia generatrice sigillata da dolci paesaggi di erosione e/o corrosione carsica o da formazioni quaternarie. D'altra parte, che la tettonica disgiuntiva si sia, almeno a luoghi, placata nel corso del tardo Quaternario è anche testimoniato dal fatto che su ampi settori del versante tirrenico si osservano terrazzi e depositi tirreniani (e, a luoghi, anche più antichi) disposti a quote sostanzialmente costanti ed a suturare faglie con indubbie evidenze di forte attività quaternaria (Cinque & Romano, 1990; Ascione *et al.*, questo volume). Analoghe considerazioni valgono per il tratto di Appennino lucano che affaccia sullo Ionio, dove almeno i terrazzi marini più recenti appaiono, si, leggermente basculati verso l'avampese, ma privi di fagliamenti notevoli (Amato *et al.*, questo volume). Non dissimile, infine, è anche la situazione presente intorno alla conca del Fucino, dove a fronte di alcune FS che agiscono anche nel tardo Quaternario ed in tempi storici (Galadini *et al.*, 1995; Michetti *et al.*, 1996; Galadini & Messina, 1995) si ha un ben più elevato numero di FS sature da morfologie erosive e da depositi medio e supra-pleistocenici (Bosi *et al.*, 1996).

Tornando ai frequenti casi in cui la attività recente di una FS può essere giudicata solo sulla base di una analisi del suo profilo trasversale, possiamo osservare che l'assenza di un ER subito al di sopra della faglia generatrice non è di per se sufficiente a negare una attività recente della faglia. Tale situazione, infatti, si verifica anche quando la faglia è attiva, ma con *slip rate* medio tanto basso (rispetto al ritmo medio di recessione) da rendere δ molto simile ad α (vedi Fig. 3). Volendo quantificare, occorrerebbe conoscere, caso per caso, quale sia stato il ritmo medio di recessione della scarpata in oggetto nell'arco temporale di interesse. Pur in mancanza di un attendibile *data set* regionale su questi aspetti, riteniamo di poter affermare (sulla base di dati di letteratura generali e della nostra esperienza regionale) che nel corso del Quaternario le pareti calcaree dell'Appennino meridionale hanno probabilmente tenuto ritmi medi di recessione nell'ordine dei millimetri per anno, con picchi massimi in coincidenza di periodi glaciali, esposizioni favorevoli e masse rocciose molto fratturate. Di conseguenza, per una FS di questa regione che non presenti un ER basale si potrebbe affermare che la sua attività tettonica recente, se occorsa, ha avuto ritmi medi dell'ordine dei decimi di millimetro per anno (decimetri per millennio). Questa soglia massima va certamente abbassata (forse di un ordine di grandezza o più) per tutti quei casi in cui la FS si apre in formazioni litoidi modestamente fratturate (poliedri di fratturazione decimetrici) e, in ogni caso, per quanto riguarda l'attività di fagliazione svoltasi dopo la fine dell'ultimo periodo glaciale.

In definitiva, il fatto che tra le FS dell'Appennino meridionale calcareo sono rare quelle con vistoso ER basale sostiene l'ipotesi che — per quanto fortemente

attive in tempi precedenti — gran parte delle FS abbia registrato nel tardo Quaternario una completa inattività o quantomeno un ritmo medio di dislocazione blando. A tale proposito è interessante notare che recenti studi di dettaglio effettuati su alcune faglie che disturbano successioni oloceniche (D'Addezio *et al.*, 1991; Pantosti *et al.*, 1993; Vittori *et al.*, 1995) segnalano sostenuti ritmi medi di dislocazione (fino a 0.5 mm/anno). Se gli intervalli temporali esplorati con tali studi fossero del tutto rappresentativi del comportamento di lungo termine delle faglie indagate, ci si aspetterebbe, alla luce di quanto sopra esposto, che alle faglie in questione fossero associate delle scarpate abbastanza ripide (delle ER) ed alte, almeno nel caso in cui disturbano formazioni litoidi poco o mediamente fratturate. Invece, in molti dei casi indagati, quelle faglie ad accertata attività olocenica risultano o associate a FS di altezza pari o poco superiore ai rigetti olocenici, o collocate al piede di FS quaternarie (anche di notevole altezza) prive di un ER basale.

Per quanto la casistica su cui condurre tale tipo di raffronto sia ancora troppo limitata per fornire conclusioni affidabili, riteniamo di poter indicare due possibili spiegazioni della incongruenza appena rimarcata. La prima ammette che i ritmi medi di *slip* calcolati per gli ultimi millenni siano rappresentativi della tendenza di più lungo termine della faglia. In tale ammissione bisogna interpretare la mancanza di una alta FS (o di un alto ER) come dovuta alla recente nascita (o ripresa, dopo lunga pausa) del lineamento in questione. La seconda possibilità è che la finestra cronologica esplorata da quegli studi di estremo dettaglio non sia sufficientemente estesa da permettere di definire lo *slip rate* medio di lungo termine delle faglie studiate, il quale potrebbe essere anche notevolmente più basso del valore medio tenuto nel corso dell'intervallo esplorato in quanto influenzato da lunghe pause di inattività. D'altro canto, il fatto che i citati studi di dettaglio (effettuati con costose aperture di trincee ed analisi di laboratorio) non vengono effettuati su campioni *random*, bensì su siti "promettenti" (quelli che manifestano in superficie indizi di fagliazione recente), porta inevitabilmente ad una casistica squilibrata a favore di quei lineamenti che sono stati attivi di recente, mentre vi sono poco rappresentati i casi di faglie che, in quiescenza nel corso degli ultimi millenni, hanno magari avuto sul lungo termine uno *slip rate* medio analogo o anche superiore alle precedenti. A ciò potrebbe essere interamente dovuta l'apparente discrepanza tra i ritmi di attività delle faglie suggeriti dall'analisi geomorfologica delle loro FS (che informano su medie di *slip rate* riferite a decine di migliaia di anni o più) e quelli ricavati tramite analisi stratigrafiche in trincee poco profonde.

