

NUOVI DATI GEOLOGICI E GEOFISICI SULL'ASSETTO STRUTTURALE DEI DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI DELL'ALTA VAL D'AGRI (BASILICATA)

S.I. Giano ⁽¹⁾ - V. Lapenna ⁽²⁾ - S. Piscitelli ⁽²⁾ - M. Schiattarella ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Centro di Geodinamica, Università della Basilicata, Potenza

⁽²⁾ IMAAA-CNR, Tito Scalo (Potenza)

ABSTRACT - *New geological and geophysical data on the structural pattern of the Quaternary slope deposits in the Agri high valley, southern Apennines* - Il Quaternario Italian Journal of Quaternary Sciences, 10(2), 1997, 589-594 - Quaternary folding and brittle deformations of subaerial slope deposits in the northern part of the Agri Valley (Basilicata, southern Italy) have been studied through meso- and morpho-structural analyses. The new field data are supported by a geoelectrical tomography that shows the presence of a resistive body at shallow depth. The shape of the body and the resistivity values at its boundaries suggest the existence of a push up structure buried by deformed Quaternary breccias. The results indicate that the area underwent both transpressional and transtensional tectonics during Pleistocene times. On this basis, the valley appears to be a more complex structure than a simple extensional graben, as traditionally assumed in the literature.

Parole chiave: Tettonica fragile, tomografia geoelettrica, depositi di versante, Quaternario, Appennino meridionale, Italia
Key-words: Brittle tectonics, geoelectrical tomography, subaerial slope deposits, Quaternary, southern Apennines, Italy

1. INTRODUZIONE E INQUADRAMENTO GEOLOGICO

E' stata analizzata l'evoluzione tettono-sedimentaria quaternaria di un settore dell'alta Val d'Agri (Basilicata), una depressione tettonica quaternaria perimetrata da grandi faglie bordiere ad andamento meridiano nella parte più settentrionale ed appenninico nella parte centrale. Lungo il settore meridionale dell'alta valle, infine, le faglie si orientano in direzione all'incirca E-W (Fig. 1). A questi lineamenti tettonici è stato attribuito un carattere di faglie distensive (Carbone *et al.*, 1991; Ortolani *et al.*, 1992), in parte sismogenetiche (cfr. ad es. l'evento sismico del 1857, XI grado MCS). I terreni del substrato mesozoico sono costituiti da carbonati di piattaforma e dalle formazioni afferenti alla successione calcareo-silico-marnosa dell'Appennino lucano ("Unità Lagonegresi"), che coprono un intervallo temporale dal Triassico inferiore-medio al Cretacico (Scandone, 1967).

Lungo il bordo orientale della depressione affiora un'estesa coltre di detrito di versante tettonizzato. Il rilevamento di dettaglio nei pressi dell'abitato di Galaino ha permesso di precisare la distribuzione spaziale delle breccie di versante e di stabilirne l'assetto strutturale. La coltre detritica si immerge al di sotto delle alluvioni mediopleistoceniche del fondovalle (Di Niro *et al.*, 1992). La presenza di superfici terrazzate erosionali in breccie ha permesso una datazione relativa del deposito su base geomorfologica, che risulta ascrivibile alla parte alta del Pleistocene inferiore (Di Niro & Giano, 1995). Nell'area di Galaino il substrato pre-quaternario è rappresentato dalla Formazione dei Calcari con liste e noduli di selce del Triassico superiore, in contatto tettonico con l'alternanza marnoso-argillosa cretatica dei Galestri.

2. STRATIGRAFIA ED ARCHITETTURA DEI DEPOSITI DI VERSANTE

I depositi detritici affioranti nei dintorni di Galaino e ben esposti in una cava prossima all'abitato mostrano strati ben organizzati e di diverso spessore (Fig. 2). Si osservano livelli decimetrici costituiti da breccie a supporto di matrice argilloso-sabbiosa e di colore rossastro, con clasti di dimensioni uniformi (2-3 cm) a spigoli vivi e di natura prevalentemente calcarea, che si alternano a livelli di ordine metrico rappresentati da breccie eterometriche clasto-sostenute, con elementi a spigoli vivi di 20-30 cm. Verso l'alto la continuità stratigrafica della successione è interrotta da un paleosuolo che raggiunge i due metri di spessore. Una superficie di erosione separa infine il paleosuolo da breccie di versante recenti caratterizzate da una facies più massiva.

