

## SUPERFICI STRUTTURALI PROFONDE DELLA TOSCANA E DELL'UMBRIA-MARCHE

Riassunto

Abstract

1. Introduzione
2. Le strutture compressive dell'Appennino umbro-marchigiano
3. Le Strutture distensive della Toscana meridionale
4. Rapporti fra settore interno ed esterno dell'Appennino settentrionale
5. Conclusioni

Riferimenti bibliografici

### RIASSUNTO

Viene affrontato il problema della coesistenza fra le strutture distensive nel settore tirrenico e quelle compressive nel settore adriatico dell'Appennino settentrionale. Il fatto che la litosfera della Toscana meridionale sia interessata da tettonica distensiva porta ad escludere che la coeva compressione della copertura umbro-marchigiana rappresenti il prodotto di scivolamenti gravitativi originatisi per denudamento tettonico nelle aree più interne e che quindi esista una forte differenza nell'entità di raccorciamento fra la copertura sedimentaria umbro-marchigiana ed il suo basamento.

Viene fatta l'ipotesi che prevede, nel settore adriatico, l'esistenza di due superfici di scollamento di importanza regionale: la prima in corrispondenza delle evaporiti triassiche, a circa 3 km e la seconda a 10-12 km di profondità in corrispondenza di una superficie sismogenetica. Queste due superfici hanno costituito rispettivamente il *roof thrust* ed il *sole thrust* di un *duplex* nel quale è coinvolta la parte alta del basamento umbro-marchigiano. La coesistenza del fenomeno distensivo e compressivo, rispettivamente nel settore tirrenico ed in quello adriatico, è da ricercare in un modello unitario di deformazione; viene formulata l'ipotesi di una comune superficie di scorrimento, all'interno del basamento, lungo la quale nel settore tirrenico si orizzontalizzano le faglie dirette e dalla quale nel settore adriatico si diramano i principali sovrascorrimenti che riguardano la successione pre-triassica superiore e che sono probabilmente ancora attivi nelle zone esterne.

### ABSTRACT

The problem of the coexistence of compressional and extensional structures, respectively active in the internal and external sectors of the Northern Apennines, is discussed.

Extensional tectonics affected the whole lithosphere of southern Tuscany: this implies that the compressional structures of the

external (i.e. Umbria-Marche) region cannot be interpreted in terms of simple gravitational gliding originated from an innermost (i.e. southern Tuscany) denudated source area, and that consequently the shortening displayed by the Umbria-Marche sedimentary cover cannot largely differ from the shortening experienced by the underlying basement.

The occurrence of two distinct regionally important detachments in the external region is hypothesized, the former located within the Late Trias Evaporites at a depth of about 3 km and the latter coinciding with a seismogenic horizon at a depth of about 10-12 km: these two detachments can be envisaged respectively as the roof thrust and the sole thrust of a major duplex which affected the highest part of the Umbria-Marche basement.

The coexistence of compression and extension, respectively in the inner and outer sectors of the chain, is therefore to be searched for in a unitary deformation model; it is here hypothesized a common detachment, within the crust, along which normal faults flatten, in the west, and from which thrust faults emanate, in the east.

**PAROLE CHIAVE:** basamento, copertura, tettonica distensiva, tettonica compressiva.

**KEY WORDS:** sedimentary cover, basement, extensional tectonics, compressional tectonics.

### 1. INTRODUZIONE

I settori tirrenico ed adriatico dell'Appennino settentrionale (fig.1) sono rispettivamente caratterizzati dalla presenza di strutture distensive e compressive contemporaneamente attive (ELTER *et al.*, 1975). Una delle prime ipotesi sui rapporti fra le strutture distensive, caratteristiche del settore tirrenico dell'Appennino settentrionale, e le strutture compressive, caratteristiche del settore adriatico, è stata suggerita da BALDACCINI *et al.* (1967): questi Autori ritenevano che lo sviluppo dei raddoppi di copertura del settore umbro-marchigiano fossero una diretta conseguenza della elisione tettonica che aveva interessato la copertura della Toscana meridionale e che aveva determinato la diretta anomala sovrapposizione delle Liguridi alle evaporiti del Trias superiore ("Serie ridotta" di SIGNORINI, in: GIANNINI *et al.*, 1971). L'elisione tettonica veniva quindi interpretata come il prodotto di uno scivolamento gravitativo verso est che avveniva principalmente lungo il livello della Formazione delle Anidriti di Burano. Questa stessa formazione costituiva anche il principale livello di scollamento per la copertura umbro-marchigiana. In questa ipotesi l'Appennino umbro-marchigiano veniva interpretato es-

