

**EVOLUZIONE TETTONICA DI UN SETTORE PARTICOLARE DEL MARGINE TIRRENICO:
L'AREA AL CONFINE TRA LAZIO E CAMPANIA. PRIME CONSIDERAZIONI**

INDICE

| | |
|-------------------------------------|----------|
| RIASSUNTO | pag. 269 |
| ABSTRACT | " 269 |
| INTRODUZIONE | " 269 |
| INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE | " 269 |
| PRESENTAZIONE DEI DATI | " 270 |
| La piana di Formia | " 270 |
| <i>Dati strutturali</i> | " 271 |
| Il Graben del Garigliano | " 272 |
| Il vulcano di Roccamorfin | " 272 |
| <i>Stratigrafia</i> | " 272 |
| <i>Dati strutturali</i> | " 274 |
| La piana di Riardo | " 275 |
| <i>Dati strutturali</i> | " 275 |
| DISCUSSIONE E CONCLUSIONI | " 277 |
| BIBLIOGRAFIA | " 278 |

RIASSUNTO

E' stato considerato un vasto settore del margine tirrenico centro-meridionale comprendente la piana di Formia, la piana del Garigliano e la piana di Riardo. L'attuale assetto dell'area è il risultato della disarticolazione delle strutture generate nel corso dell'orogenesi, ad opera di sistemi di faglie individuatisi nel corso dell'evoluzione tettonica cenozoica e quaternaria. L'area in esame presenta alcune peculiarità, che la differenziano sostanzialmente dalle zone a sud e a nord. In particolare sono presenti importanti elementi tettonici a direzione W-E, probabilmente relativi ad una precedente fase compressiva e riutilizzati, come elementi di trasferimento, durante la fase estensionale. L'estensione lungo direttrici NW-SE è particolarmente attiva nel Pliocene, mentre l'attività di estensione lungo i sistemi tettonici NE-SW si esplica soprattutto nel Pleistocene inferiore-medio, formando strutture regionali e condizionando l'evoluzione del vulcanismo di Roccamorfin.

ABSTRACT

A large area of the Tyrrhenian margin, including the Formia plain, Garigliano plain and Riardo plain, has been studied. A detailed geological-structural survey has been carried out. This area presents some specific topics which differentiate it from northern and southern zones. After the Apenninic chain building up, the Upper Pliocene-Pleistocene extension dislocates this sector. This disarticulation has been mainly caused by NW trending (Upper Pliocene) and NE trending (Lower-Middle Pleistocene) normal fault system. In this area preexisting E trending discontinuities acted as transfer faults. The NE trending fault system conditioned the evolution of regional morpho-structures area (Riardo plain and Garigliano Graben) and controlled the Roccamorfin volcano evolution.

(*)Dipartimento di Scienze della Terra - Università di Roma "La Sapienza".

(**)Dipartimento di Scienze Geologiche - Università degli Studi di Roma Tre.

PAROLE CHIAVE: Tettonica estensionale, Pliocene, Pleistocene, Margine tirrenico, Italia centrale.

KEY WORDS: Extensional tectonic, Pliocene, Pleistocene, Tyrrhenian margin, Central Italy.

INTRODUZIONE

E' stato considerato un vasto settore del margine tirrenico centro-meridionale al confine tra Lazio e Campania.

Obiettivo di questo lavoro è contribuire alla conoscenza della tettonica distensiva plio-pleistocenica in questo settore e dei suoi rapporti con la sedimentazione e con il vulcanismo.

I dati che verranno presentati sono un primo tentativo di ricostruzione della geometria, della cinematica, della gerarchia e dei rapporti di precedenza dei sistemi di faglia principali delle strutture analizzate, della stratigrafia e delle deformazioni delle unità clastiche e vulcaniche post-orogene. Ai dati geologico-strutturali si affiancano la revisione dei dati geofisici e geognostici disponibili per l'intero settore.

Le successioni stratigrafiche sedimentarie e vulcaniche affioranti e sepolte sono state organizzate in unità stratigrafiche informali a limiti inconformi intese nell'accezione proposta dalla Commissione per la Cartografia Geologica e Geomorfologica del C.N.R. (AA.VV., 1991).

INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE

Il settore in esame è ubicato alle propaggini occidentali dell'Appennino centro-meridionale, lungo il margine tirrenico, e comprende la piana di Formia, la piana del Garigliano - vulcano di Roccamorfin e la piana di Riardo (Fig. 1).

Nel periodo compreso tra il Messiniano inferiore ed il Pliocene inferiore, la successione stratigrafica meso-cenozoica, che costituisce i rilievi circostanti ed il substrato delle piane (ACCORDI & CARBONE, 1988), viene deformata ed incorporata in catena (CIPOLLARI & COSENTINO, 1995), con un processo deformativo articolato, probabilmente più complesso di quello previsto da una propagazione dei fronti di accavallamento in *piggy-back sequences* (PATACCA *et alii*, 1990).

Nel settore in esame, il fronte degli Aurunci a direzione NW-SE, è l'unico elemento compressivo di primo ordine associabile a questa fase tettonica (Fig. 1). A nord, nella zona del Matese, sono presenti elementi compressivi di prim'ordine, a direzione questa volta E-W (RENAUD *et alii*, 1990). Strutture di accavallamento a direzione E-W sono state rilevate anche nell'*off-shore* di Gaeta (BARTOLE, 1984) e, più a sud, nell'area dei Monti di Caserta (PESCATORE & SGROSSO, 1973).

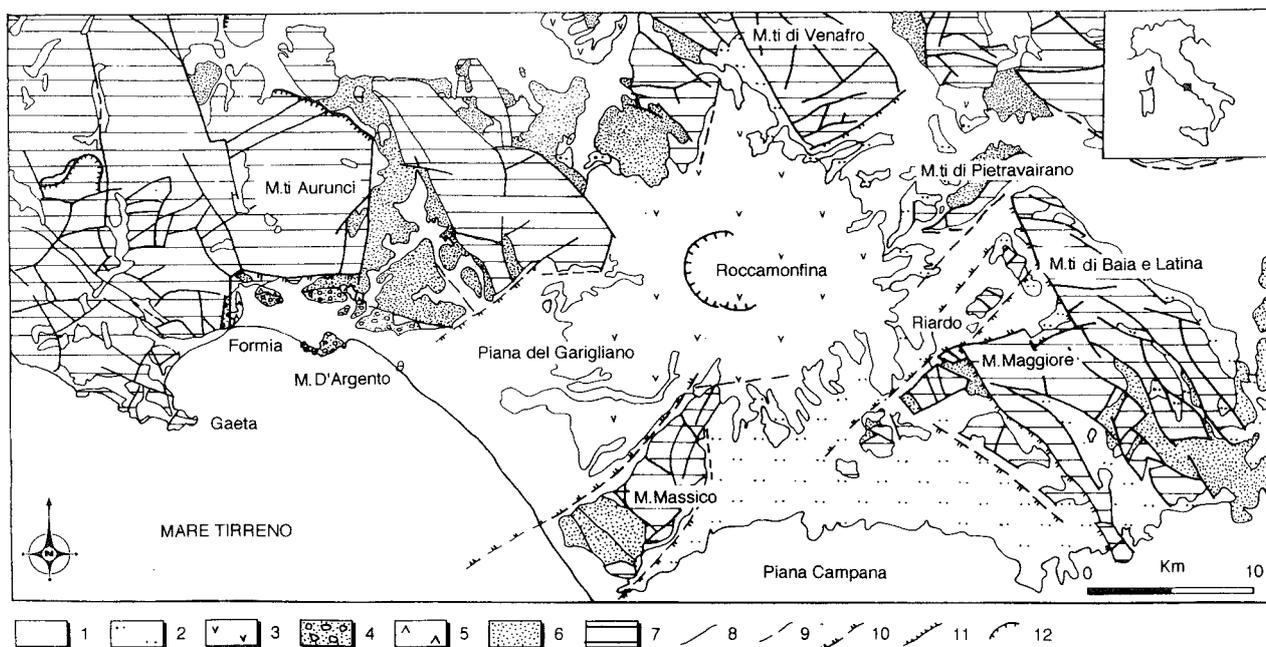


Fig. 1 - Schema geologico-strutturale dell'area.

Legenda: 1) coperture quaternarie; 2) *Ignimbrite Campana*; 3) vulcaniti del Roccamonfina; 4) conglomerati (Pliocene); 5) *Argille con gessi* (Messiniano); 6) depositi silicoclastici (Miocene superiore); 8) faglie; 9) faglie presunte o sepolte; 10) faglie dirette; 11) sovrascorrimento; 12) orlo di caldera.