Lateralmente le breccie pre-paleosuolo passano a depositi meno grossolani e con interstrati sabbiosi. Tale successione, spessa all'incirca otto metri dal p.c., presenta un aspetto stratoide, con elementi di taglia più uniforme rispetto alle breccie prima descritte. E' formata da clasti a spigoli vivi immersi in una matrice sabbioso-argillosa di colore ocra e di natura silicea. Le dimensioni dei clasti variano dal millimetro a 1-2 cm mentre la loro natura è poligenica. Gli elementi di dimensioni maggiori sono in prevalenza calcarei, mentre quelli di dimensioni minori — percentualmente più abbondanti — sono silicei. Il deposito appare leggermente inclinato verso monte di circa 20° e interessato da faglie dirette con giacitura media N10°W 50°NE e rigetto da centimetrico a decimetrico.

Le due unità litostratigrafiche sono qui interpretate come facies eteropiche attualmente accostate, nell'area

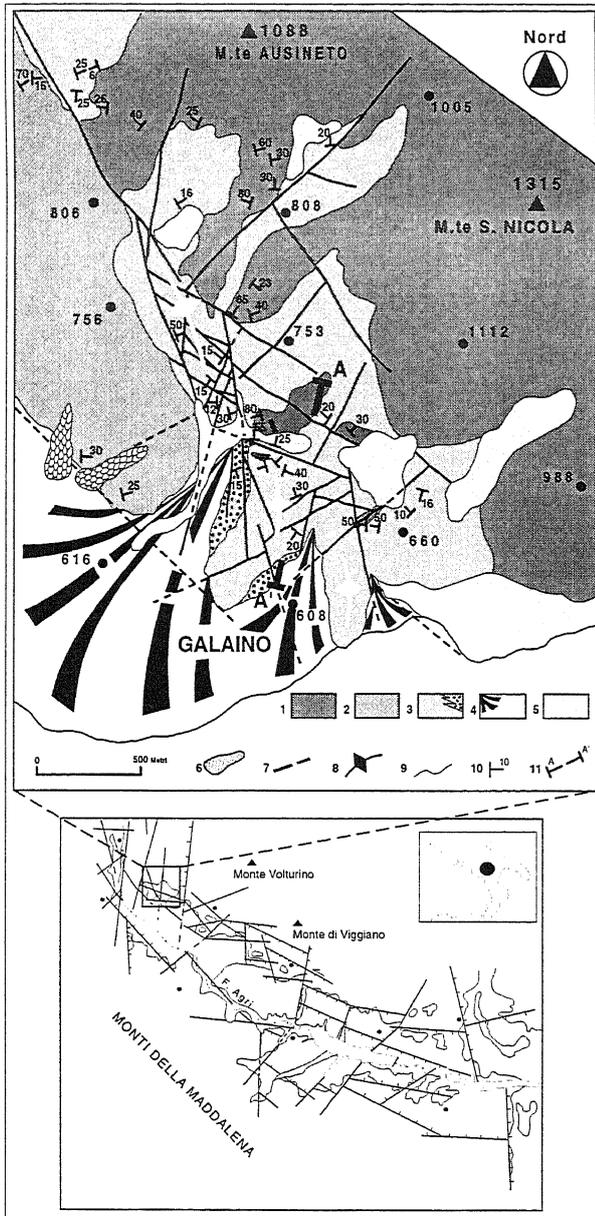


Fig. 1 - Carta geologica dell'area di Galaino. Legenda: 1. Formazione dei Calcarei con Selce (Triassico superiore); 2. Formazione dei Galestri (Cretacico inferiore-medio); 3. Detrito di versante antico (Pleistocene inferiore-medio); 4. Alluvioni di fondovalle (Pleistocene medio-superiore); 5. Coperture detritiche recenti e/o colluvioni (Olocene); 6. Detrito di frana; 7. Faglia certa o presunta; 8. Asse di anticlinale; 9. Limite stratigrafico; 10. Giacitura di strato; 11. Traccia della sezione geologica e della pseudosezione di resistività. Nel riquadro in basso sono riportate le principali faglie ad alto angolo dell'alta Val d'Agri.

