

SOLLEVAMENTI A GRANDE SCALA E CONSEGUENTI FENOMENI GRAVITATIVI: L'ESEMPIO DEL VERSANTE ORIENTALE DELL'ETNA (SICILIA)

Pietro Carveni¹, Domenico Bella², Santo Benfatto³, Rosanna Maniscalco¹,
Maria Salleo Puntillo⁴ & Giovanni Sturiale¹

¹Università di Catania, Dipartimento di Scienze Geologiche,
Corso Italia 57 - 95129 Catania, Italia; e.mail: carveni@unict.it;

²Geologo, Centro Studi sull'Ambiente, Via Nino Martoglio 13, 95024 - Acireale, Catania, Italia;

³Geologo, libero professionista, Via San Marco 91, 95047 - Paternò, Catania, Italia;

⁴Naturalista, Via San Marco 91, 95047 - Paternò, Catania, Italia.

RIASSUNTO: Carveni P., Bella D., Benfatto S., Maniscalco R., Salleo Puntillo M. & Sturiale G., *Sollevamenti a grande scala e conseguenti fenomeni gravitativi: l'esempio del versante orientale dell'Etna*. (IT ISSN 0394-3356, 2005).

Nell'ambito di un generale sollevamento che interessa la costa orientale della Sicilia, un settore dell'edificio vulcanico etneo è caratterizzato da fenomeni di abbassamento; le zone interessate dai due fenomeni contrastanti sono facilmente riconoscibili lungo la costa. Sulla base di una rilettura critica della letteratura reperita, cui hanno fatto seguito rilievi geologico-geomorfologici di dettaglio, sono state ricostruite le variazioni relative del livello marino medio in alcuni siti ubicati lungo la costa orientale della Sicilia, tra Torre Archirafi a settentrione e la baia di Ognina (Catania) a meridione; i dati evidenziano movimenti differenziali con un arretramento della linea di costa nella zona tra Torre Archirafi e Stazzo ed un innalzamento della costa tra Aci Castello e Catania.

Per meglio caratterizzare i fenomeni di abbassamento, è stata studiata la sismicità di tre importanti faglie con direzione NNW-SSE per il periodo compreso tra il 1805 e il 1989, mediante la ricostruzione dei campi macrosismici dei terremoti più significativi relativi alle strutture in oggetto; l'entità complessiva del movimento lungo i piani di faglia durante il periodo considerato è la somma delle dislocazioni avvenute in relazione ai sismi e di fenomeni di creep asismico; dai dati ottenuti risulta che le dislocazioni lungo i singoli piani di faglia considerati sono compresi tra 0,2 e 1,5 cm/anno; l'analisi delle curve isosisme ha fatto ipotizzare la presenza di faglie sinora non riconosciute, ma la cui esistenza è ipotizzabile anche su basi morfologiche e geofisiche.

I risultati sono in accordo con i dati di letteratura relativi alla dinamica del versante orientale etneo, il quale risulta soggetto ad un progressivo scivolamento verso ESE tramite lo svincolo costituito dalla Faglia della Pernicana a settentrione e le faglie di Mascalucia e di Trecastagni a SE.

ABSTRACT: Carveni P., Bella D., Benfatto S., Maniscalco R., Salleo Puntillo M. & Sturiale G., Regional uplift and consequent gravitational phenomena: the example of eastern slope of Mt Etna volcano. (IT ISSN 0394-3356, 2005).

Mt. Etna is the largest active volcano in Europe; it is a volcanic complex, formed by products of several eruptive centres, which were active in different times. It is located on the margin of two main structural domains of Eastern Sicily: the Hyblaean Foreland and the Apennine-Maghrebian Chain. The Hyblaean Foreland belongs to the northern part of the African Plate; it is formed by a very thick Triassic to Pleistocene carbonate succession, with several intercalations of mafic volcanic rocks.

The Apennine-Maghrebian Chain consists of several thrust sheets, made up of structural units derived from different palaeogeographical domains; they were overthrust upon each other during several tectonic phases from Eocene to Pleistocene.

Eastern Sicily is interested by a general uplift but a sector of the Etna volcanic building is characterized by lowering. Along the Ionian Sea coast we recognized uplift movements between Catania and Aci Castello and subsidence between Stazzo and Torre Archirafi.

The lower eastern slope of Mt. Etna volcano is a high seismic hazard zone; it is characterized by superficial hypocentres earthquakes with little mesoseismic area. Information is available about earthquakes which happened in this region during the last two centuries. The seismic activity of three faults was studied in the time span between 1805 and 1989.

Tectonic movements also caused very important landscape variations, like waterfalls and river piracy.

Our studies demonstrate that the subsidence along the coast is the result of the total amount of displacement measured along the fault planes (Moscarello, San Leonardello and Macchia-Stazzo Faults).

The analysis of the isoseismal lines suggests the presence of not yet known faults, whose existence is also testified on morphological and geophysical bases.

The results of this paper agree with the data of literature related to the dynamics of the eastern slope of Mt. Etna; it is subject to a progressive sliding toward ESE.

Parole chiave: versante orientale del Monte Etna, tettonica, geomorfologia, variazioni della linea di costa.

Keywords: eastern slope of Mt. Etna volcano, tectonics, geomorphology, changes of coast line.

1. INTRODUZIONE E SCOPO DEL LAVORO

Il Monte Etna è un vulcano composito, localizzato lungo la costa orientale della Sicilia.

Il suo basso versante orientale è interessato da un fascio di faglie normali con direzione generale NNW-SSE, con movimento prevalentemente verticale, la cui

attività, che si manifesta attraverso terremoti con ipocentro superficiale e fenomeni di creep asismico, ha dato luogo ad una fossa tettonica conosciuta come *Graben di San Leonardello*.

Queste faglie hanno provocato variazioni del paesaggio, influenzando l'andamento della rete drenante e della linea di costa (PLATANIA, 1905 a; 1922; ADORNI &

CARVENI, 1993 a; 1993 b; CARVENI & BELLA, 1994; BELLA et al., 1996; CARVENI et al., 1997).

Recenti studi (GIRONI, 2003) hanno evidenziato che, mentre la maggior parte dell'edificio etneo è solidale con le zone circostanti, e si solleva con un tasso di circa 15 mm/anno, il settore delimitato dalla Faglia della Pernicana a settentrione e dall'arco congiungente il Cratere Centrale con Aci Castello a meridione è interessato da un movimento di abbassamento.

Nel presente articolo viene studiata in dettaglio l'attività di alcune delle suddette faglie, attraverso la rielaborazione dei dati reperibili in letteratura, rilievi geologico-geomorfologici di dettaglio e campagne di misurazioni realizzate attraverso l'utilizzo di estensimetri nel periodo 1994 – 2004.

In particolare, vengono ricostruiti i campi macrosismici di alcuni terremoti che hanno interessato l'area, confrontando i risultati con i già esistenti dati di letteratura; il trattamento dei dati permette di ricostruire il movimento medio delle singole faglie per il periodo compreso tra il 1805 e il 1989; la sommatoria dei movimenti lungo i piani di faglia viene messa in relazione con i fenomeni di variazione del livello del mare registrati nell'area costiera sottoposta geograficamente alle strutture tettoniche.

Dato il breve intervallo di tempo considerato, si ritiene che la maggior parte delle variazioni del livello marino riconosciute siano svincolate da fenomeni di eustatismo e collegate essenzialmente alla dinamica del basso versante orientale etneo.

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE

Il Monte Etna, con la sua altitudine di poco superiore ai 3.300 metri e col diametro massimo di 44 chilometri, è il maggiore vulcano attivo del continente europeo; esso è uno strato-vulcano complesso, risultante dalla sovrapposizione di prodotti emessi da diversi edifici (GEMMELLARO, 1858; LYELL, 1859) poggianti su un basamento in parte alloctono, formato da rocce di età compresa tra il Cretaceo ed il Pleistocene (CRISTOFOLINI et al., 1979; ROMANO et al., 1979; LENTINI, 1982).

Il bacino del Mediterraneo centrale, nel quale si inserisce l'Etna, è caratterizzato da differenti domini strutturali, la cui genesi è da inquadrare nel contesto collisionale tra la *Placca Africana* e la *Placca Europea*; le due masse continentali si scontrano e si saldano tra loro formando l'*Orogene Appenninico - Maghrebide*, una catena corrugata che forma la dorsale appenninica e, attraversando l'Arco Calabro, la Sicilia ed il Canale di Sicilia, prosegue lungo le coste nord-africane del Maghreb.

L'edificio vulcanico etneo sorge al limite tra diversi domini strutturali della Sicilia orientale, dove la *Crosta oceanica ionica* e la crosta continentale dell'*Avampaese Ibleo* si inflettono sotto il fronte dell'*Orogene Appenninico Maghrebide* (FINETTI et al., 1996) (Fig. 1).

L'Avampaese Ibleo costituisce il margine della *Placca Africana* (BUROLLET et al., 1978), zona stabile verso cui convergono le falde neogeniche dell'*Orogene Appenninico Maghrebide*. Esso è costituito da una potente successione prevalentemente carbonatica compresa tra il Triassico ed il Pleistocene medio; vi si intercalano, a vari livelli, prodotti effusivi basici cretacei,

miocenici e plio-pleistocenici, la cui risalita è stata provocata da intense fasi tettoniche distensive (CRISTOFOLINI, 1966; DI GRANDE, 1967; 1969; 1972; PATACCA et al., 1979; CARBONE et al., 1982 c; LENTINI et al., 1986; CARBONE et al., 1987; CARVENI et al., 1991 a; 1991 b; 1993; CARVENI & STURIALE, 1999).

Esso confina ad oriente con la crosta oceanica del bacino ionico (FINETTI, 1982), tramite la *Scarpata Ibleo-Maltese*, di origine tettonica (FINETTI & MORELLI, 1972), originata da un sistema di faglie normali a gradinata, il cui prolungamento verso settentrione interseca il fianco orientale dell'edificio etneo (LO GIUDICE et al., 1982; CARBONE et al., 1982 a; 1982 b); la *Scarpata Ibleo-Maltese* si sarebbe formata in un'unica grande fase tortoniana, con riattivazioni di minore entità posteriormente al deposito degli infrapliocenici *Trubi*; a luoghi sono state individuate importanti emissioni vulcaniche connesse alla scarpata (CASERO et al., 1984).

LANZAFAME & BOUSQUET (1997) ritengono che la *Scarpata Ibleo-Maltese* sia solo un segmento di un importante sistema di faglie con direzioni comprese tra NNW-SSE e NW-SE, che, attraversando la Sicilia nord-orientale e il Tirreno meridionale, raggiunge Vulcano, Lipari e Salina.

L'*Orogene Appenninico-Maghrebide* si è formato in seguito all'accavallamento della *Catena Kabilo-Calabride*, costituita da falde di basamento cristallino interessate da metamorfismo ercinico con resti dell'originaria copertura sedimentaria meso-cenozoica, sulla *Catena Appenninico-Maghrebide*, edificio orogenico formato dalla sovrapposizione di falde sud-vergenti, il cui corrugamento ha interessato, deformandole, le coperture sedimentarie della Tetide e dei paleodomini minori ad essa associati, originariamente ubicati tra il margine della *Placca Europea* ed il *Margine della Placca africana* (FINETTI et al., 1996).

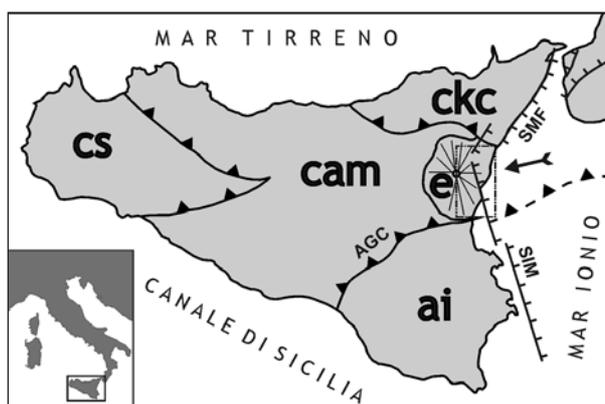


Fig. 1 - Schema strutturale della Sicilia (da FINETTI et al., 1996). **ai**) Avampaese Ibleo; **cam**) Catena Appenninico-Maghrebide; **ckc**) Catena Kabilo-Calabride; **cs**) Catena Sicana; **e**) edificio vulcanico etneo; **AGC**) Avanfossa Gela - Catania; **SIM**) Scarpata Ibleo-Maltese; **SMF**) Sistema di Faglie Messina - Fiumefreddo; il rettangolo indicato dalla freccia corrisponde alla zona in studio.

