

LINEAMENTI PROFONDI NEL BASAMENTO PRE-TRIASSICO DELLA TOSCANA CONTINENTALE (ITALIA)

RIASSUNTO

Il basamento pre-triassico affiora in Toscana alla base delle Unità toscane metamorfiche dell'edificio appenninico.

Oltre che in affioramento esso è stato studiato nei sondaggi delle aree geotermiche di Larderello e del Monte Amiata

Il basamento toscano pre-triassico può essere suddiviso in tre gruppi di formazioni, ciascuno dei quali indica un differente stadio dell'evoluzione geodinamica dell'area durante il Paleozoico. Dal basso si ha:

- a) il Cristallino toscano (catena ercinica);
- b) il Gruppo del Farma (depositi tardo-ercinici di età post-sudetica e pre-asturica);
- c) il Permo-Carbonifero toscano (depositi post-ercinico/pre- alpini (di età syn-(?) e post-asturica).

Un esame della distribuzione areale dei diversi Gruppi di Formazioni consente di delineare alcuni importanti lineamenti paleogeografici e/o tettonici ancestrali la cui presenza potrebbe fornire un contributo all'interpretazione di eventuali disomogeneità nella risposta alle indagini geofisiche ed inoltre offrire una possibile spiegazione alla strutturazione alpina ad arco delle dorsali più interne del segmento appenninico toscano.

ABSTRACT

In Tuscany the pre-Triassic rocks outcrop in scattered areas at the base of the metamorphic Tuscan Units (Tuscanids) of the Apennine chain. These rocks have also been studied in cores from several deep wells in the Larderello and Amiata Mount geothermal fields.

The Tuscan pre-Triassic basement consists of three groups of formations which represent different stages of the Paleozoic geodynamic evolution.

These groups are (from the bottom up):

- a) the Tuscan crystalline (Hercynian chain);
- b) the Farma Group (tardo-Hercynian formations of post-Sudetic/pre-Asturian age);
- c) the Tuscan Permo-Carboniferous (post-Hercynian/pre-Alpine formations of syn-(?) and post-Asturian age.

The areal distribution of these groups of formations highlights at least two ancestral tectonic and paleogeographic lineaments of the Tuscan basement. These lineaments could contribute to understand possible discrepancies in geophysical results and could provide plausible a explanation for the Alpine arcuate structure of the Tuscan sector of the Apennine chain.

TERMINI CHIAVE: Toscana, Basamento, Paleogeografia, Orogenesi ercinica, Orogenesi alpina.

KEY WORDS: Tuscany, Basement, Paleogeography, Hercynian orogenesis, Alpidic orogenesis.

PREMESSA

Le prime ricostruzioni abbastanza complete della stratigrafia del Paleozoico toscano sono state proposte all'inizio degli anni ottanta da BAGNOLI *et al.* (1980) e da TONGIORGI & BAGNOLI (1981). Le ricerche condotte in quest'ultimo decennio, soprattutto ad opera di Ricercatori delle scuole di Siena, di Pisa, dell'Enel e dell'IRG-CNR, hanno permesso poi di approfondire le conoscenze sul Basamento pre-alpino della Toscana sia mediante la messa a punto della scala degli eventi deformativi pre-alpini ed alpini, che con l'affinamento delle conoscenze biostratigrafiche.

Altre ricerche hanno condotto infine alla proposta di nuovi modelli di ricostruzione paleogeografica o al perfezionamento di quelli già esistenti.

Tutti i dati disponibili sul basamento pretriassico toscano sono stati poi analizzati e discussi, anche se da diverse angolature, in due lavori molto recenti (GATTIGLIO *et al.* 1990 e CONTI *et al.* 1991a). La sintesi di GATTIGLIO *et al.* (1990) è centrata prevalentemente sulla costruzione di un modello correlativo della stratigrafia, nel contesto del più vasto quadro degli eventi tettonici e paleogeografici; la sintesi di CONTI *et al.* (1991a) ha invece il pregio di fornire al lettore il primo quadro completo della storia degli eventi deformativi di età ercinica e di età alpina; inoltre, la notevole raccolta di dati stratigrafici, strutturali e sul metamorfismo, nonché la più esauriente informazione bibliografica che corredano i due lavori mettono a disposizione dello studioso tutti gli elementi necessari alla conoscenza del Basamento toscano. In questo lavoro saranno invece presentate soltanto alcune idee riassuntive che credo possano fornire comunque un ulteriore contributo alla comprensione del Paleozoico toscano ed al suo inquadramento nel contesto della paleogeografia pre-alpina dell'area mediterranea sud-occidentale, nonché evidenziare la possibile influenza dei lineamenti tettonici e geografici ercinici sulla strutturazione alpina dell'Appennino toscano.

