

RELAZIONI TRA TETTONICA REGIONALE QUATERNARIA E DEFORMAZIONE VULCANOGENICA NELLE AREE DEI CAMPI FLEGREI, ISOLA DI USTICA E MONTE VULTURE (ITALIA MERIDIONALE)

P. Beneduce - M. Schiattarella

Centro di Geodinamica, Università della Basilicata, Potenza
(e-mail: schiattarella@unibas.it)

ABSTRACT - Relationships between regional tectonics and volcanism-induced deformation in southern Italy: the cases of Phlegrean Fields, Ustica Island and Mount Vulture Volcano - *Il Quaternario Italian Journal of Quaternary Sciences*, 10(2), 1997, 583-588 - Brittle deformations in pyroclastic rocks of three volcanic areas of southern Italy were studied in order to evaluate the bearing of regional tectonics on general deformation. Data indicate that deformation of single areas derives from the combination of regional tectonics and volcanism-induced strain processes. The Phlegrean Fields structure results from caldera formation and/or doming processes associated with a NNE-SSW regional extension. The Ustica fracture pattern (southern Tyrrhenian Sea) suggests that the island underwent left-lateral strike-slip tectonics along a deep E-W trending master fault followed by an inversion of the sense of shear during Pleistocene times. Mount Vulture Volcano, located at the front of the south-Appennines thrust belt, was deformed by contractional tectonics associated with doming. In this area, kinematics of fault planes suggest that the volcano changed from transpressional to transtensional conditions during middle Pleistocene (0.5 Ma).

Parole chiave: Tettonica regionale, deformazione vulcanogenica, vulcanesimo quaternario, Italia meridionale
Key-words: Regional tectonics, volcanism-induced deformation, Quaternary volcanism, southern Italy

1. INTRODUZIONE

In questo lavoro viene analizzata la deformazione fragile di tre aree vulcaniche dell'Italia meridionale con caratteristiche geologiche e geofisiche molto differenti, a partire dalla posizione rispetto al sistema Tirreno-Appennino. I Campi Flegrei in Campania, l'Isola di Ustica nel Tirreno meridionale ed il vulcano del Monte Vulture in Basilicata rappresentano le aree prescelte (Fig. 1). Per ognuna di queste aree è stato stimato il contributo della tettonica regionale alla deformazione complessiva della zona, sottraendo l'aliquota derivante dall'attività vulcanica in senso lato. Vengono presentati dati ed interpretazioni a sostegno di un accoppiamento di campi deformativi derivanti dai due processi. Il caso dei Campi Flegrei mostra un esempio di interazione tra tettonica estensionale e deformazione da collasso calderico. L'assetto strutturale di Ustica è il prodotto di tettonica transtensiva associata a processi vulcano-tettonici. Il Monte Vulture risente degli effetti della tettonica regionale contrazionale più recente oltre alle deformazioni indotte dal vulcanesimo.

2. I CAMPI FLEGREI

I Campi Flegrei rappresentano un'area vulcanica caratterizzata da una serie di apparati monogenici piroclastici che si estendono su una superficie di circa 100 km² (Fig. 2). I prodotti effusivi sono limitati ad alcuni duomi. L'attività eruttiva inizia nel Quaternario recente, intorno ai 50 ka BP (Rosi *et al.*, 1983) e perdura in tempi storici con l'eruzione del Monte Nuovo (1538). I prodotti del vul-

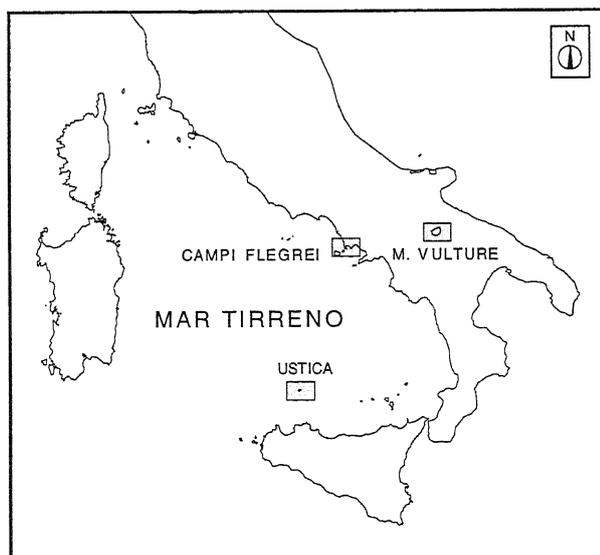


Fig. 1 - Ubicazione delle aree studiate.
Location map of the studied areas.

canismo flegreo hanno una composizione da trachifonolitica a trachitico-alcalina e mostrano sempre il medesimo grado di saturazione. I termini meno differenziati sono rappresentati da K-basalti rinvenuti esclusivamente come xenoliti lavici nei depositi piroclastici (Di Girolamo *et al.*, 1984).

