

## LA MORFOTETTONICA ED I SUOI LIMITI COME STRUMENTO D'INDAGINE NEOTETTONICA

Carlo Bartolini

Dipartimento di Scienze della Terra – Università di Firenze

RIASSUNTO: Bartolini C., *La morfotettonica ed i suoi limiti come strumenti d'indagine neotettonica*. (IT ISSN 0394-3356, 2004).  
Brevi riflessioni su come lo strumento Morfotettonica è stato utilizzato nel nostro Paese nell'arco degli ultimi trent'anni.

ABSTRACT: Bartolini C., *Morphotectonics and its limit as a tool of neotectonic investigation*. (IT ISSN 0394-3356, 2004).  
*The author describes the way morphotectonic methods have been applied to the study of recent tectonics in Italy during the last thirty years.*

Parole chiave: Morfotettonica, neotettonica.

Keywords: *Morphotectonics, neotectonics.*

### 1. INTRODUZIONE

In perfetta consonanza con l'etimo, geomorfologi e geologi strutturali hanno fatto ampio ricorso al metodo soprattutto a partire dagli anni '60. Raramente le ricerche sono state condotte da gruppi di studio ben bilanciati dal punto di vista disciplinare. Per questo, alcuni oggetti di studio sono stati differenzialmente interpretati da ricercatori diversi e di diversa estrazione.

Di qui alcuni interrogativi che la disciplina suscita riguardo alla sua utilità e validità.

Un rapido excursus su alcuni significativi contributi pubblicati nel corso degli ultimi 40 anni in Italia è il filo conduttore che può essere seguito per valutare come è evoluto l'approccio metodologico nell'ambito della comunità scientifica nazionale.

### 2. LA FASE GARIBALDINA

A parte alcuni lavori pionieristici (Segre, 1950 - "nastri di faglia" - e Biasini, 1966), la morfotettonica come metodo d'indagine è stata sostanzialmente ignorata fino alla metà degli anni '70. Un decisivo impulso è derivato, in quegli anni, dagli studi inerenti la realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia del Progetto Finalizzato "Geodinamica" del CNR. Fu allora evidente, infatti, che solo l'approccio morfotettonico era in grado di fornire elementi di valutazione dell'attività tettonica recente laddove, in assenza di depositi Quaternari, i tradizionali metodi propri della geologia non sono applicabili.

Gli studi promossi dal CNR furono in parte anticipati da analoghe indagini promosse dall'ENEL (1981), nelle quali gli indizi morfotettonici, spesso acriticamente presentati, ebbero un ruolo dominante.

A che punto erano, in quel tempo, le conoscenze

sul metodo ed i suoi limiti, anche in campo internazionale?

Preliminari valutazioni morfotettoniche su alcune scarpate di faglia erano state presentate da Wallace (1977), Anderson (1977) e da Bucknam e Anderson (1979). Tali lavori non erano comunque noti alla maggioranza dei ricercatori impegnati, più o meno negli stessi anni, nel Sottoprogetto Carta Neotettonica. D'altra parte, i precedenti, importanti contributi di Bull (1964) e di Hack (1973) relativi rispettivamente all'analisi morfotettonica dei depositi di conoide e dei gradienti fluviali erano stati pubblicati in rapporti tecnici di difficile reperibilità.

Per questo, gran parte dei ricercatori impegnati nel Sottoprogetto Carta Neotettonica utilizzò inizialmente su larga scala uno strumento di indagine di cui nessuno aveva letto (perché non esisteva) il manuale d'impiego.

Così, in molti casi, determinate forme venivano interpretate come il *possibile* risultato dell'attività tettonica senza prendere seriamente in esame le cause di tipo morfoselettivo e i processi in grado di dar luogo a forme convergenti.

Questo approccio fu oggetto di un'approfondita disamina di Bosi (1978).

Nettamente in anticipo sui tempi, apparve, in quegli anni, il contributo di Sauro (1978) relativo alle "Forme strutturali e neotettoniche nei Monti Lessini".

Laddove erano disponibili *anche* dati geologici, la disparità delle interpretazioni costituì oggetto di serrati e prolungati dibattiti, non sempre risolti con soddisfazione degli interessati.

Per questo, nella Carta Neotettonica a scala 1:500.000 sono evidenti le singolari differenze nella densità degli elementi lineari in aree contermini, affidate a gruppi diversi di ricercatori che avevano considerato o meno come di interesse neotettonico gli elementi emersi in base soltanto ad evidenze morfologiche.