QUADRO SCHEMATICO DEL PALEOZOICO TOSCANO

RAU e TONGIORGI (1966, 1974, 1976) hanno mes-

* C.N.R. - Centro di Studio per la Geologia strutturale e dinamica dell'Appennino. Via Santa Maria, 53 - Pisa

so in evidenza sui Monti Pisani la possibile suddivisione tra un Paleozoico ercinico ed un Paleozoico tardo-, post-ercinico, separati da una netta discordanza che, all'epoca, veniva messa in relazione alla fase Asturica dell'orogenesi ercinica sulla base di dati radiometrici che fornivano per gli eventi deformativi pre-alpini, memorizzati dalla Formazione di Buti, un'età carbonifera superiore. In seguito BIGNOLI *et al.* (1980) proponevano per tutto il Paleozoico toscano la suddivisione in due supergruppi di formazioni: il Cristallino toscano ed il Permo-Carbonifero toscano, separati da una importante fase tettonica che, questa volta, sulla base delle prime osservazioni strutturali ed in considerazione dell'età delle Formazioni Carpineta e Farma (COCOZZA 1965, PASINI 1978), veniva messa in relazione all'evento sudetico dell'orogenesi ercinica. TONGIORGI e BIGNOLI (1981) suddividevano poi il Permo-Carbonifero toscano in due parti, separate da una discordanza di età Westfaliana superiore.

Anche gli studi successivi hanno confermato la possibile suddivisione delle unità litostratigrafiche del Paleozoico toscano in tre gruppi in relazione all'età, alla presenza e all'intensità delle deformazioni pre-alpine ed alla posizione rispetto alle principali discordanze riconosciute. Questa ricostruzione, ripresa e perfezionata poi da GATTIGLIO *et al.* (1990), sembra del tutto accettabile anche ove si tengano in dovuto conto le difficoltà che si incontrano nella correlazione di Unità litostratigrafiche che affiorano in modo molto discontinuo e per lo più su piccole aree, che hanno subito una forte sovrainpronta tettonica durante le fasi deformative alpine e che, infine, non sempre offrono elementi certi per una loro datazione.

Anche in questo lavoro sarà seguito il modello stratigrafico- strutturale basato sulla suddivisione del Paleozoico toscano in tre gruppi di formazioni separati da due importanti discordanze: quella Carbonifera inferiore (pre-viseana) datata dall'età dei livelli basali del Gruppo del Farma e quella datata al Carbonifero superiore (Westfaliano-D Cantabrian) dall'età Westfaliana-D (?) - Stefaniana dei livelli più antichi degli "Scisti di San Lorenzo" dei Monti Pisani (1). Nella schematizzazione che sarà proposta qui di seguito (fig. 1), saranno conservate per i tre Gruppi di Formazioni le denominazioni già note in letteratura e cioè: a) Cristallino toscano; b) Gruppo del Farma; c) Permo-Carbonifero toscano.

a) - Cristallino toscano Affiora nelle Alpi Apuane, nei Monti Pisani, nel Gruppo Monticiano-Roccastrada, nei Monti Romani. Si ritrova inoltre nei sondaggi

(1) Non si ritiene che differenti possibili collocazioni di alcune formazioni, o parte di esse (ad es. la Formazione di Poggio al Carpino della Toscana meridionale), all'interno del modello stratigrafico-strutturale del basamento toscano, sulla base dei dati già acquisiti o dei risultati di ricerche ancora in corso, possano apportare sostanziali variazioni allo schema che si propone in questo lavoro e di conseguenza alle riflessioni che da esso traggono spunto.

dell'area geotermica di Larderello e, in modo ancora dubitativo, strutturato in una grossa scaglia tettonica compresa in litologie paleozoiche più recenti, nei sondaggi dell'area Amiatina (Piancastagnaio) (ELTER & PANDELI 1991).