Dipartimento di Scienze della Terra, Via delle Cerchia 3, 53100 Siena

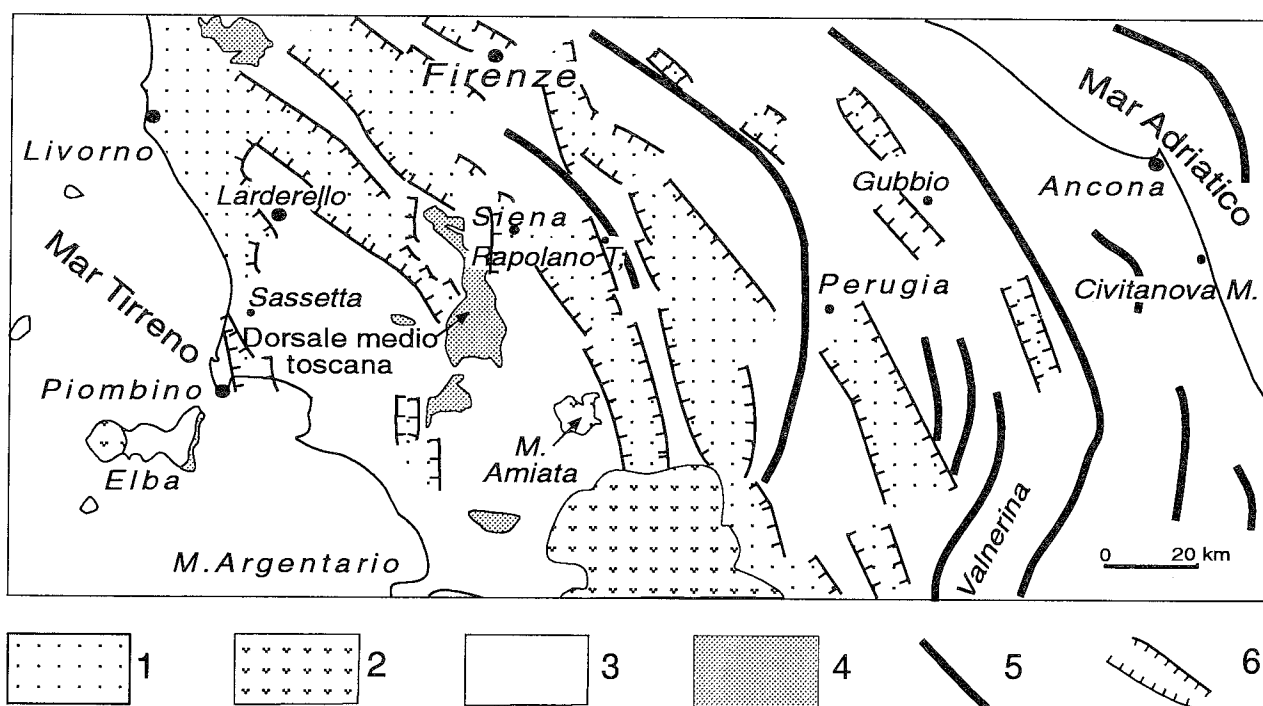


Fig. 1 - Principali strutture della Toscana meridionale e dell'Appennino umbro-marchigiano. Spiegazione dei simboli: 1 - Sedimenti del Miocene superiore-Pleistocene all'interno delle depressioni tettoniche distensive; 2 - Rocce magmatiche; 3 - Coperture pre-neogene non metamorfiche e depositi di avansfossa neogenico-quadernari; 4 - Rocce metamorfiche; 5 - sovrascorrimenti; 6 - faglie dirette.

senzialmente come risultato della deformazione della copertura sedimentaria, al di sopra di un basamento relativamente indeformato nelle zone esterne. Nella recente interpretazione di BALLY *et al.* (1986) la sommità del basamento tettonico indeformato viene fatta all'incirca coincidere con la sommità del basamento magnetico posta ad una profondità di 10-12 Km al di sotto della catena (ARISI ROTA & FICHERA, 1985; ARISI ROTA *et al.*, 1986). Oltre alla profondità della superficie di scollamento, la differenza principale fra le interpretazioni di BALDACCI *et al.* (1967) e di BALLY *et al.* (1986) risiede nella diversa entità di raccorciamento della copertura sedimentaria.

Nell'ipotesi di raccorciamenti della copertura del settore umbro-marchigiano maggiori di quelli del sottostante basamento, è necessario ammettere l'esistenza di aree di denudamento tettonico nelle zone interne della catena; queste zone di denudamento erano state in precedenza identificate con l'area a "serie ridotta" della Toscana meridionale (BALDACCI *et al.*, 1967). Recenti lavori sulle strutture della Toscana meridionale (BERTINI *et al.*, 1991; CARMIGNANI *et al.*, 1994b *cum bibl.*) hanno messo in evidenza che la "serie ridotta" è il risultato di una deformazione distensiva che durante il Miocene inferiore e medio ha interessato sia le coperture sedimentarie che il substrato metamorfico. L'assenza dunque di aree di denudamento può essere dovuta o ad un sottoscorrimento del basamento umbro sotto la Toscana a partire dal Tortoniano oppure ad un uguale raccorciamento della copertura e del basamento.

In questa nota, dopo una discussione sulle strutture compressive e distensive che caratterizzano il settore

umbro-marchigiano e la Toscana meridionale, viene formulata una nuova ipotesi che prevede un raccorciamento della copertura umbro-marchigiana paragonabile a quello del sottostante basamento. Viene inoltre proposto che la discontinuità ad elevata suscettività magnetica, ipotizzata a 10-12 km di profondità e coincidente con una superficie sismogenetica (MENICHETTI & MINELLI, 1991; PASQUALE *et al.*, 1993; CALAMITA *et al.*, 1994), rappresenti la continuazione orientale della fascia di taglio, riconosciuta nella crosta superiore della Toscana meridionale e delimitata al tetto da una importante riflettore noto come "orizzonte K".

## 2. LE STRUTTURE COMPRESSIVE DELL'APPENNINO UMBRO-MARCHIGIANO

La struttura dell'Appennino umbro-marchigiano è stata interpretata secondo tre diverse ipotesi: la prima prevede lo scollamento della copertura sedimentaria al di sopra di un basamento relativamente poco deformato (BALDACCI *et al.*, 1967; BALLY *et al.*, 1986; HILL & HAYWARD, 1988; CALAMITA & DEIANA, 1986, 1988; CALAMITA, 1990; MENICHETTI *et al.*, 1991; CALAMITA *et al.*, 1991; COSENTINO *et al.*, 1992; GHISETTI *et al.*, 1993); la seconda, prevede il diretto coinvolgimento di porzioni di basamento nelle strutture che interessano la copertura sedimentaria (LAVECCHIA *et al.*, 1987; BARCHI *et al.*, 1988; BARCHI, 1991a,b); la terza infine prevede un raccorciamento della copertura paragonabile con quello del basamento (TAVARNELLI, 1993).

