

Nuovi dati su geometria, cinematica e segmentazione del sistema di faglie attive lungo il margine nord-orientale del Matese (Molise)

FEDERICA FERRARINI (*), PAOLO BONCIO (**), GERARDO PAPPONE (°), MASSIMO CESARANO (*),
PIETRO P.C.AUCELLI (°)

NEW DATA ON GEOMETRY, KINEMATICS AND SEGMENTATION OF THE ACTIVE NORMAL FAULT SYSTEM ALONG THE NORTH-EASTER BORDER OF THE MATESE MTS. (MOLISE)

The presence of N-to-NE-dipping active normal faults along the north-eastern border of the Matese Mts is documented in the existing literature but the displacements accumulated by the normal faults during their activity and the segmentation pattern are largely unconstrained. Moreover, only few data, mostly collected in the southern termination of the system, constrain the late-Quaternary slip-rate. We present the results of a detailed structural-geological survey aimed to constrain the displacements and segmentation of the system. Late-Quaternary slip-rates are estimated by measuring the fault scarps which displace mountain slopes mostly formed during the retreat phase of the last glacial maximum (ca. 18 ka). Fault displacements can be constrained in the central-northern part of the system (M. Patalecchia – S. Massimo), with values varying, from N to S, from 300 m (Piana de Il Lago) to 690 m (M. Patalecchia) to 50 m (S. Massimo). The fault scarp heights, measured along the entire system, suggest minimum throw-rates ranging from 0.8 to 1.4 mm/a for the last 18 ka.

Key words: *Active tectonics, Matese Mts., normal fault, segmentation, slip-rates.*

INTRODUZIONE

Il Bacino di Bojano è una depressione strutturale allungata in senso NO-SE, impostata lungo il margine settentrionale del Massiccio del Matese. La fase tettonica che ha condotto alla sua attuale strutturazione risale a non prima del Pleistocene Medio (RUSSO & TERRIBILE, 1995; DI BUCCI *et alii*, 2005), in concomitanza dell'ultimo episodio deformativo che, in ordine di tempo, ha interessato questo settore.

L'area è sede storicamente di eventi sismici distruttivi (Terremoto di S. Anna, 1805, $M_{aw} = 6.57$ da GRUPPO DI LAVORO CPTI, 2004; ESPOSITO *et alii*, 1987) e di una sismicità diffusa caratterizzata da sequenze sismiche di bassa energia (1986, 1990, 1997, 2001), localizzate in prossimità del suo margine nord-orientale (ALESSIO *et alii*, 1987; MILANO *et alii*,

2005) ed in aree adiacenti (Sannio) comunque molto prossime alla piana (MILANO *et alii*, 1999; VILARDO *et alii*, 2003).

Il riconoscimento di strutture ritenute attive nel tardo Pleistocene-Olocene, e possibilmente responsabili della sismicità dell'area, è già stato segnalato da vari autori (ASCIONE *et alii*, 1998; CINQUE *et alii*, 2000; BLUMETTI *et alii*, 2000; GALLI & GALADINI, 2002; GUERRIERI *et alii*, 1999; MASCHIO, 2003; DI BUCCI *et alii*, 2005) ma solo su alcuni segmenti (GALLI & GALADINI, 2002; GUERRIERI *et alii*, 1999) sono stati stimati i possibili valori di *slip-rate* nel tardo Quaternario. Nella presente nota si vogliono riportare i risultati di parte della ricerca condotta nell'ambito di un dottorato che ha previsto, tra le diverse finalità, l'analisi di dettaglio di strutture potenzialmente sismogenetiche, ritenute tali sulla base delle segnalazioni presenti in letteratura o di nuove evidenze di tettonica attiva. Lo studio condotto ha consentito di valutare i rigetti stratigrafici lungo un sistema di faglie che si sviluppa dal versante nord-orientale del M. Patalecchia a Guardiaregia. La realizzazione di profili topografici, secondo una metodologia già applicata in altre aree dell'Appennino centro-meridionale (MOREWOOD & ROBERTS, 2000) ha consentito, lungo i segmenti sospetti, di stimare gli *slip-rates* di lungo termine tardo-quaternari, fornendo dati inediti in un'area considerata ad elevato rischio sismico.

