

PROFILO GEOLOGICO TRA L'ARGENTARIO E M.TE CETONA (TOSCANA MERIDIONALE)**)

RIASSUNTO

La catena appenninica tra l'Argentario e il M. Cetona è caratterizzata da una forte tettonica compressiva miocenica che ha interessato in modo rilevante anche il basamento paleozoico con la formazione di imponenti sovrascorrimenti e scollamenti. Questi, nella copertura, si sono verificati in corrispondenza dei livelli plastici (evaporiti triassiche e Scaglia paleogenica) con conseguenti denudamenti ad occidente e contemporanea sostituzione di copertura da parte delle unità liguri.

Alla fase compressiva è seguita quella distensiva che ha portato alla formazione dei bacini neogenici a partire dal Messiniano. Questi sono condizionati da due sistemi di faglie ad alto angolo, uno longitudinale, appenninico, l'altro trasversale, antiappenninico. I bacini neogenici orientali, che sono anche quelli di maggiori dimensioni, sono regolati soprattutto dalle dislocazioni appenniniche, coerentemente con la strutturazione del substrato, mentre in quelli occidentali, che risentono di una tettonica del substrato molto più complessa, i due sistemi hanno svolto un ruolo di analogia importanza.

L'attuale strutturazione della catena è pertanto il risultato di un forte raccorciamento crostale verificatosi nella fase compressiva, mentre durante quella distensiva i movimenti sono stati soprattutto verticali con un'estensione piuttosto limitata.

Dall'analisi delle anomalie gravimetriche e aeromagnetiche si è tentata un'approssimativa ricostruzione dell'andamento del basamento magnetico.

ABSTRACT

In the area between Monte Argentario and Monte Cetona the Apenninic belt was interested by a strong compressive phase, Miocenic in age, which developed overthrusts in both the Paleozoic basement and its sedimentary cover. Main flats in the cover were localized in the Triassic evaporites and in the Paleogenetic Scaglia Toscana formation. In the denudation zone, in western Tuscany, the Ligurian units replaced the detached Tuscan formations.

Starting from the Messinian, an extensional tectonic phase took place after the compression accompanied by opening of Neogenic sedimentary basins. These basins were controlled by two faulting systems with orthogonal direction: Apenninic (NW-SE, turning N-S) and antiapenninic (SW-NE, turning W-E). The wide eastern basins were controlled mainly by Apenninic faults, whereas in the western basins both, apenninic and antiapenninic fault systems, were activated.

The present structure of the belt is the result of a strong

crustal shortening due to the compressive phase, whereas during the extensional phase, the movements were mainly vertical, with limited extension.

At depth the structural trend of the magnetic basement is suggested by geophysical data (aeromagnetic and gravimetric anomalies).

PAROLE CHIAVE: Toscana meridionale, Bacini neogenici, Tettonica compressiva, Tettonica estensionale.

KEY WORDS: Southern Tuscany, Neogene basins, Compressive tectonics, Extensional tectonics.

1. - INTRODUZIONE

In previsione dell'attuazione del profilo sismico del progetto CROP 03 che attraverserà la Toscana meridionale, si è ritenuto di dare un contributo alla ricostruzione della geologia profonda riprendendo in esame la geologia di superficie della zona, integrata dai pochi dati di sottosuolo esistenti, geofisici e di perforazioni.

Le perforazioni profonde sono essenzialmente quelle di Bagnore e Piancastagnaio nella zona amiatina e di Torre Alfina a sud del Cetona, con profondità massime intorno a 3000 metri, mentre i dati geofisici reperibili, oltre a quelli sul flusso di calore (cfr. MONGELLI *et al.*, in questo stesso volume) riguardano gravimetria e magnetismo.

L'estrapolazione verso il basso dei numerosi dati di superficie è pertanto piuttosto problematica, in una regione che presenta una tettonica assai complessa non ancora sufficientemente studiata soprattutto per quanto attiene a quella recente.

La strutturazione attuale della catena è stata determinata da due eventi regionali di grande importanza: la fase tettonica compressiva, che in Toscana ha il suo apice nel Miocene medio e che si sposta nel tempo e nello spazio da ovest verso est, e da una successiva fase distensiva sempre neogenica, durante la quale si possono verificare episodi compressivi più o meno marcati.

2. - BASAMENTO

In numerosi lavori in questo stesso volume è stato ampiamente trattato il problema del basamento toscano, sia per quanto riguarda la sua stratigrafia, il suo assetto strutturale, sia per gli eventuali rapporti con quello umbro.