La valutazione della entità di raccorciamento non è omogenea: alcuni Autori ritengono che il valore sia notevolmente superiore al 50% (BALLY *et al.*, 1986; HILL & HAYWARD, 1988; CALAMITA & DEIANA, 1986,1988; CALAMITA, 1990; CALAMITA *et al.*, 1991), altri invece ritengono che i raccorciamenti siano modesti (DECANDIA & GIANNINI, 1977) e che il valore non superi il 45% (BARCHI *et al.* 1988; BARCHI *et al.*, 1989; MENICHETTI, 1991; MENICHETTI *et al.*, 1991; TAVARNELLI, 1993). In particolare valori intorno al 35% (TAVARNELLI, 1993) sono compatibili anche con la relazione, proposta da ELLIOTT (1976), che lega i raccorciamenti prodotti dai sovrascorrimenti all'estensione longitudinale delle loro tracce cartografiche.

L'ipotesi di un raccorciamento della copertura di entità paragonabile a quella del sottostante basamento è compatibile sia con la mancanza di un coevo denudamento tettonico nelle zone più interne sia con il contemporaneo sviluppo della tettonica distensiva nella Toscana meridionale.

### 3. LE STRUTTURE DISTENSIVE DELLA TOSCANA MERIDIONALE

La fine della fase ensialica dell'Appennino settentrionale è riferita all'Aquitainiano (CARMIGNANI & KLIGFIELD, 1990; CARMIGNANI *et al.*, 1994a; CARMIGNANI *et al.*, 1994b) sulla base dell'età della messa in posto delle Unità liguri sul Macigno della Falda toscana e dell'età radiometrica relativa alla fase compressiva del complesso metamorfico delle Alpi Apuane.

L'inizio della distensione post-collisionale è stato recentemente attribuito, sulla base di nuovi elementi stratigrafico-strutturali e di dati radiometrici (CARMIGNANI & KLIGFIELD, 1990; CARMIGNANI *et al.*, 1994a; BALDI *et al.*, 1994), al Burdigaliano-Langhiano. A questo intervallo di tempo è riferibile infatti il fenomeno della "serie ridotta" che, secondo BERTINI *et al.* (1991) è espressione di tettonica distensiva, caratterizzata, nella copertura, dallo sviluppo di faglie dirette con geometria del tipo *ramp/flat/ramp*; il movimento lungo queste faglie, che generalmente si orizzontalizzano nel livello delle evaporiti triassiche, ha determinato la sovrapposizione delle unità strutturalmente più superficiali (Liguridi) sulle unità strutturalmente più profonde (evaporiti triassiche ed addirittura substrato metamorfico) e quindi l'omissione tettonica di tutti i termini triassico-oligocenici appartenenti alla successione della Falda toscana. Nel substrato metamorfico, la tettonica distensiva riferibile a questo evento si esplica con strutture di tipo duttile e/o semi-duttile (BERTINI *et al.*, 1991; CARMIGNANI *et al.* 1994a; BALDI *et al.*, 1994). A questo stesso evento distensivo è da riferire inoltre lo sviluppo del *core complex* delle Alpi Apuane (COLI, 1989; CARMIGNANI & KLIGFIELD, 1990).

All'evento distensivo che ha determinato la "serie ridotta" si sono succeduti altri eventi distensivi le cui strutture hanno sempre dislocato quelle precedentemente formatesi. Nel settore occidentale della Toscana meridionale