Structural scheme of Sicily (after FINETTI et al., 1996). ai) Hyblaean Foreland; *cam*) Apennine-Maghrebian Chain; *ckc*) Kabilo-Calabrian Chain; *cs*) Sicana Chain; *e*) Mount Etna Volcano; *AGC*) Gela - Catania Foredeep; *SIM*) Hyblaean-Malta Escarpment; *SMF*) Messina - Fiumefreddo Fault System; narrow indicates position of studied area.

L'Avanfossa Gela-Catania è un bacino subsidente formatosi in seguito alla flessione dell'Avampese Ibleo sotto le coltri alloctone della Catena Appenninico-Maghrebide; essa è stata colmata da sedimenti plio-pleistocenici che coprono in parte la *Falda di Gela*, la quale rappresenta il fronte più avanzato della catena (LENTINI, 1982).

Ad iniziare dal Pleistocene inferiore, in questo quadro geodinamico compressivo, intense fasi tettoniche hanno causato un'elevata distorsione lungo il margine settentrionale della Placca Africana, a causa della differente velocità con cui avviene la subduzione al di sotto della Catena Appenninico Maghrebide (VAN BEMMELEN, 1969; MORELLI, 1970; SELLI & FABBRI, 1971; GIESE & MORELLI, 1975), e ciò ha determinato uno stiramento crostale che ha dato luogo a fratture con direzione NW-SE, NE-SW ed E-W (GHISSETTI & VEZZANI, 1982; SCANDONE, 1982); all'intersezione di tali strutture si è formata una zona di debolezza attraverso la quale avviene la risalita di magmi sub-crustali (FRAZZETTA & VILLARI, 1981).

Sulla genesi del vulcano e sul quadro strutturale sono reperibili in letteratura numerosi modelli:

- 1) intersezione tra due importanti lineamenti strutturali: la Scarpata Ibleo-Maltese e il Sistema di Faglie Messina - Fiumefreddo (OGNIBEN *et al.*, 1975; MCGUIRE *et al.*, 1997);
- 2) risultato di una tettonica estensionale che ha portato alla formazione di un graben in corrispondenza dell'attuale Piana di Catania (DI GERONIMO *et al.*, 1978);
- 3) processi di *rifting* tra il Blocco Maltese - Siciliano ed il Bacino Ionico (GILLOT *et al.*, 1994; CONTINISIO *et al.*, 1997);
- 4) deformazione al *footwall* di una faglia normale appartenente al sistema distensivo siculo-calabro ad andamento WNW-ESE (MONACO *et al.*, 1997);
- 5) risalita di magmi dal mantello a causa di un *hot spot* (TANGUY *et al.*, 1997);
- 6) *roll-back* di una porzione di litosfera subdotta al di sotto del Mar Tirreno (GVIRTZMAN & NUR, 1999).

A causa di un sollevamento regionale, l'attività eruttiva dell'Etna, inizialmente sottomarina e fissurale, è diventata in seguito subaerea ed a carattere centrale; ciò ha causato una variazione nel meccanismo di risalita dei magmi, con conseguente cambiamento del chimismo: da lave subalcaline si è passati a prodotti più o meno differenziati della Serie Alcalino-sodica (ROMANO, 1982).

Sulla base di datazioni radiometriche del rapporto K/Ar, sono stati distinti quattro periodi di attività dell'Etna, intervallati da periodi di quiescenza (GILLOT *et al.*, 1994): il *Primo periodo* (da 520.000 ± 40.000 a 270.000 anni fa) è caratterizzato da vulcanismo tholeiitico (Fig. 2: 6), con fasi eruttive separate da lunghi periodi di quiescenza; il *Secondo periodo* (da 168.000 ± 8.000 a 100.000 anni fa) è evidenziato da un radicale cambiamento del tipo di attività (strato-vulcani al posto di fessure eruttive) e del chimismo dei prodotti da subalcalini ad alcalini (Fig. 2: 5); durante il *Terzo periodo* (tra 80.000 e 60.000 anni fa) si formò un grande complesso vulcanico poligenico chiamato *Trifoglietto* (Fig. 2: 4); il *Quarto periodo* (da 35.000 anni fa ad oggi) corrisponde allo sviluppo di un grande strato-vulcano, il *Mongibello*; un'importante fase, caratterizzata da eruzioni pliniane e idromagmatiche, permette di suddividere questo periodo in due parti: *Mongibello Antico* (Fig.

2: 2) e *Mongibello Recente* (Fig. 2: 1).

Tra l'attività del Trifoglietto e quella del Mongibello si inserisce un episodio di parziale smantellamento dell'edificio etneo, con il trasporto di ingenti masse detritiche che diedero luogo ad un deposito ghiaioso (Fig. 2: 3), localmente conosciuto col nome di *Chiancone* (ROMANO & STURIALE, 1981; ROMANO, 1982; GUEST *et al.*, 1984; KIEFFER & TANGUY, 1993); contemporaneamente all'estinzione dei vecchi centri eruttivi si verificava uno spostamento del condotto principale verso NW (ROMANO, 1982).

3. ASSETTO STRUTTURALE DEL VERSANTE ORIENTALE ETNEO

PLATANIA (1922), basandosi sui movimenti registrati lungo alcuni piani di faglia in occasione di forti terremoti (1865, 1879, 1881, 1911 e 1920), teorizza un'origine sismotettonica per alcune scarpate ubicate sul versante orientale dell'edificio vulcanico etneo; la conferma gli viene fornita da PUGLISI (in PLATANIA, 1922); questi, direttore della Società Acque di Casalotto, in base a rilievi di superficie e dati provenienti da pozzi e gallerie drenanti, descrive quattro faglie con direzione circa N-S, comprese tra la periferia occidentale di Acì Sant'Antonio e l'alta falesia della Timpa di Acireale (Fig. 3: sas); questo autore ipotizza che le faglie si siano formate come reazione di una parte dell'edificio etneo al graduale sollevamento della zona; in particolare egli rileva, lungo alcune gallerie drenanti, sia il rigetto verticale, sia lo spostamento orizzontale verso il mare, e su queste basi ipotizza l'esistenza di un fenomeno franoso che inizia nella zona di Acì Bonaccorsi e si propaga verso la costa; il fatto che egli descriva una "stratificazione inclinata verso monte" lungo i piani di fratturazione, suggerisce che si tratti di faglie listriche.

CARAPEZZA (1962), nel tentativo di determinare una relazione tra la tettonica regionale e le zone di minore resistenza dell'Etna, identifica un rift lungo il fianco orientale dell'edificio vulcanico.

MARCHESINI *et al.* (1964) riconoscono quattro principali allineamenti tettonici, con direzioni N-S, ENE-WSW, NE-SW e NW-SE.

FRAZZETTA & ROMANO (1978) identificano due allineamenti alimentatori preferenziali per le aree ad alta probabilità di eruzioni: una nel settore circolare compreso tra NE-SW e ENE-WSW, la seconda con direzione NNW-SSE.

LO GIUDICE *et al.* (1982) riconoscono nell'area etnea e nelle zone circostanti varie direttrici di faglie: le più importanti hanno direzione N 60° E, N 30° E, N 15° W e N 60° W.

KIEFFER (1983 a; 1983 b) ipotizza scivolamenti gravitativi di parte del versante orientale dell'edificio vulcanico, ed attribuisce il fenomeno alla ripetuta intrusione di magma attraverso un *Rift di NE* e un rift meridionale.

L'ipotesi di uno scivolamento gravitativo viene ripresa da AZZARO *et al.* (1989 a) e da NERI *et al.* (1991).

BORGIA *et al.* (1992), sulla base dei risultati ottenuti da FERRARI *et al.* (1991) sui dicchi affioranti nella Valle del Bove, ipotizzano uno *spreading* radiale del substrato dell'Etna verso SE.

LO GIUDICE & RASÀ (1992) ritengono invece che si tratti di movimenti puramente gravitativi, che provocano

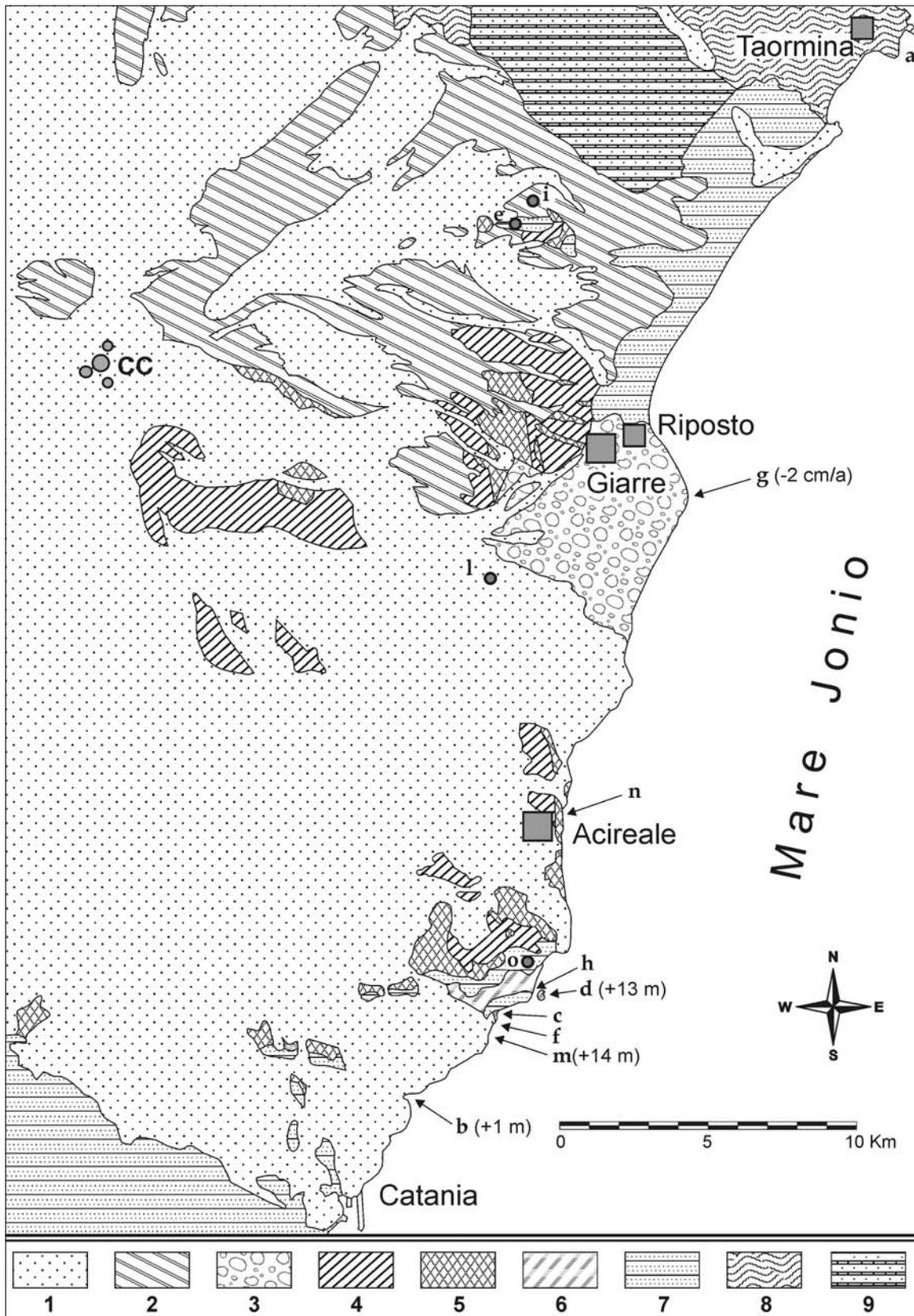


Fig. 2 - Schema lito-stratigrafico del versante orientale dell'edificio vulcanico etneo e ubicazione delle località con tracce morfologiche e/o geologiche di antichi livelli del mare. CC) Cratere Centrale; 1) Vulcaniti del Mongibello Recente; 2) Vulcaniti del Mongibello Antico; 3) Ghiaie del Chiancone; 4) Vulcaniti dei Centri Eruttivi del Trifoglietto; 5) Vulcaniti dei Centri Eruttivi Alcalini Antichi; 6) Lave sub-alkaline di base; 7) Unità Post-orogene; 8) Unità Calabridi ed Antisicilidi; 9) Unità Sicilidi.