Geological map of the Galaino area. Legend: 1. Calcarei con Selce Formation (upper Triassic); 2. Galestri Formation (lower-middle Cretaceous); 3. Ancient slope breccias (lower-middle Pleistocene); 4. Alluvial deposits of the valley floor (middle-upper Pleistocene); 5. Recent debris slope deposits and colluvium (Holocene); 6. Landslide deposits; 7. Fault; 8. Anticline axis; 9. Stratigraphic boundary; 10. Attitude of the beds; 11. Trace of geological cross-section and resistivity pseudosection. The lower sketch shows the structural framework of the Agri high valley.

della cava, da una faglia ad alto angolo parallela al linea-mento principale con orientazione N120°. Le breccie

basali appaiono dislocate e ruotate con inclinazioni verso monte che variano da 40° a 70° (Fig. 2). Il paleosuolo presenta una giacitura sub-orizzontale, mentre le breccie a tetto di questo mostrano un'inclinazione verso valle di alcune decine di gradi. Si osserva dunque un'architettura da discordanza progressiva nelle breccie più antiche, pertanto interpretabili come deposito sintettonico (Fig. 3). Questo assetto, fossilizzato dal paleosuolo, è generato dall'attività di una delle faglie principali con direzione N120°, responsabili della strutturazione "a gradinata" della valle.

Il detrito di versante forma in pianta delle strette e lunghe dorsali orientate in direzione all'incirca meridiana, disseccate lateralmente da corsi d'acqua di ordine gerarchico inferiore. Nella cava affiora il substrato pre-quaternario rappresentato da strati di calcari con liste e noduli di selce del Triassico superiore, fortemente deformati e verticalizzati. Le dorsali in breccie corrispondono a piccole strutture costituenti delle anticlinali ad ampio raggio di curvatura.

3. ANALISI DELLA DEFORMAZIONE FRAGILE

Sulle breccie di versante è stata condotta un'analisi mesostrutturale della deformazione fragile. I dati raccolti sono stati rappresentati in proiezione stereografica (Fig. 4). I piani di faglia rilevati nell'intero corpo detritico sono raggruppati in due famiglie principali con direzione N-S ed E-W. Sono tuttavia presenti diverse mesofaglie orientate in direzione NW-SE (N120-130°), congruenti con le strutture tettoniche di ordine superiore presenti lungo il bordo della depressione e mostranti in pianta una disposizione *en échelon*. In qualche caso sono stati collezionati anche indicatori cinematici rappresentati da strie meccaniche, fibre di calcite sintettonica e docce di erosione tettonica, che mostrano evidenze di movimenti lungo direzione. In particolare le mesofaglie rilevate nel detrito più antico, orientate in direzione NW-SE e quindi parallele al bordo della depressione tettonica, mostrano una cinematica di taglio sinistro, mentre quelle nel paleosuolo argilloso-sabbioso, con analoga orientazione, presentano carattere di transtensione destra.

4. PROSPEZIONE GEOFISICA

Al fine di fornire un quadro più completo sulla distribuzione e sui rapporti in profondità del substrato pre-quaternario e del detrito di versante, è stata eseguita una pseudosezione di resistività o tomografia geoelettrica dipolare (Parasnis, 1986) lungo un profilo che si estende perpendicolarmente al versante in studio (Fig. 5).

Data la complessità geologica dell'area investigata, la tecnica geoelettrica della tomografia dipolare di superficie risulta più efficace dei convenzionali sondaggi geoelettrici verticali. Si ottiene infatti un'immagine ad alta risoluzione della resistività apparente lungo il piano della sezione verticale passante per il profilo scelto (Coppola *et al.*, 1994).

L'acquisizione dei dati geoelettrici è stata eseguita con un geresistivimetro della SYSCAL. Per ridurre la



Fig. 2 - Affioramento delle breccie di versante infrapleistoceniche in una cava nei pressi di Galaino. Sulla sinistra sono visibili le breccie quasi verticalizzate con al nucleo i calcari con selce triassici, mentre sulla destra affiorano le breccie eteropiche in contatto tettonico con le precedenti. Si noti la discordanza progressiva nelle breccie e la superficie di erosione sommitale.

Lower Pleistocene breccias outcropping in a quarry not far from Galaino village: on the left, tilted breccias laying over verticalized beds of triassic cherty limestone; on the right, heteropic deposits joined to the previous ones by a vertical fault. Note the syntectonic architecture of the Quaternary breccias and the erosional top surface.

possibile influenza di disturbi stazionari e/o casuali, la stima del segnale utile di tensione è stata effettuata con tecniche statistiche avanzate (Lapenna *et al.*, 1994).