A partire dal Messiniano inferiore, l'area, solo in parte emersa, è soggetta alla distensione tirrenica che si esplica prevalentemente lungo sistemi di faglie a direzione NW-SE. Nella piana di Formia si creano le condizioni per la sedimentazione delle *Argille con gessi* (IPOLITO *et alii*, 1973; NASO & TALLINI, 1993). Nel corso del Pliocene in questo stesso settore e nella piana del Garigliano inizia la deposizione di ruditi, appoggiate in *unconformity* sulle unità più antiche, testimonianza di un trasgressione marina datata al Pliocene inferiore (CATENACCI & MOLINARI, 1965).

L'attuale assetto dei rilievi carbonatici è caratterizzato dalla disarticolazione delle strutture precedentemente generate ad opera di sistemi di faglie estensionali attualmente orientati prevalentemente NW-SE, NE-SW ed W-E, individuatisi nel corso dell'evoluzione tettonica plio-pleistocenica. Nel corso di questa fase distensiva, a partire da 63 ka (BALLINI *et alii*, 1989), si sviluppa l'apparato vulcanico di Roccamonfina (BERGOMI *et alii*, 1969).

PRESENTAZIONE DEI DATI

La piana di Formia

La piana di Formia è limitata sia morfologicamente che strutturalmente dal sistema tettonico "Maranola - Campodivivo" ad andamento E-W e rigetto crescente da W verso E da 1000 a 3000 m e dal sistema "Formia-Maranola" ad andamento N-S (Fig. 2; NASO & TALLINI, 1993). Quest'area ha costituito un bacino di sedimentazione clastica di retropaese a partire dal Messiniano (CIPOLLARI & COSENTINO, 1992).

La successione stratigrafica di dettaglio (Fig. 3) presenta la sovrapposizione in discordanza angolare delle *Argille con gessi* su di un substrato costituito sia

da carbonati del Cretacico superiore (NASO & TALLINI, 1993), sia da *Argille varicolori* (CIPOLLARI & COSENTINO, 1992; NASO & TALLINI, 1993).

La formazione delle *Argille con gessi* è costituita da peliti sabbiose plumbee, sottilmente stratificate e a volte laminate, a cui si intercalano lenti di gesso. Si possono rinvenire anche cristalli di gesso isolati di dimensioni dell'ordine di qualche centimetro. L'analisi delle facies ha evidenziato un *trend* trasgressivo (CIPOLLARI & COSENTINO, 1992). Lo spessore erosivo è di circa 50 m. L'assetto strutturale dei vari affioramenti della piana è sempre monoclinale, ma con direzioni e immersioni variabili. Sono presenti faglie estensionali, anche sinsedimentarie, con direzione N80°E e N60°E ed immersione verso sud, cui si associano sistemi di fratture.

In discordanza sulle *Argille con gessi*, nonché sui carbonati mesozoici, vi sono depositi ruditici di ambiente infralittorale (*Conglomerati di Minturno* in CATENACCI & MOLINARI, 1965). In genere i depositi ruditici si presentano di aspetto massivo; alcune volte è visibile una stratificazione non regolare, con strati che vanno da 0,5 m a 1 m. (M. Scauri). I clasti, appartenenti essenzialmente alla successione carbonatica dell'area, hanno dimensioni variabili tra 5 e 15 cm; sono evoluti e ben cementati. La matrice, di colore bianco o giallastro, presenta granulometria siltosa. Questi depositi sono risultati sterili. A luoghi sono presenti interstratificazioni di sabbie argillose (più frequenti verso la base). Lo spessore massimo in affioramento è intorno ai 200 m (Fig. 3). Secondo gli Autori queste ruditi sono databili al Pliocene inferiore, tuttavia la presenza di *Gb. Inflata* nei livelli sabbiosi alla base ci permette di riferire questa unità al Pliocene superiore. L'assetto strutturale degli affioramenti è monoclinale con la stratificazione immergente sia a nord (Monte Campese e M. Incrociatora), che a sud (M. Scauri) (Fig. 2).

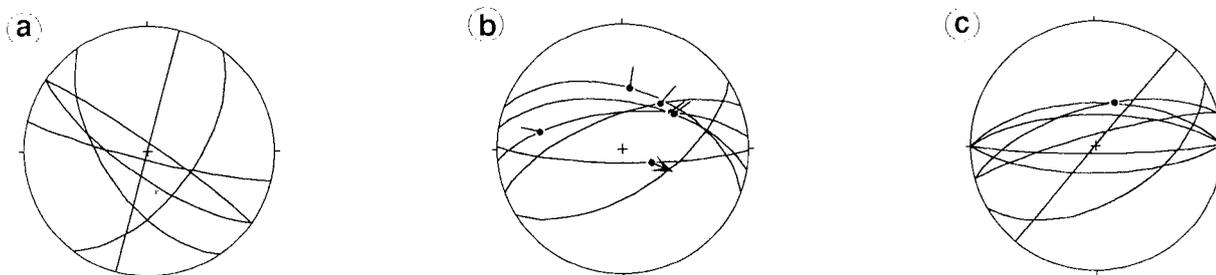
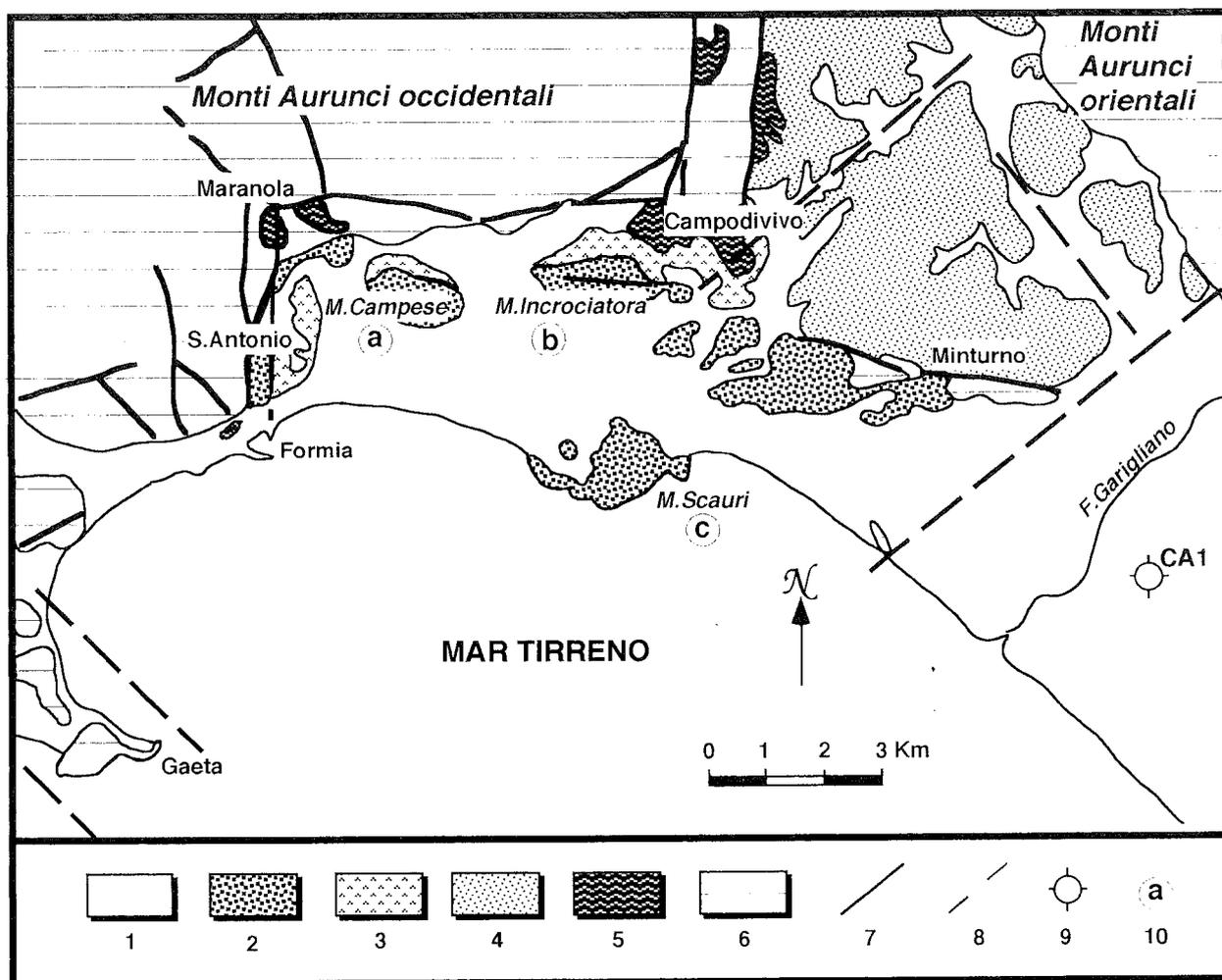


Fig. 2 - Schema geologico della piana di Formia.