Litho-stratigraphical scheme of Etna eastern flank and location of morphological and/or geological sea level changes evidences. CC) Central Crater; 1) Recent Mongibello volcanic rocks; 2) Ancient Mongibello volcanic rocks; 3) Chiancone gravels; 4) Trifoglietto Eruptive Centres volcanic rocks; 5) Ancient Alkaline Eruptive Centres volcanic rocks; 6) Basement Sub-alkaline lava flows; 7) Post-orogenic Units; 8) Calabridi and Antisicilidi Units; 9) Sicilidi Units.

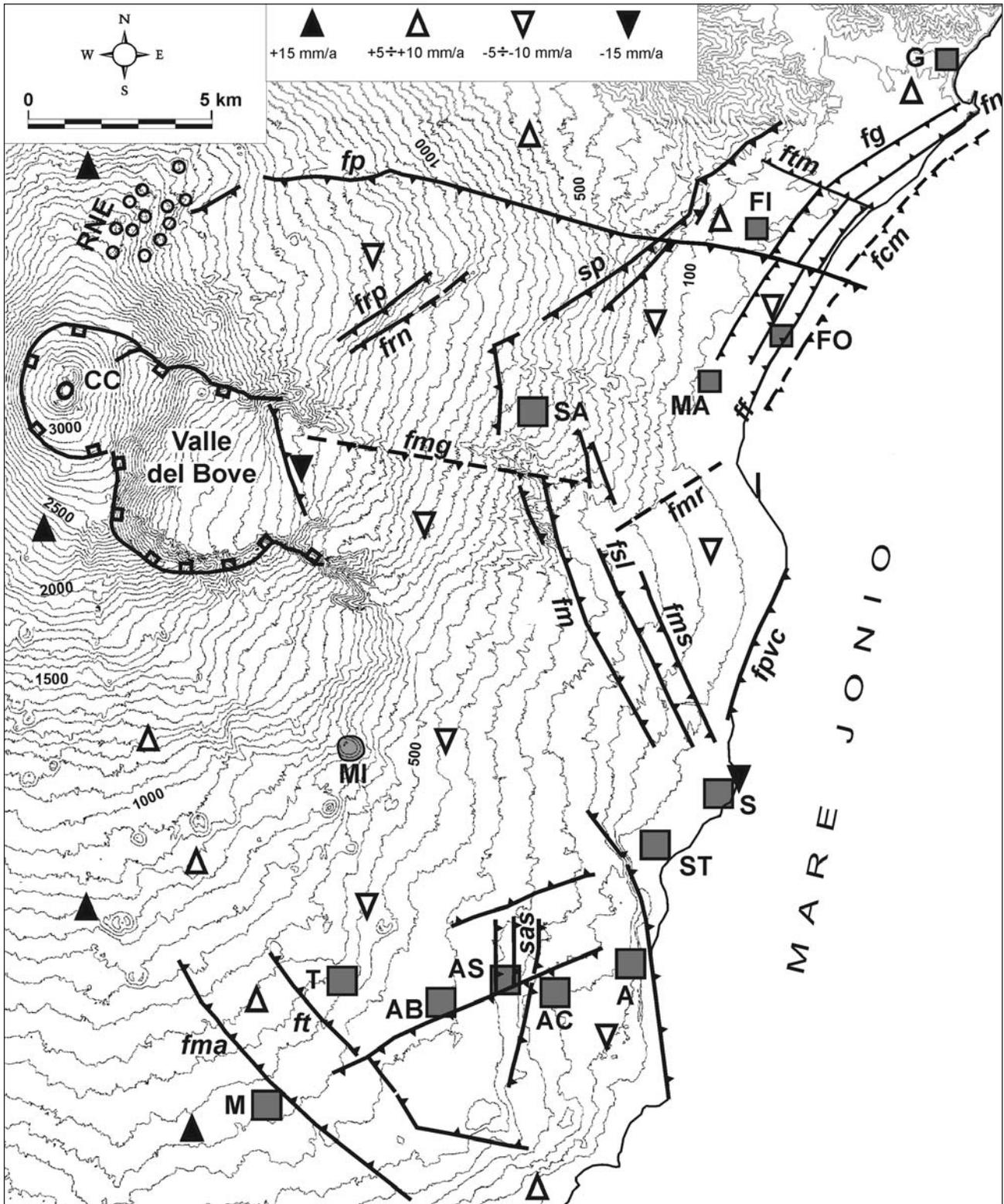


Fig. 3 - Ubicazione delle più importanti faglie del versante orientale dell'Etna: **fcm**) Faglia Capo Schisò - Foce del Torrente Macchia; **ff**) Faglia di Fondachello; **fg**) Faglia di Giardini; **fm**) Faglia di Mascareello; **fma**) Faglia di Mascalucia; **fmg**) Faglia Milo - Giarre; **fmr**) Faglia Macchia - Riposto; **fms**) Faglia Macchia - Stazzo; **fn**) Faglia di Naxos; **fp**) Faglia della Pernicana; **fpvc**) Faglia Praiola - Villa Calanna; **frn**) Faglia della Ripa della Naca; **frp**) Faglia della Ripa di Piscio; **fsl**) Faglia di San Leonardello; **ft**) Faglia di Trecastagni; **ftm**) Faglia del Torrente Minissale; **sp**) Sistema di Piedimonte. Centri abitati: **A**) Acireale; **AB**) Aci Bonaccorsi; **AC**) Acicatena; **AS**) Aci Sant'Antonio; **FI**) Fiumefreddo; **FO**) Fondachello; **G**) Giardini; **M**) Mascalucia; **MA**) Mascali; **S**) Stazzo; **SA**) Sant'Alfio; **ST**) Santa Tecla; **T**) Trecastagni. Centri eruttivi: **CC**) Cratere Centrale; **MI**) Monte Ilice; **RNE**) Rift di NE. I triangoli indicano zone in cui sono stati misurati sollevamenti e abbassamenti fino a 15 mm/anno (da GIRONI, 2003; CARVENI et al., 2005).

Location of the main faults on Eastern flank of Mt. Etna volcano: **fcm**) Cape Schisò - Macchia Stream Mouth Fault; **ff**) Fondachello Fault; **fg**) Giardini Fault; **fm**) Mascareello Fault; **fma**) Mascalucia Fault; **fmg**) Milo - Giarre Fault; **fmr**) Macchia - Riposto Fault; **fms**) Macchia - Stazzo Fault; **fn**) Naxos Fault; **fp**) Pernicana Fault; **fpvc**) Praiola - Villa Calanna Fault; **frn**) Ripa della Naca Fault; **frp**) Ripa di Piscio Fault; **fsl**) San Leonardello Fault; **ft**) Trecastagni Fault; **ftm**) Piedimonte System. Towns: **A**) Acireale; **AB**) Aci Bonaccorsi; **AC**) Acicatena; **AS**) Aci Sant'Antonio; **FI**) Fiumefreddo; **FO**) Fondachello; **G**) Giardini; **M**) Mascalucia; **MA**) Mascali; **S**) Stazzo; **SA**) Sant'Alfio; **ST**) Santa Tecla; **T**) Trecastagni. Eruptive centres: **CC**) Central Crater; **MI**) Monte Ilice; **RNE**) NE Rift. Triangles indicate uplift or lowering zones up to 15 mm/y (after GIRONI, 2003; CARVENI et al., 2005).

lo scivolamento verso SSE della porzione dell'edificio etneo delimitata a settentrione dalla Faglia della Pernicana e dal Rift di NE, e a SE dalle faglie di Mascalucia e Trecastagni (Fig. 3).

La documentazione storica relativa ai terremoti avvenuti sul basso versante orientale etneo negli ultimi due secoli e le conseguenze morfologiche dei movimenti tettonici sono analizzate in una serie di articoli (ADORNI & CARVENI 1993 a; 1993 b; CARVENI & BELLA, 1994; BELLA *et al.*, 1996; CARVENI *et al.*, 1996; 1997; GRESTA *et al.*, 1997).

Dall'analisi dei sistemi di faglie che nel Pleistocene sono stati attivi in Sicilia orientale, sulla base di informazioni geologico-strutturali e morfologiche e dell'analisi di sezioni sismiche a mare, MONACO & TORTORICI (1995) e MONACO *et al.* (1995; 1997) distinguono un *Sistema Acireale – Sant'Alfio* (faglie normali con componente trascorrente destra NNW-SSE) e un *Sistema di Piedimonte* (faglie normali e fratture d'estensione NNE-SSW); entrambi i sistemi, associati ad un'estensione WNW-ESE, formano scarpate di età suprapleistocenico-olocenica, le quali esercitano un controllo sulla topografia e sul reticolo idrografico.

Ricerche basate su rilievi effettuati da satelliti (GIRONI, 2003) evidenziano un sollevamento in atto di tutta la zona etnea con punte massime di 15 mm/anno, con eccezione del settore delimitato a settentrione dalla Faglia della Pernicana e sua prosecuzione verso oriente, e a SW dalle faglie di Mascalucia e Trecastagni: questa zona risulta essere interessata da un fenomeno di abbassamento con un tasso massimo di circa 15 mm/anno a Stazzo, frazione di Acireale, dove un molo costruito nel 1949 e alto circa 90 centimetri, attualmente si trova al livello del mare (Figg. 3 e 4).

4. VARIAZIONI DEL LIVELLO MARINO: DATI DI LETTERATURA

Già a partire dalla prima metà del XIX secolo sono reperibili in letteratura dati inerenti a movimenti differenziali della linea di costa nel tratto di Mare Jonio compreso tra Taormina a settentrione e Catania a meridione (Fig. 2); la lacuna di informazioni riguarda la correlazione tra i vari dati esistenti in letteratura. La loro correlazione evidenzia la presenza di un'area centrale localiz-



Fig. 4 - Il molo nuovo e il molo vecchio di Stazzo.

New and old docks in Stazzo port.

zata nel sito di Torre Archirafi (Fig. 2: g) soggetta a fenomeni di abbassamento, confinata a nord e a sud, lungo la linea di costa, da due aree in sollevamento.

Per quanto riguarda i fenomeni di sollevamento, dalle ricerche bibliografiche risulta che il primo a riconoscere tracce di variazioni del livello marino lungo la costa ionica della Sicilia è stato GEMMELLARO (1837), il quale ha descritto il solco di battente esistente attorno ai promontori di Capo Sant'Alessio e Capo Sant'Andrea, nei pressi di Taormina (Fig. 2: a).

GEMMELLARO (1859) determina un sollevamento della costa compresa tra Catania e Acì Trezza, in base al ritrovamento di depositi di origine marina tra 0,4 e 1 metro sul livello marino nella baia di Ògnina (Fig. 2: b), di una sabbia conchigliifera a 1 metro di quota sul lato settentrionale della rupe di Acì Castello (Fig. 2: c) e di incrostazioni *conchigliari* comprese tra 4 e 13 metri di quota sull'Isola Lachea (Fig. 2: d).