(*) Istituto di Geologia dell'Università di Modena

(**) Lavoro eseguito con il contributo finanziario MURST 40%, responsabile R. Gelmini

Nell'area qui presa in esame (Argentario-Monti Romani-regione amiatina) il basamento e il suo tegumento presentano caratteristiche abbastanza omogenee per quanto è possibile ricavare dai dati di superficie (GASPERI & GELMINI, 1973; 1975) e dai pozzi profondi Bagnore 20, Piancastagnaio e Torre Alfina (BAGNOLI *et al.*, 1980; PANDELI *et al.*, 1988; BUONASORTE *et al.*, 1988). Si tratta di terreni parametamorfici in buona parte di età tardo-ercinica a prevalente strutturazione alpina, che nella zona amiatina (pozzi Bagnore e Piancastagnaio) si accavallano su metamorfiti di più alto grado metamorfico di prevalente strutturazione ercinica (PANDELI *et al.*, 1988). Tale basamento presenta caratteristiche del tutto analoghe a quello dalla zona boracifera di Larderello (COSTANTINI *et al.*, 1991) e delle altre zone toscane, cosicché è da ritenere plausibile, come sostenuto da diversi autori, che in tutta la Toscana Marittima esso sia sostanzialmente identico, sia per quanto riguarda la stratigrafia che per l'assetto strutturale.

Il basamento (Fig. 1) affiora lungo più allineamenti: nella dorsale Monticiano-Roccastrada-Monte Leoni, nei Monti dell'Uccellina e nella dorsale Argentario-Monteti-Monti Romani; a ovest riaffiora all'Isola del Giglio; in quest'ultimo caso l'alto strutturale è da met-

tere in relazione al trascinarsi verso l'alto dovuto alla messa in posto della massa magmatica granitica; in tutti gli altri casi l'attuale distribuzione è imputabile essenzialmente alla fase compressiva alpina e alla seguente fase distensiva, anche se la prima sembra aver avuto un'importanza decisamente superiore alla seconda.

La dorsale Monticiano-Roccastrada-M. Leoni, quella dei Monti dell'Uccellina-M. Argentario e la zona compresa tra i Monteti e i Monti Romani rappresentano degli alti strutturali corrispondenti a delle scaglie tettoniche sovrascorse verso est e delimitate da piani di accavallamento poco inclinati a ovest. Inoltre l'area compresa tra i Monteti e i Monti Romani (M. Bellino) è suddivisa in più blocchi dalla tettonica distensiva neogenica, com'è ben osservabile nella valle del Tafone che separa M. Maggiore da M. Bellino a est ove si è insinuato il mare messiniano (FREGNI *et al.* 1983).

Procedendo verso est si possono ipotizzare in profondità altri due fronti di accavallamento: uno nella regione amiatina, individuabile nei pozzi profondi di Bagnore e Piancastagnaio, l'altro nella zona del Cetona (pozzi di Torre Alfina). Nel primo caso l'accavallamento, come nei casi precedenti, avverrebbe sempre all'interno del basamento toscano, mentre nel secondo