Legenda: 1) detriti di falda, alluvioni e breccie continentali (Quaternario); 2) *Conglomerati di Minturno* (Pliocene superiore); 3) *Argille con gessi* (Messiniano); 4) depositi silicoclastici (Aquitaniense - Oligocene); 5) Unità delle Liguridi esterne (Aquitaniense-Oligocene); 6) carbonati di piattaforma (Creatico superiore - Lias inferiore p.p.); 7) accavallamento; 8) faglie; 9) faglie presunte o sepolte; 10) sito strutturale con riferimento al plot. I *Conglomerati di S. Antonio* non sono distinti dai *Conglomerati di Minturno*.

Tra Formia e Maranola (collina di S. Antonio) (Fig. 2) sono presenti alcuni affioramenti costituiti da puddinghe e calcareniti stratificate passanti inferiormente a peliti verdastre stratificate e laminate. I clasti delle puddinghe sono calcari marnosi tipo pietra paesina, calcari tipo palombino e arenarie verdastre e, solo subordinatamente, carbonati appartenenti alla successione locale. Le dimensioni dei clasti, molto evoluti, varia da 3 cm a 10 cm. Per quanto non esista un dato stratigrafico inequivocabile che consenta la collocazione temporale di questi depositi, la presenza prevalente di clasti derivanti dalle *Argille varicolori*, appartenenti all'Unità delle Liguridi esterne (PAROTTO, 1980) quasi

completamente smantellate nell'area, fa supporre che tali conglomerati si siano depositi precedentemente ai *Conglomerati di Minturno*.

Dati strutturali

Dal punto di vista morfologico e strutturale l'elemento di primo ordine della piana di Formia è la linea "Maranola - Campodivivo" a direzione E-W e cinematica dip e obliqua. I motivi strutturali che interessano invece i *Conglomerati di Minturno* hanno andamento E-W e NE-SW. In figura 2 è possibile osservare (plot a e b) la presenza di piani E-W trasversivi congruenti con direzioni di estensione sia NE-SW che NW-SE. Per

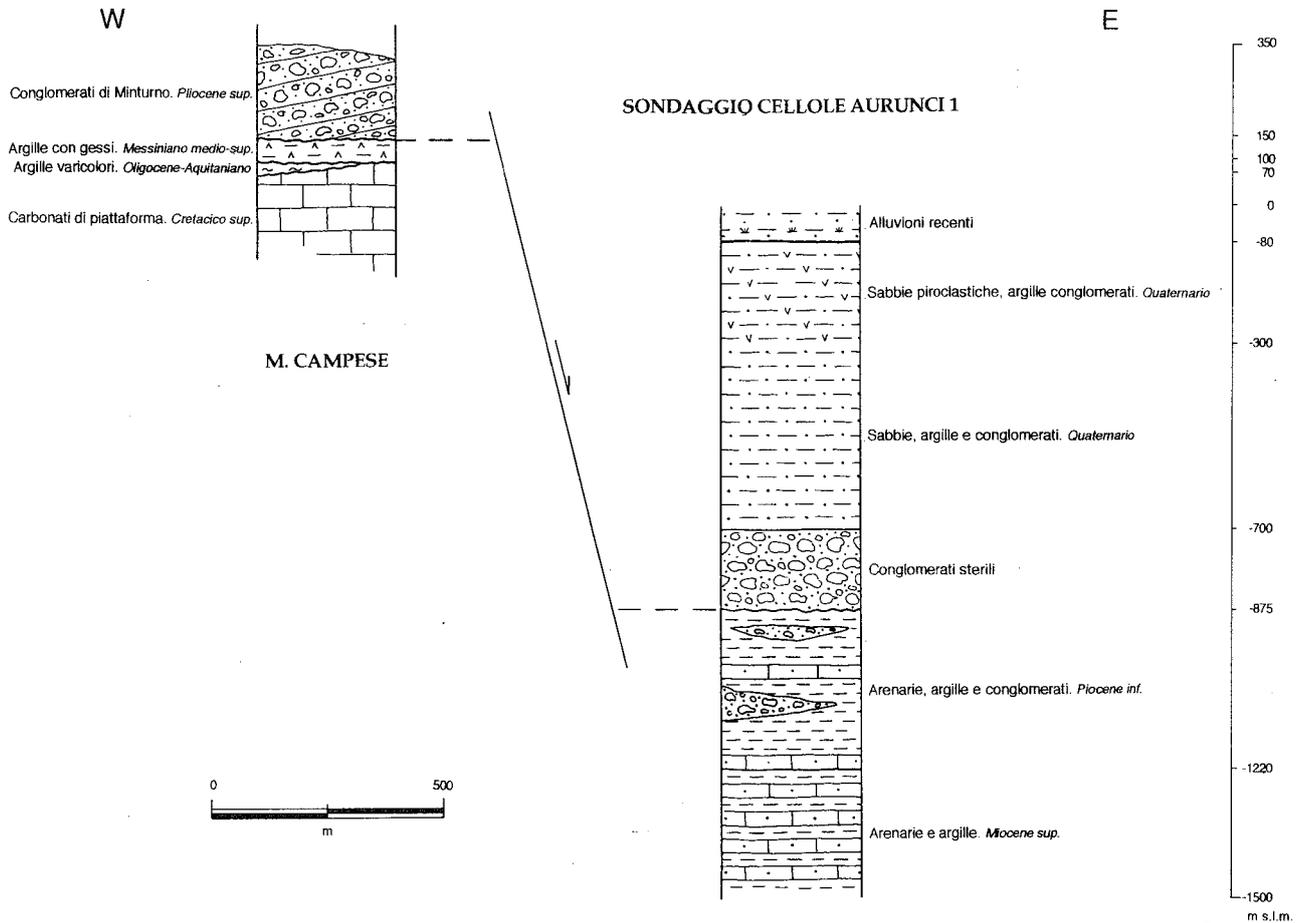


Fig. 3 - Colonne stratigrafiche di M. Campese (piana di Formia) e del sondaggio CA1 (piana del Garigliano).

quanto riguarda i rapporti di precedenza va notato che il piano a direzione NE-SW nel *plot b* taglia almeno in un caso i piani E-W. Inoltre dove visibili, gli indicatori cinematici trasversivi relativi all'estensione antiappenninica sono sovrapposti a quelli relativi a quella appenninica. Un dato analogo è riscontrabile nei conglomerati di M. Scauri (Fig. 2 *plot c*).

L'attuale margine occidentale della piana a direzione N-S presenta cinematica trasversiva destra compatibile con una direzione di estensione antiappenninica su piani di faglia che mettono a contatto i conglomerati di S. Antonio con le *Argille con gessi*.

Il graben del Garigliano

Il *graben* del Garigliano è una struttura orientata NE-SW (BERGOMI *et alii*, 1969; IPPOLITO *et alii*, 1973), larga circa 10 km, coincidente in buona parte con la piana alluvionale costiera del F. Garigliano (Fig. 1). È definito a SW, sia geograficamente che strutturalmente, dall'alto del M. Massico, costituito da sequenze carbonatiche e silicoclastiche che vanno dal Trias al Miocene superiore, mentre a N e a NW dai M. ti Aurunci, caratterizzati dalle stesse successioni del M. Massico.

L'unico dato stratigrafico profondo relativo a questa struttura deriva dal pozzo "Cellole - Aurunci 1" (Figg. 2 e 3; CA1 in IPPOLITO *et alii*, 1973). Il pozzo ha raggiunto i -1500 m s.l.m.. Dal basso è stata riconosciuta una sequenza continua dal Miocene superiore al Pliocene inferiore di arenarie, argille e lenti di conglomerato di ambiente infralittorale potente almeno 625 m, su cui poggiano in discordanza angolare 175 m di

conglomerati sterili.

La posizione stratigrafica di questo intervallo, il confronto con la geologia di superficie, in particolare con la sequenza stratigrafica affiorante nella piana di Formia (§ 3.1) ed il tipo di litologia, ci inducono ad ipotizzare la correlabilità dei conglomerati sterili del pozzo CA1 con i *Conglomerati di Minturno*. In tal caso l'età di questa unità stratigrafica sarebbe Pliocene superiore.