PLATANIA (1905 a) osserva che le argille pleistoceniche affioranti a 700 metri di quota presso Santa Maria la Vena (Fig. 2: e) costituiscono l'indizio di un recente sollevamento del versante orientale dell'Etna; inoltre, in base all'esistenza di incrostazioni di conchiglie a 5,4 metri di quota sulla falesia di Acì Castello (Fig. 2: f), formata da una colata di lava datata al 1169 da SARTORIUS VON WALTERSHAUSEN (1880), calcola un sollevamento della zona costiera di 8 millimetri all'anno; è chiaro comunque che il calcolo è errato per difetto: le incrostazioni di conchiglie allora osservate a 5,4 metri d'altezza non si saranno formate sulla superficie della colata appena raffreddata, ma su una superficie d'erosione, diversi anni dopo la fine dell'eruzione: ne deriva una maggiore velocità di sollevamento.

PLATANIA (1905 b; 1912; 1915) descrive una serie di marmitte dei giganti presenti sull'Isola Lachea (Fig. 2: d) e nel porto di Acì Trezza (Fig. 2: h); attribuendone la genesi ad onde di tempesta, non si rende conto della prova di un abbassamento relativo del livello del mare che tali morfologie testimoniano.

PLATANIA (1922) riconosce il recente sollevamento generale della regione etnea, comprovato dalle argille quaternarie affioranti a Presa (Fig. 2: i), Santa Maria la Vena (Fig. 2: e) e Santa Venera (Fig. 2: l); egli inoltre segnala l'esistenza di incrostazioni calcaree, contenenti frammenti di stoviglie di epoca romana, ubicate intorno a 14 metri sul livello del mare lungo la costa di Acì Castello (Fig. 2: m); tracce di erosione marina riconosce egli stesso intorno a 80 metri di quota sulla Timpa di Santa Maria la Scala (Fig. 2: n).

DE FIORE (in ZAMBONINI, 1925) descrive le argille con faune calabriane affioranti sulla collina di Vampulieri, presso Acì Trezza, a 120 metri di quota (Fig. 2: o).

Secondo ROMANO & STURIALE (1981) la colata lavica che circonda ad occidente la rupe di Acì Castello, e che presenta tracce di abrasione marina e fori di litodomi a 6 metri di quota, è stata emessa tra il 122 a.C. e il 252-253 d.C., testimoniando un sollevamento della zona costiera di circa 3 mm/anno.

Per quanto riguarda i fenomeni di abbassamento l'unica testimonianza ci viene tramandata da PLATANIA (1905 a) il quale rileva tale fenomeno lungo la costa in corrispondenza dell'abitato di Torre Archirafi (Fig. 2: g), dove i ruderi dell'eponima torre, eretta nel 1594 (SCARLATA, 1993), si trovavano, al momento in cui egli fece le

indagini, a due metri di profondità; se il disegno attribuito da SCARLATA (1993) a Camillo Camiliani è fedele, la torre in oggetto sorgeva su una falesia alta circa 4 metri: se ne deduce un abbassamento della costa di circa 6 metri nell'arco di poco più di 300 anni, con un tasso medio calcolato di 2 centimetri all'anno.

5. VARIAZIONI DEL LIVELLO MARINO: NUOVI DATI

Sulla scorta di rilievi, e sulla base di una rilettura critica della letteratura, sono state riconosciute altre testimonianze geomorfologiche di variazioni del livello marino.

5.1. La rupe di Aci Castello

Nella zona di Aci Castello affiorano alcuni dei prodotti vulcanici più antichi emessi nella zona etnea (GILLOT *et al.*, 1994); nel complesso, la rupe su cui sorge il castello è formata in prevalenza da lave a cuscini e breccie vulcanoclastiche (CORSARO & CRISTOFOLINI, 2000) facenti parte delle Lave sub-alcaline di base (ROMANO *et al.*, 1979); a SW della rupe (Fig. 5) si trova una colata lavica subaerea, emessa tra il 122 a.C. e il 252-253 d.C. (ROMANO & STURIALE, 1981), poggiante su una piattaforma d'abrasione marina ubicata a circa 4,5 metri di altezza, costituita da lave a cuscini, con chiare tracce di metamorfismo da contatto (Fig. 6).



Fig. 5 - Panoramica della rupe di Aci Castello.
Panoramic view on Aci Castello castle rock.



Fig. 6 - Il contatto tra la colata sub-aerea emessa tra il 122 a.C. e il 252-253 d.C. e quella sub-marina sottostante.
Stratigraphic boundary between subaerial lava flow (122 B.C. - 252-253 A.D.) and underlying submarine lava.

Tutt'intorno alla rupe esiste un'altra piattaforma d'abrasione marina impostata su lave a cuscini, ubicata a un metro circa di quota (Fig. 5); nella zona orientale della rupe si vedono 3 nicchie assimilabili a solchi di battente, rispettivamente alle quote 1,5, 6 e 8,7 metri circa.

L'insieme delle testimonianze morfologiche consente la seguente ricostruzione:

- 1) il moto ondoso scava il solco di battente attualmente ubicato a 8,7 metri di quota (Fig. 7 A: a);
- 2) in seguito ad un sollevamento della zona si forma il solco di battente di quota 6 metri (Fig. 7 B: b);
- 3) un secondo sollevamento è testimoniato dalla piattaforma di quota 4,5 metri (Fig. 7 B: c);
- 4) in occasione di un terzo sollevamento la rupe, precedentemente isolata, si unisce alla terraferma; la piattaforma d'abrasione di cui al punto precedente emerge e questa, tra il 122 a.C. e il 252-253 d.C., viene ricoperta da una colata di lava (Fig. 7 C);
- 5) in seguito ad un innalzamento relativo del livello del mare, la colata lavica viene interessata dall'erosione marina che vi forma una falesia, presto colonizzata da litodomi (Fig. 7 D);
- 6) un nuovo abbassamento relativo del livello marino porta alla formazione del solco di battente di quota 1,5 metri e della piattaforma di quota 1 metro (Fig. 7 E);
- 7) un ulteriore sollevamento della zona porta alla configurazione attuale (Fig. 7 F).

5.2. Il porto di Stazzo

Stazzo, frazione del comune di Acireale, è stata costruita lungo la costa (Fig. 3), all'estremità di una colata lavica del 1329 emessa da una fessura eruttiva ubicata al margine sud-orientale dell'edificio piroclastico di Monte Ilice (ROMANO & STURIALE, 1982); l'erosione marina ha prodotto una falesia con numerose piccole insenature.

Al limite meridionale della colata, al contatto con le preesistenti vulcaniti, attribuite all'attività del Mongibello Recente (ROMANO *et al.*, 1979), esiste una piccola rada, utilizzata come riparo per barche da pesca, con un molo di recente costruzione; accanto a questo se ne trova uno più antico, inutilizzabile in quanto il suo pavimento si trova a fior d'acqua (Fig. 4); da informazioni assunte in loco, risulta che il molo vecchio è stato costruito nel 1949, e che esso era alto circa 1 metro sul livello del mare; ciò consente di calcolare un abbassamento della zona costiera di circa 1,8 cm/anno per il periodo considerato.

6. ANALISI DELLA SISMICITÀ STORICA DELL'AREA

Al fine di trovare le cause che spieghino il fenomeno di abbassamento registrato a Torre Archirafi e a Stazzo, in contrasto con il generale sollevamento dell'intera area etnea, si sono studiate le più importanti faglie presenti sul basso versante orientale dell'Etna e la relativa sismicità; la zona è interessata sia da un'attività sismica "lontana", dovuta a risentimenti di importanti eventi con epicentri ubicati lungo l'Arco Calabro-peloritano o nel Plateau Ibleo, sia da una frequente sismicità locale con profondità ipocentrali comprese tra 0,5 e 2 chilometri (PATANÈ, 1975; BENINA *et al.*, 1984; LO

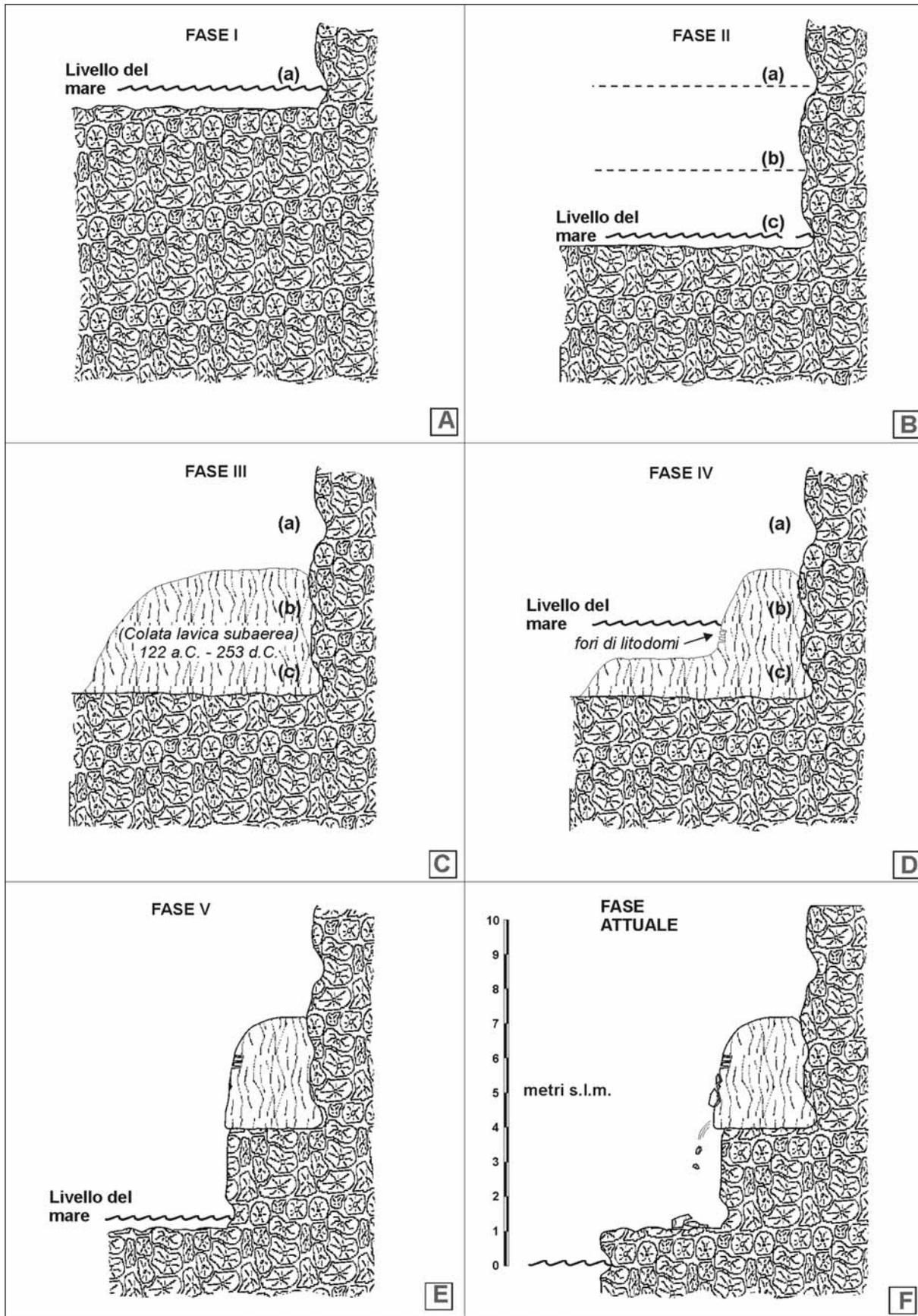


Fig. 7 - Ipotizzata evoluzione morfologica della falesia a meridione della rupe di Aci Castello.
Hypothetic morphological evolution of southern cliff of Aci Castello castle rock.

GIUDICE, 1985; BOTTARI *et al.*, 1989; AZZARO *et al.*, 1989 a; 1989 b; LO GIUDICE & RASÀ, 1992; CARVENI *et al.*, 1996; GRESTA *et al.*, 1997), con modesto raggio di avvertibilità e campo macrosismico di pochi chilometri quadrati. Nella zona è stata inoltre individuata l'esistenza di lenti scorrimenti asismici (*creep* asismici) lungo alcuni piani di faglia (Lo GIUDICE, 1985).