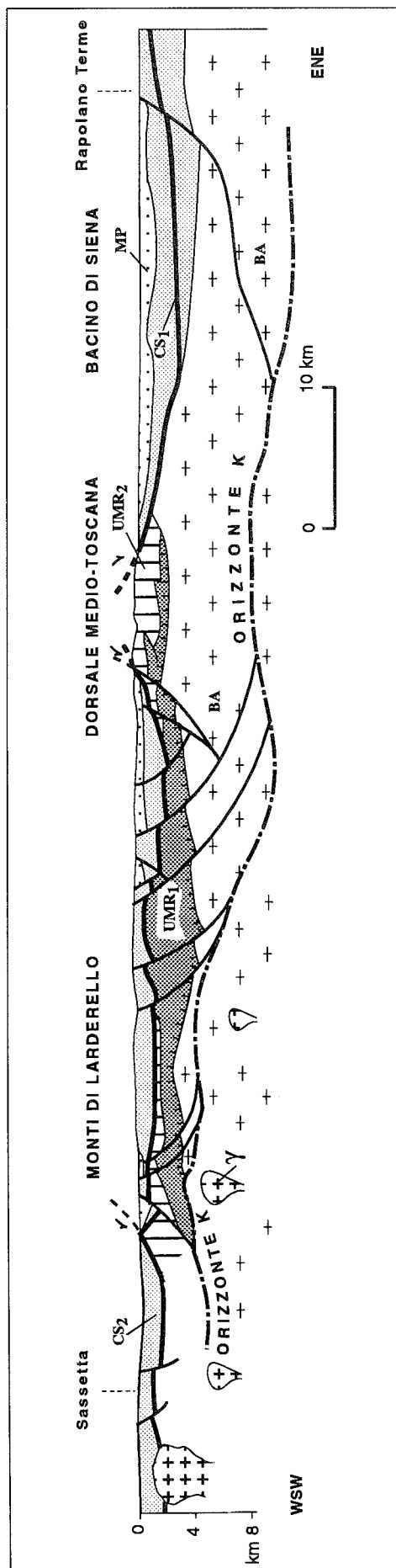


Fig. 2 - Sezione geologica attraverso la Toscana meridionale. Spiegazione dei simboli: MP - Sedimenti mio-piocenici;  $\gamma$  - plutoni plio-quaternari; CS - Copertura sedimentaria; CS<sub>1</sub> - Liguridi s.l. e successione triassico-oligocenica toscana; CS<sub>2</sub> - Formazione anidritica di Burano (Trias sup.); UMR - Unità di Monticiano Roccastrada; UMR<sub>1</sub> - Gruppo del Verrucano s.l.; UMR<sub>2</sub> - Gruppo del Monticiano-roccastrada; BA - Basamento umbro-marchigiano; la linea dentellata indica il sovrascorrimiento dell'Unità di Monticiano-roccastrada sul Basamento umbro-marchigiano; le linee più spesse indicano le faglie dirette neogeniche che tendono ad orizzontalizzarsi in corrispondenza dell'orizzonte K (da BERTINI *et al.*, 1991, modificata).

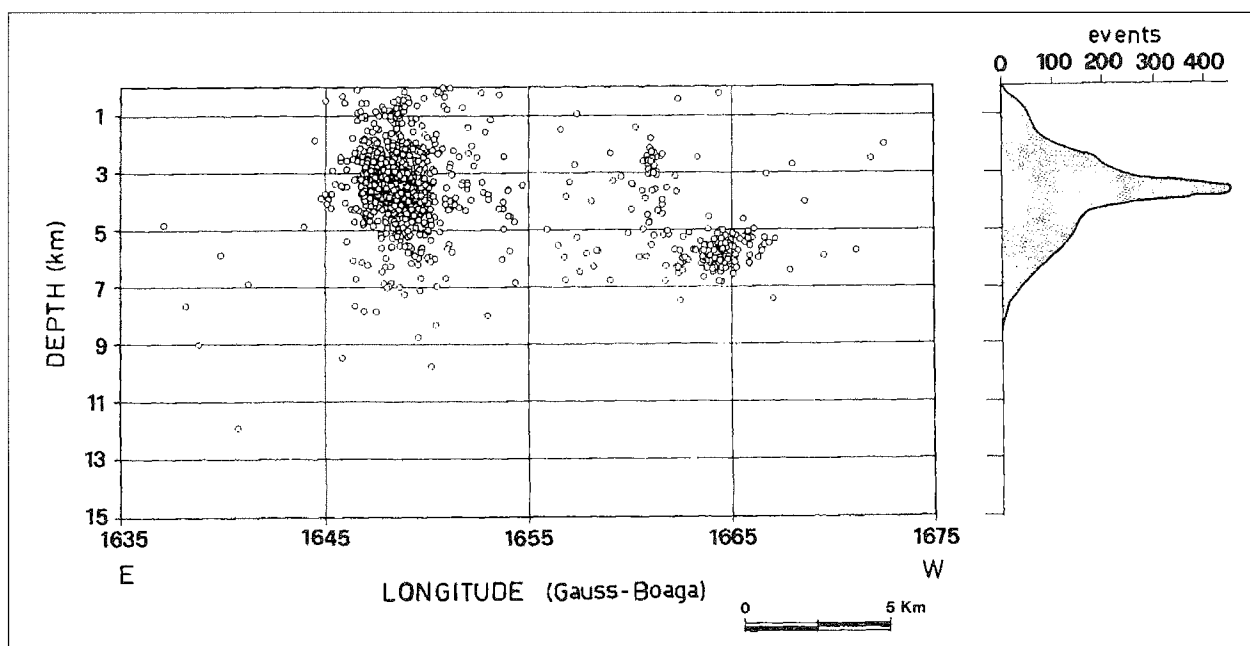


Fig. 3 - Distribuzione degli ipocentri degli eventi sismici locali registrati dalla rete sismica di Larderello (26 stazioni) durante il periodo 1971-91. Sulla destra, l'istogramma che mostra la relazione fra la profondità degli eventi sismici ed il numero di eventi sismici: la maggioranza dei terremoti si verifica intorno ai 4-5 km, che è la profondità media dell'orizzonte K e della fascia a losanghe nella zona di Larderello (da CAMELI *et al.* 1993).

nale BALDI *et al.* (1994) riconoscono altri due eventi distensivi, uno di età compresa fra il Langhiano ed il Messiniano superiore ed un altro di età compresa fra il Pliocene e l'Attuale: il primo è caratterizzato da faglie dirette che tendono ad orizzontalizzarsi in corrispondenza del livello delle filladi paleozoiche mentre il secondo è caratterizzato da faglie dirette che tendono ad orizzontalizzarsi in corrispondenza di importanti riflessioni sismiche che mostrano una geometria a losanghe e che sono delimitate al tetto da una riflessione di importanza regionale, nota come orizzonte K (BATINI *et al.*, 1978; NICOLICH & MARCHETTI, 1982; GIANELLI *et al.*, 1988; CAMELI *et al.*, 1993). La profondità dell'orizzonte K (fig.2) varia, nella Toscana meridionale, da 3-4 km nell'area di Larderello a circa 8-10 km nella parte centrale del Bacino di Siena.

Nella zona di Larderello, in corrispondenza delle riflessioni sismiche delimitate al tetto dall'orizzonte K, si concentrano gli ipocentri degli eventi sismici locali (fig.3). Questi dati, insieme agli elevati valori di temperatura (circa 400°C) registrati dai pozzi profondi che si sono arrestati in prossimità dell'orizzonte K, suggeriscono che detto orizzonte sismico e le riflessioni a forma di losanga corrispondano ad una zona di taglio (fig.4) cinematicamente attiva e che si colloca al passaggio fra il dominio fragile ed il dominio duttile (CAMELI *et al.*, 1993).