ASSETTO TETTONICO

Il rilevamento geologico-strutturale di dettaglio, ha interessato faglie che ricadono in due settori prossimi alla piana di Bojano. Il primo comprende il versante nord-orientale del M. Patalecchia e de La Difenzola, il versante orientale di Colle di Mezzo ed il settore compreso tra gli abitati di Roccamandolfi e Cantalupo del Sannio. Nel secondo, invece, ricade l'area compresa tra gli abitati di Bojano e Guardiaregia.

In entrambi affiorano sedimenti riferibili ad una ambiente deposizionale di piattaforma/rampa carbonatica e di transizione a bacino (D'ARGENIO *et alii*, 1972) i quali coprono un intervallo stratigrafico che, nell'area indagata, va dal Giurassico Superiore al Miocene Medio (PROGETTO CARG, F. 408, CAMPOBASSO; DE CORSO *et alii*, 1998). Seguono sedimenti calcareo-marnosi di ambiente neritico (SELLI, 1957) e le sequenze calcarenitico-argilloso-arenacee di avanfossa del Tortonian Superiore-Messiniano Inferiore (PROGETTO CARG, F. 408, CAMPOBASSO, PATACCA *et alii*, 1992).

(*) Dipartimento S.T.A.T. – Università degli Studi del Molise, Contrada Fonte Lappone, 86090 Pesche (Isernia).

(**) Laboratorio di Geodinamica e Sismogenesi, Dip. Scienze della Terra, Università «G. d'Annunzio» - Via dei Vestini, 30, 66013 Chieti Scalo, Chieti. Tel. 0871/3556456

(°) Dipartimento di Scienze per l'Ambiente, Università degli Studi di Napoli "Parthenope", Centro Direzionale-Isola C4, Napoli. Tel. 081/5476663.

Il settore è stato coinvolto nella deformazione compressiva terziaria a partire dal Miocene Superiore (PATACCA *et alii*, 1992; FERRANTI, 1994; SCROCCA *et alii*, 1995; FESTA *et alii*, 2006); le pieghe ed i sovrascorrimenti derivanti da questa fase tettonica sono state successivamente dislocate da faglie trascorrenti del Pliocene Superiore-Pleistocene Inferiore. L'assetto tettonico attuale vede un substrato carbonatico fortemente disseccato da faglie variamente orientate (N-S, E-O, NE-SO) (NASO *et alii*, 1989; CORRADO *et alii*, 1998; DI BUCCI *et alii.*, 1999). A queste, si sono sovrapposti lineamenti diretti con orientazione appenninica (NO-SE), risultato dell'ultimo evento distensivo che ha investito il settore riutilizzando, dove possibile, le discontinuità ereditate dalle precedenti fasi tettoniche.

EVIDENZE DI TETTONICA ATTIVA E SLIP-RATES DI LUNGO TERMINE TARDO QUATERNARI.

Secondo BRANCACCIO *et alii* (1979), la storia morfo-evolutiva del Bacino di Bojano segue una prima fase tettonica estensionale che ha interessato, nel Pleistocene Inferiore, il Matese settentrionale portando alla formazione del Bacino lacustre di S. Massimo. A questa prima fase tettonica segue quella che, tra la fine del Pleistocene Inferiore e gli inizi del Pleistocene Medio, avrebbe portato alla formazione di una nuova depressione, morfologicamente incastrata nella prima e con l'assetto morfo-tettonico attuale (RUSSO & TERRIBILE, 1995). Recentemente DI BUCCI *et alii* (2005) forniscono un'età di circa 620 ka per il materiale vulcanoclastico rinvenuto nei depositi lacustri sospesi lungo il versante prospiciente la piana, nei pressi di S. Massimo. Tale datazione permette di vincolare l'attività delle faglie responsabili della formazione dell'attuale bacino, ad un periodo successivo a 620 ka.