L'area vulcanica policraterica è ubicata nella vasta depressione strutturale della Piana Campana, individuata a partire dal Plio-Pleistocene e colmata da depositi marini e continentali, questi ultimi rappresentati sia da

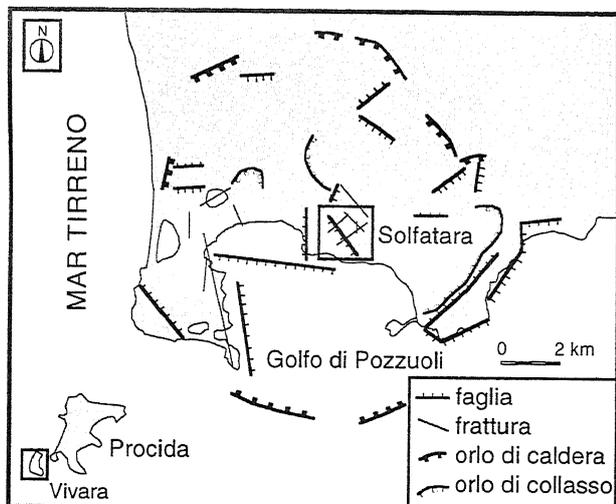


Fig. 2 - Schema strutturale dei Campi Flegrei. Nei riquadri, l'area della Solfatara e l'isola di Vivara.

Structural sketch map of Phlegrean Fields (insets: Solfatara Volcano and Vivara Island). Legend (from top to bottom): 1. Fault; 2. Fracture; 3. Calderic edge; 4. Volcano-tectonic collapse edge.

vulcaniti che da sedimenti. I rilievi che bordano la piana sono limitati da sistemi di faglie con andamento appenninico ed antiappenninico che rigettano, di oltre 4000 m, le successioni meso-cenozoiche (Ortolani *et al.*, 1992).

La struttura principale dei Campi Flegrei consiste in una caldera di collasso formatasi in seguito all'eruzione dell'Ignimbrite Campana (35 ka BP). Rosi *et al.* (1983) ritengono che l'alimentazione degli edifici vulcanici negli ultimi 10 ka sia stata controllata dalle pulsazioni della camera magmatica piuttosto che dal campo di stress regionale. Quest'ultimo, tuttavia, sarebbe stato responsabile della messa in posto iniziale del corpo magmatico. Di Girolamo *et al.* (1984) suggeriscono che l'evento ignimbritico sia associato ad un'attività fissurale avvenuta lungo linee tettoniche, mentre enfatizzano il ruolo dell'eruzione responsabile della messa in posto del Tufo Giallo Napoletano (circa 12 ka BP), pure pilotata da sistemi di frattura, a cui seguirebbe un altro ingente processo di calderizzazione dell'area. Cosentino *et al.* (1984) asseriscono che l'assetto strutturale flegreo deriva essenzialmente dall'attività vulcanica, anche se il trend di fratture orientate N-S sembra essere successivo e di natura tettonica, indotto dalla strutturazione profonda dell'area costiera tirrenica. Schiattarella (1990) ricostruisce l'assetto paleostrutturale (10 ka BP) del territorio cumano (Campi Flegrei occidentali), mostrando l'esistenza di faglie con direzione E-W.

Il ripetersi di fenomeni di sollevamento con associata sismicità e aumento dell'attività fumarolica nella parte centrale della caldera indicano che il sistema vulcanico dei Campi Flegrei è ancora attivo (Barberi *et al.*, 1991).

Il rilevamento strutturale condotto sull'edificio del vulcano della Solfatara (circa 3.9 ka BP), un *ash cone* irregolare ubicato nella parte centrale della caldera (Beneduce & Schiattarella, 1990), e sulle ialoclastiti basali dell'isola di Vivara (circa 40 ka BP), posta nella porzione periferica insulare dell'area flegrea (Fig. 2), ha mostrato l'esistenza di un pattern di fratturazione con simmetria ortorombica, sia a scala mesoscopica che a

scala cartografica (Fig. 3). Questo assetto denuncia l'accoppiamento di un campo estensionale con direzione di massima estensione NNE-SSW (Fig. 4), calcolato elaborando i dati sulla distribuzione spaziale e la cinematica delle faglie (cfr. Withjack & Scheiner, 1982, per la modellistica analogica e matematica), con quello derivante dai processi di *doming* dell'area vulcanica (Schiattarella, 1997), in accordo con i dati sui meccanismi focali ricavati dalla sismicità recente (Zuppetta & Sava, 1991).