Le faglie presentano meccanismi distensivi; è stato evidenziato che gli epicentri dei sismi sono localizzati prevalentemente lungo i segmenti settentrionali delle relative faglie, mentre lungo i tratti meridionali delle stesse si registrano solo fenomeni di *creep* asismico (CARVENI & BELLA, 1994).

L'integrazione tra dati provenienti da indagini geoelettriche (CASSINIS *et al.*, 1970) e dati relativi alle profondità ipocentrali di alcuni sismi (PATANÈ, 1975; POSTPISCHL, 1985; AZZARO *et al.*, 1989 a; 1989 b; BOTTARI *et al.*, 1989) ha fatto ipotizzare una genesi di tipo gravitativo profondo per i movimenti sismici in oggetto (CARVENI & BELLA, 1994).

Per quanto di magnitudo relativamente modesta, alcuni dei terremoti avvenuti in quest'area hanno provocato ingenti danni alle costruzioni e la perdita di numerose vite umane; fra gli effetti cosismici sono stati segnalati spostamenti reciproci dei blocchi lungo i piani di faglia e l'apertura di fessure nel terreno (GRASSI, 1865; SILVESTRI, 1865; 1866; 1867; 1883; PLATANIA & PLATANIA, 1894; PLATANIA, 1908; 1920; RICCÒ, 1911; 1912; SABATINI, 1914; CASTORINA, 1920; CUMIN, 1954; RIUSCETTI & DISTEFANO, 1971; AZZARO *et al.*, 1989 a).

In occasione del sisma del 29 gennaio 1989 è stato registrato un movimento transtensivo destro (AZZARO *et al.*, 1989 a); altri autori hanno descritto slickenside sui piani delle faglie della Timpa di Moscarello e della Timpa di Santa Tecla (BOUSQUET *et al.*, 1987). I dati relativi ai sismi con intensità maggiore al VII grado della scala EMS-98 sono riportati in Tabella 1.

6.1. Attività della Faglia di Moscarello

La Faglia di Moscarello è una faglia diretta con direzione complessiva N 20° W, geologicamente e sismicamente attiva (*sensu* BOSI & CARRARO, 1979), sviluppo lineare di 10 chilometri circa, blocco orientale ribassato con piano quasi verticale; i suoi movimenti hanno provocato una scarpata che raggiunge lungo il tratto settentrionale un dislivello di 200 metri (Timpa di Moscarello).

FERRERI *et al.* (2000), tramite trincee esplorative, hanno riconosciuto i risultati di una fagliazione a scatti, con abbassamenti relativi compresi tra 2 e 4 mm/anno.

6.1.1. Sisma del 19 luglio 1865

Tra tutti i terremoti verificatisi sul fianco orientale dell'Etna di cui si hanno notizie, quello avvenuto il 19 luglio 1865 è stato certamente il più forte. Il villaggio di Fondo Macchia, costituito da almeno 90 edifici tra case e magazzini, distribuiti in un'ampia area, fu letteralmente raso al suolo: caddero a terra, verso ponente, tutte i manufatti, compresi i muri a secco alti meno di un metro (SILVESTRI, 1865).

Lungo il piano di faglia fu osservato un abbassamento del blocco orientale variabile, a luoghi, da un minimo di 30 a un massimo di 60 centimetri; si formarono crepe parallele alla frattura principale con espulsione dal terreno di blocchi lavici e radici di alberi; il sisma provocò anche la caduta di massi lungo la Timpa di Moscarello (SILVESTRI, 1865; GRASSI, 1865). Nella figura 8 è rappresentato il campo macrosismico.

6.2. Attività della Faglia di San Leonardello

La Faglia di San Leonardello è una faglia diretta, geologicamente e sismicamente attiva, parallela alla Faglia di Moscarello (N 20° W), con sviluppo lineare di 5,5 chilometri e blocco orientale ribassato; essa si estende da Macchia fino alla costa compresa tra

Tab. 1. * CPTI = CATALOGO PARAMETRICO DEI TERREMOTI ITALIANI; 1) GRASSI, 1865; 2) RICCÒ, 1911, 1912; 3) SILVESTRI, 1865; 4) RIUSCETTI & DISTEFANO, 1971; 5) PATANÈ, 1975; 6) CASTORINA, 1920; 7) PLATANIA, 1920; 8) CUMIN, 1954; 9) POSTPISCHL, 1985; 10) AZZARO *et al.*, 1989; 11) BARATTA, 1900.

Data	Epicentro	Faglia	I ₀ (EMS-98)	Mm	D (km)	Rv (m)	T	Rif
11 luglio 1805	Fondo Macchia	Moscarello	VIII-IX (?)					1, 2
26 gennaio 1855	Fondo Macchia	Moscarello	VIII	4.24 (*)			dx	1
19 luglio 1865	Fondo Macchia	Moscarello	XI	4.94 (*)	1.6±16% (9)	0,6	dx	1, 3
12 febbraio 1881	San Matteo	Macchia – Stazzo	VIII	3.8				8, 11
15 ottobre 1911	Fondo Macchia	Moscarello	X		1.0	0,9	dx	2
26 settembre 1920	Codavolpe	San Leonardello	X	4.42 (*)	0.5±3.4% (9)	0,6		6, 7
8 aprile 1950	Codavolpe	San Leonardello	IX	4.0	0.7±13.6% (9)			8, 9
21 aprile 1971	Sciara	Moscarello	X	3.90 (*)				4
19 agosto 1973	Mangano	Moscarello	VII					5
29 gennaio 1989	Codavolpe	San Leonardello	VIII		0.5±7.7% (9)	0,3	dx	10

Stazzo e Santa Tecla, ed è evidenziata da tratti di scarpate rettilinee con dislivelli massimi di 30 metri.

Mentre lungo il settore settentrionale della faglia si sono verificati sismi di una certa intensità, il tratto meridionale è interessato da movimenti lenti (*creep* asismici); sono stati da noi misurati spostamenti di 1,2 cm/anno lungo alcune crepe in edifici di San Leonardello.

6.2.1. Sisma del 26 settembre 1920

Gli effetti del terremoto del 26 settembre 1920 sono stati descritti da CASTORINA (1920) e da PLATANIA (1920); il relativo campo macrosismico è rappresentato nella figura 9.

A Codavolpe crollarono molte case e tutte le altre furono danneggiate; si formarono nel terreno numerose fessure con direzione NNW-SSE e fu notato lo spostamento di pesanti mobili verso NW, come reazione inerziale al movimento di trascorrenza destro.

A San Leonardello rimasero lesionate parecchie case (CASTORINA, 1920).

Lungo la scarpata della faglia furono misurati rigetti verticali compresi tra un minimo di 30 e un massimo di 60 centimetri; la frattura beante poteva essere seguita sul terreno per diversi tratti, ognuno lungo centinaia di metri; furono segnalate fessure parallele alla faglia, a volte riunite in coppie; presso l'abitato di San Leonardello si riaprì una frattura già formata in occasione del sisma del 1865 (CASTORINA, 1920).

6.3. Attività della Faglia Macchia-Stazzo

La Faglia Macchia - Stazzo è una faglia antitetica rispetto alle due precedenti: con direzione N 20° W, sviluppo lineare di poco più di 8 chilometri e blocco occidentale ribassato, essa delimita ad oriente il Graben di San Leonardello.

Gli indizi morfologici che ne fanno riconoscere l'esistenza sono meno evidenti di quelli relativi alle due faglie già descritte, a causa di una minore attività sismica: essa è eviden-

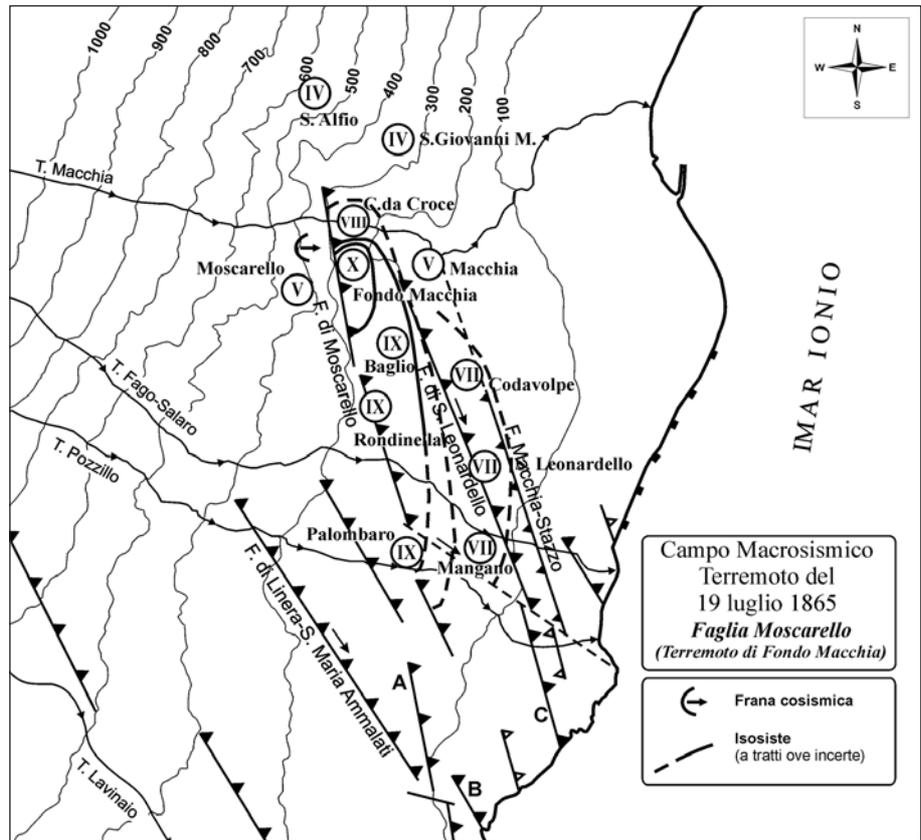


Fig. 8 - Campo macrosismico del terremoto di Fondo Macchia del 19 luglio 1865. Fondo Macchia 1865, 19th July earthquake macroseismic field.

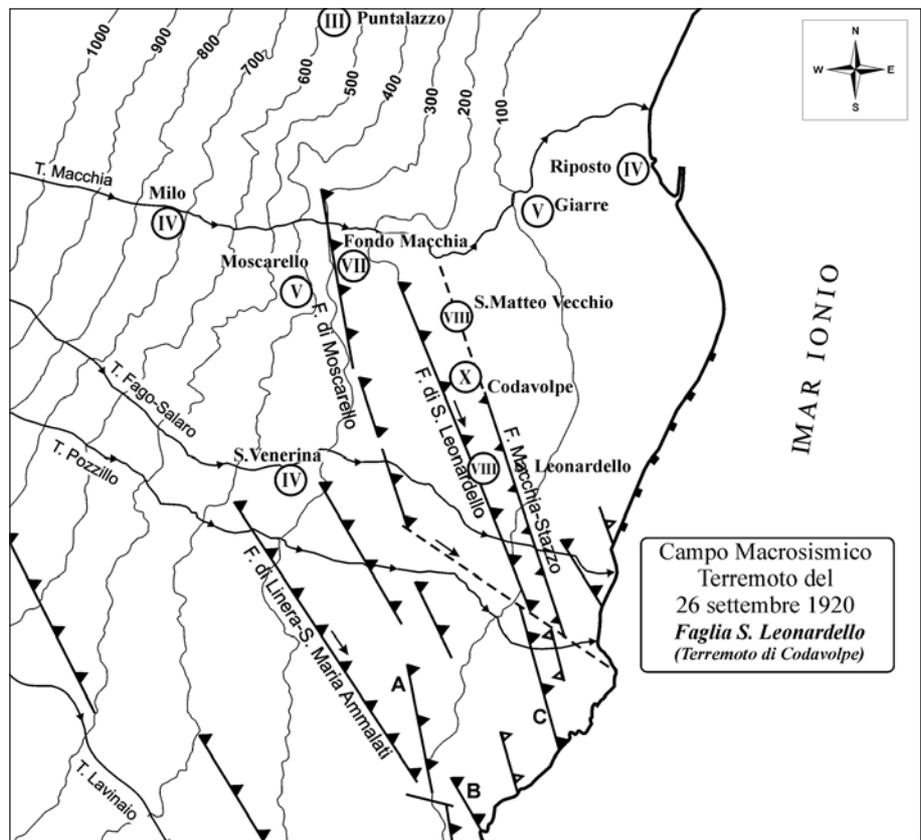


Fig. 9 - Campo macrosismico del terremoto di Codavolpe del 26 settembre 1920. Codavolpe 1920, 26th September earthquake macroseismic field.

ziata da una scarpata quasi rettilinea, più evidente lungo il tratto meridionale dove ha causato diversi fenomeni di cattura di piccoli corsi d'acqua (ADORNI & CARVENI, 1993 a; 1993 b) CARVENI & BELLA, 1994; BELLA *et al.*, 1996; CARVENI *et al.*, 1997).