Il Cristallino toscano è caratterizzato, dal punto di vista strutturale, dalla presenza certa di importanti eventi deformativi pre-alpini le cui tracce sono chiaramente riconoscibili nonostante la forte sovrainpronta tettonica alpina (ELTER & PANDELI 1990; CONTI *et al.*, 1991b).

Soltanto alcune Formazioni appartenenti a questo Gruppo sono state datate per il loro contenuto in faune a conodonti (VAI 1972, BIGNOLI & TONGIORGI 1980).

E' riconosciuta da tempo ormai una pressoché completa affinità litologica, stratigrafica e strutturale tra le rocce del Cristallino toscano e quelle coeve (Ordoviciano-Devoniane) della Sardegna sudorientale e della Calabria (DI PISA *et al.* 1988, ELTER & PANDELI 1990).

Il Cristallino toscano può essere considerato quindi, a tutti gli effetti, un segmento della Catena ercinica italiana nel senso di VAI e COCOZZA (1986), facente parte cioè, in età ercinica, del margine meridionale della massa continentale europea (Europa stabile). Tra il Carbonifero superiore ed il Permiano lo sviluppo del grande sistema di linee di dislocazione tangenziali attivo nel tardo Paleozoico anche in Europa sud-occidentale (ARTHAUD & MATTE 1975, 1977; HEWARD & READING 1980; RODGERS 1980; MASSARI 1986, etc.), può aver causato una prima separazione del segmento toscano dalla Catena ercinica italiana, separazione che diverrà effettiva con l'apertura della Tetide mesozoica, quando il segmento toscano della Catena ercinica italiana (Cristallino toscano) diverrà parte del margine occidentale di "Adria" e poi substrato del Dominio sedimentario toscano (RAU 1990).

b) Gruppo del farma Affiora nella dorsale Monticiano-Roccastrada; tipi litologici fossiliferi che presentano forti analogie con la Formazione del Farma, sono stati segnalati nei sondaggi dell'area di Piancastagnaio (Monte Amiata) (ELTER & PANDELI 1991).

Il Gruppo del Farma è composto da formazioni che, oltre alla deformazione alpina hanno subito una deformazione pre-alpina molto blanda (CONTI *et al.*, 1991a).

La loro età è compresa tra il Viseano medio-superiore ed il Cantabrian inferiore (COCOZZA 1965; PASINI 1978, 1980).

Questa età, i caratteri della deformazione ed i rapporti geometrici con le unità litostratigrafiche sotto e sovrastanti indicano per la sedimentazione delle Formazioni del Gruppo del Farma un periodo di tempo compreso tra la fine dell'evento ercinico principale (fase sudetica), responsabile della costruzione della catena paleozoica, e la fase asturica che, almeno in Toscana, sembra aver avuto effetti deformativi molto modesti.

Se fosse possibile analizzare in dettaglio i rapporti del Gruppo del Farma con il Cristallino toscano e la sua area di affioramento non fosse così limitata, si potrebbe avanzare con maggior tranquillità l'ipotesi che