Sui conglomerati sterili si hanno infine 700 m di depositi quaternari di ambiente variabile da piana deliziosa ad infralittorale. Gli ultimi 300 m di questi sedimenti contengono abbondante materiale piroclastico attribuibile all'attività del Roccamonfina.

Tutti i dati di carattere geofisico (IPPOLITO *et alii*, 1973; BARTOLE, 1984; WATTS, 1987; CAPUANO *et alii*, 1992) indicano che il *graben* del Garigliano continua verso SW, con entità di subsidenza più o meno comparabili (dati stratigrafici inediti del pozzo *off-shore* "Mara"), e verso NE attraverso l'apparato del Roccamonfina.

Il vulcano di Roccamonfina

Stratigrafia

La stratigrafia del vulcano è stata organizzata in una successione di Unità Stratigrafiche a Limiti Inconformi (*Unconformity-Bounded Stratigraphic Units*; UBSU), a differenti scale, che individuano supersintemi, sintemi e subsintemi (GIORDANO, 1995).

Supersintema del Roccamonfina — Questo intervallo stratigrafico comprende tutti i depositi vulcanici

messi in posto tra l'inizio dell'attività vulcanica e l'individuazione della depressione sommitale (630-400 ka; RADICATI DI BROZOLO *et alii*, 1988).

Il supersintema affiora diffusamente solo nel settore nordoccidentale (Fig. 4) dove i depositi relativi costituiscono la struttura dello stratocono. Sono costituiti da una alternanza di colate di lava, in prevalenza tefritico-leucitiche e prodotti scoriaceo-cineritici sia primari che secondari. Gli spessori totali sono nell'ordine dei 1000 m, di cui circa 400 affioranti lungo il fianco interno della caldera e circa 600 noti dal sondaggio profondo Gallo 85-1 (WATTS, 1987; BALLINI *et alii*, 1989).

Attribuibili alla fase iniziale di individuazione dell'apparato vulcanico sono le manifestazioni periferiche di M. Cesima (Fig. 4) (BOSI, 1994; DI GIROLAMO *et alii*,

1991). Nella piana di Riardo una successione stratigraficamente correlabile non è mai affiorante, ma è tuttavia nota da dati di pozzo (Piroclastiti inferiori di GIORDANO *et alii*, 1995). In questo settore mancano le lave, mentre sono presenti sedimenti vulcanoclastici di ambiente fluviale, lacustre e colluviale.

Durante questa fase sono stati messi in posto 100-120 km³ di prodotti (GIANNETTI, 1979).

Supersintema della piana di Riardo — Successivamente all'evento principale di collasso si determina un drastico cambiamento nello stile eruttivo. Nel settore orientale si sviluppa una forte attività esplosiva da apparati periferici, mentre nell'edificio centrale, all'attività mista della prima fase si sostituisce una ricorrente attività esplosiva di tipo pliniano. Gli eventi esplosivi principali, occorsi tra 385 (LUHR & GIANNETTI, 1987)

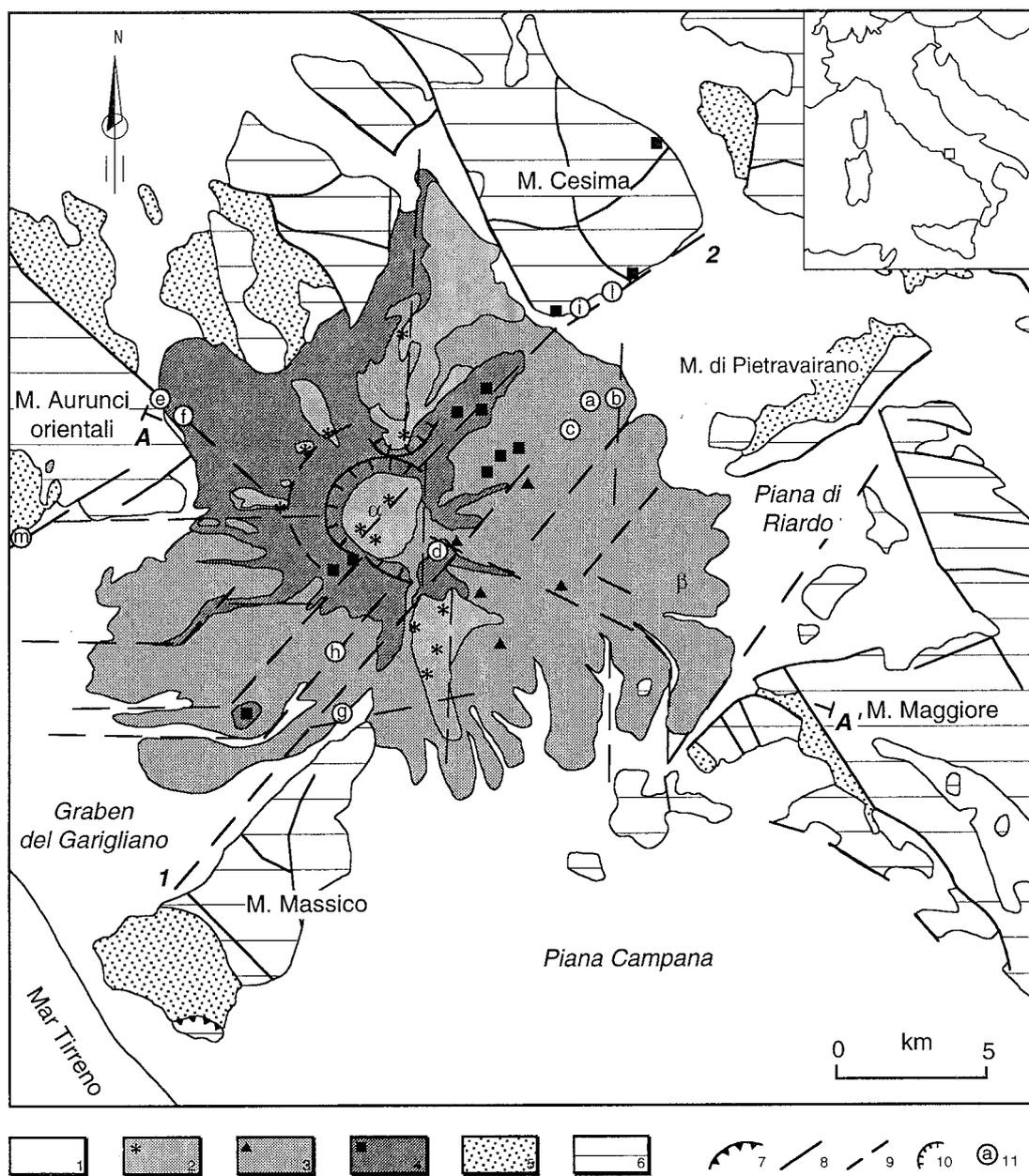


Fig. 4 - Schema geologico-strutturale del vulcano di Roccamonfina. 1) Coperture quaternarie e *Ignimbrite Campana* (33 Ka); 2) supersintema di Vezze; 3) Supersintema della piana di Riardo; 4) Supersintema di Roccamonfina; 5) depositi silicoclastici (Miocene superiore); 6) sequenze carbonatiche (Miocene medio-Lias inferiore p.p.); 7) accavallamento; 8) faglie; 9) faglie presunte o sepolte; 10) orlo di caldera; 11) sito strutturale con riferimento al *plot*.

e 230 ka (GIANNETTI, 1990), sono testimoniati dalla messa in posto di cinque unità eruttive (sintemi) di volume intermedio ($1-4 \text{ km}^3$ *Dense Rock Equivalent*), caratterizzate da composizioni sature che corrispondono ai depositi del BLT, WTT Cupa, WTT Aulpi, WTT S. Clemente e WTT Galluccio (DE RITA *et alii*, 1994; DE RITA & GIORDANO, 1995; GIORDANO, 1995).

Supersintema di Vezzara — Questo supersintema comprende tutte le manifestazioni vulcaniche comprese tra la messa in posto del WTT Galluccio e la fine dell'attività (53 ka RADICATI DI BROZOLO *et alii*, 1988).

L'attività si va esaurendo con una drastica diminuzione del tasso di effusione di un ordine di grandezza (circa $1 \text{ km}^3/120 \text{ ka}$). All'interno della cinta calderica si sviluppa una intensa attività idromagmatica, che viene chiusa dalla messa in posto dei due imponenti domi lavici a composizione trachiandesitica. Contemporaneamente, si ha lo sviluppo di centri sia esplosivi che effusivi lungo i fianchi dell'apparato. Nel settore ovest, ossia lungo i fianchi dell'antico stratovulcano, si individuano alcune bocche eruttive, che emettono lave basaltiche.

