

Contributo alla compilazione della carta delle faglie attive della Sicilia

R. Azzaro¹, M.S. Barbano²

1 - CNR - GNDT c/o Istituto Internazionale di Vulcanologia (e-mail:azzaro@poseidon.nti.it)

2 - Dipartimento di Scienze Geologiche, Università di Catania

1 Introduzione

L'individuazione e la caratterizzazione di faglie attive, ed in particolare delle strutture sismogenetiche o potenzialmente tali, è un obiettivo prioritario per la Sicilia, essendo questa tra le regioni a maggior rischio sismico in Italia. Tuttavia il raggiungimento di tale obiettivo non è facile sia per la complessità geologico-strutturale della regione sia perché la maggior parte degli eventi di elevata magnitudo sono avvenuti in epoca prestrumentale. Il contributo della UR-Uni Catania al progetto è stato finalizzato alla realizzazione, sulla base dei dati geologici disponibili in letteratura e di studi sismologici specifici condotti nell'ambito del progetto 5.1.1, di un primo inventario delle faglie ad attività tardo pleistocenico-olocenica che abbiano rilevanza dal punto di vista sismogenetico. Pertanto sono state considerate strutture con lunghezza in affioramento ≥ 10 km capaci di generare, secondo la relazione di Wells e Coppersmith (1994), terremoti di $M > 6.0$. Per l'area etnea, considerati i particolari caratteri sismotettonici (elevata intensità epicentrale/bassa magnitudo, fagliazione superficiale cosismica), si è proceduto a cartografare gli elementi strutturali con maggiore dettaglio, su una base a scala più grande.

La compilazione della carta (Fig. 1a), nella quale sono riportate in modo schematico le strutture individuate, risulta sbilanciata a favore della Sicilia orientale, incluso il settore dello Stretto di Messina-Calabria meridionale, per il quale sono disponibili numerosi studi. Per le faglie *offshore* si dispone di dati indiretti provenienti da linee sismiche. Elementi cartografici quali la "Carta Neotettonica d'Italia" (CNR-PFG, 1987) sintetizzano uno stato delle conoscenze ampiamente superato, ed è stato pertanto marginalmente considerato. Alla carta è allegata la Tabella 1 che riporta in modo sintetico i principali parametri geologici riportati in letteratura; nella colonna "terremoti associati" sono stati riportati gli eventi che, sulla base della distribuzione dei punti di massima intensità o dei fenomeni sismogeologici, sono compatibili con una data faglia. Lo spessore dello strato sismogenetico rappresenta le profondità focali riportate in letteratura per volumi sismogenetici limitrofi alla faglia.

In Tabella 1 sono anche riportate strutture la cui attività tettonica è documentata fino al Pleistocene inf.-medio ma che tuttavia sembrano essere attive sulla base della sismicità. Si tratta di faglie suturate da sedimenti più recenti o che dislocano terreni interessati da lacune stratigrafiche (per es. settore interno ibleo, Catena settentrionale).