Il rilevamento è stato concentrato lungo strutture già segnalate in letteratura o ritenute sospette sulla base di dati inediti derivanti dall'attività di ricerca del dottorato. Queste sono state raggruppate nei sistemi **MPSM** (M. Patalecchia-S.Massimo) e **BG** (Bojano-Guardiaregia). Su entrambi i sistemi rilevati, sono state rinvenute, in più punti, brecce di versante cementate chiaramente dislocate, come lungo il versante nord-orientale del M. Patalecchia, prospiciente la Piana de Il Lago (già segnalate in BLUMETTI *et alii*, 2000), sul versante orientale di Colle di Mezzo ed in prossimità di Bojano (già segnalate in GALLI & GALADINI, 2002). Queste si rinvenivano, spesso, ad una quota più bassa rispetto alle stesse citate in BRANCACCIO *et alii* (1979) coeve dei depositi lacustri. È ragionevole pensare che esse siano il prodotto del modellamento dei versanti quando la nuova depressione si stava generando.

È possibile ritenere, quindi, che le strutture che le hanno fagliate si siano generate, o abbiano agito riutilizzando vecchie discontinuità, in un periodo successivo 620 ka. Lungo la faglia che borda il versante nord-orientale del M. Patalecchia è stato rinvenuto, inoltre, del materiale vulcanoclastico riferibile all'evento conosciuto in letteratura come "Tufo Giallo Napoletano" (Dott.ssa P. Petrosino, comunicazione personale, 15.000-12.000 in DEINO *et al.*, 2004; DI VITO *et al.*, 1999),

intercalato al detrito di versante all'hangingwall della faglia stessa e localmente dislocato da uno *splay* sintetico. E'

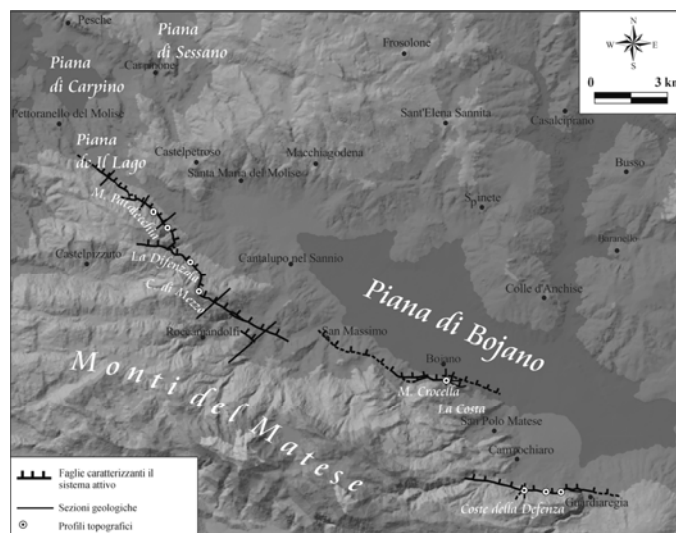


Fig. 1 – Geometria del sistema attivo lungo il margine nord-orientale del Massiccio del Matese.

possibile, quindi, affermare che l'attività della faglia sia sicuramente tardo-quadernaria.

Sulla base dei dati acquisiti e delle evidenze sopra citate, si ritiene che tutto il sistema attivo caratterizzato si presenti con la geometria riportata in Fig.1. Essa segue un trend prevalentemente appenninico nel settore più settentrionale investigato mentre in quello più meridionale prevede il riutilizzo di discontinuità tettoniche preesistenti, in prevalenza con orientazione E-O.

Lungo i vari segmenti è stato effettuato un rilevamento strutturale di dettaglio che ha consentito di caratterizzarli cinematicamente evidenziando, in molti punti, una estensione orientata in senso NE-SO. Sono state realizzate sezioni geologiche che hanno consentito di stimare i rigetti stratigrafici, soprattutto lungo il sistema MPSM. I rigetti partono da valori di circa 300 m (in corrispondenza della Piana de Il Lago), per passare a 690 in corrispondenza del M. Patalecchia e diminuire gradualmente fino ad un valore di circa 50 m in prossimità di S. Massimo. In corrispondenza del sistema BG, invece, il calcolo dei rigetti stratigrafici risulta difficoltoso per la carenza di dati relativamente alla profondità del substrato carbonatico sotto i depositi lacustri il cui spessore è stimato, in RUSSO & TERRIBILE (1995), in almeno 160m.