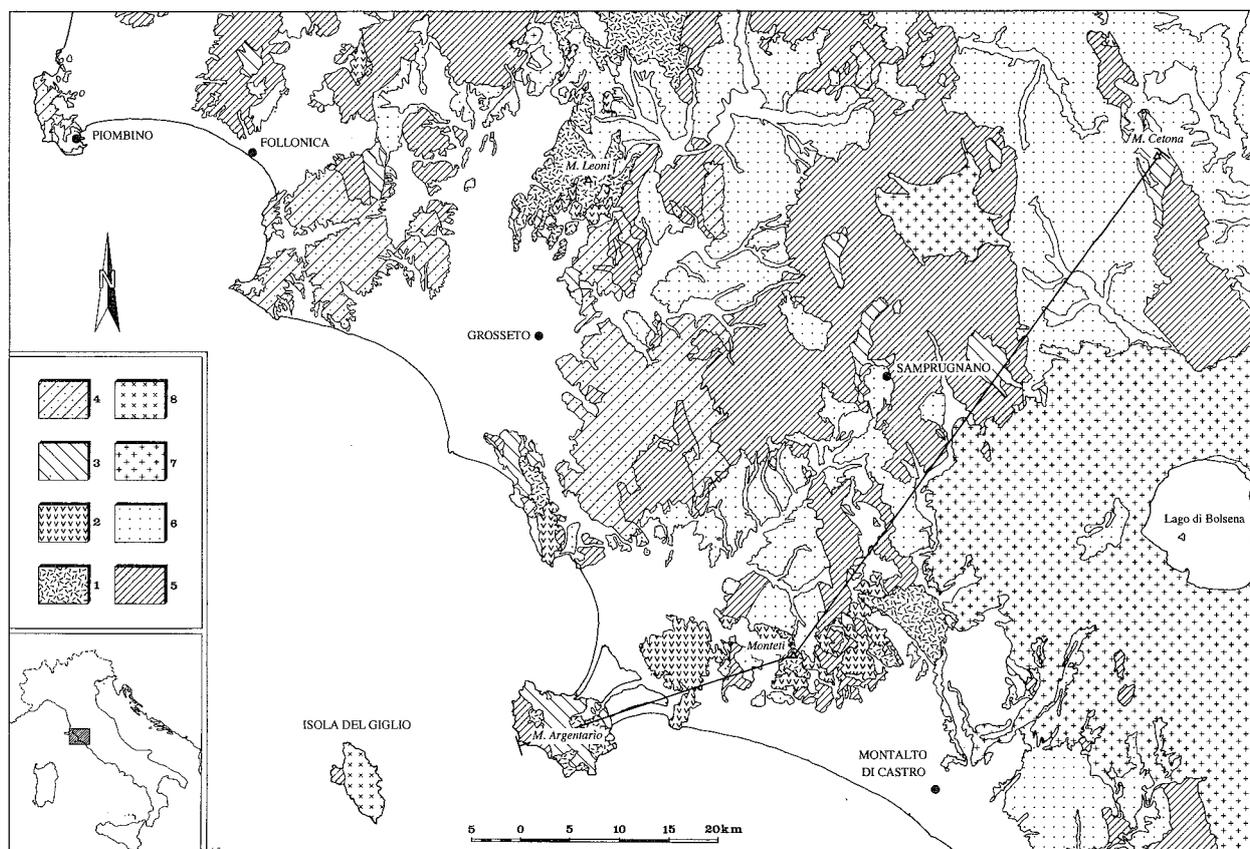


Fig. 1 - Carta geologica schematica tra l'Argentario e il Cetona con traccia del profilo di Fig. 2.

1- Basamento paleozoico e Verrucano; 2- Anitriti di Burano (Calcere cavernoso); 3- Terreni mesozoici e paleogenici della successione toscana; 4- Macigno del Chianti; 5- Terreni delle coltri liguri ed epiliguri; 6- Terreni dei bacini neogenici; 7- Plutoniti; 8- Vulcaniti

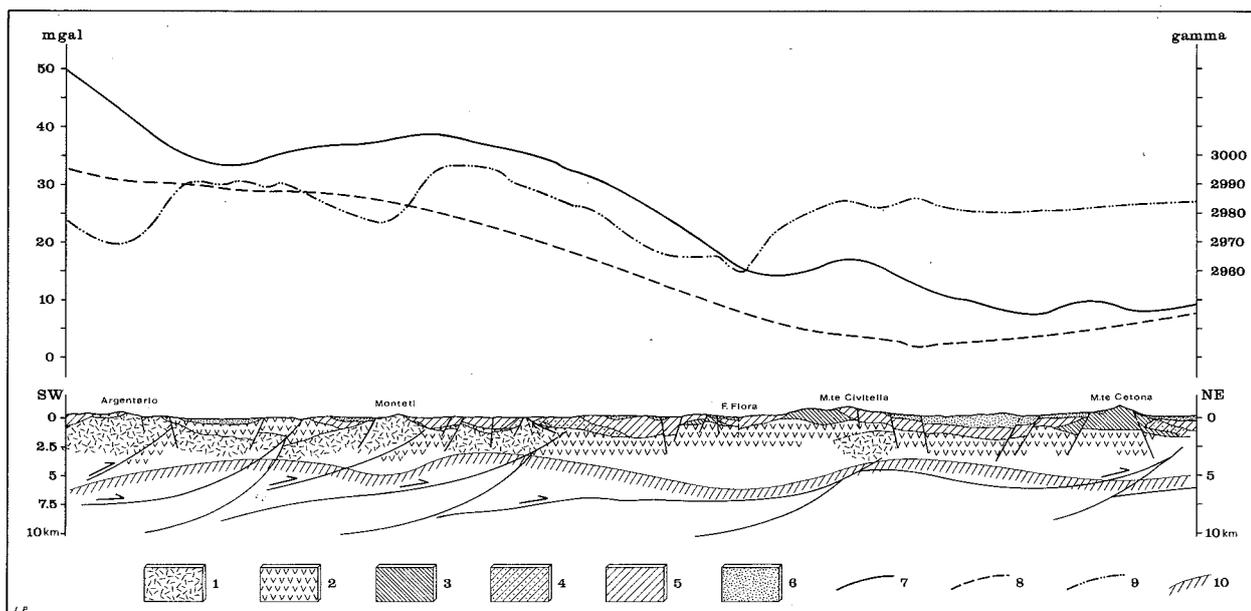


Fig. 2 - Profilo geologico tra l'Argentario ed il M. Cetona.

1- Basamento paleozoico e Verrucano; 2- Anidriti di Burano; 3- Terreni mesozoici e paleogenici della successione toscana; 4- Macigno del Chianti; 5- Terreni delle coltri liguri ed epiliguri; 6- Terreni neogenici; 7- Anomalia di Bouguer; 8- Anomalia gravimetrica regionale; 9- Anomalia aeromagnetica; 10- Ipotetico andamento del basamento magnetico.

si avrebbe l'accavallarsi di quello toscano su quello umbro (BERTINI *et al.*, questo Volume). Allo stato attuale delle conoscenze non è possibile sapere se e quanti siano in profondità gli accavallamenti; si può solo ipotizzare, analogamente a quanto avviene in altre località della Toscana Marittima, che le scaglie tettoniche in profondità siano più di una e che non coinvolgano solo il basamento ma anche porzioni più o meno rilevanti di successione toscana.