Nella tomografia è evidente una marcata variabilità laterale della resistività apparente con passaggi alquanto bruschi da zone conduttive ad altre resistive. I valori di resistività variano da poche decine di Ωm a poco più di $800 \Omega\text{m}$.

La zona più conduttiva ($50\text{-}100 \Omega\text{m}$) è associabile alla presenza di una falda acquifera nei litotipi calcarei molto fratturati. Dall'analisi della pseudosezione risulta inoltre ben evidente la presenza di un corpo resistivo ($300\text{-}800 \Omega\text{m}$) che rappresenta un cuneo di substrato pre-quaternario (calcari con selce triassici) sepolto dai depositi quaternari (cfr. Figg. 3 e 5).

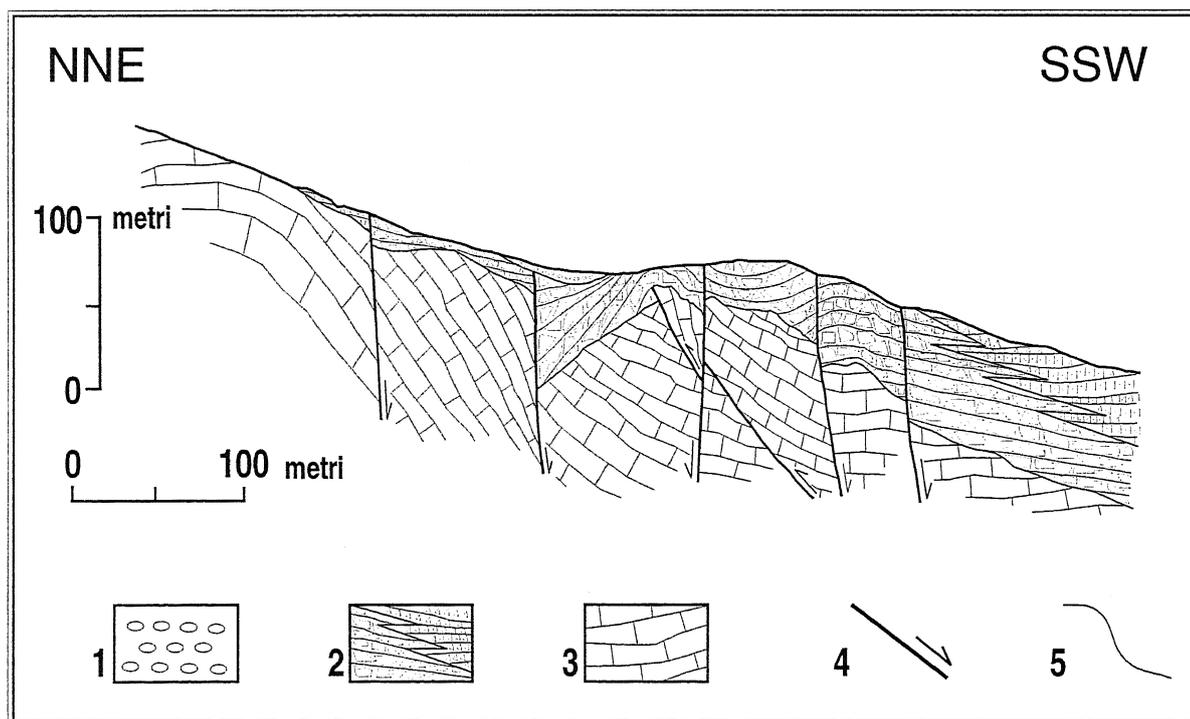


Fig. 3 - Sezione geologica attraverso le breccie di Galaino (la traccia di sezione è riportata in Fig. 1). Legenda: 1. Depositi colluviali (Olocene); 2. Breccie di versante antiche (Pleistocene inferiore-medio); 3. Formazione dei Calcari con Selce (Triassico superiore); 4. Faglia; 5. Limite stratigrafico.

Geological cross-section of the Galaino area (the trace of the section is shown in Fig. 1). Legend: 1. Colluvium (Holocene); 2. Ancient slope deposits (lower-middle Pleistocene); 3. Calcarei con Selce Formation (upper Triassic); 4. Fault; 5. Stratigraphic limit.