L'interpretazione di pozzi E.R.I.M (Ente per le risorse idriche molisane) e della cassa del Mezzogiorno proposta in CASCIELLO *et alii* (2002) fornisce un valore minimo di dislocazione del substrato carbonatico di circa 100. Sulla base del rilevamento geologico recentemente effettuato, in prossimità dell'ubicazione del pozzo interpretato dagli autori sopra citati, affiorano calcari riferibili al Cretacico Superiore. Pur volendo estrapolare questo dato, non è possibile, tuttavia, valutare l'entità effettiva della dislocazione non affiorando il limite degli stessi con i calcari del Cretacico Inferiore, né al footwall né all'hangingwall. Le stesse considerazioni possono essere fatte in prossimità del segmento di Campochiaro, dove all'hangingwall della faglia, non si conosce l'effettivo spessore

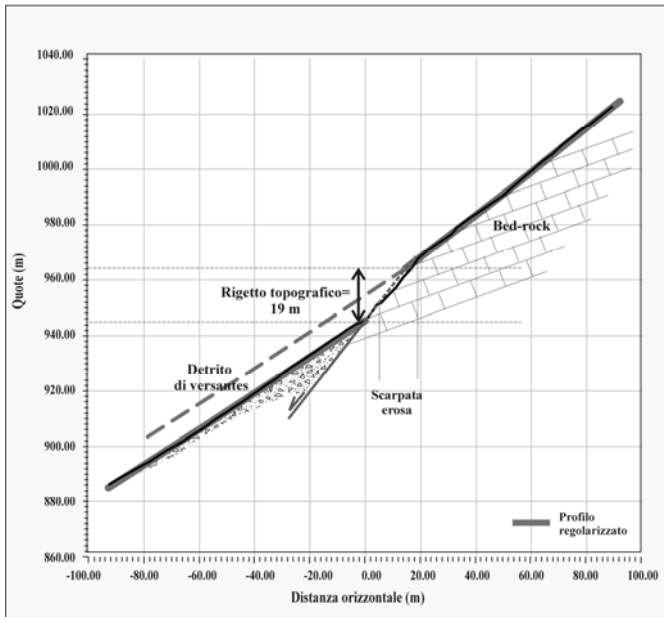


Fig. 2 – Esempio di profilo topografico realizzato attraverso la scarpata di faglia del M. Patalecchia

dei sedimenti di avanfossa in appoggio discordante sul substrato carbonatico (SGROSSO, 1963).

Per poter stimare i tassi di movimento nel tardo-quadernario delle faglie reputate attive sono stati realizzati 8 profili topografici perpendicolari alle faglie dirette, che consentissero di stimare l'entità del rigetto topografico su un versante regolarizzato in seguito all'ultima fase di modellamento post-glaciale (circa 18 ka). In figura 2 viene riportato il profilo misurato nei pressi del M. Patalecchia dove sono riconoscibili le linee di involuppo del versante regolarizzato dislocato dalla faglia.

Sulla base dell'entità della dislocazione è stato possibile calcolare gli *slip-rates* di lungo termine tardo-quadernario relativamente ad ogni segmento. Precedenti studi sulla Piana di Bojano ed aree attigue, riportano valori di *slip-rates*, calcolati su un periodo che va dal Pleistocene Superiore all'Olocene, variabili tra 0.1 e 1.0 mm/a (GUERRIERI *et alii*, 1999; CINQUE *et alii*, 2000; GALLI & GALADINI, 2002; MASCHIO, 2003). I valori da noi calcolati oscillano tra 0.8 e 1.4 mm/a di componente verticale minima dello *slip-rate* per gli ultimi 18 ka.