FAGLIE E SISTEMI DI FAGLIE	Lunghezza del sistema di faglia (km)	Slip rate verticale (mm/a)	Slip rate vert. min. (mm/a)	Intervallo cronologico	Terremoto associato	Spessore strato sismogenetico (km)	Bibliografia
<i>Cittanova (1)</i>	35	0,6-0,9 ¹ 1 ²		¹ 0,12 Ma ² 0,24 Ma	1783.02.05 M = 7.3		Tortorici et al., 1995 Monaco e Tortorici, 1995
<i>S. Eufemia (2)</i>	18	0,7		0,12 Ma			Tortorici et al., 1995 Monaco e Tortorici, 1995
<i>Reggio Calabria (3)</i>	25	0,6		0,12 Ma	1908.12.28 M = 7.3	10-12	Tortorici et al., 1995 Monaco e Tortorici, 1995
<i>Curcuraci-Larderia (4)</i>	16		0,03 ¹⁾ 0,1 ²⁾	¹⁾ 0,3 Ma ²⁾ 1,5 Ma	1908.12.28 M = 7.3		Ghisetti, 1984, 1992
<i>Messina-Giardini (5)</i>	40			Quaternario			Tortorici et al., 1995 Monaco e Tortorici, 1995
<i>Lipari-Vulcano- G. di Patti (6)</i>	~30	1,0-2,0		0,42-0,08 Ma	1978. 04.15 M = 6.1	15-20	Monaco e Tortorici, 1995 ; Lanzafame e Bousquet, 1997
<i>Tindari -Novara di S. (7)</i>	~15			Quaternario	1786.03.09 M = 5.9		Monaco e Tortorici, 1995; Lentini et al., 1995
<i>Costa etnea (8)</i>	~12		1,6-2	0,5 Ma			Ambrosetti et al., 1983 Monaco et al., 1995
<i>Scarpata di Malta seg. Golfo di Catania (9)</i>	~28		2	0,7 Ma	1693.01.11 M = 7.1	10-15	Hirn et al., 1997
<i>Scarpata di Malta seg. Augusta -Siracusa (10)</i>	~50			Olocene	1169.02.04 M = 7.3 1693.01.09 M = 6.1		Monaco e Tortorici, 1995
<i>Graben di Lentini (11)</i>	17			Quaternario inf.-medio	1542.12. 10 M = 6.4		D'Addezio e Valensise, 1991
<i>Mineo (12)</i>	10			Quaternario inf.-medio	1624.10.03 M = 5.5		Grasso e Pedley, 1990
<i>Avola-Noto (13)</i>	18	0,6		0,7 Ma	1727.01.07 M = 5.2		Monaco e Tortorici, 1995
<i>Rosolini-Pozzallo (14)</i>	~25	0,5		0,12 Ma			Monaco e Tortorici, 1995
<i>Sistema di Castellammare del Golfo (15)</i>	~10			Pleistocene sup.-Olocene			Mauz e Renda, 1995

Tab. 1 - Principali faglie attive della Sicilia-Calabria meridionale: parametri geologici e terremoti associati.

2 Sicilia occidentale

Per la Sicilia occidentale i lavori di letteratura analizzati non hanno fornito -
tranne un caso - elementi strutturali cartografabili. Nel caso del Belice esistono degli