La posizione del passaggio reologico all'interno della crosta dipende da diversi fattori, quali la presenza di fluidi o le caratteristiche meccaniche delle rocce ma, a parità di altre condizioni, essa dipende principalmente dalla temperatura: la diversa profondità del passaggio reologico nella

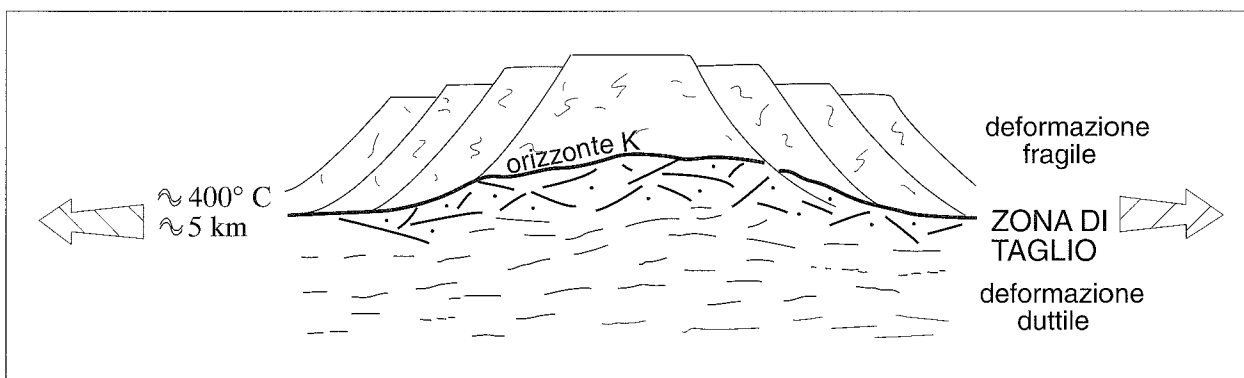


Fig. 4 - Interpretazione strutturale della zona di Larderello sulla base delle riflessioni sismiche e dei dati termici. Le linee più spesse si riferiscono alle riflessioni sismiche più importanti (da CAMELI *et al.*, 1993, modificata).

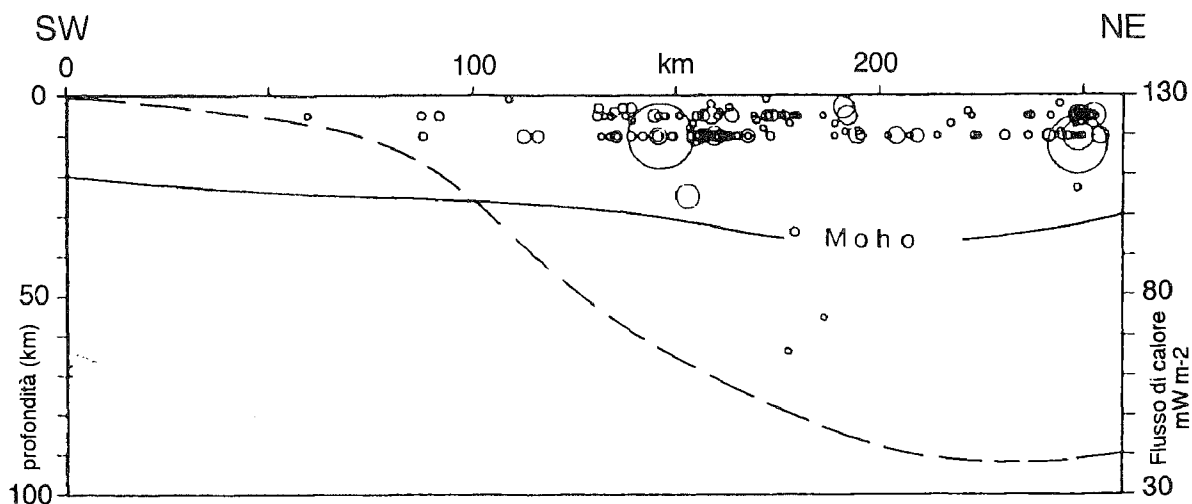


Fig. 5 - Distribuzione degli ipocentri dei principali eventi sismici lungo la trasversale M. Argentario-Civitanova. In corrispondenza del settore orientale, al di sotto della catena, i terremoti si concentrano lungo un allineamento posto a circa 10 km: tale profondità coincide con quella della superficie ad elevata suscettività magnetica segnalata da ARISI ROTA & FICHERA (1985). Le dimensioni dei cerchi sono proporzionali alla *magnitudo* degli eventi. La linea tratteggiata indica la variazione del flusso di calore lungo la trasversale considerata (da PASQUALE *et al.*, 1993, modificata).

Toscana meridionale potrebbe quindi essere spiegata anche dall'anomalo flusso di calore che caratterizza il settore tirrenico dell'Appennino settentrionale: nell'area di Larderello infatti il flusso termico arriva fino a 1000 mW/m<sup>2</sup> mentre nel Bacino di Siena è nell'ordine dei 100 mW/m<sup>2</sup> (MONGELLI & ZITO, 1991).

Una variazione di profondità analoga a quella dell'orizzonte K sembra riconoscersi anche nell'andamento del tetto del basamento magnetico (ARISI ROTA & FICHERA, 1985; CASSANO, 1991).

Lo sviluppo della tettonica distensiva post-collisionale dell'Appennino settentrionale è accompagnato da un diffuso magmatismo originatosi per fusione parziale sia del mantello che della crosta (SERRI *et al.*, 1991 *cum bibl.*); il coinvolgimento della litosfera indica che la deformazione legata alla tettonica distensiva è conseguenza di un processo geologico profondo e che quindi non riguarda soltanto la parte più superficiale della crosta.