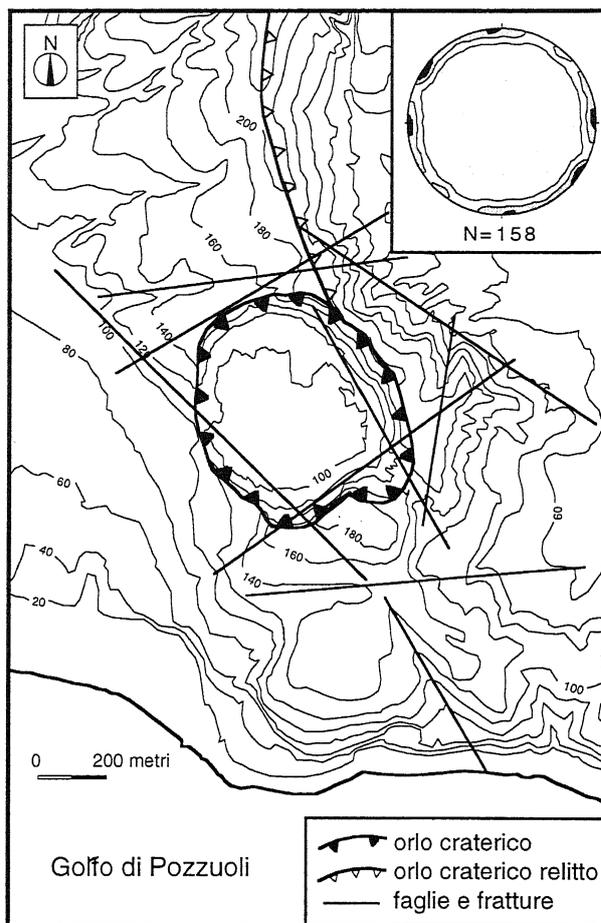


Fig. 3 - Carta strutturale dell'area della Solfatara di Pozzuoli. Nel riquadro, diagramma di densità dei poli dei piani di frattura della Solfatara e dell'isola di Vivara (reticolo di Schmidt, emisfero inferiore, N = 158, max = 23%, isolinee al 3%).

Structural map of the Solfatara area in the Phlegrean Fields. Legend (from top to bottom): 1. Solfatara crateric edge; 2. Crateric edge; 3. Faults and fractures. Inset: density diagram of fractures surveyed at Solfatara Volcano and Vivara Island (Schmidt net projection, lower hemisphere, N = 158, max density = 23%, contour at 3%).

3. L'ISOLA DI USTICA

L'isola di Ustica è ubicata nel Mar Tirreno meridionale, circa 36 miglia a N-NW di Palermo (Fig. 5). E' ampia quasi 10 km² e costituita prevalentemente da vulcaniti (Romano & Sturiale, 1971; Cinque *et al.*, 1988). Lungo la costa affiorano a luoghi sedimenti marini quaternari. Fa parte, insieme al *seamount* di Anchise (situato a 1.5 miglia ad ovest dell'isola), di una dorsale sotto-

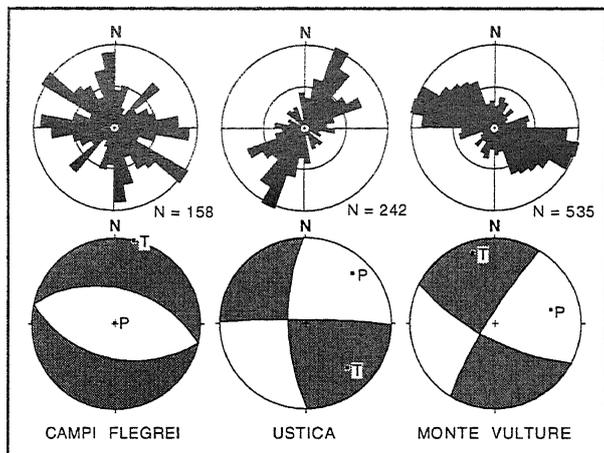


Fig. 4 - Sistemi di fratture ad alto angolo e campi di stress dedotti dalla cinematica delle faglie delle tre aree vulcaniche. Il diagramma degli assi P e T relativo ai Campi Flegrei è riferibile alla situazione attuale. Quelli relativi ad Ustica ed al Vulture sono dedotti dalle strutture agenti nel Pleistocene inferiore-medio (in entrambi i casi si osserva un'inversione degli assi di massima contrazione ed estensione nel corso del Pleistocene medio-superiore).