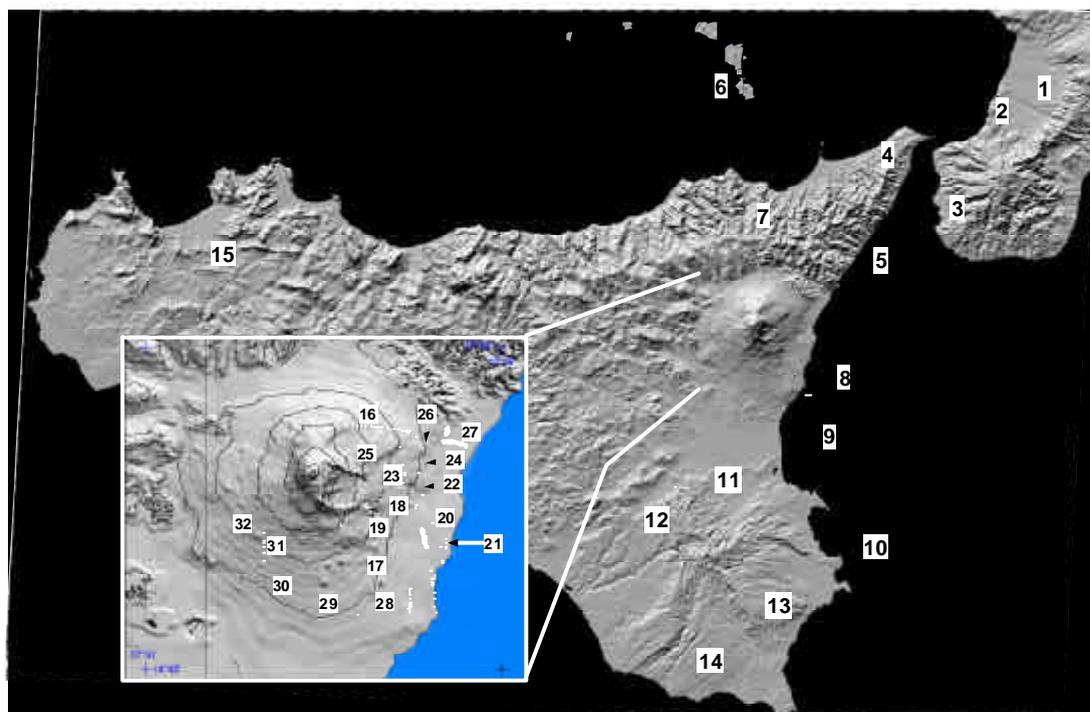


Fig. 1 - Carta delle faglie attive conosciute in Sicilia ($L \geq 10$ km; per l'area etnea maggiore dettaglio). In rosso: faglie attive nel Pleistocene sup.-Olocene; in giallo: faglie per le quali non c'è consenso sull'attività recente; in blu: faglie ad attività quaternaria "presumibilmente" attive da ipotesi di associazione con terremoti; in verde: faglie nascoste riconosciute per fagliazione cosismica. I numeri come nelle Tabelle 1 e 2.

studi relativi al problema delle faglie attive ed in particolare della struttura seismogenetica responsabile dei terremoti del 1968 (Michetti et al., 1995; Monaco et al., 1996). Essi tuttavia non forniscono elementi cartografabili, o perché di lunghezza ≤ 10 km (zona di Sciacca, Salaparuta) o perché si tratta di modelli. Faglie normali con evidenze di attività recente sono state individuate da Mauz e Renda (1995) nella zona di Castellammare del Golfo.

3 Sicilia nord-orientale

Nell'area dello Stretto di Messina-Calabria meridionale sono state riconosciute numerose studi ad attività recente. Si tratta di faglie di tipo regionale che si sviluppano con marcati caratteri morfotettonici lungo il settore più meridionale dell'Appennino fino alla Sicilia orientale (Tortorici et al., 1995). Ad esse sono

FAGLIE E SISTEMI DI FAGLIE	Lunghezza del sistema di faglia (km)	Slip rate verticale (mm/a)	Slip rate vert. min. (mm/a)	Intervallo cronologico	Intervallo di ricorrenza per eventi di fagliazione di superf. (a)	Terremoto associato	Spessore strato sismogenetico (km)	Bibliografia
<i>Pernicana (16)</i>	11	27 ¹ -20 ²		¹ 13700±2400 BP ² 1850-1997 AD	≈2	1981.01.08 M = 4.0 1982.07.07 M = 3.8 1984.10.18 M = 4.2 1985.12.25 M = 3.9 1986.10.29 M = 4.2 1988.10.28 M = 3.8	0-5	Rasà et al., 1996 Azzaro, 1997, 1999 Groppelli e Tibaldi, 1999
<i>Acicatena (17)</i>	12,7		2 ¹ 0,8-1 ²	¹ ≈479 BC ² 100-120 ka	≈20	1875.01.07 M = 3.7 1894.08.08 M = 3.9 1907.12.07 M = 3.7 1914.05.07 M = 3.2 1931.08.03 M = 3.7 1984.06.17 M = 3.3 1984.06.19 M = 3.5 1984.10.25 M = 4.1 1997.11.11 M = 3.2	0-5	Azzaro, 1999 Monaco et al., 1997
<i>Moscarello (18)</i>	18,5	2,1 ¹ 1-2,1 ²	1,5-2,0 ³ 1,4-2,7 ⁴	¹ 1284 AD ² 2400-5000 BP ³ 60-80 ka ⁴ 3000-4000 BP	≈20	1818.02.20 M = 6.2 1855.01.26 M = 3.9 1865.07.19 M = 4.5 1908.05.09 M = 3.5 1911.10.15 M = 4.5 1971.04.21 M = 3.5 1973.08.18 M = 3.7 1986.02.02 M = 3.5	0-12	Azzaro, 1999 Monaco et al., 1997 Azzaro et al., 2000
<i>S. Tecla (19)</i>	8,9		1,1-1,9	100-170 ka	≈20	1865.08.19 M = 3.9 1879.06.17 M = 4.1 1914.05.08 M = 4.8 1952.03.02 M = 3.5 1952.03.19 M = 4.9 1973.08.03 M = 3.9 1981.09.13 M = 3.3	0-5	Azzaro, 1999 Monaco et al., 1997
<i>S. Leonardello (20)</i>	8,5	1,4 ¹	1,4-1,8 ²	¹ ≈800 AD ² 14000-18000 BP	≈35	1920.09.26 M = 3.9 1950.04.08 M = 3.9 1989.01.29 M = 3.5	0-5	Azzaro, 1999 Monaco et al., 1997
<i>Pozzillo (21)</i>	1,3		≈1	<7500 BP		1981.04.30 M = 3.5 1981.07.29 M = 3.2	0-5	Azzaro, 1999 Monaco et al., 1997
<i>Macchia (22)</i>	3		0,2	<15000 BP			0-5	
<i>S. Alfio (23)</i>	2,5		1,2	5200-6000 BP				Lanzafame et al., 1997