Dati strutturali

Il sistema di faglie dominante nell'area è orientato NE-SW; subordinatamente sono presenti i sistemi

NW-SE, N-S e E-W. La distribuzione areale delle deformazioni (Fig. 4) riflette prevalentemente l'assetto del substrato piuttosto che la struttura del vulcano, che infatti ne risulta tagliata senza riguardo a pattern radiali e tangenziali.

Le diverse direzioni di deformazione giocano ruoli differenti nel corso della storia del Roccamonfina:

Sistema NE-SW — È riconoscibile all'interno dell'apparato praticamente su tutto l'areale. Lungo tale direttrice sono allineate le prime manifestazioni del vulcanismo in quest'area (GIORDANO, 1995). In particolare è possibile riconoscere l'espressione superficiale del sistema di faglia del M. Massico (lineamento n. 1 in Fig. 4), il quale taglia a più riprese, con faglie e fratture estensionali, sempre riempite di halloysite o precipitati carbonatici, i depositi del Roccamonfina fino ai più recenti in affioramento (WTT Cupa). Le faglie presentano rigetti normali compressivi valutabili intorno ai 40-50 m metri negli ultimi 300 ka. Il sistema deformativo prosegue a NE, dove il rilievo del M. Massico si deprime sotto le vulcaniti, fino ad intercettare il bordo calderico nella sua porzione orientale (Figg. 4 e 5; plot g). Il sistema deformativo principale prosegue fuori dall'area calderica verso NE tagliando depositi fino al WTT Galluccio (Figg. 4 e 5; plot a, c, d).

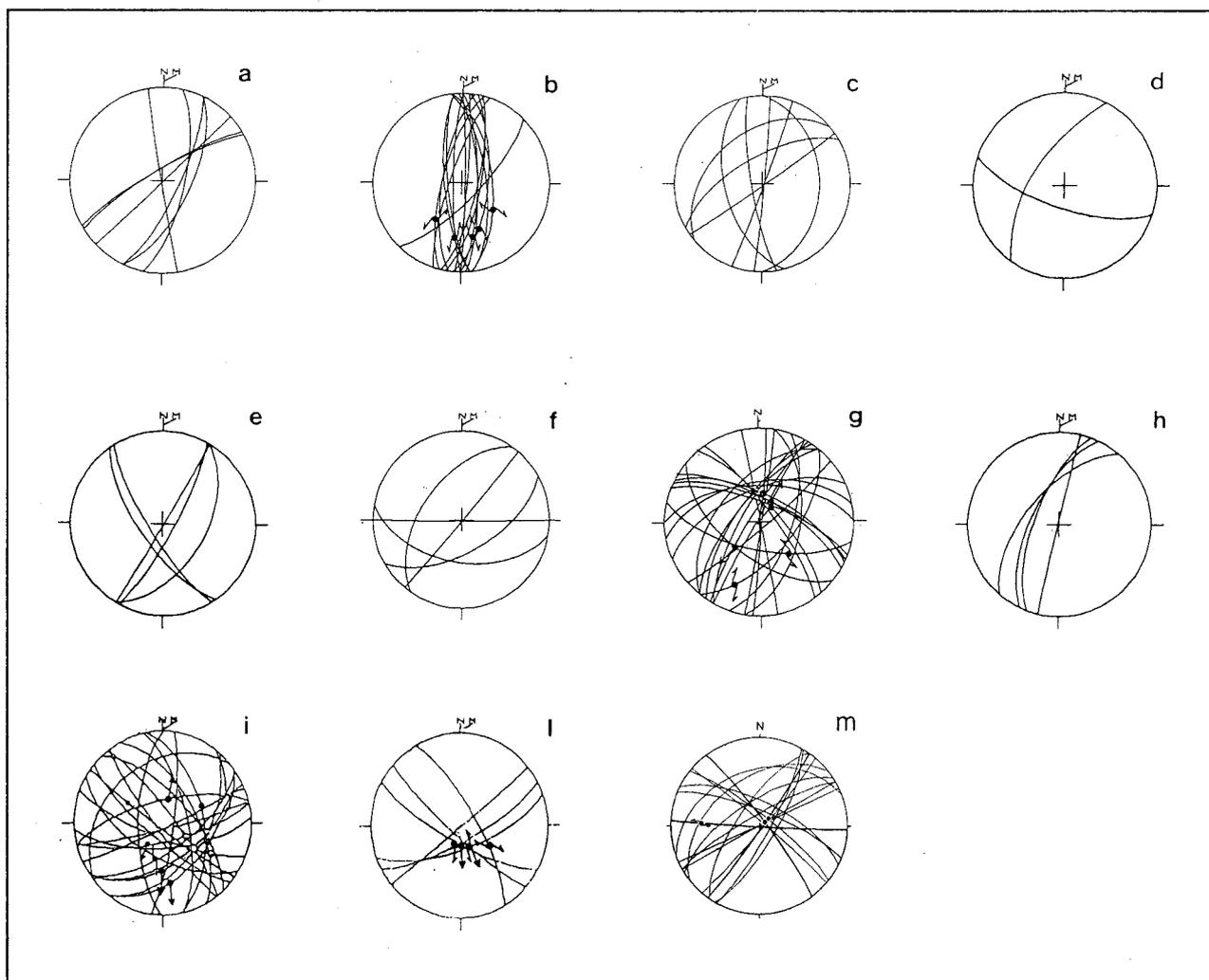


Fig. 5 - Proiezioni stereografiche degli elementi mesostrutturali raccolti nell'area del vulcano di Roccamonfina. La localizzazione delle stazioni è in figura 4. I plot "i" e "l" sono tratti da Bosi (1994).

Il lineamento n. 2 di figura 4 è l'altro elemento di prim'ordine presente nell'area. Questo sistema di faglie borda a NW il *graben* del Garigliano; è sede delle prime manifestazioni vulcaniche dell'area (Figg. 4 e 5; *plot* i, l) (dicco di Taverna S. Felice in Bosi, 1994), "taglia" la caldera sommitale e continua la sua attività fino alla messa in posto dei domi intracalderici (Supersintema di Vezzara) allineati lungo questa direttrice.

E' importante rilevare che in tutto l'areale, i pochi dicchi alimentatori in affioramento hanno un'orientazione NE-SW.

Attualmente le manifestazioni termali presenti nell'area (Suio) e depositi di travertini sono legati anch'essi alla presenza di faglie NE-SW (Figg. 4 e 5; *plot* m).

La cinematica delle deformazioni è prevalentemente *dip-slip*.

Sistema NW-SE — Nella zona in esame sono due gli elementi di primo ordine che interessano l'area vulcanica. Il primo taglia il settore E dell'apparato, da M. Maggiore all'area calderica (Fig. 4). Le deformazioni superficiali associate sono faglie dirette. Il sistema corrisponde ad una brusca depressione dell'alto gravimetrico del M. Massico (WATTS, 1987).

Il sistema bordiero di M. Cesima (Fig. 4) è una importante faglia attiva almeno dal Pliocene inferiore fino al recente, interessando tutta la sequenza vulcanica con cinematica diretta.

Sistema E-W — Risulta confinato nella piana del Garigliano con faglie e fratture, la cui importanza tuttavia è testimoniata dal forte condizionamento del reticolo idrografico (Fig. 4). Le evidenze di campagna consentono di collocare almeno a 250 ka gli ultimi movimenti su questa direttrice.

Sistema N-S — E' la deformazione tettonica più recente che interessa i depositi vulcanici. Taglia tutti i depositi, risulta ben concentrata lungo una fascia che passa per il centro dell'apparato e nel settore orientale (Figg. 4 e 5; *plot* b). In particolare lungo tale direttrice sono allineati la maggior parte dei centri del Supersintema di Vezzara.

La piana di Riardo

La piana di Riardo è situata immediatamente ad est dell'apparato di Roccamonfina.

La piana ha una forma approssimativamente trapezoidale (Fig. 1): il limite settentrionale con i M.ti di Pietravairano e quello meridionale con la dorsale di M. Maggiore decorrono secondo una direzione compresa tra N70°E e N50°E, mentre il limite orientale con i M.ti di Baia e Latina ha direzione N30°W. All'interno della piana si elevano alcuni piccoli rilievi carbonatici allineati in direzione N45°E. I rilievi carbonatici sono costituiti da una successione meso-cenozoica analoga a quella dei M.ti Aurunci.