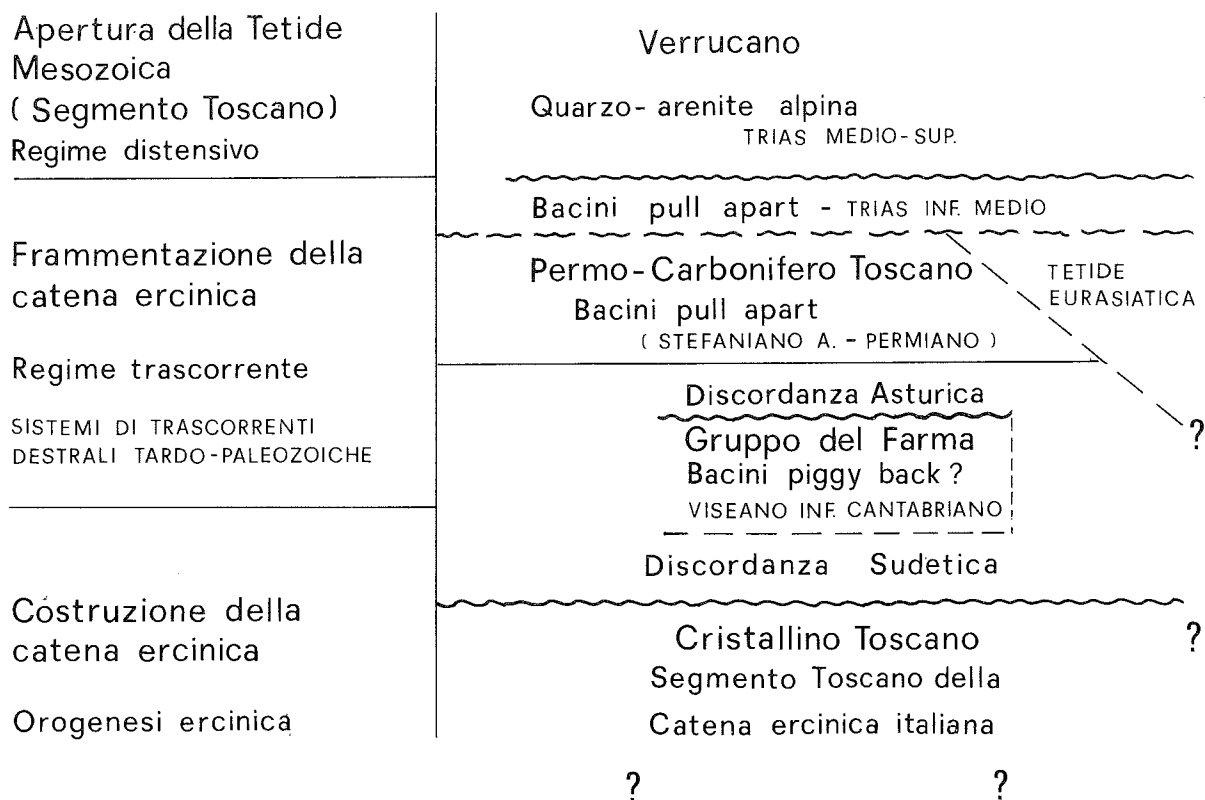


Fig. 1 - Quadro schematico riassuntivo del basamento toscano.

il Gruppo del Farma rappresenti nel contesto dell'evoluzione della Catena ercinica, l'equivalente del riempimento di bacini *piggy back*.

Quello che tuttavia sembra accertato, anche supponendo una intensa attività di smantellamento della catena in età syn- e post-asturica, è che la sedimentazione delle formazioni del Gruppo del Farma sia avvenuta, comunque, su aree abbastanza ristrette.

c) Permo carbonifero-toscano Affiora sui Monti Pisani, nei dintorni di Iano, sul Monte Argentario ed è stato rinvenuto nei sondaggi dell'area geotermica del Monte Amiata dove raggiunge spessori dell'ordine delle migliaia di metri. Secondo BAGNOLI *et al.* (1980) potrebbero essere inclusi nel Permo-Carbonifero toscano anche i Conglomerati delle Cetine che affiorano in Toscana meridionale.

Per quanto riguarda invece la Formazione di Poggio al Carpino, la presenza al suo interno di livelli affetti da una scistosità pre-alpina di un certo significato (CONTI *et al.*, 1991a) e la mancanza di più certi elementi di datazione, rendono del tutto problematica la collocazione dell'intera Formazione nel Permo-Carbonifero toscano.

L'età del Permo-Carbonifero toscano è certamente post-asturica (BAGNOLI *et al.* 1980; TONGIORGI & BAGNOLI 1981). Se si volesse assumere quale inizio della sedimentazione del ciclo il Westfaliano-D, età stabilita per l'area dei Monti Pisani, ma messa fortemente in dubbio (vedi in RAU & TONGIORGI 1974), dovremmo

considerare come appartenenti a questo Gruppo anche i Calcari di S. Antonio e gli Scisti a Spirifer del Gruppo del Farma. Una sincronia tra queste ultime formazioni e la base degli Scisti di San Lorenzo dei Monti Pisani porterebbe però a dare lo stesso significato ad eventi deposizionali legati, con tutta probabilità, a momenti diversi dell'evoluzione geodinamica dell'area. Se si accettasse invece lo Stefaniano-A quale più probabile inizio della sedimentazione degli Scisti di San Lorenzo dei Monti Pisani il problema non sussisterebbe; comunque, non è da escludere del tutto una diacronia nella sedimentazione tardo-paleozoica (post-asturica) in un contesto nel quale si assiste alla frammentazione della catena ercinica ad opera del grande sistema di *strike slip fault* attivo nell'Europa sud-occidentale (vedi in RAU 1990).