BIBLIOGRAFIA

- ALESSIO, G., GODANO, C., GORINI, A. AND RICCIARDI, G.P. (1987). *Studio della sequenza sismica del Gennaio 1986 presso Isernia*. Memorie della Società Geologica Italiana, **37**, 253-266.
- ALESSIO, G., GODANO, C., GORINI, A. AND RICCIARDI, G.P. (1987). *Studio della sequenza sismica del Gennaio 1986 presso Isernia*. Memorie della Società Geologica Italiana, **37**, 253-266.
- ASCIONE, A., CAIAZZO, C., CINQUE, A., GARGANO, D., ROMANO, P., SANTANGELO, N., VITTI, C. (1998). *Segnalazione di tettonica tardo-quadernaria in alcune aree della Campania e del Molise: risultati preliminari del PE 97-GNDT*. Atti 79° Congr. Naz. S.G.I., **A**, 96-98. Palermo, 21-23 Settembre.
- BLUMETTI, A. M., CACIAGLI, M., DI BUCCI, D., GUERRIERI, L., MICHETTI, A. M., NASO, G. (2000). *Evidenze di fagliazione superficiale olocenica nel Bacino di Bojano (Molise)*. Disponibile su <http://www2.ogs.trieste.it/gngts/gngts/convegniprecedenti/2000/index.htm>.
- BRANCACCIO, L., SGROSSO, I., CINQUE, A., ORSI, G., PECE, R., ROLANDI, G. (1979). *Lembi residui di sedimenti lacustri pleistocenici sul versante settentrionale del Matese, presso S. Massimo*. Boll. Soc. Natur. Napoli, **88**, 275-286.
- CASCIELLO, E., CESARANO, M., NASO, G., PAPPONE, G., PIACQUADIO, G., AUCIELLO, E. (2002). *Elaborazione tridimensionale di dati stratigrafici e strutturale di aree ad elevata pericolosità sismica: l'esempio della Piana di Boiano*. In: Atti del Convegno: "I sistemi di informazione geografica (GIS) nella gestione e lo sviluppo dell'ambiente e del territorio". Isernia, 20 Novembre 2002, 31-34.
- CINQUE, A., ASCIONE, A., CAIAZZO, C. (2000). *Distribuzione spazio-temporale e caratterizzazione della fagliazione quadernaria in Appennino Meridionale*. In: Le ricerche del GNDT nel campo della pericolosità sismica (1996-1999), a cura di F. Galadini, C. Meletti, A. Rebez, 1-14.
- CORRADO, S., DI BUCCI, D., NASO, G., DAMIANI, A.V. (1998). *Thrusting and strike-slip tectonics in the Alto Molise region (Italy): implications for the Neogene-Quaternary evolution of the Central Apennine orogenic system*. Journal of the Geological Society of London, **154**, 679-688.
- D'ARGENIO, B., PESCATORE, T., SCANDONE, P. (1972). *Schema geologico dell'Appennino meridionale (Campania e Lucania)*. Atti Conv. "Moderne vedute sulla geologia dell'Appennino", Acc. Naz. dei Lincei, Quad. **183**, 49-72.
- PROGETTO CARG (Cartografia Geologica, Scala 1:50.000), *Foglio Geologico 408, Campobasso*, Responsabile Scientifico Prof. G. Pappone.
- DE CORSO, S., SCROCCA, D., TOZZI, M. (1998). *Geologia dell'anticlinale del Matese e implicazioni per la tettonica dell'Appennino molisano*. Bollettino della Società Geologica italiana, **117**, 419-441. Allegata *Carta Geologica del settore centrale dell'anticlinale del Matese* (Scala 1:20.000).
- DEINO, A. L., ORSI, G., DE VITA, S., PIOCHI M. (2004). *The age of the Neapolitan Yellow Tuff caldera-forming eruption (Campi Flegrei caldera - Italy) assessed by ⁴⁰Ar/³⁹Ar dating method*. Journal of Volcanology and Geothermal Research, **133**, 157-170.