Recenti studi geofisici e geognostici effettuati nella parte sud-occidentale della piana (GIORDANO *et alii*, 1995, lavoro cui si rimanda per maggiori dettagli), hanno ricostruito con una buona accuratezza l'intera successione stratigrafica sepolta, la quale risulta costituita in prevalenza dai depositi vulcanoclastici relativi all'attività del Roccamonfina (630-53 ka). In particolare sono presenti i depositi relativi al Supersintema di Roccamonfina (85 m di Piroclastiti inferiori in GIORDANO *et alii*, 1995) e al Supersintema di Riardo (50 m di BLT e 70 m di Piroclastiti superiori e WTT in GIORDANO *et alii*, 1995). La successione vulcanica poggia in

prevalenza direttamente sul substrato carbonatico o flyschoide con interposti esigui spessori di breccie carbonatiche di origine subaerea, terre rosse, sedimenti limoso-argillosi in facies lacustre e fluvio-lacustre. Questo tipo di successione ha fatto ipotizzare agli Autori che l'evoluzione di questa parte del bacino di Riardo, sia avvenuta in concomitanza con l'attività del Roccamonfina.

Dati strutturali

I dati strutturali che vengono presentati riguardano due motivi strutturali di prim'ordine presenti nell'area: il margine sudoccidentale della piana di Riardo (sistema di M. Coricuzzo in GIORDANO *et alii*, 1995), a direzione media N50°E, e il sistema di M. Maggiore (GIORDANO *et alii*, 1995), a direzione appenninica, che deprime verso SW i rilievi carbonatici di M. Maggiore (Figg. 1 e 6).

Sistema di M. Maggiore — E' stato analizzato nella sua porzione settentrionale (Fig. 6). Si tratta di un elemento lineare, con direzione NW-SE esteso per almeno 5 km il cui rigetto verticale supera i 1000 m laddove mette a contatto l'Infralias con i termini torbiditici del Tortoniano superiore. Sul terreno è possibile osservare, nei pressi dell'abitato di Rocchetta, lo specchio di faglia impostato sui termini dolomitici dell'Infralias a cui è associata una fascia cataclastica di almeno 15-20 m di spessore. Gli indicatori cinematici indicano qui movimenti essenzialmente diretti e, limitatamente, trascorrenti con rapporti di antecedenza non chiari. L'analisi mesostrutturale condotta nell'*hanging-wall* della faglia principale mostra che gli elementi associati, faglie e clivaggi, si dispongono con direzioni variabili. Le faglie mostrano una cinematica trastensiva che, considerando l'insieme dei dati, risulta compatibile con una direzione di massima estensione circa 40°-50°E (Fig. 6; *plot* a e a'). La continuità del sistema di M. Maggiore è interrotta verso la piana, sia a grande che a media scala, da motivi tettonici trasversali; in particolare nella stazione b (Fig. 6; *plot* b) sono state osservate alcune faglie a direzione circa E-W e movimento obliquo che agiscono come sistemi di trasferimento sinistro rispetto al piano di faglia principale con rigetti orizzontali metrici e decametrici. Il sistema E-W prosegue ad est del piano di faglia principale dove mostra invece una cinematica essenzialmente *dip-slip*. Questo ci induce ad ipotizzare che gli elementi E-W siano più antichi del sistema di M. Maggiore (NW-SE).

Sistema di M. Coricuzzo — E' il risultato dell'azione di un sistema di faglie antiappenniniche e circa antimeridiane dotate nell'insieme di una cinematica diretta. Tale sistema deprime progressivamente i carbonati sotto la piana con rigetti complessivi valutabili intorno ai 400-500 m (GIORDANO *et alii*, 1995). Dati geognostici mostrano che il sistema di M. Maggiore prosegue verso NW, sotto i depositi vulcanici della piana, con un sistema di faglie che mette a contatto calcari giurassici a NE e calcari cretaci ad SW (Fig. 6; GIORDANO *et alii*, 1995). I dati di superficie confermano che il sistema di M. Coricuzzo ha agito essenzialmente con movimenti *dip-slip*. Lungo il margine della struttura carbonatica i calcari cretaci si presentano intensamente deformati. I piani tettonici più importanti sono prevalentemente orientati N40°E e N80°E (Fig. 6; *plot* d). Questi due sistemi sia per i rapporti reciproci sia per la cinematica sembrerebbero aver agito contemporaneamente.

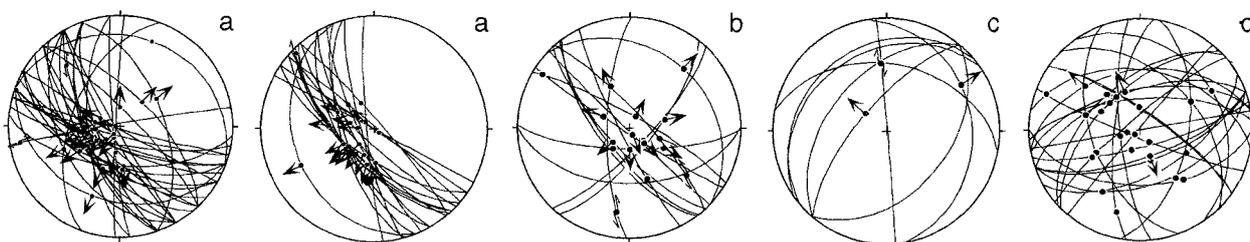
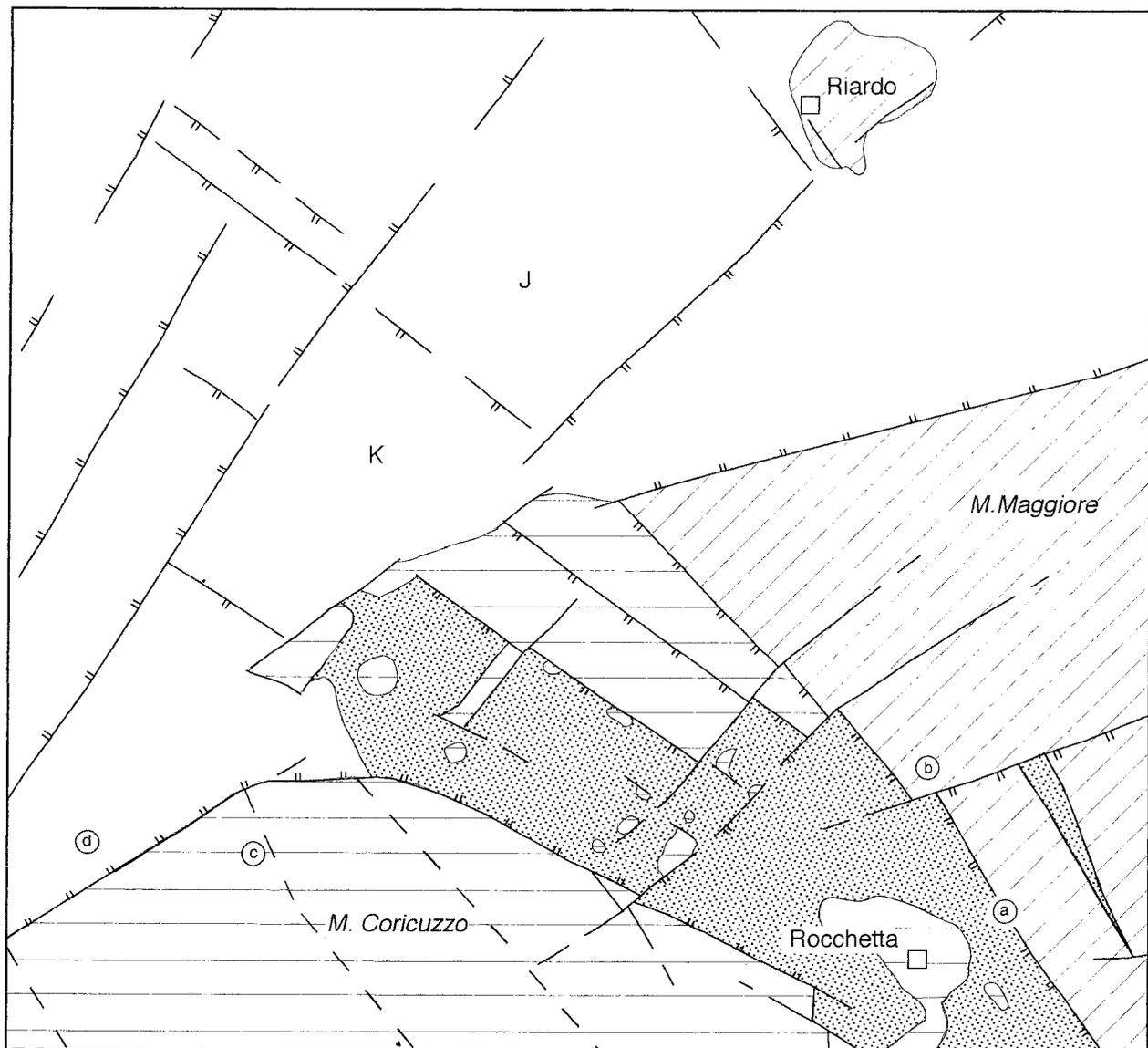


Fig. 6 - Schema geologico-strutturale della parte sud-occidentale della piana di Riardo. E' indicata la traccia del profilo di figura 6.