FAGLIE E SISTEMI DI FAGLIE	Lunghezza del sistema di faglia (km)	Slip rate verticale (mm/a)	Slip rate vert. min. (mm/a)	Intervallo cronologico	Intervallo di ricorrenza per eventi di fagliazione di superf. (a)	Terremoto associato	Spessore strato sismogenetico (km)	Bibliografia
<i>Piedimonte (24)</i>	7,5	1,7-3 ¹	1,2 ²	¹ 15500-35000 BP ² 0,5 Ma				Monaco et al., 1997 Groppelli e Tibaldi, 1999
<i>Ripe della Naca (25)</i>	5		0,8	40-80 ka				Coltelli, 1999
<i>S. Venera (26)</i>	1,5	2		15500-35000 BP		creep		Groppelli e Tibaldi, 1999
<i>Fiumefreddo (27)</i>	4,5	1 ¹	<1 ²	¹ 1940-1997 AD ² 15500-35000 BP		creep		Azzaro et al., 1998 Groppelli e Tibaldi, 1999
<i>Trecastagni (28)</i>	5,5					1980.09.16 M = 2.9 1980.09.28 M = 3.1 1988.11.21 M = 3.4	0-5	Azzaro, 1999
<i>Tremestieri (29)</i>	7				≈20	1885.10.02 M = 3.5 1901.05.11 M = 3.7 1908.04.30 M = 3.2 1980.08.21 M = 3.0 1980.08.23 M = 3.1 1986.01.29 M = 3.3 1998.05.22 M = 3.3	0-5	Azzaro, 1999
<i>Ragalna (30)</i>	6,5				≈80	1898.05.14 M = 3.7 1982.06.24 M = 3.0	0-5	Azzaro, 1999
<i>Mass. Cavaliere (31)</i>	4,5		≤1,4	<8000≈14000 BP		creep		Rust e Neri, 1996
<i>Calcerana (32)</i>	3					1983.03.27 M = 3.1	0-8	Azzaro, 1999

Tabella 2 - Faglie attive dell'area etnea: parametri geologici e terremoti associati

associabili i grandi terremoti di $M > 7.0$ (1783, 1908) che hanno devastato la regione calabro-peloritana; nel caso del terremoto di Messina non vi è tuttavia accordo sulla struttura sismogenetica, essendo stata ipotizzata anche l'attivazione di sistemi complessi o di faglie cieche (Ghisetti, 1992; Valensise e Pantosti, 1992; Monaco e Tortorici, 1995). Il sistema distensivo dello Stretto continua lungo la costa tra Messina e Taormina dove profili sismici e batimetrici individuano in *offshore* una faglia ad attività quaternaria.