Per quanto riguarda la scaglia della regione amiatina si può notare che potrebbe trattarsi di una scaglia intermedia tra quella del Cetona e quella dei Monti Romani, ma anche che possa essere la continuazione verso nord di quest'ultima, in un allineamento meridiano congruente con quello delle scaglie più occidentali.

Se si considerano i rapporti spaziali tra i diversi ipotizzati fronti di accavallamento si possono fare alcune considerazioni:

- il livello strutturale rappresentato dal tetto del basamento metamorfico, seppure scagliato, si approfondisce, concordemente con la Moho, procedendo verso est;

- il fronte esterno di accavallamento con basamento affiorante, rappresentato a nord dalla dorsale Monticiano-Roccastrada-M. Leoni, è arretrato, rispetto a quello di M. Bellino di circa 30 Km (e quindi anche da quello della regione amiatina) e inoltre la distanza tra la Monticiano-M. Leoni e la scaglia più esterna (prolungamento verso nord di quella del Cetona) è circa uguale a quella che separa M. Bellino dal Cetona;

ciò fa pensare che nella zona nord la compressione sia stata assai più intensa che a sud e che la

separazione sia avvenuta lungo svincoli trasversali (trascorrenti?) uno dei quali potrebbe essere la Grosseto-Val Marecchia (FAZZINI & GELMINI, 1982);

- gli affioramenti più meridionali, Isola del Giglio-M. Argentario-Monti Romani, sono delimitati a sud da un allineamento tettonico grossomodo W-E che, come si dirà in seguito, rappresenta anche il margine del bacino neogenico di Montalto di Castro-Tarquinia. Anche in mare (BARTOLE, 1990) l'andamento del basamento presenta una forte inflessione a sud dell'Argentario dove non viene più segnalato nei profili sismici. Sia l'allineamento tettonico sopracordato che quello dell'Albegna hanno fortemente condizionato i relativi bacini neogenici con caratteri distensivi anche se non si può escludere (ma è ancora da dimostrare) che abbiano avuto anche una componente trascorrente.

Se si prendono in considerazione gli andamenti delle anomalie gravimetriche e aeromagnetiche (Fig. 2) si può osservare quanto segue:

- tutte le tre anomalie rappresentate (anomalia di Bouguer, anomalia gravimetrica regionale e magnetica) sono tendenzialmente in diminuzione da ovest verso est;

- l'anomalia di Bouguer presenta massimi e minimi relativi concordanti con gli alti e i bassi strutturali riconoscibili in superficie;

- l'anomalia gravimetrica regionale, che lungo il profilo raggiunge il valore minimo in corrispondenza della regione amiatina-bacino neogenico di Radicofani, sembra indicare una Moho inclinata da ovest (circa 22 Km di profondità), a est fino alla regione amiatina dove dovrebbe avere una profondità di circa 30 Km per riprendere a risalire dolcemente verso il Cetona;

- particolarmente interessante è l'esame dell'anomalia magnetica, che fornisce indicazioni sull'andamento del basamento magnetico, confrontato con quello dell'anomalia di Bouguer. Ciò ha consentito di tracciare nel profilo un possibile, ma non necessariamente vero, andamento del basamento magnetico; anche la profondità non ha alcun riscontro oggettivo, quindi è da ritenere del tutto ipotetica. Come riferimento si è ritenuto di non considerare il tetto delle metamorfite affioranti nella regione in quanto probabilmente poco rilevanti nell'influenzare positivamente l'anomalia magnetica; ciò in relazione all'ipotesi che tali metamorfite siano implicate tettonicamente in scaglie ripetute associate a rilevante quantità di successione toscana (in prevalenza evaporiti).

Le depressioni e le culminazioni dell'anomalia magnetica, confrontate con la tettonica di superficie, consentono di ipotizzare un andamento del basamento magnetico a scaglie sovrascorse verso est non sempre coincidenti con gli affioramenti delle metamorfite in superficie. Il confronto con quelle delle anomalie di Bouguer mostra una sostanziale concordanza; in corrispondenza dell'Argentario si ha invece una netta discordanza. Mentre l'anomalia magnetica presenta una forte depressione, quella gravimetrica si innalza; una possibile spiegazione può essere che in profondità si abbia la presenza di un corpo magmatico, forse granitico, che potrebbe rappresentare la continuazione ad est di quello dell'Isola del Giglio.

3. - IL PROBLEMA DELLA SERIE TOSCANA RIDOTTA

La sovrapposizione dei terreni liguri su formazioni diverse della successione toscana, a partire da quelli più antichi, Verrucano e Calcare Cavernoso, è stata nel tempo diversamente interpretata, da parte di alcuni autori "autoctonisti", anche come si trattasse di terreni in normale successione stratigrafica. L'interpretazione più diffusa è che la serie ridotta sia stato il risultato di un denudamento tettonico d'importanza regionale con sostituzione di copertura. BERTINI *et al.* (questo Volume), sulla scia di LAVECCHIA *et al.* (1984) avanzano l'ipotesi che la serie ridotta sia da imputare essenzialmente ad una tettonica distensiva lungo piani poco inclinati. Anche se localmente possono riscontrarsi situazioni di questo tipo, sono del parere, come avevo già in precedenza descritto (GELMINI, 1969) che la serie ridotta sia essenzialmente legata alla fase compressiva miocenica, anche se localmente può aver giocato una componente gravitativa nella messa in posto della coltre ligure.