- DI BUCCI, D., CORRADO, S., NASO G., PAROTTO, M., PRATURLON A. (1999). *Evoluzione tettonica Neogenico-Quaternaria dell'area molisana*. Bollettino della Società Geologica Italiana, **118**, 13-30.
- DI BUCCI, D., NASO, G., CORRADO, S., VILLA, I. M. (2005). *Growth, interaction and seismogenic potential of coupled active normal faults (Isernia Basin, Central-Southern Italy)*. Terra Nova, **17**, 44-55.
- DI VITO, M.A., ISAlA, R., ORSI, G., SOUTHON J., DE VITA, S., D'ANTONIO, M., PAPPALARDO, L., PIOCHI, M. (1999). *Volcanism and deformation since 12,000 years at the Campi Flegrei caldera-Italy*. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **91**, 221-246.
- ESPOSITO E., LUONGO G., MARTURANO A., PORFIDO S. (1987). *Il terremoto di S. Anna del 26 Luglio 1805*. *Memorie della Società Geologica Italiana*, **37**, 171-191.
- FERRANTI, L. (1994). *Le strutture del bordo meridionale del Massiccio di Matese (Appennino Meridionale): elementi di tettonica compressiva e distensiva*. *Bollettino della Società Geologica Italiana*, **113**, 157-171.
- FESTA, A., GHISSETTI F., VEZZANI L. (2006). *Note illustrative alla Carta Geologica del Molise (Scala 1:100.000)*.
- GALLI, P., GALADINI, F., CAPINI, S. (2002). *Analisi archeosismologiche nel Santuario di Ercole di Campochiaro (Matese). Evidenze di un terremoto distruttivo sconosciuto ed implicazioni sismotettoniche*. *Il Quaternario (Italian Journal of Quaternary Sciences)* **15**(2), 155-167.
- GIULIANI, R., BONCI, L., CALCATERRA, S., D'AGOSTINO, N., D'ANASTASIO E., GAMBINO P., MATTONE M., MERLI K., PEPPERONI A., 2007. *Campo di deformazione attiva da dati GPS in Appennino centro-meridionale: un contributo alla definizione dei tassi di accumulo sulle strutture sismogenetiche*. *Atti del 26° Convegno Nazionale del GNGTS*, Roma.
- GRUPPO DI LAVORO DISS, (2008). *Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Vers. 3.0.3. A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and Surrounding Areas*. Disponibile su <http://www.ingv.it/banchedati/banche.html>.
- GUERRIERI, L., SCARASCIA MUGNOZZA, G., VITTORI, E. (1999). *Analisi stratigrafica e geomorfologia della conoide tardo-quaternaria di Campochiaro ed implicazioni per la conca di Bojano in Molise*. *Il Quaternario (Italian Journal of Quaternary Sciences)*, **12**(2), 237-247.
- MASCHIO, L. (2003). *Tettonica medio pleistocenico-attuale del settore di confine tra i Monti del Matese e de Sannio e implicazioni sulla geometria della fagliazione attiva in Appennino meridionale*. Tesi di Dottorato di Ricerca, Università degli Studi del Molise, Isernia.
- MILANO, G., DI GIOVAMBATTISTA, R., ALESSIO, G. (1999). *Earthquake swarms in the Southern Appennines chain (Italy): the 1997 seismic sequence in the Sannio-Matese mountains*. *Tectonophysics*, **306**, 57-78.
- MILANO, G., DI GIOVAMBATTISTA, R., VENTURA, G. (2005). *The 2001 seismic activity near Isernia (Italy): Implications for the seismotectonics of the Central-Southern Appennines*. *Tectonophysics*, **401**, 167-178.
- MOREWOOD, N. C., ROBERTS, G. P. (2000). *The geometry, kinematics and rates of deformation within an enechelon normal fault segment boundary, central Italy*. *Journal of Structural Geology*, **22**, 1027-1047.
- NASO, G., TALLINI, M., TOZZI, M. (1989). *Indizi di tettonica recente nell'area di Colli a Volturmo (Molise): dati preliminari*. *Rend. Soc. Geol. It.*, **12**, 3-6.
- PATACCA, E., SCANDONE, P., BELLATALLA, M., PERILLI N., SANTINI U. (1992). *La zona di giunzione tra l'arco appenninico settentrionale e l'arco appenninico meridionale nell'Abruzzo e nel Molise*. *Studi Geologici Camerti*, Vol. Spec. **1991**(2), CROP 11, 417-441.
- RUSSO, F. & TERRIBILE, F. (1995). *Osservazioni geomorfologiche, stratigrafiche e pedologiche sul Quaternario del Bacino di Bojano (Campobasso)*. *Il Quaternario*, **8**(1), 239-254.
- SCROCCA, D., TOZZI, M., PAROTTO, M. (1995). *Assetto strutturale del settore compreso tra il Matese, le Mainarde e l'Unità di Frosolone. Implicazioni per l'evoluzione neogenica del sistema di sovrascorimenti nell'Appennino centro-meridionale*. *Studi Geologici Camerti*, Vol. Spec. **1995**(2), 407-418.
- SELLI, R. (1957). *Sulla trasgressione del Miocene nell'Italia Meridionale*. *Giornale di Geologia*, **26**, 1-54.
- SGROSSO, I. (1963). *La trasgressione miocenica nel Matese centrale*. *Boll. Soc. Natur. Napoli* Vol. **LXXII**, 150-153.