#### 4. RAPPORTI FRA SETTORE INTERNO ED ESTERNO DELL'APPENNINO SETTENTRIONALE

Il fatto che la tettonica distensiva della Toscana meridionale non sia legata ad un denudamento tettonico suggerisce che nelle zone esterne della catena il raccorciamento del basamento sia paragonabile a quello della copertura sedimentaria triassico-miocenica.

Sulla base dei diagrammi di rigetto stratigrafico, TAVARNELLI (1994) ritiene che solo una piccola parte delle anidriti sia coinvolta nelle strutture della copertura sedimentaria e che inoltre esista una superficie di scollamento di importanza regionale, posta circa a 3 km di profondità, alla base della copertura triassico-miocenica.

Alla profondità di circa 10 km la distribuzione degli ipocentri (fig.5) mette in evidenza una discontinuità mec-

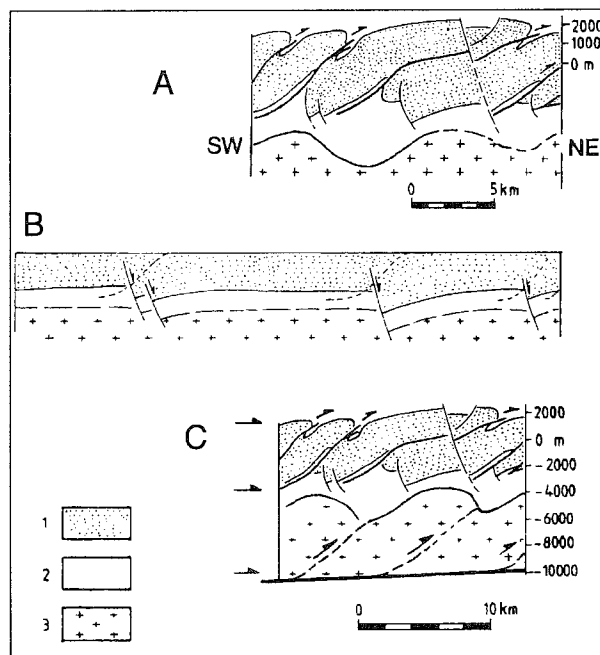


Fig. 6 - Ipotesi sui rapporti fra copertura e basamento e sul significato dell'orizzonte ad elevata suscettività magnetica al di sotto dell'Appennino umbro-marchigiano. A - sezione Belvedere-Usigni (Umbria sud-orientale) ritenuta rappresentativa dell'assetto strutturale dell'Appennino umbro-marchigiano; B - *Template* retrodeformato della sezione A; C - deformazione del *template* B nell'ipotesi di un raccorciamento del basamento pari a quello della copertura sedimentaria. Spiegazione dei simboli: 1- Copertura sedimentaria umbro-marchigiana (Lias inf.-Miocene); 2- Formazione anidritica di Burano (Trias Sup.); 3- Basamento pre-evaporitico. Questa ipotesi sui rapporti fra la deformazione del basamento e della copertura potrebbe spiegare anche i notevoli spessori di evaporiti incontrati in alcuni sondaggi profondi (circa 1800 m nel pozzo Burano 1: MARTINIS & PIERI, 1964; circa 2500 m nel pozzo San Donato 1: ANELLI *et al.*, 1992). La superficie che delimita verso l'alto le rocce ad elevata suscettività magnetica, individuata ad una profondità di circa 10-12 km (ARISI ROTA *et al.*, 1986; BALLY *et al.*, 1986), viene interpretata come il *floor thrust* di un *duplex* nel quale è coinvolta la porzione superiore del basamento umbro-marchigiano (da TAVARNELLI, 1993, modificata).

canica di importanza regionale (PASQUALE *et al.* 1993); a profondità paragonabile è stato collocato anche il tetto del basamento magnetico (ARISI ROTA & FICHERA, 1985).

Questa superficie sismogenetica e la superficie collocata a circa 3 km di profondità sono state rispettivamente interpretate come il *floor thrust* ed il *roof thrust* di un *duplex* che interesserebbe la parte superiore del basamento umbro-marchigiano (fig. 6).

Sulla base di questi dati, la superficie di scollamento posta a circa 10 km può quindi essere interpretata come una discontinuità meccanica cinematicamente attiva che, similmente all'orizzonte K, si colloca all'interno del basamento.

## 5. CONCLUSIONI

La superficie sismogenetica corrisponde in Toscana alla fascia di taglio delimitata al tetto dall'orizzonte K ed alla superficie ad elevata suscettività magnetica; in Umbria-Marche la superficie sismogenetica si trova alla medesima profondità della superficie ad elevata suscettività magnetica. Conseguentemente è verosimile considerare la superficie sismogenetica umbro-marchigiana come una zona di taglio, che si colloca al passaggio fra il dominio fragile e quello duttile: il tetto di questa zona costituirebbe il prolungamento orientale dell'orizzonte K.

In quest'ipotesi, il passaggio reologico risulta, come indicato dalla distribuzione degli ipocentri, cinematicamente attivo sia nel settore occidentale dell'Appennino settentrionale che in quello orientale, suggerendo così che ad una comune superficie di scollamento corrisponda anche un meccanismo unitario di deformazione, responsabile dello sviluppo delle strutture distensive del settore tirrenico e delle strutture compressive del settore adriatico.

Lavoro eseguito con il contributo finanziario del M.U.R.S.T. (fondi 40% responsabile Prof. F.A. Decandia) e del C.N.R. n° 91.0012 (responsabile Prof. A. Lazzarotto).

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

ANELLI L., GORZA M., PIERI M. & RIVA M. (1992) - *Subsurface well data in the Northern Apennines (Italy)*. Mem. Soc. Geol. It., in stampa.