High angle fracture systems and stress fields from the three volcanic areas (stress fields as deduced from fault kinematics). The P & T axes diagram of Phlegrean Fields refers to the present. The diagrams related to Ustica Island and Vulture Volcano are referred to the lower-middle Pleistocene activity (both areas show an inversion of the P & T axes during middle-upper Pleistocene times).

marina orientata in direzione ENE-WSW che costituisce un elemento morfostrutturale situato tra il bacino di Ustica a sud e la piana abissale del Tirreno a nord (Calanchi *et al.*, 1984). Ustica rappresenta pertanto la parte emersa di una più vasta struttura, la cui base si trova ad oltre 2000 m sotto il livello del mare, poggiante su crosta continentale assottigliata.

Lave a *pillow* e breccie ialoclastiche basali rappresentano i prodotti più antichi, a cui segue una successione subaerea, formata sia da colate laviche che da prodotti piroclastici. Le vulcaniti di Ustica mostrano affinità alcalino-sodica e sono costituite da rocce a composizione da basaltica a trachitica, le cui età radiometriche sono comprese tra 735 e 130 ka BP (De Vita *et al.*, 1995).

L'attività tettonica ed i processi erosivi hanno parzialmente cancellato le strutture vulcaniche più antiche. L'isola è largamente terrazzata a differenti altezze topografiche a causa dell'abrasione marina legata alla risalita del livello del mare durante i periodi caldi del Pleistocene. Oltre al ben conservato vulcano della Falconiera, si riconoscono i relitti del vulcano dello Spalmatore e di quello di Punta Cavazzi, posti sul lato occidentale dell'isola, ed il grande vulcano-scudo di Monte Guardia dei Turchi.

Il rilevamento geologico e il riconoscimento delle strutture della deformazione fragile a scala decametrica ed ettometrica (Beneduce & Schiattarella, 1991) hanno mostrato con chiarezza i caratteri tettonici dell'isola. L'analisi mesostrutturale condotta sulla formazione piroclastica più antica ed ampiamente affiorante ha inoltre consentito l'acquisizione di un congruo numero di dati (Fig. 4) che si addensano in due famiglie principali di faglie e fratture subverticali. La configurazione batimetrica

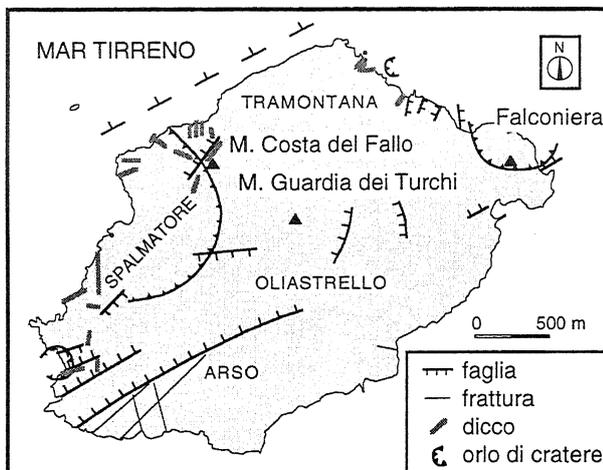


Fig. 5 - Schema strutturale dell'isola di Ustica. *Structural sketch map of Ustica Island. Legend (from top to bottom): 1. Fault; 2. Fracture; 3. Dike; 4. Crateric edge.*

ca dell'area sud-tirrenica (si veda p. es. l'allineamento Ustica - *seamount* Anchise), alcuni caratteri morfo-tettonici dell'isola (p. es. la scarpata settentrionale di Monte Guardia dei Turchi) e dati mesostrutturali collezionati da altri Autori (De Vita *et al.*, 1995) suggeriscono che il *pattern* di fratturazione sia riferibile ad un campo di trans-tensione sinistra di secondo ordine generato da una *master fault* profonda con direzione E-W.