L'unico sisma collegato a questa faglia di cui si abbiano notizie è avvenuto il 12 febbraio 1881; fratture e dislocazioni in manufatti costruiti in epoca posteriore al sisma evidenziano l'esistenza di fenomeni di scorrimento asismico tra i blocchi (*creep* asismici).

Da BARATTA (1900) si evince che i maggiori danni provocati dal sisma del 12 febbraio 1881 non sono stati subiti dal villaggio di Codavolpe, fino ad oggi considerato epicentro relativo a questo sisma, ma dalla frazione di San Matteo, dove si verificarono crolli totali di piccole case rustiche; tutto ciò porta a riconoscere la Faglia Macchia - Stazzo come responsabile di tale sisma, e non, come finora si era creduto, la Faglia di San Leonardello; ciò è confermato da quanto riportato da CUMIN (1954), secondo il quale in occasione di questo terremoto si sarebbe formata una frattura proprio alla base della scarpata della Faglia Macchia - Stazzo.

Il relativo campo macrosismico è stato ricostruito nella figura 10.

A questo sisma è stata attribuita un'intensità epicentrale dell'VIII grado, con MM 3,8 (POSTPISCHL, 1985), e del VI-VII grado (GRESTA *et al.*, 1997).

7. DISCUSSIONE DEI DATI E CONCLUSIONI

Lo studio morfo-tettonico qui presentato, integrato con i risultati ottenuti da numerosi autori precedenti, permette di dare una spiegazione del fenomeno di abbassamento riscontrabile sul versante orientale etneo, e in particolare lungo il tratto di costa compreso tra la spiaggia di Torre Archirafi a settentrione e Stazzo a meridione.

Le testimonianze geologico-geomorfologiche di un sollevamento generalizzato del territorio etneo sono note: basti citare gli affioramenti di Argille Marnose Azzurre infrapleistoceniche di Santa Venera, Presa e Vena già individuati da PLATANIA (1905 a) e i numerosi terrazzi fluviali lungo le valli dei fiumi Simeto e Alcantara (ROMANO *et al.*, 1979); inoltre, nel già citato articolo di GIRONI (2003) risulta che il sollevamento dell'edificio etneo è solidale con le circostanti zone; fa eccezione il settore grossolanamente triangolare col vertice in corrispondenza del Cratere Centrale e la base lungo la costa ionica, delimitato a settentrione dalla Faglia della Pernicana, a NW dal Rift di NE, a occidentale e SW da una fascia di fratture eruttive e faglie dirette che, partendo dai crateri sommitali, scendono lungo il fianco meridionale dell'edificio vulcanico e giungono alla costa ionica tra la baia di Ògnina e Aci Castello.

Il territorio compreso all'interno di questo settore è interessato dall'attività di alcune faglie dirette, appartenenti al sistema con direzione NNW-SSE che ha dato luogo alla Scarpata Ibleo-Maltese; esse, formando tra

l'altro il Graben di San Leonardello, sono responsabili della sismicità locale e hanno giocato un ruolo fondamentale nel condizionare l'idrografia superficiale e l'andamento della linea di costa (ADORNI & CARVENI, 1993 a; 1993 b; CARVENI & BELLA, 1994; BELLA *et al.*, 1996; CARVENI *et al.*, 1997). Dalla testimonianza di PUGLISI (in PLATANIA, 1922) risulta inoltre l'esistenza di un movimento traslativo verso oriente lungo i piani delle faglie con direzione N-S che interessano la zona di Aci Sant'Antonio (Fig. 3: sas).

Questo versante presenta un particolare assetto geologico-strutturale, in quanto vi affiorano prevalentemente lave, con subordinati prodotti piroclastici e depositi alluvionali, poggiati su un substrato di Argille Marnose Azzurre infrapleistoceniche.

In alcune zone il passaggio dalle argille del basamento pre-etneo alle soprastanti vulcaniti è stato determinato da CASSINIS *et al.* (1970); essi evidenziano l'esistenza di un orizzonte conduttivo assimilato alle Argille Marnose Azzurre infrapleistoceniche a profondità variabile al di

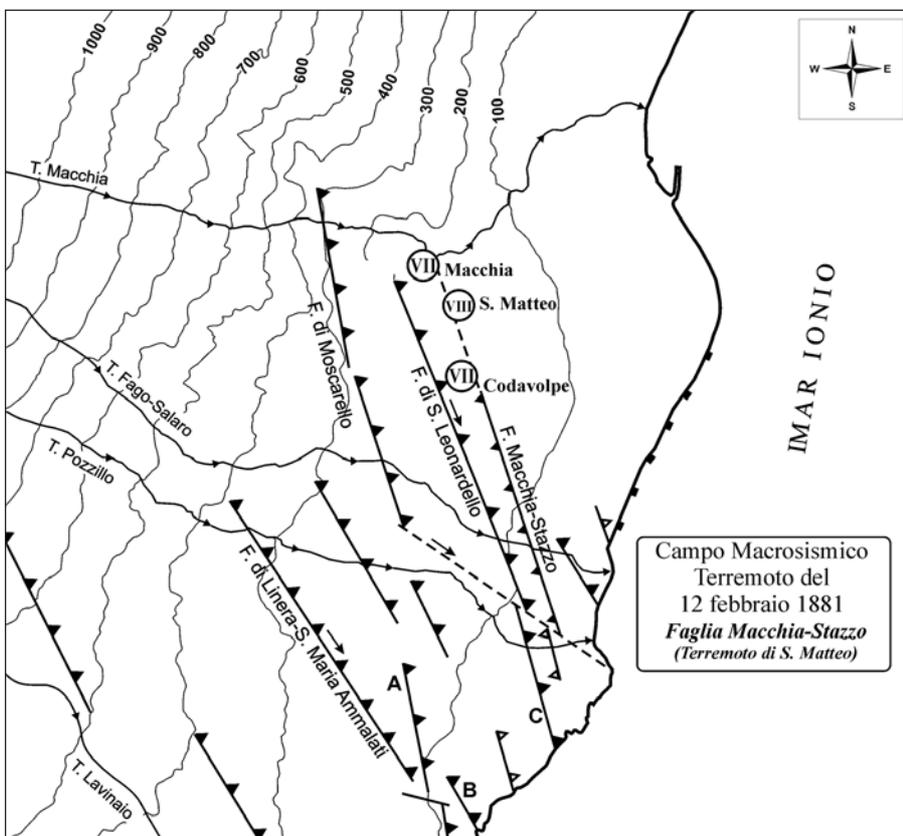


Fig. 10 - Campo macrosismico del terremoto di San Matteo del 12 febbraio 1881. San Matteo 1881, 12th February earthquake macroseismic field.

sotto della superficie di campagna. Dal confronto di questi dati con i risultati di alcuni studi sulla sismicità locale, risulta che le profondità ipocentrali dei terremoti avvenuti a Codavolpe il 26 settembre 1920 (km $0,5 \pm 3,4\%$, POSTPISCHL, 1985) e il 29 gennaio 1989 (km $0,5 \pm 7,7\%$, AZZARO *et al.*, 1989 a) corrispondono al passaggio dalle argille infrapleistoceniche alle soprastanti lave; analogamente, per il sisma di San Giovanni Bosco del 2 febbraio 1986, AZZARO *et al.* (1989 b) hanno calcolato una profondità ipocentrale poco inferiore a 1 chilometro, e CASSINIS *et al.* (1970) individuano in questa zona il passaggio argille/vulcaniti a 950 metri o poco più.

Sulla base di questi dati è stata ipotizzata l'origine gravitativa profonda per i movimenti della faglia di San Leonardello (CARVENI & BELLA, 1994; CARVENI *et al.*, 1997); il particolare assetto geologico-strutturale del versante, il diverso comportamento meccanico dei due complessi litologici e le notevoli precipitazioni meteoriche, che raggiungono 1.300 mm/anno a Zafferana (FERRARA, 1975), possono essere considerati cause concomitanti all'instaurarsi di condizioni di instabilità.

L'andamento delle curve isosisme dei terremoti attribuiti alla Faglia di Moscarello evidenzia un forte tasso di assorbimento dell'energia sismica in direzione nord: ciò aveva fatto ipotizzare l'esistenza di una faglia con direzione circa E-W in corrispondenza della valle del Torrente Macchia (CARVENI & BELLA, 1994; CARVENI *et al.*, 1997). Questa faglia, sinora non riconosciuta in letteratura, può corrispondere ad un lineamento morfologico con andamento WNW-ESE (*Faglia Milo - Giarre, fmg* in Figura 3), identificato tramite l'analisi del Modello Digitale del Terreno (DEM, FAVALLI *et al.*, 1999). Dall'esame del Catalogo dei Terremoti dell'Etna (AZZARO *et al.*, 2000) si rileva che all'attività di questa presunta faglia possono essere attribuiti cinque sismi verificatisi tra il 7 ed il 28 marzo 1910.

Una serie di 71 piccoli terremoti, distribuiti tra il 1874 e il 1920 (AZZARO *et al.*, 2000), con epicentri localizzati lungo un segmento compreso tra il porto di Riposto e Macchia di Giarre, evidenzia l'esistenza di un'altra faglia, anch'essa non descritta in letteratura; questa ipotizzata struttura tettonica è anche evidenziata da una colata ad andamento rettilineo (ROMANO *et al.*, 1979), riversatasi lungo una valle impostata, presumibilmente, in corrispondenza del piano di faglia (Fig. 3: *fmr*).

In conclusione risulta evidente che la sommatoria dei movimenti di abbassamento lungo i due lati del settore in studio e lungo il sistema delle faglie che formano il Graben di San Leonardello può essere considerato come un cedimento gravitativo profondo, reazione al movimento generale di sollevamento della regione, che si manifesta, principalmente, nel rigetto verticale delle faglie che formano il Graben di San Leonardello. I rigetti misurati in occasione di alcuni tra i più forti terremoti generati dalle faglie in esame (Tabella 1), permettono di valutare, con buona approssimazione, un rigetto medio pari a 50 centimetri, e considerando un periodo di 200 anni, dal 1805 ad oggi, si è calcolato un tasso di abbassamento di circa 2,5 cm/anno per la zona di Stazzo (2 cm/anno nel più breve periodo 1949-2005) e di 2 cm/anno per la zona di Torre Archirafi.

Studio effettuato con i fondi del M.I.U.R., nell'ambito delle ricerche "Morfodinamica di zone vulcaniche

e/o sismicamente attive" e "Morfodinamica di zone costiere sismicamente attive", responsabile Pietro Carveni.

RINGRAZIAMENTI

Ringraziamo gli anonimi referees per gli utili e costruttivi consigli.