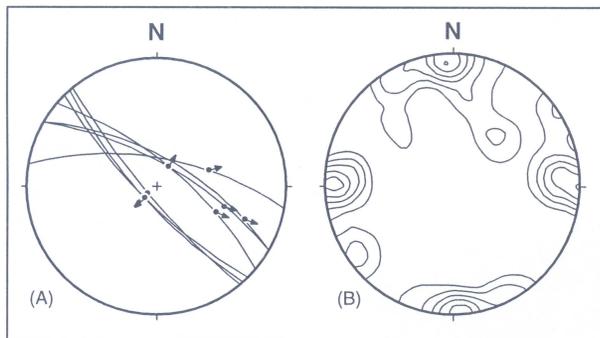


Fig. 4 - Stereogrammi delle faglie nei depositi quaternari di Galaino. A) Faglie rilevate nel paleosuolo (reticolo di Wulff, emisfero inferiore, $N = 7$); B) Diagramma di densità dei poli delle faglie nei depositi di versante (reticolo di Schmidt, emisfero inferiore, $N = 32$, max = 7.3%, isolinee all'1%).

Stereoplots of the faults surveyed in the Quaternary deposits of Galaino. A) Faults measured in the paleosoil (Wulff net, lower hemisphere, $N = 7$); B) Density diagram of the fault planes in the continental slope deposits (Schmidt net projection, lower hemisphere, $N = 32$, max density = 7.3%, contour at 1%).

taglio sinistro, suggeriscono che la deformazione delle brecce di versante di Galaino si sia consumata in un contesto di tettonica trascorrente sinistra. Tuttavia l'esistenza di faglie con cinematica transtensiva destra nel paleosuolo a tetto delle brecce più antiche denuncia un successivo stadio che ha generato la strutturazione estensionale del bacino in tempi mediopleistocenici.

L'area di Galaino appare collocata lungo una deviazione meridiana della direttrice principale con direzione $N120^\circ$, che ha permesso la creazione di strutture transpressive durante il Pleistocene inferiore. La compressione ha prodotto un'inversione del rilievo che in superficie ha generato un sollevamento di quota delle brecce di versante con la formazione di ampie strutture anticlinali. Queste sono state terrazzate e reincise dal reticolo idrografico in cicli morfogenetici successivi (Di Niro & Giano, 1995) innescati dalla tettonica transtensiva agente a partire dal Pleistocene medio (Fig. 6).

In conclusione, i caratteri geologici e geofisici dell'area hanno permesso di definire l'esistenza di una

Loc. Galaino (Val d'Agri, Basilicata)

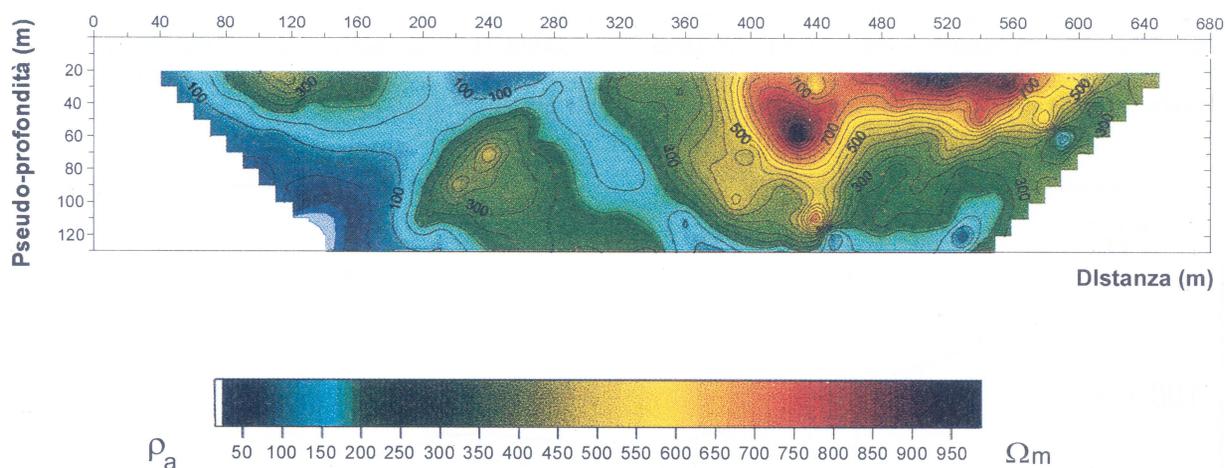


Fig. 5 - Pseudosezione di resistività o tomografia geoelettrica dipolare lungo un profilo che si estende perpendicolarmente al versante in studio (la traccia di sezione è riportata in Fig. 1). Le fasce a bassa resistività sono state interpretate come zone di taglio fragili.