ARISI ROTA F. & FICHERA R. (1985) - *Magnetic interpretation connected to "Geo-Magnetic Provinces": the Italian case history*. Prestampe 47° meeting European Association of Exploration Geophysicists, Budapest.

ARISI ROTA F., CASSANO E., FICHERA R. (1986) - *Rilievo aeromagnetico d'Italia: alcuni risultati interpretativi*. Atti del V Convegno Annuale Gr. Naz. Geof. Terra Solida, Roma 17-19 novembre 1986.

BALDACCIO F., ELTER P., GIGLIA G., LAZZAROTTO A., NARDI R. &

TONGIORGI M. (1967) *Nuove osservazioni sul problema della falda Toscana e sulla interpretazione dei flysch arenacei tipo "Macigno" dell'Appennino settentrionale*. Mem. Soc. Geol. It., **6**, 213-244.

BALDI P., BERTINI G., CAMELI G.M., DECANDIA F.A., DINI I., LAZZAROTTO A. & LIOTTA D. (1994) - *La tettonica distensiva post-collisionale nell'area geotermica di Larderello (Toscana meridionale)*. Questo volume

BALLY A.W., BURBI L., COOPER C. & GHELARDONI R. (1986) - *Balanced sections and seismic reflection profiles across the Central Apennines*. Mem. Soc. Geol. It., **35**, 237-310.

BARCHI M. (1991a) - *Integration of a seismic profile with surface and subsurface geology in a cross section through the Umbria-Marche Apennines*. Boll. Soc. Geol. It. **110**, 469-479.

BARCHI M. (1991b) - *Una sezione geologica bilanciata attraverso il settore meridionale dell'Appennino umbro-marchigiano: l'Acquasparta-Spoleto-Accumoli*. Studi Geol. Cam., volume speciale, **1**, 347-362.

BARCHI M., GUZZETTI F., LAVECCHIA G., LOLLÌ O. & BONTEMPO R. (1988) - *Sezioni geologiche bilanciate attraverso il sistema a pieghe Umbro-Marchigiano: 1 - La sezione Trevi-Valle dell'Ambro*. Boll. Soc. Geol. It., **107**, 109-130.

BARCHI M., LAVECCHIA G. & MINELLI G. (1989) - *Sezioni geologiche bilanciate attraverso il sistema a pieghe umbro-marchigiano: 2 - La sezione Scheggia-Serra S. Abbondio*. Boll. Soc. Geol. It., **108**, 69-81.

BATINI F., BURGASSI P.D., CAMELI G.M., NICOLICH R. & SQUARCI P. (1978) - *Contribution to the study of the deep lithospheric profiles: Deep reflecting horizons in Larderello-Travale Geothermal field*. Mem. Soc. Geol. It., **19**, 477-484

BERTINI G., CAMELI G.M., COSTANTINI A., DECANDIA F.A., DI FILIPPO M., DINI I., ELTER F.M., LAZZAROTTO A., LIOTTA D., PANDELI E., SANDRELLI F. & TORO B. (1991) - *Struttura geologica fra i Monti di Campiglia e Rapolano Terme (Toscana meridionale): stato attuale delle conoscenze e problematiche*. Studi Geol. Camerti, volume spec., **1**, 155-178.

CALAMITA F. (1990) - *Thrusts and fold-related structures in the Umbria-Marche Apennines (Central Italy)*. Annales Tectonicae, **4**, 83-117.

CALAMITA F. & DEIANA G. (1986) - *Geodinamica dell'Appennino umbro-marchigiano*. Mem. Soc. Geol. It., **35**, 311-316.

CALAMITA F. & DEIANA G. (1988) - *The arcuate shape of the Umbria-Marche-Sabina Apennines (Central Italy)*. Tectonophysics, **146**, 139-147.

CALAMITA F., CELLO G., CENTAMORE E., DEIANA G., MICARELLI A., PALTRINIERI W. & RIDOLFI M. (1991) - *Stile deformativo e cronologia della deformazione lungo tre sezioni bilanciate dall'Appennino umbro-marchigiano alla costa adriatica*. Studi Geol. Camerti, volume spec., **1**, 295-314.

CALAMITA F., COLTORTI M., FARABOLLINI P. & PIZZI A. (1994) - *Le faglie normali quaternarie nella dorsale appenninica umbro-*

marchigiana: proposta di un modello di tettonica di inversione. Questo volume.

CAMELI G.M., DINI I. & LIOTTA D. (1993) - *Upper crustal structure of the Larderello geothermal field as a feature of post-collisional extensional tectonics (Southern Tuscany, Italy)*. Tectonophysics, **224**, 413-423.

CARMIGNANI L., DECANDIA F.A., DISPERATI L., FANTOZZI P.L., LAZZAROTTO A., LIOTTA D. & OGGIANO G. (1994a) - *Relationships between the Sardinia-Corsica-Provençal Domain and the Northern Apennines*. Terranova (in stampa).

CARMIGNANI L., DECANDIA F.A., FANTOZZI P.L., LAZZAROTTO A., LIOTTA D. & MECCHERI M. (1994b) - *Tertiary extensional tectonics in Tuscany (Northern Apennines, Italy)*. Tectonophysics (in stampa).

CARMIGNANI L. & KLIGFIELD R. (1990) - *Crustal extension in the northern Apennines: the transition from compression to extension in the Alpi Apuane core complex*. Tectonics, **9**, 6, 1275-1303.

CASSANO E. (1991) - *Dati magnetici lungo il profilo CROP 03*. Studi Geol. Camerti, volume spec., **1**, 49-53.