### 3. LA PREDILEZIONE PER LE INTERPRETAZIONI IN CHIAVE TETTONICA E SISMOTETTONICA

La preferenza che dai ricercatori è stata sempre accordata - in buonissima fede - alle interpretazioni in chiave tettonica piuttosto che morfoselettiva o imputabile a particolari processi (si pensi al negletto ruolo della gravità) delle evidenze morfologiche, ha una motivazione abbastanza ovvia: l'accertare che una certa forma è espressiva di tettonica recente rappresenta, per il ricercatore, un risultato, mentre non lo è se la forma è riconducibile a cause diverse.

Citiamo, come esempio fra i tanti, le evidenze morfostrutturali segnalate da A. Carton, R. Iacuzzi, M. Panizza & F. Vaia, 1978, a proposito della faglia di Nimis (Fig. 1): se riconosciute come forme di erosione passiva, esse non avrebbero avuto alcun interesse ai fini della redazione della Carta Neotettonica.

Come esempio di eccessivo "peso" attribuito a possibili cause tettoniche senza un'adeguata valutazione del ruolo dei processi, possiamo riferirci al margine sud-orientale delle colline de Le Cerbaie, interpretato da Bartolini e Pranzini (1979) come scarpata di faglia (Fig. 2).

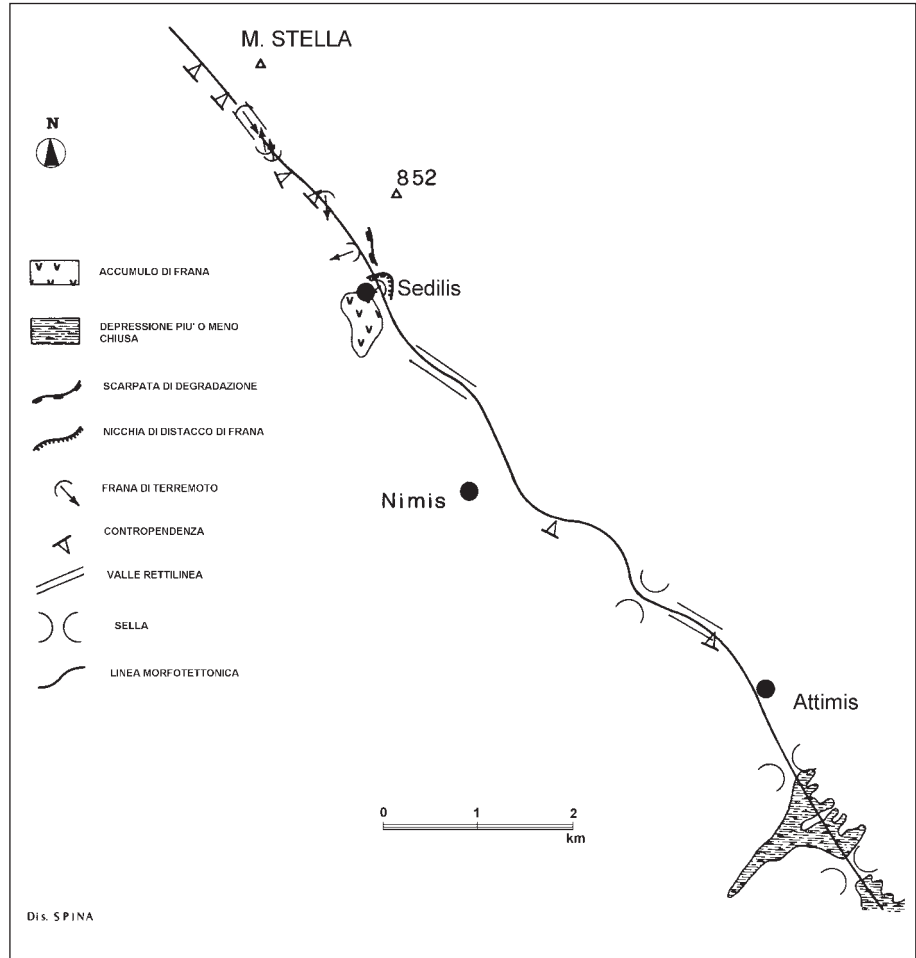


Fig. 1 - Evidenze di tettonica recente lungo la faglia di Nimis. Tutte le forme segnalate in legenda sono interpretabili anche come forme di erosione selettiva (controllo passivo della struttura sulla morfologia). Da Carton, Iacuzzi, Panizza e Vaia (1978).