L'evoluzione del processo può essere così schematizzata:

- tra la fine dell'Oligocene e il Miocene inferiore si ha la fine della sedimentazione del Macigno dovuta all'arrivo delle coltri liguri;

- lo spostamento delle Liguridi non avviene per colata gravitativa, ma è determinato dal migrare verso

est dell'"onda orogenica", a carattere compressivo, che viene ad interessare sempre più il bacino toscano;

- il corrugamento della catena, in regime compressivo, avviene con un rilevante coinvolgimento non solo della copertura, ma come si è detto, anche del basamento; contemporaneamente nella successione toscana si verificano imponenti fenomeni di scollamento in corrispondenza dei livelli plastici e segnatamente delle evaporiti triassiche e della Scaglia toscana; gli scollamenti avvengono non solo lungo i preferenziali livelli plastici, ma si raccordano tra loro lungo superfici che tagliano obliquamente la successione, in un sistema di *flat* e *ramp* che isolano lembi più o meno continui di successione toscana;

- contestualmente agli scollamenti, con denudamenti parziali o totali fino al tegumento, si ha una parziale sostituzione di copertura da parte delle Liguridi e di lembi di successione toscana tagliati a diversa altezza; a volte infatti si ha la diretta sovrapposizione del Macigno o di altra formazione sul Verrucano e/o Cavernoso oltre alla presenza di lembi continui di successione toscana non scollati dal loro basamento.

4. - I BACINI NEOGENICI

La complessa e tormentata geometria dell'assetto strutturale della Toscana Marittima ha determinato, durante la fase tettonica distensiva neogenica, la formazione di numerosi piccoli bacini in cui si possono riconoscere allineamenti strutturali diversi da quello appenninico che caratterizza invece i bacini di maggiori dimensioni come quelli dell'Era, di Siena-Radicofani, della Val di Chiana e della Val Tiberina; questi ultimi sono infatti fortemente condizionati dall'andamento appenninico degli accavallamenti del Macigno e delle Arenarie del Cervarola.

Ancora più a ovest, in mare, i bacini neogenici hanno un andamento pressoché meridiano a sud dell'Elba (ZITELLINI *et al.*, 1986; BARTOLE, 1990), mentre tendono a disporsi in senso appenninico alla latitudine di Civitavecchia (MARANI & ZITELLINI, 1986). I bacini che interessano specificatamente questa nota sono quelli dell'Ombrone-Orcia a NE di Grosseto, dell'Albegna e di Montalto di Castro-Tarquinia nel Lazio Settentrionale e infine di Radicofani (Fig. 3, A e B). Per quest'ultimo, già ampiamente descritto da BERTINI *et al.* (questo Volume), basti ricordare che si tratta di un bacino a direzione appenninica che nella sua parte meridionale tende a disporsi in senso N-S a partire dalla Val d'Orcia; questa corrisponde ad una depressione trasversale W-E che si continua verso ovest fino a Follonica (GELMINI, 1974) separando la dorsale Monticiano-Roccastrada dalla sua continuazione a sud costituita dal gruppo di M. Leoni. Di rilevante importanza è l'asimmetria del bacino dovuta al forte innalzamento del margine orientale dove la base del Pliocene arriva a circa 800 m s.l.m., con inclinazioni verso ovest di oltre 20° e con faglie molto inclinate sempre a ovest (GELMINI, 1974).