Legenda: 1) *Ignimbrite Campana* (33 ka) e vulcaniti del Roccamonfina (650-50 ka); 2) depositi silicoclastici (Miocene superiore); 3) sequenze carbonatiche (Miocene medio-Cretacico superiore); 4) sequenze carbonatiche (Giurassico); 5) faglie; 6) faglie presunte; 7) faglie dirette; 8) sito strutturale con riferimento al *plot*.

Lungo il versante della struttura di M. Coricuzzo si osservano alcuni piani in contropendenza che hanno preservato depositi vulcanici rimaneggiati in ambiente lacustre e fluvio-lacustre che per facies e caratteristiche petrografiche sono correlabili alle Piroclastiti in-

feriori del Supersintema di Roccamonfina rinvenute in sondaggio all'interno della piana. Tali depositi risultano anch'essi basculati in contropendenza di circa 20° e giacciono in contatto tettonico con i calcari cretaci secondo un piano orientato $N40^\circ E$ immergente di 70°

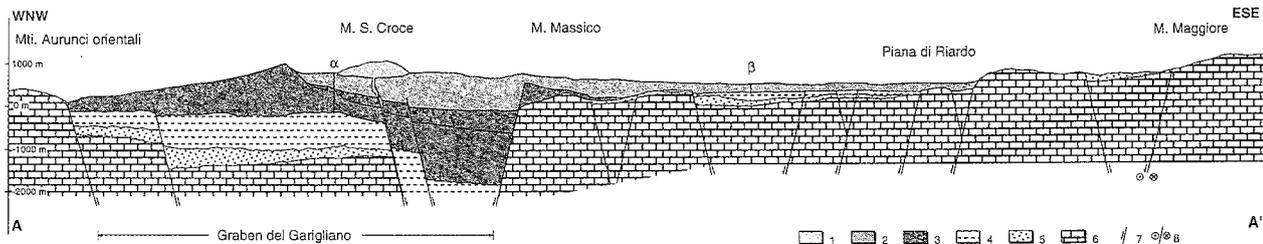


Fig. 7 - Profilo geologico (la traccia è indicata in figura 4); α : Pozzo Gallo 85-1 (WATTS, 1987); β : Pozzo teano 3 (BARBIER *et alii*, 1970).

Legenda: 1) supersintema di Vezzara; 2) supersintema della piana di Riardo; 3) supersintema di Roccamonfina; 4) depositi clastici (Quaternario-Pliocene); 5) depositi silicoclastici (Miocene superiore); 6) sequenze carbonatiche (Miocene medio-Lias inferiore p.p.); 7) faglie dirette; 8) faglia con componente orizzontale.

verso NW (Fig. 6; *plot c*). Il rigetto minimo, in base alla quota a cui si ritrovano i depositi correlabili al di sotto della piana, è valutabile intorno ai 100 m.

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

A partire dal Pliocene l'area, solo in parte emersa, è soggetta alla distensione tirrenica che si esplica prevalentemente lungo sistemi di faglie a direttrice NW-SE (SARTORI *et alii*, 1989; BARTOLE, 1984). In figura 7 un profilo a direzione WNW-ESE (traccia del profilo in Fig. 4) mostra gli elementi tettonici principali e la loro relazione con le unità stratigrafiche fondamentali. Nell'area in esame l'elemento di prim'ordine associabile a questa fase è il sistema di M. Maggiore (§ 3.3). In mancanza di depositi direttamente associabili all'attività di questa faglia, GIORDANO *et alii*, 1995 hanno posto solo un limite superiore all'attività principale dell'elemento (Pliocene superiore). Nell'area della piana di Formia questo sistema tettonico non si esplica con motivi di primo ordine. Tuttavia l'intera struttura può essere interpretata come un bacino trastensivo legato ad una direzione di estensione NE-SW, che ha riutilizzato una discontinuità a direttrice E-W originatasi in regime compressivo (linea "Maranola Campodivivo" di NASO & TALLINI, 1993). Infatti le faglie trastensive sinistre a direzione E-W rilevate nei *Conglomerati di Minturno* (Pliocene superiore parte basale) sono congruenti con questa direzione di estensione. D'altra parte anche i dati mesostrutturali raccolti sul sistema di M. Maggiore indicano che faglie a direzione E-W preesistenti agiscono come sistemi di trasferimento (§ 3.4.1).

Questo bacino a direzione E-W si doveva estendere anche verso l'attuale piana del Garigliano, infatti ruditi analoghe a quelle di Minturno sono state riconosciute nel sondaggio CA1 (§ 3.2) con spessori analoghi (IPPOLITO *et alii*, 1973). Al di sotto dei conglomerati del Pliocene superiore è presente una successione sedimentaria continua dal Miocene superiore al Pliocene inferiore (alla cui parte basale si possono correlare le *Argille con gessi* della piana di Formia), chiusa al tetto da una superficie di inconformità. Purtroppo in affioramento questa successione è scarsamente rappresentata e quindi l'analisi strutturale non fornisce dati sufficienti alla definizione dei rapporti tra tettonica e sedimentazione.

A partire dal Pleistocene inferiore, nell'area in esame, vengono attivati prevalentemente i sistemi tettonici

a direzione NE-SW con cinematica dip e rigetti dell'ordine dei 1000 metri. Queste strutture individuano il *graben* del Garigliano, la parte occidentale della piana di Riardo e condizionano la nascita e l'evoluzione del vulcano di Roccamonfina.

La continuità del bacino di sedimentazione E-W dei *Conglomerati di Minturno* viene interrotta ad est dall'individuazione del *graben* del Garigliano, databile al Pleistocene inferiore dall'età dei sedimenti che ricoprono i *Conglomerati di Minturno* nel pozzo CA1 dislocati di circa 1000 m (Figg. 2 e 3).

Più a NE, il sistema tettonico di M. Coricuzzo taglia tutti i lineamenti NW-SE attivi durante il Pliocene e costituisce il bordo meridionale di un bacino che inizia a formarsi al passaggio Pleistocene inferiore-medio, concomitante l'inizio dell'attività del vulcano di Roccamonfina (GIORDANO *et alii*, 1995). E' interessante notare come anche nel bacino tirrenico in corrispondenza del 41° parallelo è stato riconosciuto un evento deposizionale caotico (S1 in SPADINI & WEZEL, 1994) correlabile ad un momento di particolare attività tettonica durante il Quaternario medio.

Il bacino di Riardo si va identificando con l'instaurarsi di ambienti lacustri e fluvio-lacustri, in cui l'apporto di materiale vulcanico è prevalentemente di tipo secondario o da ricaduta. A questo proposito va sottolineato che mentre il *graben* del Garigliano ospita circa 700 m di prodotti prevulcanici (IPPOLITO *et alii*, 1973), nella piana di Riardo ne sono presenti non più di 50 m (GIORDANO *et alii*, 1995), quindi tali settori dal punto di vista strutturale sono distinti. I processi estensionali lungo il margine meridionale della piana di Riardo (dorsale di M. Coricuzzo) continuano per tutto il Pleistocene medio, con tassi di deformazione dell'ordine delle centinaia di metri (§ 3.4.1).

L'analisi dei dati della geologia di superficie, unitamente alle indicazioni sulla stratigrafia del sottosuolo, indica che la storia del vulcano di Roccamonfina (Pleistocene medio-superiore) è stata fortemente condizionata dall'attività tettonica regionale. Il confronto dei dati di stratigrafia con quelli di strutturale mostra chiaramente come il ruolo fondamentale, durante tutta l'evoluzione del complesso, sia stato giocato dal motivo tettonico NE-SW che borda a NW il M. Massico (§ 3.3.2).

La fase iniziale del vulcanismo si sviluppa completamente ad ovest di tale elemento con la venuta a giorno in un vasto areale (circa 1000 km²) di magmi sia della serie alta in potassio, sia della serie potassica (Supersintema del Roccamonfina). I piccoli apparati

che si formano in questo periodo sono bene allineati lungo la direttrice NE-SW (§ 3.3.2).