*Evidences of recent tectonic activity along the Nimis fault. All features may be also interpreted as due to differential erosion (i.e. passive control exerted by the geologic structure on surface morphology). From Carton Iacuzzi, Panizza and Vaia (1978).*

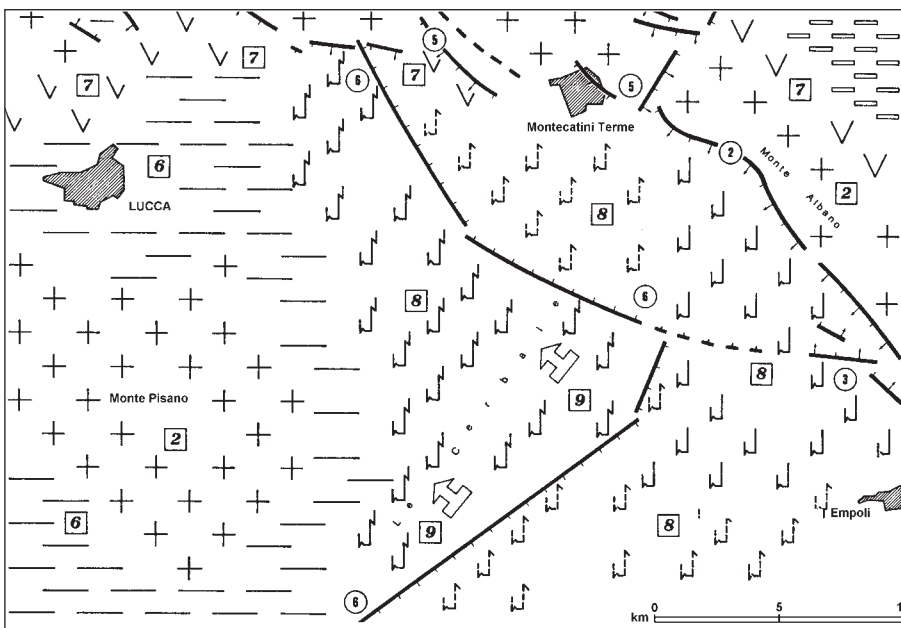


Fig. 2 - a, b - Il margine sud-orientale delle colline de Le Cerbaie, interpretato da Bartolini e Pranzini (1979) come scarpata di faglia. In assenza di prove geologiche di un sollevamento differenziale che abbia interessato i depositi "villafranchiani" sui due lati del corso dell'Arno, sarebbe stato più prudente imputare la scarpata ad erosione laterale di questo fiume e del suo affluente di destra, il Pescia.

*The southeastern margin of Le Cerbaie, interpreted by Bartolini and Pranzini (1979) as a fault scarp. Due to the lack of geological evidences of any differential uplift affecting the so called "Villafranchian" deposits on the two sides of the Arno River, it would have been safer to interpret the scarp as due to the lateral erosion of this River and of his tributary, the Pescia River, which flow alongside the scarps.*

In assenza di prove geologiche di un sollevamento differenziale che abbia interessato i depositi "villafranchiani" sui due lati del corso dell'Arno, sarebbe stato preferibile imputare la scarpata ad erosione laterale di questo fiume e del suo affluente di destra, il Pescia, che scorrono rispettivamente a SE ed Est delle faglie che delimitano verso oriente Le Cerbaie.

Il ruolo morfogenetico dell'Arno è stato invece riconosciuto, da parte degli stessi autori, a proposito delle faccette triangolari, scolpite in calcari, che orlano questo fiume a monte di Firenze (Fig. 3). Dal momento che le faccette si trovano sul lato ribassato della faglia



Fig. 3 - Faccette triangolari, scolpite in calcari, sul versante sinistro della valle dell'Arno a monte di Firenze.

*Triangular facets carved in limestone on the left hand slope of the Arno Valley, upstream to Florence.*