La faglia con orientazione N60° che interessa buona parte dell'isola (Faglia dell'Arso) è interpretabile come trascorrente sinistra grazie alla fratturazione associata. Il senso di dislocazione di diverse colate laviche rigettate da questa faglia denuncia inoltre l'esistenza di un successivo movimento destro decrescente nel tempo. La messa in posto delle piroclastiti trachitiche di Grotta del Lapillo (425 ka BP in De Vita *et al.*, 1995), che rappresentano i prodotti più evoluti dell'isola, potrebbe essere stata controllata proprio dal cambiamento del contesto dinamico e cinematico.

4. IL MONTE VULTURE

Il Monte Vulture è un vulcano estinto di età pleistocenica ubicato sul margine orientale della catena sudappenninica, circa 35 km a nord di Potenza (Fig. 6). È un edificio composito costituito in prevalenza da depositi piroclastici e subordinatamente da lave. Il chimismo dei prodotti è potassico. La successione delle vulcaniti è stata suddivisa da La Volpe & Principe (1994) in sei differenti Unità Vulcano-Stratigrafiche (UVS), con età che vanno da 730±20 a 130 ka BP (Laurenzi *et al.*, 1993).

Poche informazioni sono disponibili sulle caratteristiche strutturali del vulcano, a parte alcuni dati di carattere geofisico (La Volpe *et al.*, 1984). Contributi geomorfologici e morfostrutturali si devono a Boenzi *et al.* (1987) ed a Beneduce & Giano (1996). La storia evolutiva del Vulture è contemporanea alla deformazione più recente della porzione frontale della catena sudappenninica, affetta da strutture contrazionali di età mediopleistocenica (Prosser *et al.*, 1996; Schiattarella *et al.*, 1997).