Quello che sembra fuor di dubbio è che il grande sviluppo della sedimentazione di questo ciclo si è avuto durante il Permiano e che si assiste ad una progressiva variazione nei bacini di sedimentazione che, da limnici o paralici nelle aree più interne della catena ercinica, divengono via via francamente marini verso Sud-Est (come già prospettato da RAU & TONGIORGI 1974), con bacini senz'altro più vasti e soggetti a forte subsidenza. I bacini permiani quindi, mentre sui Monti Pisani, a Iano, all'Elba orientale e, ancora, alle Cetine possono essere interpretati come bacini *pull-apart* legati al grande sistema di trascorrenti tardo-paleozoiche, verso Sud-Est (area amiatina) sembrano già rappresentare una propaggine della "Tethyan Eurasia" do-

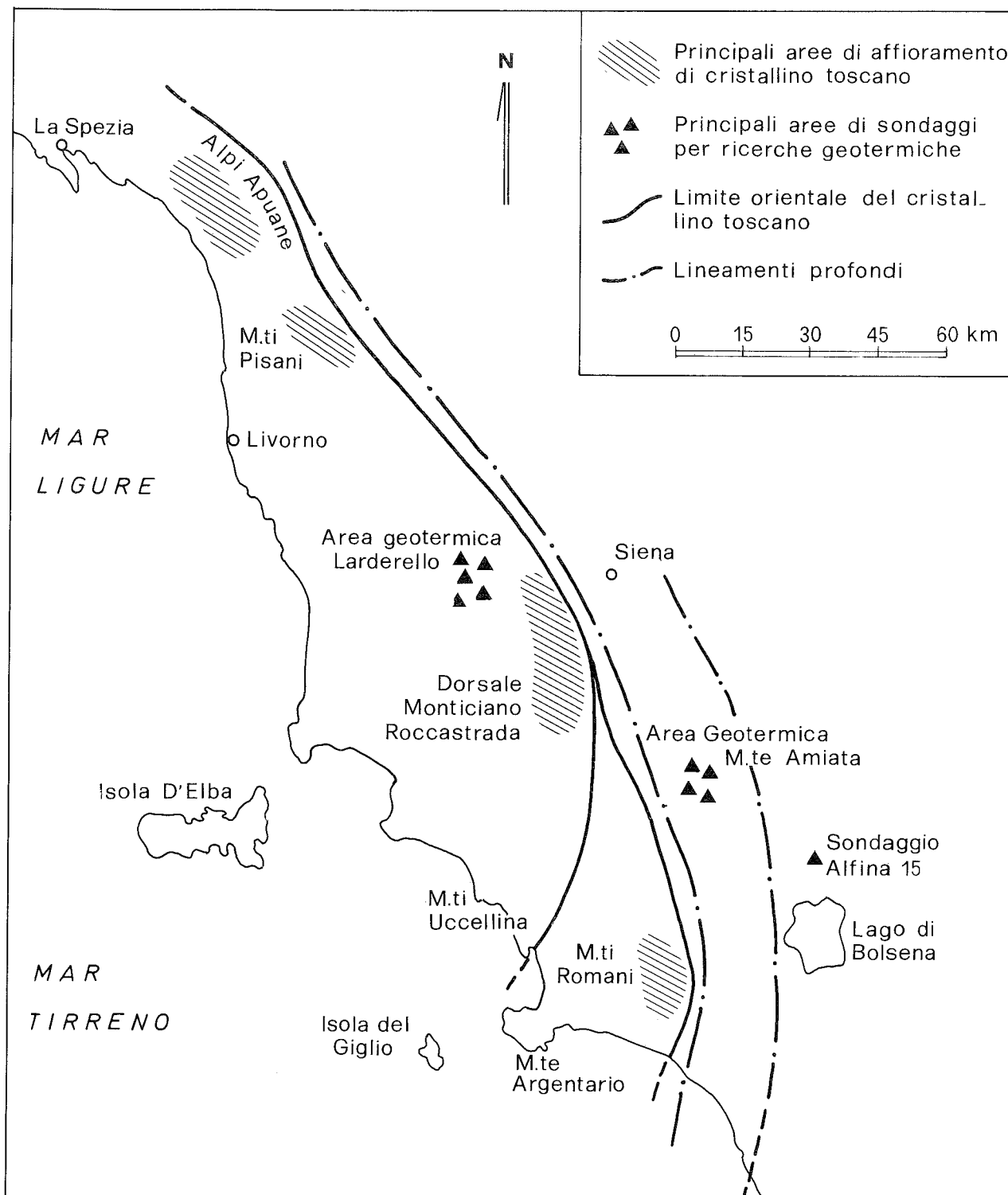


Fig. 2 - Carta della distribuzione areale della catena ercinica in Toscana e localizzazione dei principali lineamenti discussi nel lavoro.

cumentata più a Sud, in Sicilia, ad esempio, da CATALANO *et al.* (1988).

DISCUSSIONE

Se diamo uno sguardo alla distribuzione areale dei

tre gruppi di formazioni paleozoiche individuati nel Basamento della Toscana (fig. 2) si nota come essi siano distribuiti su fasce che ricalcano grossomodo gli archi formati dalle grandi strutture appenniniche e questo fatto, se da un lato potrebbe rappresentare la conferma della forte sovraimpronta della tettonica alpina sulla strutturazione ercinica, come sarà meglio esami-

nato di seguito, può, per converso, sottolineare l'influenza dei paleolineamenti ercinici sulla attuale strutturazione appenninica.

In particolare, il segmento toscano della catena ercinica sudetica con sovrapposte le Formazioni del Gruppo del Farma (*piggy back basins* ?) ed i piccoli bacini intramontani o costieri del Permo-Carbonifero toscano (*pull apart basins*) risulta limitato ad oriente da una linea ad arco che, partendo dal versante orientale delle Apuane, attraversa la depressione del Bientina e poi, seguendo il margine orientale dell'area geotermica di Larderello e della Dorsale Monticiano-Roccastrada, raggiunge la costa a Sud del Monte Argentario. Una linea di minore importanza, sempre ad andamento arcuato, sembra seguire il margine meridionale del Gruppo Monticiano-Roccastrada e tagliare la costa all'altezza dei Monti dell'Uccellina separando così il nucleo di Cristallino toscano dei Monti Romani (Monte Bellino) (MORETTI *et al.