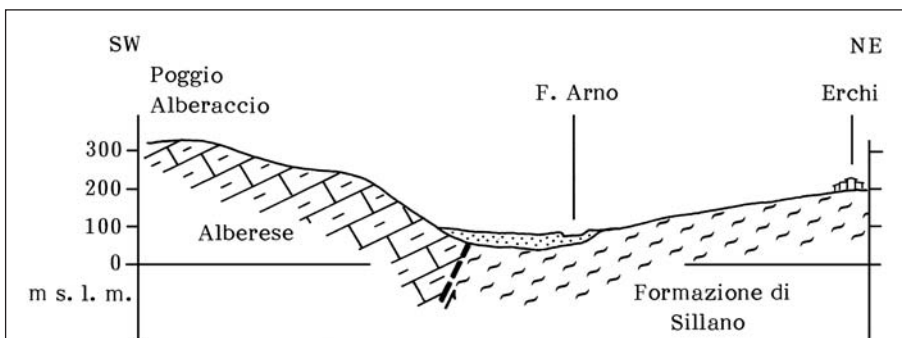


Fig. 4 - Le evidenze geologiche fanno ritenere che le faccette si trovino sul lato ribassato della faglia (a sin. nella sezione). Pertanto non sarebbero forme tettoniche ma piuttosto imputabili all'erosione al piede esercitata dal fiume. Presumibilmente modellate nel corso del Pleistocene sup., esse hanno mantenuto una buona evidenza morfologica grazie all'elevata conservatività dei calcari della Formazione di M. Morello (*vulgo* alberese). Da Bartolini e Peccerillo (2002).

*The geological evidences show that the facets lay on the downthrown side of the fault (on the left in the geological section). Therefore they appear to be originated by the lateral erosion of the river rather than being segments of a fault scarp. Although apparently carved during the Upper Pleistocene, they maintained their shape due to highly conservatory attitude of the limestone relief.*

che mette a contatto i calcari alberesi, al tetto, con la Formazione di Sillano (Fig. 4), non sarebbero forme tettoniche ma piuttosto imputabili all'erosione al piede esercitata dal fiume. Presumibilmente modellate nel corso del Pleistocene sup., esse hanno mantenuto una buona evidenza morfologica grazie all'elevata conservatività dei calcari della Formazione di M. Morello (*vulgo* alberese). L'interpretazione non è condivisa da Boccaletti *et alii* (2001), che segnalano, al piede di queste faccette, una "Major active fault". La pubblicazione citata riguarda la zonazione sismica dell'area fiorentina. La tettonica recente quale indicatore di sismicità è strumento troppo attraente per non essere coltivato anche con qualche inconsapevole forzatura.

Come esempio di quanto la prospettiva sismotettonica possa condizionare l'interpretazione morfotettonica, citiamo il caso classico del M. Parasano, in Abruzzo. Uno specchio di faglia affiora sul margine sud-occidentale. Il piano appare esposto per erosione della copertura detritica e non a seguito di una recente riattivazione della faglia. L'entità dell'esposizione varia infatti lateralmente fino ad annullarsi. Serva *et al.* (1986), Serva (1990) e Blumetti *et alii* (1993) hanno incluso la faglia fra quelle riattivate nel corso del terremoto del Fucino (1915) mentre Bosi *et al.* (1993) ritengono che la faglia, benché attiva nel Pleistocene superiore (la copertura detritica è infatti fagliata), non abbia rigiocato in occasione del terremoto.

L'interpretazione in chiave morfoselettiva della faglia del M. Parasano non è certo così scontata quanto può esserlo, ad esempio, quella della faglia di Plakias, a Creta (Fig. 5 a,b), dovuta al grande divario litologico che caratterizza muro e tetto. Le vistose variazioni laterali di esposizione del piano di faglia indicano che si tratta di una scarpata erosiva e non tettonica.

Non è comunque mai facile distinguere le cause morfoselettive da quelle tettoniche: alcune delle forme che Keller (1986) nel suo notissimo schema (Fig. 6) imputa ad attività recente di una faglia trascorrente possono parimenti prodursi per erosione selettiva. E' specificamente il caso del piccolo corso d'acqua che attraversa la faglia di San Andreas nella Carrizo Plain (Fig. 7).

#### 4. LA FASE RIFLESSIVA

Esauriti i lavori inerenti la Carta Neotettonica d'Italia, alcuni (solo alcuni) dei ricercatori che vi avevano contribuito si dedicarono ad approfondire le tematiche che in precedenza avevano utilizzato senza avere la

possibilità materiale di effettuarne una ponderata valutazione. Sono stati in particolare presi in esame, da parte di molti, i rapporti che intercorrono fra attività tettonica recente e processi erosivi e sedimentari che interagiscono con essa, consentendone un'accurata scansione temporale.



Fig. 5a, b - Scarpata di linea di faglia di Plakias (Isola di Creta) dovuta al grande divario litologico che caratterizza muro e tetto. Le vistose variazioni laterali di esposizione del piano di faglia indicano che si tratta di una scarpata erosiva e non tettonica.

*The Plakias fault line scarp (Crete) is due to the large lithologic difference between the hanging and footwall. The sizable lateral variations of the fault plane exposure point to an erosional rather than tectonic origin of the scarp.*



La casistica è assai vasta e non sintetizzabile in questa sede. Ci limitiamo a citare qualche esempio.