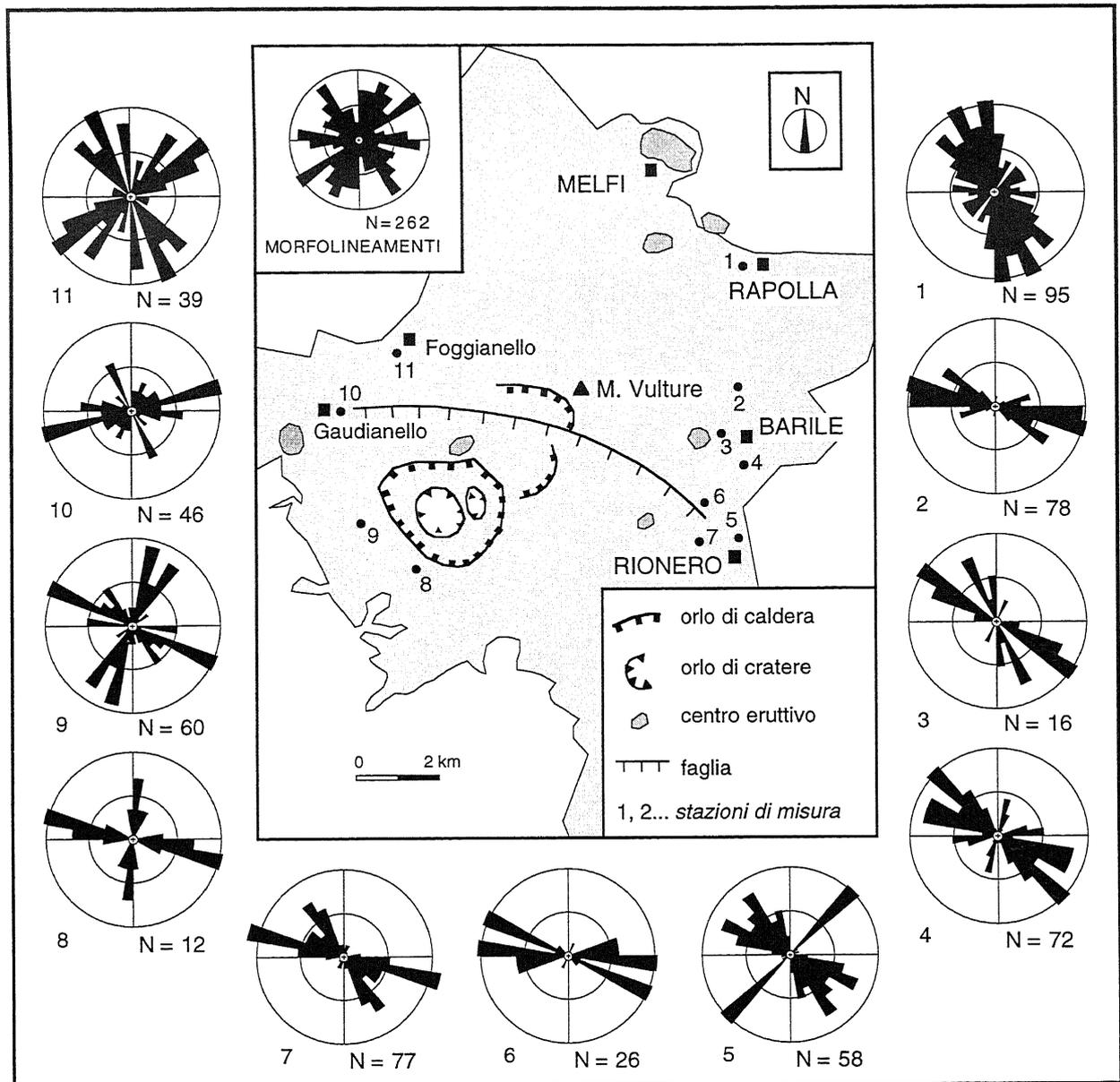


Fig. 6 - Schema strutturale del vulcano del Monte Vulture, corredato dai diagrammi azimutali dei sistemi di fratture ad alto angolo o subverticali. Nel riquadro, diagramma dei morfolineamenti dell'area vulcanica (da Beneduce & Giano, 1996, modificato)

Structural sketch map of Mount Vulture Volcano with rose diagrams of high angle fracture systems. Legend (from top to bottom): 1. Calderic edge; 2. Crateric edge; 3. Peripheral vent; 4. Fault; 5. Measurement stations. Inset (left upper corner): rose diagram of the morpho-tectonic lineaments of the volcanic area (modified after Beneduce & Giano, 1996).

Il diagramma relativo ai morfolineamenti nei terreni vulcanici (riquadro in Fig. 6) mostra andamenti preferenziali espressi da massimi di frequenza equamente distribuiti sull'intero spettro azimutale. Sono comunque evidenti alcuni andamenti associabili a direttrici tettoniche regionali, come il fascio di faglie antiappenniniche che rappresenta tra l'altro il massimo assoluto di frequenza.

Le interazioni esistenti tra le deformazioni indotte dall'attività vulcanica e quelle legate all'evoluzione tettonica quaternaria della catena sono state investigate attraverso l'analisi della popolazione di faglie collezionate nei terreni vulcanici e la comparazione tra queste e le strutture presenti nei sedimenti quaternari. Sono stati rilevati sistematicamente anche i sistemi di *joints* nelle

vulcaniti (Fig. 6). La grande maggioranza di questi ultimi è rappresentata da fratture estensionali ad alto angolo o subverticali, in genere raggruppate in due famiglie principali ortogonali fra loro, la cui orientazione varia con la posizione rispetto al centro dell'edificio vulcanico.

L'analisi delle fratture che interessano le vulcaniti ha evidenziato, in analogia a quanto riscontrato per i morfolineamenti, un *pattern* concentrico-radiale, tipicamente associato all'attività vulcanica in senso lato (pulsazioni della camera magmatica e deformazione preruttiva del suolo, eruzioni, collasso calderico). Alcuni sistemi di fratture — e soprattutto diverse faglie, anche con rigetto trascorrente (Fig. 4) — ricalcano tuttavia l'orientazione di direttrici tettoniche regionali con direzio-

ne N120°±10° (cfr. ad es. Schiattarella, 1996).

Le faglie dirette formano sistemi coniugati con orientazione prevalente NW-SE che interessano tutti i prodotti del Vulture. Nei depositi piroclastici della IV UVS si rileva la presenza di faglie trascorrenti sinistre con direzione N120°, formanti una struttura a fiore visibilmente fossilizzata dal paleosuolo (M18 in La Volpe & Principe, 1994) sul quale giace la V UVS, datata circa 480 ka BP (Brocchini *et al.*, 1994). Questo dato permette di porre un vincolo cronologico superiore all'attività tettonica espressa da faglie trascorrenti con componente inversa nell'area del Vulture.

5. CONCLUSIONI

Per l'area flegrea l'estensione associata all'evoluzione del margine tirrenico accompagna l'intera storia vulcanica, almeno a partire dall'età dei prodotti più antichi affioranti (circa 50 ka BP). A questo si associa una evoluzione geochemica dominata dai processi di differenziazione nella camera magmatica non perturbati da cambiamenti di regime tettonico.