Tenendo conto di ciò, riteniamo di potere interpretare i caratteri geomorfologici prevalenti delle popolazioni di FS presenti nell'Appennino meridionale calcareo (sufficientemente vasto da costituire un buon campione dell'intera catena) come tipici di una regione che, almeno nel tardo Quaternario e ad esclusione di relativamente poche linee tettoniche a forte e sostenuta attività, è ricca di faglie che alternano brevi periodi di attività a lunghi periodi di quiete. Nell'ambito di aree ristrette questo interrompersi della attività di una specifica faglia potrebbe rappresentare semplicemente lo spostarsi della defor-

mazione superficiale su altre linee vicine e compatibili, mentre i motivi strutturali profondi rimangono stabili su tempi più lunghi.

RINGRAZIAMENTI

Lavoro eseguito e stampato col supporto finanziario del CNR, Contributo N° 96.02942.pf54.

BIBLIOGRAFIA

- Amato A., Belluomini G., Cinque A., Manolio M. & Ravera F., 1997 - *Terrazzi marini e sollevamenti tettonici quaternari lungo il margine ionico dell'Appennino lucano*. Questo volume.
- Ascione A., 1997 - *Studio morfostrutturale sulla genesi del rilievo in Appennino meridionale*. Tesi di Dottorato, Università di Napoli "Federico II".
- Ascione A., Caiazza C., Hippolyte J.C. & Romano P., 1997 - *Quaternary tectonics and coastal terracing on the Tyrrhenian margin of southern Apennines. New data from Monte Bulgheria (Campania region, Italy)*. Questo volume.
- Bosi C., Caiazza C., Cinque A. & Messina P., 1996 - *Superfici relitte ed evoluzione plio-quaternaria dell'area fucense*. Il Quaternario, 9(1), 381-386.
- Brancaccio L., Cinque A. & Sgrosso I., 1979a - *Forma e genesi di alcuni versanti di faglia in rocce carbonatiche: il riscontro naturale di un modello teorico*. Rend. Acc. Sc. Fis. e Matem. Napoli, 4, 16-21.
- Brancaccio L., Cinque A. & Sgrosso I., 1979b - *L'analisi morfologica dei versanti come strumento per la ricostruzione di eventi neotettonici*. Mem. Soc. Geol. It., 19, 621-626.
- Cinque A., Cammisia A. & Monaco R., 1993 - *Fault scarps with straight profile in southern Apennines. Simulation modelling and neotectonic deductions*. Mem. Soc. Geol. It., 47(1991), 575-585.
- Cinque A. & Romano P., 1990 - *Segnalazione di nuove evidenze di antiche linee di riva in Penisola sorrentina (Campania)*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 13(1), 23-36.
- D'Addezio G., Pantosti D. & Valensise G., 1991 - *Paleo-earthquakes along the Irpinia fault at Pantano di San Gregorio Magno (Southern Italy)*. Il Quaternario, 4(1a), 121-136.
- Galadini F., Galli P., Giraudi C. & Molin D., 1995 - *Il terremoto del 1915 e la sismicità della Piana del Fucino*. Boll. Soc. Geol. It., 115.
- Galadini F. & Messina P., 1995 - *Plio-Quaternary tectonics of the Fucino basin and surroundings areas (central Italy)*. Giorn. Geol. Serie III, 56/2 (1994), 73-99.
- Lehmann O., 1933 - *Morphologische Theorie der Verwitterung von Steinschlagen*. Viert. der Natur. Gesel. in Zurich, 3, 78-83.
- Michetti A.M., Brunamonte F., Serva L. & Vittori E., 1996 - *Trench investigations of the 1915 Fucino earth-*

quake fault scarps (Abruzzo, Central Italy): geological evidence of large historical events. J. Geophys. Res., **101**, B3, 5921-5936.

Pantosti D., Schwartz D.P. & Valensise G., 1993 - *Paleoseismology Along the 1980 Surface rupture of the Irpinia fault: Implications for earthquake recurrence in Southern Apennines, Italy.* J. Geophys. Res., **98**(B4), 6561-6577.

Vittori E., Ferrelì L., Michetti A.M. & Serva L., 1995 - *Holocene paleo-earthquakes along the Pollino fault zone (northern Calabria, Italy): implications for seismic hazard assessment.* 5th Int. Conf. on Seismic

Zonation, Nice Oct. 17-19, 1995, 1400-1407. Ovest Editions, Presses Académiques (in stampa).
Young A., 1972 - *Slopes.* Oliver & Boyd, Edinburgh.

Testo definitivo ricevuto il: 13.10.1997
Final text received: Oct. 13, 1997