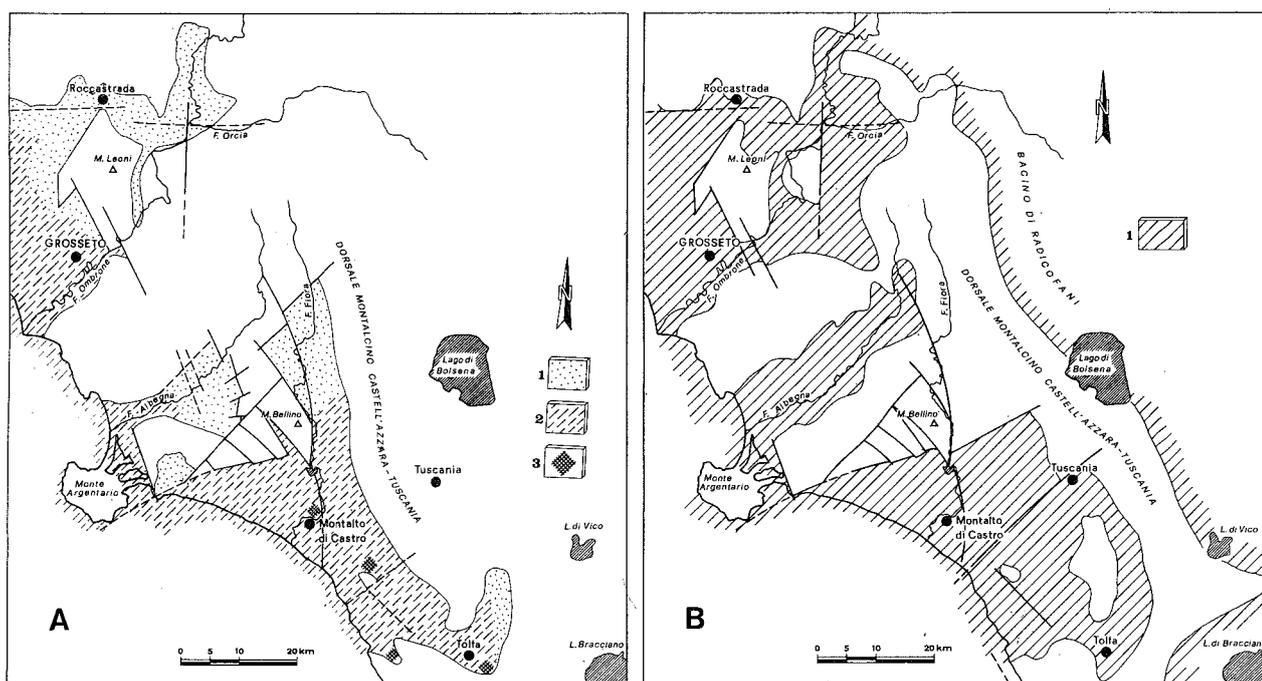


Fig. 3- Paleogeografia dei bacini neogenici della Toscana meridionale-Lazio settentrionale: A- nel Messiniano (1- depositi continentali; 2- depositi marini; 3- evaporiti); B- nel Pliocene inferiore (1- depositi marini).

Bacino del medio-basso Ombrone. La geometria del bacino dell'Ombrone è fortemente condizionata dall'assetto dell'alto strutturale Monticino-Roccastrada-M. Leoni; questo ha un andamento N-S nel primo tratto, mentre risulta ruotato in senso orario di circa 30° , quindi con una disposizione NNE, nella parte più meridionale, vale a dire nel gruppo di M. Leoni. Il bacino neogenico a est della dorsale presenta caratteristiche diverse tra il Messiniano e il Pliocene. I depositi lacustri di età messiniana sono in prevalenza localizzati nella parte settentrionale, in una fascia W-E che, seppure discontinua, va dalla media valle dell'Ombrone fino a Follonica, attraverso la depressione di Roccastrada; da questa fascia se ne dipartono altre due, una N-S, parallela alla dorsale Monticino-Roccastrada, ben evidenziata dalle anomalie di Bouguer (DI FILIPPO & TORO, 1982), l'altra NNE-SSW, in una stretta depressione a sud di Paganico, compresa tra il gruppo di M. Leoni e la dorsale di Macigno di Campagnatico (GELMINI, 1969).

Di estensione assai maggiore è il bacino pliocenico, che però si sviluppa prevalentemente a sud di quello messiniano (Fig. 3 A e B) nella bassa valle dell'Ombrone. Il bacino pliocenico ha una geometria grossolanamente quadrangolare con direzioni E-W e N-S. Se si considera poi la sua estensione a ovest di M. Leoni, si può notare come il bacino, aperto verso la piana di Grosseto, sia allineato in direzione antiappenninica, conformemente alle direttrici tettoniche del substrato.

Bacino dell'Albegna. Il bacino dell'Albegna è un bacino ad andamento antiappenninico e tale carattere è assai più manifesto nella distribuzione dei depositi pliocenici rispetto a quelli messiniani (Fig. 3 A e B).

Nel Messiniano si ha una sedimentazione essenzialmente continentale; solo verso mare e nella zona della laguna di Orbetello si può ipotizzare analogamente a quanto avviene più a sud nel bacino di Montalto di Castro-Tarquinia (anche se non esistono dati a convalida), che siano presenti depositi marini. Il bacino messiniano è condizionato da due sistemi di faglie, appenniniche e antiappenniniche, ma non assume un andamento ben definito, rimanendo confinato in una depressione a forma grossomodo triangolare con il vertice a SE.

E' nel Pliocene inferiore che il bacino dell'Albegna assume una forma ben definita allungandosi in direzione antiappenninica, con una lunghezza di circa 40 Km e un'ampiezza di una decina, limitato a nord dalla dorsale Talamone-Scansano-Samprugnano e a sud da quella dell'Argentario-M. Bellino che si collega con l'altra a direzione appenninica di Montalcino-Castell'Azzara. L'Argentario, molto probabilmente, sia nel Messiniano che nel Pliocene era un'isola, separato dalla terraferma da un braccio di mare corrispondente all'attuale laguna di Orbetello. Sulla base dei dati disponibili non sembra pertanto accettabile l'ipotesi, avanzata da PASQUARE' *et al.* (1983) e ripresa da ZANCHI & TOZZI (1987), che tra il Messiniano e il Pliocene il

bacino dell'Albegna abbia variato la propria direzione da NS a WSW-ENE o che fosse a direzione appenninica (LAVECCHIA & STOPPA, 1989).