LAVORI CITATI

- ADORNI G. & CARVENI P. (1993 a) - *Geomorphology and seismotectonic elements in the Giarre area, Sicily*. Earth Surf. Proc. Land., **18**, 275-283.
- ADORNI G. & CARVENI P. (1993 b) - *Anomalie del reticolo idrografico causate da eventi sismotettonici sul basso versante orientale dell'Etna*. Boll. Acc. Gioenia Sc. Nat. Catania, **26** (342), 197-206.
- AZZARO R., BARBANO M.S., ANTICHI B. & RIGANO R. (2000) - *Macroseismic Catalogue of Mt. Etna Earthquakes from 1832 to 1998*. Acta Vulcanologica, **12** (1-2), 3-36, con CD Rom.
- AZZARO R., CARVENI P., LO GIUDICE E. & RASÀ R. (1989 a) - *Il terremoto di Codavolpe (basso versante orientale etneo) del 29 gennaio 1989: campo macrosismico e fratturazione cosismica*. Boll. G.N.V., **1**, 1-12.
- AZZARO R., LO GIUDICE E. & RASÀ R. (1989 b) - *Catalogo degli effetti macrosismici e delle fenomenologie da creep nell'area etnea dall'agosto 1990 al dicembre 1989*. Boll. G.N.V., **1**, 13-46.
- BARATTA M. (1900) - *I terremoti d'Italia. Saggio di Storia, Geografia e Bibliografia sismica italiana*. Arnaldo Forni Editore, Torino, 950 pp.
- BELLA D., CARVENI P., MUSUMECI C. & GRESTA S. (1996) - *Aspetti geomorfologici conseguenti all'attività sismica locale sul basso versante orientale del vulcano Etna*. Il Quaternario, **9** (1), 365-368.
- BENINA A., IMPOSA S., GRESTA S. & PATANÈ G. (1984) - *Studio macrosismico e strumentale di due terremoti tettonici avvenuti sul versante meridionale dell'Etna*. Att. 3° Conv. G.N.G.T.S., **2**, 931-940.
- BORGIA A., FERRARI L. & PASQUARÈ G. (1992) - *Importance of gravitational spreading in the tectonic and volcanic evolution of Mt. Etna*. Nature, **357**, 231-235.
- BOSI C. & CARRARO F. (1979) - *Considerazioni terminologiche in campo sismotettonico*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., **2**, 21-28.
- BOTTARI A., CARVENI P., LO GIUDICE E., PIETRAFESA M., BIRRI G. & STILLITANI E. (1989) - *Criteri di utilizzo e rappresentazione grafica del dato macrosismico nella redazione di una carta sismotettonica*. Att. 8° Conv. Ann. Gr. Naz. Geof. Terra Solida: 191-202.
- BOUSQUET J.C., GRESTA S., LANZAFAME G. & PAQUIN C. (1987) - *Il campo degli sforzi attuali e quaternari nella regione dell'Etna*. Mem. Soc. Geol. It., **38**, 483-506.
- BUROLLET P.F., MUGNOT G.M. & SWEENEY P. (1978) - *The geology of the Pelagian Block: the margins and basins of Southern Tunisia and Tripolitania*. In: NAIRN A., KANES W. & STELHI F.G., Eds., *The Ocean basins and Margins*, Plenum Press, New York, 331-339.

- CARAPEZZA M. (1962) - *Un esempio di eruzione laterale da faglia nell'apparato eruttivo etneo*. Acta Geol. Alpina, **8**, 249-276.
- CARBONE M.S., COSENTINO M., GRASSO M., LENTINI F., LOMBARDO G. & PATANÈ G. (1982 a) - *Elementi per una prima valutazione dei caratteri sismotettonici dell'Avampaese Ibleo (Sicilia sud-orientale)*. Mem. Soc. Geol. It., **24**, 507-520.
- CARBONE M.S., GRASSO M. & LENTINI F. (1982 b) - *Considerazioni sull'evoluzione geodinamica della Sicilia sud-orientale dal Cretaceo al Quaternario*. Mem. Soc. Geol. It., **24**, 367-386.
- CARBONE S., GRASSO M. & LENTINI F. (1982 c) - *Elementi per una valutazione degli eventi tettonico-sedimentari dal Cretaceo al Quaternario nella Sicilia Sud-Orientale*. In CATALANO R. & D'ARGENIO B., Eds., *Guida alla geologia della Sicilia occidentale*. Soc. Geol. It., Palermo, 103-109.
- CARBONE S., GRASSO M. & LENTINI F. (1987) - *Lineamenti geologici del Plateau Ibleo (Sicilia S.E.). Presentazione delle carte geologiche della Sicilia sud-orientale*. Mem. Soc. Geol. It., **38**, 127-135.
- CARVENI P. & BELLA D. (1994) - *Aspetti geomorfologici legati ad attività sismica su vulcani attivi: il basso versante orientale dell'Etna come modello di studio*. Boll. Acc. Gioenia Sc. Nat., **27** (346), 253-285.
- CARVENI P., BELLA D., FILETTI G., LEONARDI M.C., MUSUMECI C. & STURIALE G. (1996) - *Zonazione sismica del territorio di Giarre (Catania) mediante l'analisi di sismi locali avvenuti nel periodo 1855-1989*. Att. Conv. Lincei, "La stabilità del suolo in Italia: zonazione sismica-frane", **134**, 389-393.
- CARVENI P., BENFATTO S., MANISCALCO R., SALLESO M. & STURIALE G. (2005) - *Controllo tettonico sulla morfologia del basso versante nord-orientale dell'Etna (Sicilia)*. Il Quaternario, in stampa.
- CARVENI P., FILETTI G. & BELLA D. (1997) - *Aspetti geomorfologici e sismologici connessi a fenomeni di tettonica gravitativa nel basso versante orientale dell'Etna*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., **20**, 43-49.
- CARVENI P., GRASSO M.F., ROMANO R. & TRICOMI S. (1991 a) - *Vulcanismo del margine settentrionale ibleo*. Mem. Soc. Geol. It., **47**, 417-429.
- CARVENI P., LEONARDI A. & ROMEO M. (1993) - *Rapporti tra vulcaniti submarine e depositi plio-pleistocenici dei dintorni di Palagonia (Avampaese Ibleo, Sicilia)*. Boll. Acc. Gioenia Sc. Nat., vol. 26, **342**, 207-237.
- CARVENI P., ROMANO R., CAPODICASA A. & TRICOMI S. (1991 b) - *Geologia dell'area vulcanica di Capo Passero (Sicilia sud-orientale)*. Mem. Soc. Geol. It., **47**, 431-447.
- CARVENI P. & STURIALE G. (1999) - *Fasi tettoniche, fenomeni vulcanici e geomorfologia della Zona di Monte Casale di San Basilio, lungo il margine settentrionale dei Monti Iblei (Sicilia orientale)*. Il Quaternario, **12** (1), 85-98.
- CASERO P., CITA M.B., CROCE M. & DE MICHELI A. (1984) - *Tentativo di interpretazione evolutiva della scarpata di Malta basata su dati geologici e geofisici*. Mem. Soc. Geol. It., **27**, 233-153.
- CASSINIS R., COSENTINO P., PONZINI G.S. & RIUSCETTI M. (1970) - *Contributo all'esplorazione geofisica lungo la costa etnea*. Atti del Convegno Internazionale sulle acque sotterranee, 6-8 dicembre 1970, Palermo, 11 pp.
- CASTORINA G. (1920) - *Sul terremoto di Codavolpe (26 settembre 1920)*. Tipografia "Dante Alighieri", Riposto, 16 pp.
- CONTINISIO R., FERRUCCI F., & GAUDIOSI G. (1997) - *Malta Escarpment and Mt Etna: early stages of an asymmetric rifting process? Evidences from geophysical and geological data*. Acta Vulcanologica, **9**, 45-53.
- CORSARO R.A. & CRISTOFOLINI R. (2000) - *Subaqueous volcanism in the Etnean area: evidence for hydro-magmatic activity and regional uplift inferred from the Castle Rock of Acì Castello*. Journ. Volc. Geoth. Res., **95**, 209-225.
- CRISTOFOLINI R. (1966) - *Le manifestazioni eruttive basiche del Trias superiore nel sottosuolo di Ragusa*. Per. Min., **35**, 1-38.
- CRISTOFOLINI R., LENTINI F., PATANÈ G. & RASÀ R. (1979) - *Integrazione di dati geologici, geofisici e petrologici per la stesura di un profilo crostale in corrispondenza dell'Etna*. Boll. Soc. Geol. It., **98**, 239-247.
- CUMIN G. (1954) - *Il terremoto di Codavolpe (versante orientale dell'Etna) dell'8 aprile 1950*. Boll. Sed. Acc. Gioenia Sc. Nat. Catania, s. IV, **2**, 473-483.
- DI GERONIMO I., GHISSETTI F., LENTINI F. & VEZZANI L. (1978) - *Lineamenti neotettonici della Sicilia orientale*. Mem. Soc. Geol. It., **19**, 543-549.
- DI GRANDE A. (1967) - *I sedimenti pleistocenici del margine settentrionale dell'Altipiano Ibleo*. Att. Acc. Gioenia Sc. Nat., Catania, Serie VI, **18** (Suppl. Sc. Geol.), 247-263.
- DI GRANDE A. (1969) - *L'alternanza neogenico-quadernaria di vulcaniti e sedimenti al margine nord-occidentale dell'Altipiano Ibleo*. Att. Acc. Gioenia Sc. Nat., Catania, **4**, 36 pp.
- DI GRANDE A. (1972) - *Geologia dell'area a nord di Augusta - Francofonte (Sicilia SE)*. Att. Acc. Gioenia Sc. Nat., s. 7, **4**, 1-32.
- FAVALLI M., INNOCENTI F., PARESCHI M.T., PASQUARÈ G., MAZZARINI F., BRANCA S., CAVARRA L. & TIBALDI A. (1999) - *The DEM of Mt. Etna: geomorphological and structural implications*. Geodinamica Acta, **12** (5), 279-290.
- FERRARA V. (1975) - *Idrogeologia del versante orientale dell'Etna*. Att. 3° Conv. Intern. Acque sotterranee, 91-144.
- FERRARI L., GARDUÑO V.H. & NERI M. (1991) - *I dicchi della Valle del Bove, Etna: un etodo per stimare le dilatazioni di un apparato vulcanico*. Mem. Soc. Geol. It., **47**, 495-508.
- FERRERI L., AZZARO R., BELLA D., FILETTI G., MICHETTI A.M., SANTAGATI F., SERVA L. & VITTORI E. (2000) - *Analisi paleosismologiche ed evoluzione olocenica della fagliazione superficiale lungo la Timpa di Moscarello, M. Etna (Sicilia)*. Boll. Soc. Geol. It., **119** (2), 251-256.
- FINETTI I. (1982) - *Structure, stratigraphy and evolution of Central Mediterranean*. Boll. Geof. Teor. Appl., **96**, 247-312.
- FINETTI I., LENTINI F., CARBONE S., CATALANO S. & DEL BEN A. (1996) - *Il sistema Appennino Meridionale - Arco Calabro - Sicilia nel Mediterraneo centrale: studio geologico-geofisico*. Boll. Soc. Geol. It., **115**, 529-559.
- FINETTI I. & MORELLI C. (1972) - *Wide scale digital seismic*