Nel settore peloritano occidentale sono stati riconosciuti due sistemi di faglie attive sviluppati lungo l'allineamento Patti-Vulcano-Salina. Questi costituiscono l'espressione più settentrionale della zona di taglio crostale della cosiddetta "Linea Tindari-Giardini" *auct.* Il primo sistema si sviluppa prevalentemente in *offshore*, attraverso faglie normali ad andamento *en échelon* e componente trascorrente destre orientate NO-SE che marginano il settore centrale dell'arcipelago eoliano ed entrano nel Golfo di Patti. L'evento più recente ($M_S = 6.2$) ad esso associabile è il terremoto di Patti del 1978 (Barbano et al., 1979). Il secondo sistema si sviluppa in terra tra Tindari e Novara di Sicilia con marcate evidenze morfotettoniche (Lanzafame e Bousquet, 1997). Anche se la *slip history* non è al momento ricostruibile per il tardo Quaternario, l'attività tettonica è testimoniata da una frequente e diffusa sismicità minore (area Patti-Novara di Sicilia).

4 Sicilia sud-orientale

Il principale sistema strutturale attivo è la Scarpata di Malta, una *master fault* regionale estesa per oltre 200 km dal nord Africa fino alla Sicilia orientale, di cui ne delimita la costa. E' costituita da un sistema di faglie prevalentemente normali a direzione NNO-SSE, con un rigetto verticale cumulativo di 3000 m, suddiviso in segmenti il più settentrionale dei quali si estende in terra fino all'area etnea (Continisio et al., 1997). In terra, nell'area di Siracusa-Augusta, le evidenze di attività datano al Pleistocene medio (Carbone, 1985), mentre profili sismici effettuati *offshore* nel Golfo di Catania evidenziano rigetti dei sedimenti del Pleistocene medio-Olocene (Hirn et al., 1997). La Scarpata di Malta sembra la sorgente più probabile per i grandi terremoti ($M \geq 7.0$) che hanno distrutto il settore orientale dell'isola come quelli del 1169 e 1693, o anche di eventi minori quali il 1818 e 1848 (Azzaro e Barbano, 2000). Altre due faglie ad attività olocenica sono state riconosciute più a sud, lungo il margine del *plateau* tra Avola e Pozzallo (Monaco e Tortorici, 1995); queste strutture sembrano inoltre sismicamente attive (terremoti del 1727-1903).

Tra le faglie quaternarie per le quali non sono disponibili dati di superficie sull'attivazione successivamente al Pleistocene medio ma presumibilmente attive sulla base di ipotesi di associazione con terremoti noti, vi sono il graben di Lentini e la faglia di Mineo, lungo il margine settentrionale dell'avampese ibleo. Queste fanno parte del sistema di faglie orientate NE-SO che ribassano il *plateau* carbonatico sotto il fronte esterno della catena Appenninico-Maghrebide e formano anche ampie depressioni strutturali quaternarie. I terremoti associati sono quelli del 1542 e del 1624-1879, rispettivamente (Azzaro e Barbano, 2000).

5 Area etnea

Il quadro conoscitivo sulle faglie attive dell'area etnea appare sostanzialmente differente rispetto al resto del territorio siciliano, e risulta piuttosto completo e dettagliato. Questo è dovuto all'elevata dinamica propria delle aree vulcaniche attive, caratterizzate da processi geologici estremamente veloci (dislocazioni di vulcaniti oloceniche e storiche) ed alti tassi di sismicità. Sono state pertanto riconosciute numerose faglie attive, anche di estensione limitata (1-5 km), caratterizzate da un'elevata frequenza di accadimento di terremoti, spesso accompagnati da fagliazione superficiale cosismica (nella colonna "terremoti associati" di Tabella 2 sono riportati solo gli eventi con fagliazione). Nuovi dati sulla tettonica attiva dell'area provengono dall'analisi delle evidenze di fagliazione superficiale, riscontrata in 50 terremoti dal 1818 ad oggi (Azzaro, 1999). Lo studio ha permesso di chiarire i rapporti tra sismicità e faglie e di verificare cinematica, rigetto per evento, lunghezza della rottura e geometria dei segmenti attivatisi fornendo nel contempo una migliore definizione degli elementi strutturali attivi grazie al riconoscimento di strutture nascoste (*hidden faults*), che rompono la superficie durante eventi sismici ma non mostrano chiare evidenze morfologiche. In questo caso i segmenti sepolti sono stati evidenziati in verde nella mappa di Figura 1b; si può notare che alcune strutture (faglie di Moscarello, S. Tecla, Acicatena, Tremestieri e Ragalna) sono in realtà più estese di quanto precedentemente conosciuto. Il quadro delle strutture attive è completato anche dalle faglie caratterizzate da movimenti di *creep* asismico (Rasà et al., 1996) e da quelle per le quali l'attività più recente data ad alcune migliaia di anni. Visti gli obiettivi del progetto e per evitare un eccessivo dettaglio si sono accorpati insieme i differenti segmenti di una stessa struttura sismogenetica.