Bacino di Montalto di Castro-Tarquinia. Nel Messiniano il bacino di Montalto di Castro-Tarquinia è caratterizzato, contrariamente ai due descritti in precedenza, da depositi quasi esclusivamente marini detritici e solo in piccola parte evaporitici (FREGNI *et al.*, 1983). E' un bacino allungato in direzione appenninica che si propende verso nord nella valle del Fiora e in quella, assai meno ampia del Tafone. Nella sua parte settentrionale, limitato dalla dorsale Argentario-M. Bellino, è fortemente condizionato da faglie appenniniche tendenti alla direzione N-S e da altre trasversali che frammentano la dorsale in numerosi blocchi (Fig. 3 A e B).

Nel Pliocene la paleogeografia della zona si modifica sensibilmente. A nord c'è un sensibile innalzamento della dorsale Argentario-M. Bellino lungo faglie antiappenniniche, W-E, che provocano la chiusura del bacino del Fiora e del Tafone; contestualmente si ha un ampliamento del bacino verso est fino alla zona di Toscana. A delimitare il bacino verso est si delinea in modo netto la dorsale Montalcino-Castell'Azzara-Toscana a direzione appenninica che separa il bacino di Montalto di Castro-Tarquinia da quello di Siena-Radicofani.

5. - CONCLUSIONI

La strutturazione della catena appenninica nella Toscana meridionale è il risultato di due fasi tettoniche: una compressiva, di età miocenica media, l'altra, distensiva, messiniano-pliocenica.

Nella fase compressiva si sono formati i grandi sovrascorrimenti che hanno interessato anche il basamento, con un raccorciamento crostale che, allo stato attuale delle conoscenze, è difficilmente valutabile, ma non inferiore a diverse decine di chilometri. Durante questa fase si hanno anche imponenti scollamenti in corrispondenza dei livelli plastici della successione toscana (soprattutto evaporiti triassiche e Scaglia toscana paleogenica) con accavallamenti a est sulla successione umbra e con denudamenti e sostituzione di copertura da parte delle unità liguri ad ovest (serie ridotta).

Al termine della fase compressiva, quando le spinte tangenziali tendono ad affievolirsi, inizia un processo di riaggiustamento isostatico al quale si accompagna la fase tettonica distensiva che porta alla formazione dei bacini neogenici. Questi risultano condizionati da due sistemi di faglie: uno longitudinale con direzione NW-SE che tende alla N-S procedendo verso sud, l'altro trasversale, da SW-NE a W-E. Le faglie appenniniche hanno avuto un'importanza decisiva nel delineare i bacini neogenici più orientali (Siena-Radicofani, della Val di Chiana e del Tevere) che ricalcano gli allineamenti strutturali del substrato, mentre in quelli occidentali, impostati su un substrato a strut-

tura assai più complessa, hanno andamenti variabili (anche trasversale alla catena come nel caso del bacino dell'Albegna), determinati dal ruolo analogo svolto dai due sistemi di faglie.

Le dislocazioni della fase distensiva, per quanto è possibile ricavare dai dati di superficie e da quelli della sismica in mare, presentano dei piani ad alto angolo e con elevato rigetto; da ciò non sembra emergere una tettonica distensiva lungo piani poco inclinati come ipotizzato da BALLY *et al.* (1986) e da LAVECCHIA & STOPPA (1989). L'entità della distensione sarebbe pertanto piuttosto limitata, mentre rilevanti appaiono gli spostamenti verticali.

BIBLIOGRAFIA

BAGNOLI G., GIANELLI G., PUXEDDU M., RAU A., SQUARCI P. & TONGIORGI M. (1980) - *Segnalazione di una potente successione clastica di età probabilmente carbonifera nel basamento della Toscana meridionale*. Mem. Soc. Geol. It., **21**, 127-136.

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**, 257-310.

BARTOLE R. (1990) - *Caratteri sismostratigrafici, strutturali e paleogeografici della piattaforma continentale tosco-laziale; suoi rapporti con l'Appennino Settentrionale*. Boll. Soc. Geol. It., **109**, 599-622.

BERTINI G., CAMELI G.M., COSTANTINI A., DECANDIA F.A., DI FILIPPO M., DINI I., ELTER M., LAZZAROTTO A., LIOTTA D., PANDELI E., SANDRELLI F. & TORO B. (questo Volume) - *Struttura geologica fra i monti di Campiglia e Rapolano Terme (Toscana meridionale): stato attuale delle conoscenze e problematiche*.