- exploration of the Mediterranean sea. *Boll. Geof. Teor. Appl.*, **14**, 291-342.
- FRAZZETTA G. & ROMANO R. (1978) - *Approccio di studio per la stesura di una carta del rischio vulcanico (Etna-Sicilia)*. *Mem. Soc. Geol. It.*, **19**, 691-697.
- FRAZZETTA G. & VILLARI L. (1981) - *The feeding of the eruptive activity of Etna Volcano. The regional stress field as a constraint to magma uprising and eruption*. *Bull. Volcan.*, **44** (3), 269-282.
- GEMMELLARO C. (1837) - *Sopra il terreno giurassico di Sicilia. Memoria prima sul terreno giurassico di Tauromina*. *Att. Acc. Gioenia Sc. Nat.*, **12**, 353-375.
- GEMMELLARO C. (1858) - *La vulcanologia dell'Etna. La topografia, la geologia, la storia delle sue eruzioni, la descrizione e lo esame de' fenomeni vulcanici*. Tipografia dell'Accademia Gioenia di C. Galatola, Catania, 267 pp.
- GEMMELLARO G.G. (1859) - *Sul graduale sollevamento di una parte della costa di Sicilia dal Simeto all'Onobola*. *Att. Acc. Gioenia Sc. Nat. Catania*, serie II, **14**, 86-98.
- GHISETTI F. & VEZZANI L. (1982) - *The recent deformation mechanism of the Calabrian Arc*. In: MANTOVANI E. & SARTONI R. (Editors): *Structure, evolution and present dynamics of the Calabrian Arc*. *Earth Evolution Sciences*, **3**, 197-206.
- GIESE P. & MORELLI C. (1975) - *Crustal structure in Italy*. In: OGNIBEN L., PAROTTO M. & PRATURLON A. (Editors), *Structural Model of Italy: Maps and explanatory notes*. *Quad. Ricerca Sci.*, **90**, 453-489.
- GILLOT P.Y., KIEFFER G. & ROMANO R. (1994) - *The evolution of Mount Etna in the light of potassium-argon dating*. *Acta Vulcanologica*, **5**, 81-87.
- GIRONI F. (2003) - *Cosa c'è sotto*. *Quark*, **23**, 50-57.
- GRASSI M. (1865) - *Relazione storica ed osservazioni sull'eruzione etnea del 1865 e su' tremoti flegrei che la seguirono*. Stabilimento Tipografico di Crescenzo Galatola, Catania, 92 pp.
- GRESTA S., BELLA D., MUSUMECI C. & CARVENI P. (1997) - *Some efforts on active faulting processes (earthquakes and aseismic creep) acting on the eastern flank of Mt. Etna (Sicily)*. *Acta Vulc.*, **9** (1/2), 101-108.
- GUEST J.E., CHESTER D.K. & DUNCAN A.M. (1984) - *The Valle del Bove, Mount Etna: its origin and relation to the stratigraphy and structure of the volcano*. *Jour. Volc. Geoth. Res.*, **21**, 1-23.
- GVIRTSMAN Z. & NUR A. (1999) - *The formation of Mount Etna as the consequence of slab rollback*. *Nature*, **401**, 782-785.
- KIEFFER G. (1983 a) - *L'évolution structural de l'Etna (Sicile) et les modalités du contrôle tectonique et volcano-tectonique de son activité. Faits et hypothèses après les éruptions de 1978 et 1979*. *Rev. Géogr. Phys. Géol. Dyn.*, Paris, **24** (2), 129-152.
- KIEFFER G. (1983 b) - *Déplacement progressif vers l'est des voies d'alimentation magmatiques de l'Etna (Sicile)*. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, **25** (3), 369-378.
- KIEFFER G. & TANGUY J.C. (1993) - *L'Etna: évolution structurale, magmatique et dynamique d'un vulcan "poligenic"*. *Mem. Soc. Géol. France*, **163**, 253-271.
- 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 Vulcanologica*, **9**, 121-133.
- LENTINI F. (1982) - *The geology of the Mt. Etna basement*. *Mem. Soc. Geol. It.*, **23**, 7-25.
- LENTINI F., CARBONE S., CUCNO C., GRASSO M., SCAMARDA G. & SCIUTO F. (1986) - *Carta geologica del settore nord-orientale ibleo (Sicilia S.E.)*. Scala 1:50.000, S.E.L.Ca., Firenze.
- LO GIUDICE E. (1985) - *Particolari aspetti del rischio sismico nell'area etnea*. *Att. Conv. Int. Assoc. Geogr. It.*: "L'organizzazione territoriale delle aree sismiche e vulcaniche", 59-85.
- LO GIUDICE E., PATANÈ G., RASÀ R. & ROMANO R. (1982) - *The structural framework of Mt. Etna*. *Mem. Soc. Geol. It.*, **23**, 125-158.
- LO GIUDICE E. & RASÀ R. (1992) - *Very shallow earthquakes and brittle deformations in active volcanic areas: the Etnean region as an example*. *Tectonophysics*, **202**, 257-268.
- LYELL C. (1859) - *On the structure of lavas which have consolidated on steep slopes; with remarks on the mode of origin of Mt. Etna, and on the theory of "Center of Elevation"*. *Phil. Trans. Roy. Soc.*, 703-785.
- MARCHESINI E., CONEDERA C., MORABITO G. & MACII L. (1964) - *Studio fotogeologico dell'Etna*. *Riv. Min. Sic.*, **85-87**, 83-95.
- MCGUIRE W.J., STEWART I.S. & SAUNDERS S.J. (1997) - *Intra-volcanic rifting at Mount Etna in the context of regional tectonics*. *Acta Vulcanologica*, **9**, 147-156.
- MONACO C., PETRONIO L. & ROMANELLI M. (1995) - *Tettonica estensionale nel settore orientale del Monte Etna (Sicilia): dati morfotettonici e sismici*. *Studi Geologici Camerti, Convegno Geodinamica e tettonica attiva del sistema Tirreno-Appennino*, 363-374.
- 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 Planet. Sc. Lett.*, **147**, 125-139.
- MONACO C. & TORTORICI L. (1995) - *Tettonica estensionale quaternaria nell'Arco Calabro e in Sicilia orientale*. *Studi Geologici Camerti, Convegno Geodinamica e tettonica attiva del sistema Tirreno-Appennino*, 351-362.
- MORELLI C. (1970) - *Physiography, gravity and magnetism of the Tyrrhenian sea*. *Boll. Geofis. Teor. Appl.*, **12**: 275-305.
- NERI M., GARDUÑO V.H., PASQUARE G. & RASÀ R. (1991) - *Studio strutturale e modello cinematico della Valle del Bove e del settore nord-orientale etneo*. *Acta Vulcanologica*, **1**, 17-24.
- OGNIBEN L., PAROTTO M. & PRATURLON A. (1975) - *Structural model of Italy*. C.N.R., Quaderni de "La Ricerca Scientifica", **90**, 502 pp.
- PATACCA E., SCANDONE P., GIUNTA C. & LIGUORI V. (1979) - *Mesozoic paleotectonic evolution of the Ragusa zone (SE Sicily)*. *Geol. Romana*, **18**, 331-369.
- PATANÈ G. (1975) - *I terremoti di S. M. Ammalati e di Guardia dell'agosto 1973*. *Riv. Min. Sic.*, **154-156**,

- 199-206.
- PLATANIA G. (1905 a) - *Su un moto differenziale della spiaggia orientale dell'Etna*. Att. 5° Congr. Geogr. It., **2**, Sez. I, Scientifica, 214-219.
- PLATANIA G. (1905 b) - *L'erosione marina all'isola di Acì Trezza*. Mem. Cl. Sc. R. Acc. Zelanti, s. III, **5**, 35-43.
- PLATANIA G. (1908) - *Il terremoto del 7 dicembre 1907*. Rend. e Mem. R. Acc. Zelanti di Acireale, S. 3, **6**, 13-20.
- PLATANIA G. (1912) - *Marmitte dei giganti di erosione marina*. Sunto della comunicazione al X Congresso Geografico internazionale. 4 pp., Tipografia Orario delle Ferrovie, Acireale.
- PLATANIA G. (1915) - *Marmitte dei giganti di erosione marina*. Att. X Congr. Int. Geografia, 27 marzo-3 aprile 1913, Roma, 5 pp.
- PLATANIA G. (1920) - *Terremoto di Codavolpe (Etna) del settembre 1920*. Boll. R. Osserv. Geodin. Catania, 8 pp.
- PLATANIA G. (1922) - *Origine dei terrazzi dell'Etna*. Pubbl. Ist. Geogr. Fis. R. Univ. Catania, (19), 11 pp.
- PLATANIA G. & PLATANIA G. (1894) - *Note sui terremoti etnei*. Rendic. Acc. Sc. Lett. e Art. Zelanti di Acireale, **6**, 5 pp.
- POSTPISCHL D., Editor (1985) - *Catalogo dei terremoti italiani dall'anno 1000 al 1980*. Pr. Fin. Geodin. - CNR, Quaderni de la Ricerca Scientifica, 114-2A, Bologna.
- RICCÒ A. (1911) - *Terremoto di Fondo Macchia del 15 ottobre 1911*. Boll. Sed. Acc. Gioenia Sc. Nat. Catania, n.s., (19), 6-23.
- RICCÒ A. (1912) - *Fenomeni geodinamici consecutivi all'eruzione etnea del settembre 1911*. Boll. Soc. Sismol. It., **16**, 11-32.
- RIUSCETTI M. & DISTEFANO R. (1971) - *Il terremoto di Macchia (Catania)*. Boll. Geof. Teor. Appl., **13** (51), 150-164.
- ROMANO R. (1982) - *Succession of the volcanic activity in the Etnean region*. Mem. Soc. Geol. It., **23**, 27-48.
- ROMANO R., LENTINI F., STURIALE C., AMORE C., ATZORI P., CARTER S.R., CRISTOFOLINI R., DI GERONIMO I., DI GRANDE A., DUNCAN A.M., FERRARA V., GHISSETTI F., GUEST J.E., HAMILL H., PATANÈ G., PEZZINO A., PUGLISI D., SCHILIRÒ F., TORRE G. & VEZZANI L. (1979) - *Carta geologica del Monte Etna*, scala 1:50.000, Litogr. Art. Cartogr., Firenze.
- ROMANO R. & STURIALE C. (1981) - *Geologia del versante sud-orientale etneo, F° 270 IV (NO, NE, SO, SE)*. Boll. Soc. Geol. It., **100** (1), 11-40.
- ROMANO R. & STURIALE C. (1982) - *The historical eruptions of Mt. Etna (Volcanological data)*. Mem. Soc. Geol. It., **23**, 75-97.
- SABATINI V. (1914) - *Note sul terremoto di Linera dell'8 maggio 1914*. Boll. R. Comit. Geol. It., **44**, 245-293.
- SARTORIUS VON WALTERSHAUSEN W. (1880) - *Der Aetna*. 2 voll., 371+548 pp., Leipzig.
- SCANDONE P. (1982) - *Geology of the Calabrian Arc*. In: MANTOVANI E. & SARTONI R. (Editors): *Structure, evolution and present dynamics of the Calabrian Arc*. Earth Evolution Sciences, 3: 172-180.
- SCARLATA M. (1993) - *L'opera di Camillo Camilliani*. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Libreria dello Stato, 686 pp.
- SELLI R. & FABBRI A. (1971) - *Tyrrenian: a Pliocene deep sea*. Rend. Cl. Fis. Mat. Nat. Accad. Lincei, **8**, 104-116.
- SILVESTRI O. (1865) - *Relazione sopra i terremoti dell'Etna*. Stabilimento Tipografico "La Fenice", Catania, 12 pp.
- SILVESTRI O. (1866) - *Sull'eruzione dell'Etna del 1865. Studii geologici e chimici*. "Nuovo Cimento", tomo XXI-XXII, Pisa: 20 pp.
- SILVESTRI O. (1867) - *I fenomeni vulcanici presentati dall'Etna nel 1863-64-65-66 considerati in rapporto alla grande eruzione del 1865*. Mem. Acc. Gioenia Sc. Nat., **3** (1), 53-319.
- SILVESTRI O. (1883) - *Sulla esplosione etnea del 22 marzo 1883 in relazione ai fenomeni vulcanici (geodinamici ed eruttivi) presentati dall'Etna durante il quadriennio compreso dal gennaio 1880 al dicembre 1883*. Osservazioni e studi. Att. Acc. Gioenia Sc. Nat., **3** (18), 237-421.
- TANGUY J.C., CONDOMINES M. & KIEFFER G. (1997) - *Evolution of the Mount Etna magma: Constraints on present feeding system and eruptive mechanism*. Jour. Volc. Geot. Res., **75**, 221-250.
- VAN BEMMELEN R.W. (1969) - *Origin of the Western Mediterranean Sea*. Verh. K. -Ned. Geol. Mijnbouwkd. Genoot., Geol. Ser., **26**, 13-52.
- ZAMBONINI F. (1925) - *Sopra un rapporto del Prof. O. De Fiore intorno ad un sollevamento delle coste orientali dell'Etna*. Rend. R. Acc. Sc. Fis. E Mat., ser. III, **31**, 5 pp.

Ms. ricevuto il 17 maggio 2005
 Testo definitivo ricevuto il 21 ottobre 2005

Ms. received: May 17, 2005
 Final text received: October 21, 2005