Bibliografia

- Azzaro R. (1997): Seismicity and active tectonics along the Pernicana fault, Mt. Etna (Italy). *Acta Vulcanol.*, **9** (1/2), 7-14.
- Azzaro R. (1999): Earthquake surface faulting at Mount Etna volcano (Sicily) and implications for active tectonics. *J. Geodyn.*, **28**, 193-213.
- Azzaro R., Barbano, M.S. (2000): Analysis of seismicity of Southeastern Sicily: a proposed tectonic interpretation. *Annali di Geofisica*, **43** (1), 171-188.
- Azzaro R., Ferrelì L., Michetti A.L., Serva L., Vittori, E. (1998): Environmental hazard of capable faults: the case of the Pernicana fault (Mt. Etna, Sicily). *Natural Hazards*, **17** (2), 147-162.
- Azzaro R., Bella D., Ferrelì L., Michetti A.M., Santagati F., Serva L., Vittori, E. (2000): First study of fault trench stratigraphy at Mt. Etna volcano, Southern Italy: understanding Holocene surface faulting along the Moscarello fault. *J. Geodyn.*, **29** (3-5), 187-210.
- Barbano M.S., Bottari A., Carveni P., Cosentino M., Federico B., Fonte G., Lo Giudice E., Lombardo G., Patanè G. (1979): Macroseismic study of the Gulf of Patti earthquake in the geostructural frame of north-eastern Sicily. *Boll. Soc. Geol. Ital.*, **98**, 155-174.
- Carbone S. (1985): I depositi pleistocenici del settore nord-orientale ibleo tra Agnone e Melilli (Sicilia SE): relazione tra facies e lineamenti strutturali. *Boll. Soc. Geol. Ital.*, **104**, 405-420.
- CNR-PFG (1987): Neotectonic map of Italy. *Quaderni de La Ricerca Scientifica*, **114**.