BETTELLI G., BONAZZI U., FAZZINI P., FONTANA D., GASPERI G., con il contributo di PELLEGRINI M. (1990) - *Carta geologica del bacino del F. Albegna*. Ed. S.E.L.C.A, Firenze.

BETTELLI G., FAZZINI P. & GELMINI R. (1980) - *Evoluzione strutturale della Toscana meridionale*. Mem. Soc. Geol. It., **21**, 137-142.

BUONASORTE G., CATALDI R., CECCARELLI A., COSTANTINI A., D'OFFIZI F., LAZZAROTTO A., RIDOLFI A., BALDI P., BARELLI A., BERTINI G., BERTRAMI R., CALAMAI A., CAMELI G., CORSI R., D'ACQUINO C., FIORELLI A., GHEZZO A. & LOVARI F. (1988) - *Ricerca ed esplorazione nell'area geotermica di Torre Alfina (Lazio-Umbria)*. Boll. Soc. Geol. It., **107**, 265-372.

CASSANO E., FICHERA F. & ARISI ROTA F., (1986) - *Rilievo aeromagnetico d'Italia: alcuni risultati interpretativi*. 5° Convegno CNR Gruppo Naz. Geofisica Terra Solida, 17-19, Roma.

COSTANTINI A., ELTER F.M., LAZZAROTTO A., PANDELI E., SANDRELLI F. & STEA B. (1991) - *Preliminary data on the metamorphic sequences in the Colline Metallifere area (southern Tuscany, Italy)*. In: *Geologia del basamento italiano* (Convegno in memoria di Tommaso Cocozza). Abstracts, 35. Dip. Scienze della Terra, Univ. di Siena.

- DI FILIPPO M. & TORO B. (1982) - *Prospezione ed analisi gravimetriche*. In: "Il Graben di Siena". CNR, PFE, RF9, 73-86.
- FAZZINI P. & GELMINI R. (1982) - *Tettonica trasversale nell'Appennino Settentrionale*. Mem. Soc. Geol. It., **24**, 299-309.
- FREGNI P., GASPERI G. & GELMINI R. (1983) - *Il Messiniano tra la Toscana meridionale e il Lazio settentrionale*. Mem. Soc. Geol. It., **25**, 141-144.
- GASPERI G. & GELMINI R. (1973) - *Ricerche sul Verrucano. 1. Il Verrucano del Monte Argentario e dei Monti dell'Uccellina in Toscana*. Boll. Soc. Geol. It., **92**, 115-140.
- GASPERI G. & GELMINI R. (1975) - *Ricerche sul Verrucano. 3. Le successioni preverrucane e verrucane tra Monte Bellino e Capalbio (Toscana meridionale-Lazio settentrionale)*. Riv. Ital. Paleont., **81**, 385-424.
- GELMINI R. (1969) - *Ricerche geologiche nel gruppo di M. Leoni (Grosseto, Toscana). 1- La geologia di M. Leoni tra Montepescali e il Fiume Ombrone*. Mem. Soc. Geol. It., **8**, 765- 796.
- GELMINI R. (1974) - *Studio fotogeologico del bacino senese (Toscana meridionale)*. Boll. Soc. Geol. It., **93**, 837- 860.
- LAVECCHIA G., MINELLI G. & PIALI G. (1984) - *Tettonica distensiva nell'Appennino umbro-marchigiano ed ipotesi di sistogenesi*. Boll. Soc. Geol. It., **103**, 467-476.
- MARANI M. & ZITELLINI N. (1986) - *Rift structures and wrench tectonics along the continental slope between Civitavecchia and C. Circeo*. Mem. Soc. Geol. It., **35**, 453-457.
- LAVECCHIA G. & STOPPA F. (1989) - *Tettonica e magnetismo nell'Appennino Settentrionale lungo la geotraversa Isola del Giglio-Monti Sibillini*. Boll. Soc. Geol. It., **108**, 237-268.
- MONGELLI, PUXEDDU M., SQUARCI P., TAFFI L. & ZITO G. (questo Volume) - *Il flusso di calore nell'area toscana e laziale: implicazioni profonde*.
- PANDELI E., PUXEDDU M., GIANELLI G., BERTINI G. & CASTELLUCCI P. (1988) - *Paleozoic sequences crossed by deep drilling in the Monte Amiata geothermal region (Italy)*. Boll. Soc. Geol. It., **107**, 593-606.
- PASQUARE' G., CHIESA S., VEZZOLI L. & ZANCHI A. (1983) - *Evoluzione paleogeografica e strutturale di parte della Toscana meridionale a partire dal Miocene superiore*. Mem. Soc. Geol. It., **25**, 145-158.
- ZANCHI A. & TOZZI M. (1987) - *Evoluzione paleogeografica e strutturale recente del bacino del Fiume Albegna (Toscana meridionale)*. Geologica Rom., **26**, 305-325.
- ZITELLINI N., TRINCARDI F., MARANI M. & FABBRI A. (1986) - *Neogene tectonics of the Northern Tyrrhenian sea*. Giornale di Geol., **48**, 25-40.