* 1990) dalla parte più settentrionale della catena ercinica. Questo importante lineamento che delimita verso oriente la catena ercinica, già messo in evidenza dalle strutture superficiali, acquista una ancora maggiore importanza se si considera quanto emerge dallo studio dei sondaggi dell'area amiatina. Infatti se si esamina una sezione Ovest-Est, tracciata tra il margine orientale della Dorsale Monticiano-Roccastrada ed il Monte Amiata, si può osservare su una breve distanza di 15-20 km il brusco rigetto esistente tra il Cristallino toscano a quota di campagna nella Valle del Farma e gli spessori di alcune migliaia di metri di Permo-Carbonifero toscano attraversati in sondaggio nell'area amiatina (BAGNOLI *et al.*, 1981; ELTER & PANDELI 1991). Viene dunque messa in evidenza, nella stretta fascia compresa tra la Dorsale Monticiano-Roccastrada e il Monte Amiata, la presenza di una superficie di discontinuità che separa, anche in profondità, un segmento di catena riequilibrata ed assottigliata già in età pre-alpina da un basamento di età permiana, di forte spessore, deformato solamente in età alpina. Sull'origine di questo lineamento possono essere avanzate almeno due ipotesi: la prima che esso abbia avuto origine solo durante l'evoluzione alpina della catena appenninica e quindi possa rappresentare un importante *thrust* all'interno del basamento; la seconda, più probabile, che esso abbia origine da una delle trascorrenti del sistema di *megashears* tardo-carboniferi (ARTHAUD & MATTE 1975, 1977, RAU 1990) e separasse, già in età pre-alpina, un alto strutturale tardo-paleozoico (la catena ercinica) da un grande bacino di sedimentazione tardo-, post-ercinico. Questo lineamento sarebbe stato quindi riattivato in età alpina come dimostrato d'altronde dalla presenza di cunei di Cristallino toscano all'interno della potente successione permo-carbonifera, probabilmente rovesciata, attraversata dai sondaggi dell'area geotermica del Monte Amiata (Piancastagnaio) (ELTER & PANDELI 1991).