- Coltelli M. (1999): *Comunicazione personale*.
- Continisio R., Ferrucci F., Gaudiosi G., Lo Bascio D., Ventura G. (1997): Malta escarpment and Mt. Etna: early stages of an asymmetric rifting process? Evidences from geophysical and geological data. *Acta Vulcan.*, **9** (1/2), 45-53.
- D'Addezio G., Valensise G. (1991): Metodologie per l'individuazione della struttura sismogenetica responsabile del terremoto del 13 dicembre 1990. In: *Contributi allo studio del terremoto della Sicilia orientale del 13 dicembre 1990*, E. Boschi e A. Basili (Ed.), ING, 537, Roma, 115-125.
- Ghisetti F. (1984): Recent deformations and seismogenic source in the Messina Strait (Southern Italy). *Tectonophysics*, **109**, 191-208.
- Ghisetti F. (1992): Fault parameters in the Messina Strait (southern Italy) and relations with the seismogenic source. *Tectonophysics*, **210**, 117-133.
- Grasso M., Pedley H.M. (1990): Neogene and Quaternary sedimentation patterns in the northwestern Hyblean Plateau (SE Sicily): the effects of a collisional process on a foreland margin. *Riv. Ital. Pal. Strat.*, **96** (2-3), 219-240.
- Groppelli G., Tibaldi A. (1999): Control of rock rheology on deformation style and slip-rate along the active Pernicana fault, Mt. Etna, Italy. *Tectonophysics*, **305**, 521-537.
- Hirn A., Nicolich R., Gallart J., Laigle M., Cernobori L., Group Etna Seis (1997): Roots of Etna volcano in faults of great earthquakes. *Earth Plan. Sc. Lett.*, **148**, 171-191.
- Lanzafame G., Bousquet J. C. (1997): The Maltese escarpment and its extension from Mt. Etna to the Aeolian Islands (Sicily): importance and evolution of a lithosphere discontinuity. *Acta Vulcan.*, **9** (1/2), 113-120.
- Lanzafame G., Neri M., Coltelli M., Lodato L., Rust D. (1997): North-South compression in the Mt. Etna region (Sicily): spatial and temporal distribution. *Acta Vulcan.*, **9** (1/2), 121-133.
- Lentini F., Carbone S., Catalano S., Grasso M. (1995): Principali lineamenti strutturali della Sicilia nord-orientale. *Studi Geol. Camerti* (vol. spec.), **2**, 319-329.
- Mauz B., Renda P. (1995): Tectonic features at the NW-coast of Sicily (Gulf of Castellamare): Implications for the Plio-Pleistocene structural evolution of the southern Tyrrhenian continental margin. *Studi Geol. Camerti* (vol. spec.), **2**, 343-349.
- Michetti A.M., Brunamonte F., Serva, L. (1995): Paleoseismological evidence in the epicentral area of the January 1968 earthquakes, Belice, Southwestern Sicily. In: *Perspectives in Paleoseismology*, L. Serva & D.B. Slemmons (Ed.), *Association of Engineering Geologists*, Spec. Publ., **6**, 127-139.
- Monaco C., Tortorici L. (1995): Tettonica estensionale quaternaria nell'Arco Calabro e in Sicilia orientale. *Studi Geol. Camerti* (vol. spec.), **2**, 351-362.
- Monaco C., Petronio L., Romanelli M. (1995): Tettonica estensionale nel settore orientale del Monte Etna (Sicilia): dati morfotettonici e sismici. *Studi Geol. Camerti* (vol. spec.), **2**, 363-374.
- Monaco C., Mazzoli S., Tortorici L. (1996): Active thrust tectonics in western Sicily (southern Italy): the 1968 Belice earthquakes sequence. *Terra Nova*, **8**, 372-381.
- Monaco C., Tapponnier P., Tortorici L., Gillot P.Y. (1997): Late Quaternary slip rates on the Acireale-Piedimonte normal faults and tectonic origin of Mt. Etna (Sicily). *Earth Plan. Sc. Lett.*, **147**, 125-139.
- Rasà R., Azzaro R., Leonardi O. (1996): Aseismic creep on faults and flank instability at Mt. Etna volcano, Sicily. In: *Volcano Instability on the Earth and Other Planets*, W.C. McGuire, A.P. Jones e J. Neuberg (Ed.). *Geological Society*, Spec. Publ., **110**, 179-192.

- Rust D., Neri M. (1996): The boundaries of large-scale collapse on the flanks of Mount Etna, Sicily. In: *Volcano Instability on the Earth and Other Planets*, W.C. McGuire, A.P. Jones e J. Neuberg (ed.). *Geological Society, Spec. Publ.*, **110**, 193-208.
- Tortorici L., Monaco C., Tansi C., Cocina O. (1995): Recent and active tectonics of the Calabrian Arc (Southern Italy). *Tectonophysics*, **243**, 37-55.
- Valensise G., Pantosti D. (1992): A 125 Kyr-long geological record of seismic source repeatability: the Messina Strait (Southern Italy) and the 1908 earthquake (Ms 7.5). *Terra Nova*, **4**, 472-483.
- Wells D.L., Coppersmith K.J. (1994): New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture area, and surface displacement. *Bull. Seism. Soc. Amer.*, **84** (4), 974-1002.