Ancora quando i lavori della Carta Neotettonica erano ancora in corso, Brancaccio *et al.* (1979) analizzarono l'applicazione del modello di Lehmann ai ver-

santi di faglia dell'Appennino meridionale, concludendo che è "molto difficile valutare la velocità di arretramento di un versante e risalire all'età della faglia che lo ha determinato sulla base di criteri esclusivamente geomorfologici".

Relativamente alla cosiddetta "età della faglia", pervenne invece a risultati incoraggianti qualche anno dopo Nash (1986) che tuttavia operava in un contesto assai più favorevole: l'evoluzione erosiva delle scarpate di faglia che interessano le superfici di conoidi alluvionali.

Venne pubblicato alcuni anni dopo il fondamentale contributo di Brancaccio *et al.* (1986) relativo agli "Elementi morfostrutturali ereditati nel paesaggio dell'Appennino Centro-meridionale", nel quale si afferma la possibilità che "elementi morfostrutturali ascrivibili al periodo della tettonogenesi si trasmettano al paesaggio odierno senza subire dei modellamenti erosionali tali "da conferir loro "una maturità che ne denunci l'età".

Più recentemente, anche Ascione e Cinque (1995) hanno potuto accertare che gran parte delle morfostrutture associate a faglie sono dovute ad erosione selettiva.

A scala di catena, invece, il condizionamento geodinamico del rilievo appenninico è stato recentemente messo in evidenza da Salustri Galli *et al.* (2001). La non coincidenza fra cime più alte e spartiacque appenninico ha trovato una convincente risposta, almeno nei suoi termini generali, 75 anni dopo che era stato evidenziato da Marinelli.

Nel 1993 Carraro ha sintetizzato la sua ventennale esperienza in materia delineando i criteri utilizzabili per evidenziare l'evoluzione recente di faglie. Negli esempi presentati da questo autore, lo strumento "morfotettonica" appare in molti casi inutilizzabile se non in stretta sinergia con valutazioni geologico-strutturali. Di fatto, a partire dagli anni '90, l'attività recente delle faglie viene principalmente valutata sulla base delle deformazioni indotte nei depositi ad esse associati.

Studi di dettaglio condotti su trincee in Appennino meridiona-

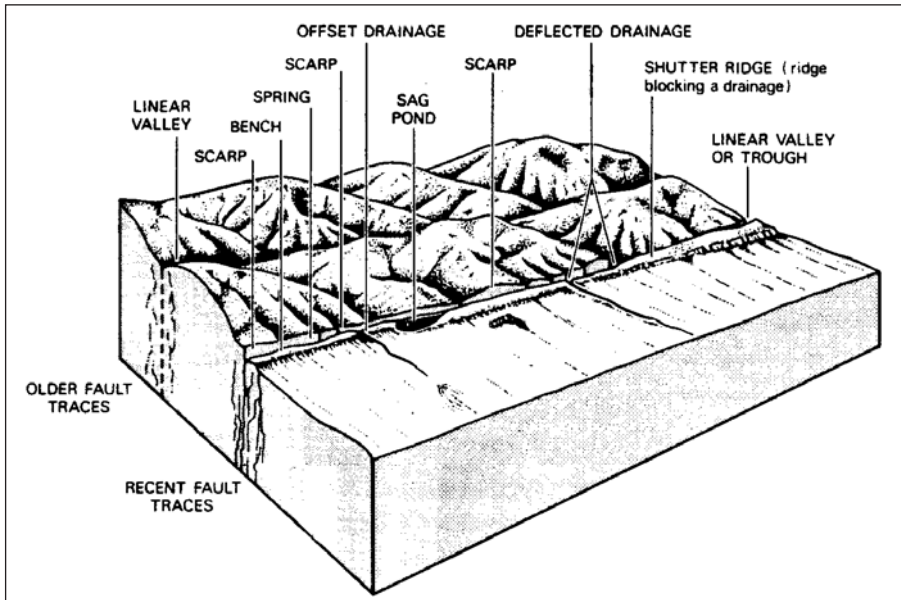


Fig. 6 - Alcune delle forme ritenute indicative di attività recente della faglia (es.: scarpate e anomalie del reticolo) possono prodursi anche per erosione selettiva. Da Keller, 1986.