Nel caso di Ustica, l'analisi strutturale e la rivisitazione dei dati geochemici hanno consentito di stabilire un nesso tra gli eventi eruttivi e l'evoluzione tettonica dell'isola, avvenuta sotto condizioni transtensive. Due sistemi di frattura, registrati nei terreni piroclastici più antichi, oltre all'orientazione delle faglie maggiori, risultano in accordo con un sistema trascorrente dominato da faglie maestre sinistre orientate all'incirca E-W. Tuttavia, lungo una faglia N60° che interessa l'isola come struttura di secondo ordine, sono state collezionate anche evidenze geologiche di un movimento destro decrescente nel tempo. Pertanto, il quadro cinematico suggerisce un'inversione locale della coppia di taglio durante il Pleistocene medio, probabilmente legata all'interferenza delle faglie estensionali del bordo e dell'offshore settentrionale della Sicilia ed alla loro maggiore velocità di deformazione.

Per l'area del Vulture si può concludere che i campi di stress locali indotti dal vulcanesimo sono responsabili dello stato di fratturazione sia dei depositi vulcanici che di quelli sedimentari contigui, generando una distribuzione radiale-concentrica di faglie e fratture. Agli effetti deformativi vulcanogenici bisogna anche in questo caso sommare il contributo della coeva tettonica regionale per la comprensione dell'assetto finale dell'area. L'analisi degli indicatori cinematici presenti sui piani di faglia che dislocano le vulcaniti e che ricalcano direttrici regionali suggerisce un'inversione degli assi di massima contrazione e massima estensione nell'intervallo temporale compreso tra la messa in posto di due differenti unità di raffreddamento. Sembra pertanto probabile un cambiamento di regime tettonico intorno a 0.5 Ma, evidenziato dal passaggio da condizioni transpressive a distensive.

In conclusione, il Pleistocene medio-superiore si configura come un periodo di grande mutamento geodinamico della porzione meridionale del sistema Tirreno-Appennino, come suggerito dall'analisi strutturale delle aree vulcaniche a tergo (Ustica) e sul fronte (Vulture) della catena. Il regime distensivo perdura nella fascia peritirrenica fino all'attuale, con deviazioni locali dell'asse

di massima estensione rispetto al *trend* regionale (NE-SW), come mostrato dalla struttura dei Campi Flegrei.

RINGRAZIAMENTI

Desideriamo ringraziare Massimo Bernini per l'accurata revisione del manoscritto. I dati strutturali sono stati in parte trattati con il programma *FaultKinematics* v. 3.8a (*academic version*) di R.W. Allmendinger, R.A. Marrett & T. Cladouhos (1994). Lavoro eseguito e stampato con il contributo MURST 60% 1996.

BIBLIOGRAFIA

- Barberi F., Cassano E., La Torre P. & Sbrana A., 1991 - *Structural evolution of Campi Flegrei caldera in light of volcanological and geophysical data*. J. Volc. Geotherm. Res., **48**, 33-49.
- Beneduce P. & Giano S.I., 1996 - *Osservazioni preliminari sull'assetto morfostrutturale dell'edificio vulcanico del Monte Vulture (Basilicata)*. Il Quaternario, **9**, 325-330.
- Beneduce P., Giano S.I. & Schiattarella M., 1996 - *Aspetto ed evoluzione strutturale del vulcano del Monte Vulture (Basilicata)*. Riassunti Conferenza sulla Ricerca Scientifica in Basilicata, Università della Basilicata - Regione Basilicata, Febbraio 1996.
- Beneduce P. & Schiattarella M., 1990 - *Studio geomorfologico-strutturale del vulcano della Solfatara (Campi Flegrei, Campania)*. Boll. Soc. Natur. in Napoli, **98/99**, 137-154.
- Beneduce P. & Schiattarella M., 1991 - *Geological framework and structural evolution of Ustica Island (Tyrrhenian Sea)*. Abstracts Convegno "Napoli '91", Int. Conf. on Active Volcanoes and Risk Mitigation, Napoli.
- Boenzi F., La Volpe L. & Rapisardi L., 1987 - *Evoluzione geomorfologica del complesso vulcanico del Monte Vulture (Basilicata)*. Boll. Soc. Geol. It., **106**, 673-682.
- Brocchini D., La Volpe L., Laurenzi M.A. & Principe C., 1994 - *Storia evolutiva del Monte Vulture*. Plinius, **12**, 22-25.
- Calanchi N., Colantoni P., Gabbianelli G., Rossi P.L. & Serri G., 1984 - *Physiography of Anchise seamount and the submarine part of Ustica island (South Tyrrhenian): petrochemistry of dredged volcanic rocks and geochemical characteristics of their mantle sources*. Miner. Petrogr. Acta, **28**, 215-241.
- Cinque A., Civetta L., Orsi G. & Peccerillo A., 1988 - *Geology and geochemistry of the island of Ustica (Southern Tyrrhenian Sea)*. Rend. Soc. It. Miner. Petrol., **43**, 987-1002.
- Cinque A., Rolandi G. & Zamparelli V., 1985 - *L'estensione dei depositi marini olocenici nei Campi Flegrei in relazione alla vulcano-tettonica*. Boll. Soc. Geol. It., **104**, 327-348.
- Cosentino D., De Rita D., Funicello R., Parotto M., Salvini F. & Vittori E., 1984 - *Fracture system in Phlegraean Fields (Naples, Southern Italy)*. Bull. Vulcanol., **47**, 247-257.