COLI M. (1990) - *Times and mode of uplift of the Apuane Alps metamorphic complex*. Atti Tic. Sc. Terra, **32**, 47-56.

COSENTINO D., SCOPPOLA C., SCROCCA D. & VECCHIA P. (1992) - *Stile strutturale dei Monti Reatini e dei Monti Sabini settentrionali (Appennino centrale) a confronto*. Studi Geol. Camerti, volume spec., 1991/2, 55-62.

DECANDIA F.A. & GIANNINI E. (1977) - *Studi geologici nell'Appennino umbro-marchigiano. 2 - Le scaglie di copertura*. Boll. Soc. Geol. It., **96**, 723-734.

ELLIOTT D. (1976) - *The energy balance and deformation mechanism of thrust sheets*. Proc. R. Soc. London, **A 283**, 289-312.

ELTER P., GIGLIA G., TONGIORGI M. & TREVISAN L. (1975) - *Tensional and compressional areas in the recent (Tortonian to present) evolution of the Northern Apennines*. Boll. Geofis. Teor. Appl., **65**, 3-18.

GHISETHI F., BARCHI M., BALLY A.W., MORETTI I. & VEZZANI L. (1993) - *Conflicting balanced structural sections across the Central Apennines (Italy): problems and implications*. In A.M. SPENCER (Ed.) "Generation, accumulation and production of Europe's hydrocarbons", Spec. Publ. E.A.P.G., **3**, 219-231.

GIANELLI G., PUXEDDU M., BATINI F., BERTINI G., DINI I., PANDELI E. & NICOLICH R. (1988) - *Geological model of a young volcano-plutonic system: the geothermal region of Monte Amiata (Tuscany, Italy)*. Geothermics, **17**, 719-734

GIANNINI E., LAZZAROTTO A. & SIGNORINI R. (1971) - *Lineamenti di stratigrafia e di tettonica*. In: "La Toscana Meridionale", Rend. S.I.M.P., **27** (fasc. spec.), 33-168.

HILL K.C. & HAYWARD A.B. (1988) - *Structural constraints on the Tertiary plate tectonic evolution of Italy*. Mar. and Petr. Geol., **5**, 2-16.

LAVECCHIA G., MINELLI G. & PIALLI G. (1984) - *L'Appennino umbro-marchigiano: tettonica distensiva ed ipotesi di sismogenesi*. Boll. Soc. Geol. It., **103**, 467-476.

LAVECCHIA G., MINELLI G., PIALLI G., BIELLA G., CONVERSINI P., DEMARTIN M., LOZEJ A., MAISTRELLO M., SCARASCIA S. & TABACCO I. (1984) - *Primi risultati del profilo sismico a rifrazione Perugia-Frontone*. Boll. Soc. Geol. It., **103**, 447-466.

LAVECCHIA G., MINELLI G. & PIALLI G. (1987) - *Contractional and extensional tectonics along the transect Trasimeno Lake - Pesaro (Central Italy)*. In: BORIANI et al. (Ed.), "The lithosphere in Italy: advances in earth sciences research". Accademia Naz. dei Lincei, **80**, 177-194.

MARTINIS B. & PIERI M. (1964) - *Alcune notizie sulla formazione evaporitica del Triassico superiore nell'Italia Centrale e Meridionale*. Mem. Soc. Geol. It., **4**, 649-678.

MENICHETTI M. (1991) - *La sezione geologica Cingoli-M. Maggio-Tevere nell'Appennino umbro-marchigiano: analisi cinematica e strutturale*. Studi Geol. Cam., volume spec., **1**, 315-328.

MENICHETTI M. & MINELLI G. (1991) - *Extensional tectonics and seismogenesis in Umbria (central Italy) the Gubbio area*. Boll. Soc. Geol. It., **110**, 857-880.

MENICHETTI M., DE FEYTER A.J. & CORSI M. (1991) - *CROP 03 - il tratto Val Tiberina-Mare Adriatico: sezione geologica e caratterizzazione tettonico-sedimentaria delle avanfosse della zona umbro-marchigiano-romagnola*. Studi Geol. Cam., volume spec., **1**, 279-293.

MONGELLI F. & ZITO G. (1991) - *Flusso di calore nella regione Toscana*. Studi Geol. Cam., volume speciale (1991), **1**, 91-98.

NICOLICH R. & MARCHETTI (1982) - *Profili sismici*. In: "Il Graben di Siena", CNR-PFE-RF, **9**, Pisa, 137-14.

PASQUALE V., VERDOYA M., CHIOZZI P. & AUGLIERA P. (1993) - *Dependence of the seismotectonic regime on the thermal state in the northern Italian Apennines*. Tectonophysics, **217**, 31-41.

SERRI G., INNOCENTI F., MANETTI P., TONARINI S. & FERRARA G. (1991) - *Il magmatismo neogenico-quadernario dell'area toscano-laziale-umbra: implicazioni sui modelli di evoluzione geodinamica dell'Appennino settentrionale*. Studi Geologici Camerti, vol. spec., **1**, 429-463.

TAVARNELLI E. (1993) - *Struttura della copertura umbro-marchigiana: pieghe e sovrascorrimenti fra la Valnerina e la Conca di Rieti*. Tesi di dottorato inedita, Siena, Febbraio 1993.

TAVARNELLI E. (1994) - *Analisi geometrica e cinematica dei sovrascorrimenti compresi fra la Valnerina e la Conca di Rieti (Appennino umbro-marchigiano-sabino)*. Boll. Soc. Geol. It., in stampa.

Finito di stampare presso la Tipografia SOGRATE di Città di Castello - Agosto 1994  
Autorizzazione Tribunale di Camerino n. 4/82 del 17/12/1992  
Direttore Responsabile: Prof. Pierpaolo Mattias