*A few features reported as indicative of recent fault activity (e.g. scarps and drainage anomalies) can be produced also by differential erosion. From Keller (1986).*

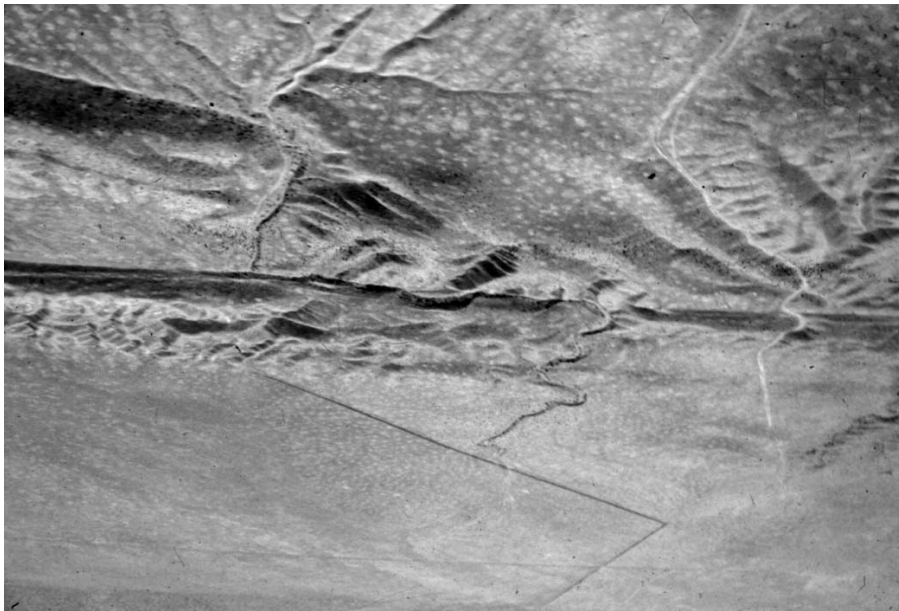


Fig. 7 - La deflessione del corso d'acqua può essere dovuta sia a cause tettoniche (il corso d'acqua subisce la trascorrenza della Faglia di San Andreas) che morfoselettive (utilizza la traccia della faglia per superare l'ostacolo e riprendere la direzione originaria del delusso) oppure ad una combinazione di cause. Foto C. Bosi.

*.The dextral deflection of the stream may be due to tectonics (the stream is deflected by the dextral slip of the San Andreas Fault), to differential erosion (the stream follows the fault line in order to be able to overcome the obstacle and then resume its former trend downhill) or to a concurrence of the two causes.*

le hanno rivelato tassi di attività generalmente maggiori di quanto l'analisi morfologica di superficie avrebbe potuto evidenziare (es. Ascione e Cinque, 1997).

Se in alcuni casi tale discrepanza può essere imputata al diverso ambito cronologico cui i due metodi di indagine fanno riferimento, e al fatto che i ritmi dell'attività tettonica non sono costanti, più in generale il divario dovrebbe ricordarci che le evidenze morfologiche dell'attività tettonica recente sono condizionate, in misura diversa e solo parzialmente quantificabile, dall'intensità dei processi erosivi.

Questi dipendono da fattori climatici, che conosciamo sommariamente nelle loro caratteristiche medie ma rispetto ai quali ignoriamo la dimensione e la cadenza degli eventi estremi - così importanti nella morfogenesi - e da fattori litologici che crediamo di conoscere ma di cui, per lo più, ignoriamo perfino i termini del problema. Prova ne siano le affermazioni del tipo "...si esclude che si tratti di erosione selettiva, dato che l'elemento morfotettonico in discussione è situato nella zona di affioramento di un'unica formazione" che non di rado compaiono sulle riviste specialistiche.

## 5. CONCLUSIONE RETROSPETTIVA

Gli approfondimenti metodologici e quindi conoscitivi cui si è pervenuti in questi ultimi anni portano a ritenere che una Carta Neotettonica d'Italia realizzata adesso avrebbe un aspetto assai diverso da quella pubblicata nel 1984 anche, ma non solo, per la maturazione di idee che ha riguardato i metodi della morfotettonica. Non è il caso, però, di rinnegare il passato: è stata proprio l'esperienza scaturita da quel Progetto a stimolare una maturazione di idee che è oggi in buona parte compiuta. Almeno così a noi sembra.