Geoelectrical tomography ("resistivity pseudosection") along a transect perpendicular to the investigated slope area (the trace of the section is shown in Fig. 1). Low resistivity bands have been interpreted as brittle shear zones.

5. INTERPRETAZIONE E CONCLUSIONI

Le relazioni spaziali esistenti tra la direzione delle faglie maestre del bordo orientale dell'alta Val d'Agri — orientate all'incirca $N120^\circ$ — e l'andamento morfostrutturale delle dorsali in brecce che rappresentano delle anticlinali ad ampio raggio di curvatura con asse meridiano, unitamente all'esistenza di specchi di faglia in terreni mesozoici ed in brecce infrapleistoceniche con indicazioni di movimenti lungo direzione con senso del

zona di trascorrenza sinistra che ha determinato il piegamento delle brecce basali ed ha generato una struttura a fiore positiva nel substrato pre-quaternario durante il Pleistocene inferiore. L'area è stata successivamente interessata dalla distensione che si è esplicitata lungo le stesse direttrici strutturali. Le faglie con direzione $N120^\circ$ rappresentano elementi a diffusione regionale (Turco *et al.*, 1990; Cinque *et al.*, 1993; Catalano *et al.*, 1993; Schiattarella, 1996) e sono state responsabili anche della strutturazione dell'alta Val d'Agri attivandosi con

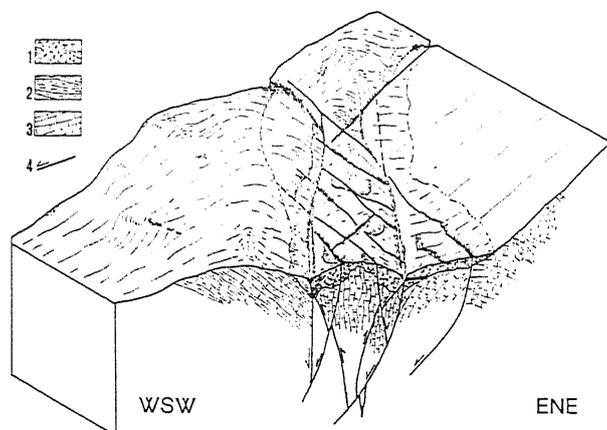


Fig. 6 - Block-diagram interpretativo dell'area di studio. Legenda: 1. Breccie di versante; 2. F.ne dei Galestri; 3. F.ne dei Calcari con Selce; 4. Faglie con relativa componente di movimento lungo immersione. Le scarpate di faglia nelle breccie antiche sono orientate in direzione N120° e mostrano cinematica estensionale. L'architettura del deposito che forma lunghe dorsali orientate in senso meridiano evidenzia una deformazione sinsedimentaria più antica delle faglie distensive, legata ad una deviazione della faglia principale trascorrente sinistra con direzione N120°.

Interpretative block-diagram of the studied area. Legend: 1. Continental slope deposits; 2. Galestri Formation; 3. Calcari con Selce Formation; 4. Faults and respective dip-slip components. Fault scarps in the ancient breccias are N120° striking and show extensional kinematics. The architecture of the syn-tectonic deposits forming N-S trending ridges shows a deformation older than the extensional faults, which is linked to a stepover of the N120° trending left-lateral strike-slip fault.

cinematiche differenti durante più stadi deformativi come già sostenuto su base morfostrutturale da Di Niro & Giano (1995) e come mostrato da vari Autori per diversi settori dell'Appennino meridionale (Ascione *et al.*, 1992; Caiazza *et al.*, 1992; Russo & Schiattarella, 1992; Monaco, 1993; Schiattarella *et al.*, 1994; Schiattarella, 1996; Perri & Schiattarella, 1997).