Il Supersintema del Roccamonfina, costituito da circa 100 km³ di prodotti (prevalentemente lave), è chiuso dal collasso settoriale della sommità, espressione della forte attività sinvulcanica della faglia del M. Massico (DE RITA & GIORDANO, 1994). La fase successiva (Supersintema della piana di Riardo in § 3.3.1), posteriore ai 400 ka, è invece caratterizzata da volumi di magma di un ordine di grandezza inferiori. Le eruzioni hanno un forte carattere esplosivo e si susseguono spaziate nel tempo. I magmi sono costituiti da composizioni da evolute a molto evolute (sia appartenenti alla HKS che alla KS), ad indicare che il sistema subvulcanico si sta chiudendo consentendo l'instaurarsi di camere magmatiche di volume intermedio (nell'ordine della decina di km³) nella crosta superiore. Ciò ha notevoli implicazioni circa il tasso di estensione necessario e circa l'influenza di questo sullo stile dell'attività vulcanica.

La fase finale dell'attività (Supersintema di Vezara) coinvolge volumi di magma decisamente minori, stimabili in circa 1 km³ complessivo. L'attività sembra condizionata dalla tettonica lungo direttrici meridiane.

Sulla base di queste considerazioni è possibile trarre alcune conclusioni:

— in questo settore del margine tirrenico l'estensione lungo direttrici NW-SE è particolarmente attiva nel Pliocene;

— elementi tettonici a direzione W-E, probabilmente relativi ad una precedente fase compressiva, sono riutilizzati durante la fase estensionale;

— l'attività di estensione lungo i sistemi tettonici NE-SW si esplica soprattutto nel Pleistocene inferiore-medio, formando strutture regionali quali il *graben* del Garigliano e la parte occidentale della piana di Riardo e guidando l'*outset* del vulcanismo di Roccamonfina; — i tassi di estensione più importanti lungo le direttrici NE-SW si vanno esaurendo intorno ai 400.000 anni.

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV. (1991) - *Guida al rilevamento della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50000*. I Convegno sulla cartografia geologica nazionale, C.N.S.-S.G.N., Roma, 2 maggio.
- ACCORDI G. & CARBONE F. (1988) - *Sequenze carbonatiche mesozoiche. Note illustrative alla Carta delle litofacies del Lazio-Abruzzo ed aree limitrofe*. C.N.R. - P.F.G., Quad. Ric. Scient., 114(5), 11-92.
- BALLINI A., BARBERI F., LAURENZI M.A., MEZZETTI F. & VILLA I.M. (1989) - *Nuovi dati sulla stratigrafia del vulcano di Roccamonfina*. Bollettino GNV, 2, 533-556.
- BARBIER E., BURGASSI P.D., CALAMAI A., CATALDI R. & CERON P. (1970) - *Relationships of geothermal conditions to structural and hydrogeological features in the Roccamonfina region (northern Campania)*. J. Volcan. Geotherm. Res. 38, 603-610.
- BARTOLE R. (1984) - *Tectonic structure of the Latian-Campanian shelf (Tyrrhenian sea)*. Boll. Ocean. Teor. Appl., 2(3), 197-230.
- BERGOMI C., CATENACCI C., CESTARI G., MANFREDINI M. & MANGANELLI V. (1969) - *Note illustrative alla Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100000, foglio 171: Gaeta e vulcano di Roccamonfina*. Servizio Geologico Italiano, 139 pp.
- BOSI V. (1994) - *Evoluzione neotettonica del Lazio meridionale Campania settentrionale, in corrispondenza della terminazione meridionale della linea tettonica "Ortona - Roccamonfina"*. Tesi di Dottorato, Università "La Sapienza", Roma.
- CAPUANO P., CONTINISIO R. & GASPARINI P. (1992) - *Structural setting of a typical alkali-potassic volcano: Roccamonfina, southern Italy*. J. Volcan. Geotherm. Res., 53, 355-369.

- CATENACCI E. & MOLINARI V. (1966) - *Sull'età dei Conglomerati di Minturno (Lazio meridionale)*. Boll. Serv. Geol. It., 86, 27-43.
- CIPOLLARI P. & COSENTINO D. (1992) - *Considerazioni sulla strutturazione della catena dei Monti Aurunci: vincoli stratigrafici*. Studi Geol. Camerti, Vol. spec. (1991/2), CROP 11, 151-156.
- CIPOLLARI P. & COSENTINO D. (1995) - *Il sistema Tirreno-Appennino: segmentazione litosferica e propagazione del fronte compressivo*. Geodinamica e tettonica attiva del sistema Tirreno-Appennino. Convegno scientifico, Camerino, 9-10 febbraio, riassunti 84-86.
- DE RITA D. & GIORDANO G. (1995) - *Volcanological and structural evolution of Roccamonfina Volcano (Southern Italy): implication for the structural origin of the summit caldera*. Journal of the Geological Society London (in stampa).
- DE RITA D., GIORDANO G., & MILI S. (1994) - *A stratigraphic-sedimentological approach to the volcanic risk evaluation: an example from Roccamonfina volcano (Southern Italy)*. E.G.S. XIX General Assembly, Grenoble, April 25-29, abstract.
- DI GIROLAMO P. (1972) - *Il cono di scorie eccentrico di Sesto Campano (Isernia-Vulcano di Roccamonfina)*. Boll. Soc. Nat. in Napoli, 81.
- GIANNETTI B. (1979) - *The geology of the Roccamonfina caldera (Campanian province, Italy)*. Giorn. Geol., 2 (XLIII), 187-206.
- GIANNETTI B. (1990) - *Strutture neotettoniche presenti nel Tufo Trachitico Bianco del vulcano di Roccamonfina*. Boll. Serv. Geol. d'It., 109, 195-206.
- GIORDANO G. (1995) - *Evoluzione geologico-strutturale dell'apparato vulcanico del Roccamonfina, con implicazioni circa l'evoluzione strutturale della depressione sommitale*. Tesi di Dottorato, Università "La Sapienza", Roma.
- GIORDANO G., NASO G., SCROCCA D., FUNICIELLO R. & CATALANI F. (1995) - *Processi di estensione e circolazione di fluidi a bassa termalità nella piana di Riardo (Caserta, Appennino centro-meridionale)*. Boll. Soc. Geol. It., 114, 361-371.
- IPPOLITO F., ORTOLANI F. & RUSSO M. (1973) - *Struttura marginale tirrenica dell'Appennino campano: reinterpretazioni dei dati di antiche ricerche di idrocarburi*. Mem. Soc. Geol. It., 12, 227-250.
- LUHR J.F. & GIANNETTI B. (1987) - *The Brown Leucitic Tuff of Roccamonfina volcano (Roman Region, Italy)*. Contrib. Mineral. Petrol. 95, 420-436.
- NASO G. & TALLINI M. (1993) - *Tettonica compressiva e distensiva nei Monti Aurunci occidentali (Appennino Centrale): prime considerazioni*. Geologica Romana, 29, 455-462.
- PATACCA E., SARTORI R. & SCANDONE P. (1990) - *Tyrrhenian basin and apenninic arcs: kinematic relations since late Tortonian times*. Mem. Soc. Geol. It., 45, 425-451.
- PAROTTO M. (1980) - *Apennin central*. In: *Introduction à la géologie générale d'Italie*. 26° Congr. Geol. Intern., Parigi 1980, 33-37.
- PESCATORE T. & SGROSSO I. (1973) - *I rapporti tra la piattaforma campano-lucana e la piattaforma abruzzese-campana nel Casertano*. Boll. Soc. Geol. It. 92, 925-938.
- RADICATI DI BROZOLO F., DI GIROLAMO P., TURI B. & ODDONE M. (1988) - *⁴⁰Ar-³⁹Ar e K-Ar dating of K-rich rocks from the Roccamonfina Volcano, Roman Comagmatic Region, Italy*. Geoch. Cosmoch. Acta, 52, 1435-1441.
- RENAUD P., BILLAUD Y., CLERMONTÉ J., LORENZ C. & PIRONON B. (1990) - *Evolution paléogéographique le long de la bordure sud-orientale de la plate-forme campano-abruzzaise (Italie) du Crétacé au Néogène*. Bull. Soc. Geol. France, 8, 105-112.
- SPADINI G. & WEZEL F. C. (1994) - *Structural evolution of the "41st parallel zone": Tyrrhenian Sea*. Terra Nova, 6, 552-562.
- WATTS M.D. (1987) - *Geothermal exploration of Roccamonfina Volcano, Italy*. Geothermics, 16(5/6), 527-528.