## 6. PROSPETTIVE

Vi sono alcuni metodi propri della morfotettonica che sono stati assai poco utilizzati nel nostro Paese. Pensiamo per esempio allo studio delle "unpaired strath terraces" in grado di fornire una prova dell'eccesso di capacità erosiva del corso d'acqua in rapporto al tasso di sollevamento regionale, che si traduce in erosione laterale (Merritts *et al.*, 1994). Il riconoscimento di questo tipo di terrazzi fluviali consente anche una "salutare" riflessione sul fatto che, essendo asimmetricamente posizionati ("unpaired") sui due lati della valle, i terrazzi fluviali non corrispondono a fasi differenziate nel tempo, come generalmente ci accontentiamo di credere, sono invece il risultato di un processo relativamente continuo di incisione ed erosione laterale (cfr. Fig. 1 in Santangelo, 2003). In questo ambito, la cronologia radiometrica dei terrazzi costituisce un indispensabile strumento di indagine. L'impiego degli isotopi radiogenici ha aperto, da questo punto di vista, nuove interessanti prospettive.

Anche lo studio dei dislivelli fra sistemi carsici ipogei e livello di base attuale (Piccini *et al.*, 2001 e Piccini e Drysdale, 2003) attende di essere applicato in numerosi massicci calcarei del nostro Paese.

Lo stesso vale per la possibilità di riconoscere situazioni di sollevamento differenziale in base all'analisi

dell'evoluzione del pattern idrografico (Bartolini e Fazzuoli, 1997, Bartolini e Peccerillo, 2002, Figg. 6.1.4 - 6.1.7).

In termini generali, i modelli di evoluzione del rilievo basati sull'integrazione di dati geodinamici, morfotettonici e morfoclimatici sono l'obiettivo più alto cui la nostra disciplina può contribuire. Si tratta di avere l'umiltà e la pazienza di mettere in discussione le proprie idee con colleghi di diversa formazione, uscendo dalla autoreferenzialità che ancora caratterizza molti studi di morfotettonica.

Lo schema pubblicato da Santangelo (2003) costituisce un esauriente ed aggiornato pro-memoria. Attenzione, però. Quasi tutti gli indicatori geomorfologici elencati possono avere anche una causa non tettonica, generalmente di tipo morfoselettivo.

Ma forse è proprio questa sua intrinseca ambiguità a rendere il metodo intrigante.

## LAVORI CITATI

- Anderson T.C. (1977) - *Compound faceted spurs and recurrent movement in the Wasatch Fault zone, north central Utah*. Brigham Young Univ. Geol. Stud., 24, 83-101.
- Ascione A. & Cinque A. (1995) - *L'età della tettonica trascorrente nell'Appennino campano: il contributo dell'analisi geomorfologica*. St. Geol. Camerti, Vol. Sp., 1995/2.
- Bartolini C. & Fazzuoli M. (1997) - *Ruolo della tettonica e della morfoselezione nell'evoluzione dell'idrografia nel Bacino del F. Serchio*. Il Quaternario, 10, 415 - 424.
- Bartolini C. e Peccerillo A. (2002) - *I fattori geologici delle forme del rilievo. Lezioni di geomorfologia strutturale*. II Ed. Pitagora Editrice Bologna, 216 pp.
- Bartolini C. & Pranzini G. (1979) - *Dati preliminari sulla neotettonica dei fogli 97 (S. Marcello Pistoiese), 105 (Lucca) e 106 (Firenze)*. Contributi preliminari alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia, Pubbl. n. 251 del P.F. Geodinamica, 481-523.
- Biasini A. (1966) - *Elementi morfotettonici, tratti da un rilievo fotogeologico, al margine dell'altipiano di Ovindoli (Abruzzo)*. Geol. Romana, 5, 303-312.
- Blumetti, Dramis & Michetti (1993) - *Fault-generated mountain fronts in the Central Apennines (Central Italy): geomorphological features and seismotectonic implications*. Earth Surf. Proc. Landforms, 18, 203-223.
- Boccaletti M., Corti G., Gasperini P., Piccardi L., Vannucci G. & Clemente S. (2001) - *Active tectonics and seismic zonation of the urban area of Florence (Italy)*. Pure appl. Geophys., 158, 2313-2332.
- Bosi C. (1978) - *Relazione introduttiva al tema "Neotettonica"*. Mem. Soc. Geol. It., 19, 521-534.
- Bosi C., Galadini F. & Messina P. (1993) - *Neotectonic significance of bedrock fault scarps: case studies from the Lazio-Abruzzi Apennines (Central Italy)*. Z. Geomorph. Suppl.-Bd. 94, 187-206.
- Brancaccio L., Cinque A. & Sgroso I. (1979) - *Forma e genesi di alcuni versanti di faglia in rocce carbonatiche: il riscontro naturale di un modello teorico*. Rend. Accad. Sc. Fis. Mat. Serie IV, 46, 21 pp.