BIBLIOGRAFIA

- Ascione A., Cinque A. & Tozzi M., 1992 - *La valle del Tanagro (Campania): una depressione strutturale ad evoluzione complessa*. Studi Geol. Camerti, vol. spec. **1992/1**, 209-219.
- Caiazza C., Giovine G., Ortolani F., Pagliuca S., Schiattarella M. & Vitale C., 1992 - *Genesi ed evoluzione strutturale della depressione tettonica dell'alta valle del Fiume Sele (Appennino campano-lucano)*. Studi Geol. Camerti, vol. spec., **1992/1**, 245-255.
- Carbone S., Catalano S., Lazzari S., Lentini F. & Monaco C., 1991 - *Presentazione della carta geologica del bacino del Fiume Agri (Basilicata)*. Mem. Soc. Geol. It., **47**, 129-143.
- Catalano S., Monaco C., Tortorici L. & Tansi C., 1993 - *Pleistocene strike-slip tectonics in the Lucanian Apennines (Southern Italy)*. Tectonics, **12**, 656-665.
- Cinque A., Patacca E., Scandone P. & Tozzi M., 1993 -

- Quaternary kinematic evolution of the Southern Apennines. Relationship between surfaces geological features and deep lithospheric structures*. Ann. Geofis., **36**, 249-259.
- Coppola B., Lapenna V., Mancini M. & Patella D., 1994 - *Application of unconventional geoelectrical methods to the hydrogeological examination of the Mt. S. Croce rock formations (Umbria, Italy) involved in a railway tunnel project*. Ann. Geofis., **37**, 1251-1267.
- Di Niro A. & Giano S.I., 1995 - *Evoluzione geomorfologica del bordo orientale dell'alta Val d'Agri (Basilicata)*. Studi Geol. Camerti, vol. spec., **1995/2**, 207-218.
- Di Niro A., Giano S.I. & Santangelo N., 1992 - *Primi dati sull'evoluzione geomorfologica e sedimentaria del bacino dell'alta val d'Agri (Basilicata)*. Studi Geol. Camerti, vol. spec. **1992/1**, 257-263.
- Lapenna V., Macchiato M., Patella D., Satriano C., Serio C. & Tramutoli V., 1994 - *Statistical analysis of non-stationary voltage recordings in geoelectrical prospecting*. Geophysical Prospecting, **42**, 917-952.
- Monaco C., 1993 - *Pleistocene strike-slip tectonics in the Pollino mountain range (Southern Italy)*. Ann. Tect., **7**, 100-112.
- Ortolani F., Pagliuca S., Pepe E., Schiattarella M., Toccaceli R.M., 1992 - *Active tectonics in the Southern Apennines: Relationships between cover geometries and basement structure. A hypothesis for a geodynamic model*. IGCP N° 276, Newsletter, **5**, 413-419.
- Parasnis D.S., 1986 - *Principles of Applied Geophysics*. Chapman & Hall.
- Perri E & Schiattarella M., 1997 - *Evoluzione tettonica quaternaria del bacino di Morano Calabro (Catena del Pollino, Calabria settentrionale)*. Boll. Soc. Geol. It., **116**, 3-15.
- Russo F. & Schiattarella M., 1992 - *Osservazioni preliminari sull'evoluzione morfostrutturale del bacino di Castrovillari (Calabria settentrionale)*. Studi Geol. Camerti, vol. spec., **1992/1**, 271-278.
- Scandone P., 1967 - *Studi di geologia lucana: la serie calcareo-silico-marnosa e i suoi rapporti con l'Appennino calcareo*. Boll. Soc. Natur. Napoli, **76**, 1-175.
- Schiattarella M., Torrente M.M. & Russo F., 1994 - *Analisi strutturale ed osservazioni morfostratigrafiche nel bacino del Mercure (Confine Calabro-Lucano)*. Il Quaternario, **7**, 613-626.
- Schiattarella M., 1996 - *Tettonica della Catena del Pollino (confine calabro-lucano)*. Mem. Soc. Geol. It., **51**, 543-566.
- Turco E., Maresca R. & Cappadona P., 1990 - *La tettonica plio-pleistocenica del confine calabro-lucano: modello cinematico*. Mem. Soc. Geol. It., **45**, 519-529.

*Ms. ricevuto il: 22. 4. 1997
 Inviato all'A. per la revisione il: 23. 9. 1997
 Testo definitivo ricevuto il: 19. 11. 1997
 Ms received: Apr. 22, 1997
 Sent to the A. for a revision: Sept. 23, 1997
 Final text received: Nov. 19, 1997*