- De Vita S., Guzzetta G. & Orsi G., 1995 - *Deformational features of the Ustica volcanic island in the Southern Tyrrhenian Sea (Italy)*. Terra Nova, **7**, 623-629.
- Di Girolamo P., Ghiara M.R., Lirer L., Munno R., Rolandi G. & Stanzone D., 1984 - *Vulcanologia e Petrologia dei Campi Flegrei*. Boll. Soc. Geol. It., **103**, 349-413.
- Laurenzi M.A., Brocchini D., Principe C. & Ferrara G., 1993 - *Mt. Vulture volcano chronostratigraphy and the effectiveness of dating young phlogopites*. Abstracts EUG 7^o, Strasburgo.
- La Volpe L. & Principe C., 1994 - *Il Monte Vulture*. Guida all'escursione generale pregressuale, 77a Riunione Estiva, Congr. Naz. Soc. Geol. It., Bari.
- La Volpe L., Patella D., Rapisardi L. & Tramacere A., 1984 - *The evolution of the Monte Vulture volcano (Southern Italy): inferences from volcanological, geological and deep, dipole electrical soundings data*. J. Volc. Geotherm. Res., **22**, 147-162.
- Ortolani F., Pagliuca S., Pepe E., Schiattarella M., Tocaceli R.M., 1992 - *Active tectonics in the Southern Apennines: Relationships between cover geometries and basement structure. A hypothesis for a geodynamic model*. IGCP N° 276, Newsletter, **5**, 413-419.
- Prosser G., Schiattarella M., Tramutoli M., Doglioni C., Harabaglia P. & Bigozzi A., 1996 - *Una sezione rappresentativa dell'Appennino Meridionale*. Riassunti Conferenza sulla Ricerca Scientifica in Basilicata, Università della Basilicata - Regione Basilicata, Febbraio 1996.
- Romano R. & Sturiale C., 1971 - *L'Isola di Ustica. Studio geo-vulcanologico e magmatologico*. Riv. Miner. Sicil., **22**, 1-61.
- Rosi M., Sbrana A. & Principe C., 1983 - *The Phlegraean Fields: structural evolution, volcanic history and eruptive mechanisms*. J. Volc. Geotherm. Res., **17**, 273-288.
- Schiattarella M., 1990 - *Il ruolo della geologia negli studi di archeologia ambientale: un esempio dai Campi Flegrei*. Boll. Soc. Natur. in Napoli, **98/99**, 155-168.
- Schiattarella M., 1996 - *Tettonica della Catena del Pollino (confine calabro-lucano)*. Mem. Soc. Geol. It., **51**, 543-566.
- Schiattarella M., 1997 - *Some remarks on the structural pattern of Solfatara Volcano in the Phlegraean Fields, Italy*. Submitted to J. Volc. Geotherm. Res.
- Schiattarella M., Doglioni C., Prosser G. & Tramutoli M., 1997 - *Large-scale geometry and kinematics of the Southern Apennines*. Terra Nova, **9**, Abst. Suppl. 1, 109.
- Withjack M. O. & Scheiner C., 1982 - *Fault pattern associated with domes - An experimental and analytical study*. A.A.P.G. Bull., **66**, 302-316.
- Zuppetta A. & Sava A., 1991 - *Stress pattern at Campi Flegrei from focal mechanisms of the 1982-1984 earthquakes (Southern Italy)*. J. Volc. Geotherm. Res., **48**, 127-137.

Ms. ricevuto il: 22. 4. 1997
 Inviato all'A. per la revisione il: 23. 9. 1997
 Testo definitivo ricevuto il: 19. 11. 1997

Ms received: Apr. 22, 1997
 Sent to the A. for a revision: Sept. 23, 1997
 Final text received: Nov. 19, 1997