- Brancaccio L., Cinque A. & Sgrosso I. (1986) - *Elementi morfostrutturali ereditati nel paesaggio dell'Appennino Centro-meridionale*. Mem. Soc. Geol. It., **35**, 869-874.
- Bucknam R.C. & Anderson R.E. (1979) - *Estimation of fault-scarp ages from a scarp-height-slope-angle relationship*. Geology, **7**, 11-14.
- Bull W.B. (1964) - *Geomorphology of segmented alluvial fans in western Fresno County, California*. U.S. Geol. Survey Prof. Paper 352-E, 89-129.
- Carraro F. (1993) - *Criteri per evidenziare l'evoluzione recente di faglie*. Il Quaternario, **6**, 15-26.
- Carton A, Iacuzzi R., Panizza M. & Vaia F. (1978) - *Segnalazione di una dislocazione neotettonica nel Friuli fra il M. Stella e il M. Forchiati di Reclus (Attimis)*. Mem. Soc. Geol. It., **19**, 563-572.
- ENEL (1981) - *Elementi di neotettonica del territorio italiano*. 95 pp.
- Hack J.T. (1973) - *Stream-profile analysis and stream-gradient index*. U.S. Geol. Survey J. Res., **1**, 421-429.
- Keller E.A. (1986) - *Investigation of active tectonics: use of surficial earth processes*. Active tectonics. Nat. Acad. Press, Washington, pp. 136-147.
- Marinelli O. (1926) - *La maggiore discordanza tra orografia e idrografia nell'Appennino*. Riv. Geogr. It., **33**, 65-74.
- Merritts D.J., Vincent K.R. & Wohl E. E. (1994) - *Long river profiles, tectonism, and eustasy: a guide to interpreting fluvial terraces*. Jour. Geoph. Res., SP. Section on Tectonics and topography, Part II, **99**, 14031 - 14050.
- Nash D.B. (1986) - *Morphologic dating and modeling degradation of fault scarps*. In: Studies in Geophysics - Active tectonics. Nat. Acad. Press, Washington, pp. 181-194
- Ouchi S. (1985) - *Response of alluvial rivers to slow tectonic active movements*. Geol. Soc. Am. Bull., **96**, 504-515.
- Salustri Galli C., Torrini A., Doglioni C. & Scrocca D. (2001) - *Divide and highest mountains vs subduction in the Apennines*. St. Geol. Camerti, **1** NS, 143-153.
- Piccini L., Drysdale R., Heijnis H., (2001) - *Karst caves morphology and sediments as indicators of the uplift history in the Alpi Apuane (Tuscany, Italy)*. Workshop "Uplift and erosion", Certosa di Pontignano (Siena), September 20 and 21, 2001. Quaternary International, 101-102 (2003), 219-227.
- Piccini L., Drysdale R. (2003) - *Vincoli morfologici e cronologici per una ricostruzione dell'evoluzione del carsismo delle Alpi Apuane*. Atti 19° Congr. Naz. Spel., Bologna, 27-31 Agosto 2003, Sottoterra, **114**, 29-34.
- Santangelo N. (2003) - *Interazione fra tettonica recente e processi geomorfici*. Il Quaternario, **16**, 27-34.
- Sauro U. (1978) - *Forme strutturali e neotettoniche nei Monti Lessini*. Gr. St. Quat. Padano, Quad. n°4.
- Segre A. (1950) - *Sulla struttura dell'arco abruzzese interno*. Contributi di Scienze Geologiche, Suppl. Ric. Scient., CNR, Roma, 1-16.
- Serva L. (1990) - *Effetti sui suoli dei terremoti antichi e recenti nella Piana del Fucino*. In: Guidoboni E. (Ed.): I terremoti prima dell'anno mille. Ist. Naz. Geof., pp. 530-536.
- Serva L., Blumetti A.M. & Michetti A.M. (1986) - *Gli effetti sul terreno del terremoto del Fucino (13 Gennaio 1915); tentativo di interpretazione della evoluzione tettonica recente di alcune strutture*. Mem. Soc. Geol. It., **35**, 256-263.
- Wallace R.E. (1977) - *Profiles and ages of young fault scarps, north-central Nevada*. Geol. Soc. Am. Bull., **88**, 1267-1281.

Ms. ricevuto il 1° giugno 2004  
 Testo definitivo ricevuto l'8 novembre 2004

Ms. received: June 1, 2004  
 Final text received: November 8, 2004.