Un secondo importante lineamento può essere ipotizzato tra l'area del Monte Amiata ed il Lazio settentrionale. Infatti l'esame delle litologie attraversate dal sondaggio Alfina 15 (BUONASORTE *et al.*, 1991), se

messe a confronto con quelle del sondaggio Piancastagnaio, mettono in evidenza, su una distanza di pochissimi chilometri, se misurati tenendo conto dell'andamento degli archi formati dalle strutture superficiali, un rigetto verticale di almeno ottomila metri. Il pozzo Alfina 15 infatti, portato sino alla quota di meno 4826 m dal piano di campagna, non ha raggiunto le successioni metamorfiche medio-triassiche e paleozoiche. Anche in questo caso è possibile avanzare diverse ipotesi sulla causa di tale rigetto: ad esempio ci si potrebbe limitare a considerare solamente l'effetto delle faglie marginali del graben di Radicofani durante il riequilibrio post-alpino della catena appenninica, ma è da ritenersi più credibile però che, anche in questo caso, si possa pensare ad un lineamento ancestrale riattivato in età successive e che in profondità esso possa evolvere, come il precedente, in una superficie delimitante importanti strutture profonde.

CONCLUSIONI

Le conoscenze sul Basamento pre-triassico della Toscana, ricavate sia dalle ricerche condotte sulle aree di affioramento che dallo studio dei sondaggi, concentrati nelle aree geotermiche di Larderello e del Monte Amiata, permettono di elaborare alcune ipotesi che si ritiene possano offrire un contributo sia alla interpretazione dei dati provenienti dalle indagini geofisiche che alla conoscenza delle strutture profonde del settore toscano dell'Appennino.

All'interno del Basamento paleozoico toscano possono essere individuati tre gruppi di formazioni differenziabili sulla base di età paleontologicamente determinate e della presenza e dell'intensità della deformazione pre-alpina. Questi dati consentono, nella maggioranza dei casi, la collocazione delle singole formazioni in una posizione ben precisa rispetto ai due eventi orogenetici ercinici riconosciuti nell'area e marcati da importanti discordanze: l'evento sudetico e l'evento asturico. I rapporti tra i gruppi di formazioni paleozoiche sono stati fossilizzati poi dai sedimenti della grande trasgressione medio-triassica del ciclo alpino che ha dato inizio all'apertura del settore toscano della Tetide mesozoica.

La distribuzione areale delle differenti unità litostratigrafiche permette di delineare nel Basamento toscano la posizione della catena ercinica italiana ed i suoi rapporti con la Tetide euroasiatica durante il Carbonifero superiore ed il Permiano.

I bruschi e notevoli rigetti verticali, messi in risalto dalla distribuzione areale delle formazioni affioranti e dalle stratigrafie attraversate dai sondaggi, permettono inoltre di ipotizzare almeno due grandi superfici di discontinuità che, con tutta probabilità, hanno giocato un importante ruolo nell'evoluzione geodinamica dell'area durante il Carbonifero superiore ed il Permiano e che sono state riattivate, successivamente, durante le fasi plicative prima e di riequilibrio poi della costruzione dell'edificio appenninico.

Si può ipotizzare che questi due lineamenti, uno situato in corrispondenza della stretta fascia compresa tra la Dorsale Monticiano-Roccastrada ed il Monte Amiata e l'altro tra il Monte Amiata ed il Lago di Bolsena, evolvano in profondità in *thrusts* delimitanti corpi che potrebbero fornire eventuali disomogeneità nella risposta alle indagini sismiche.

L'individuazione di queste superfici di discontinuità paleozoiche può essere chiamata in causa per interpretare, inoltre, la struttura ad arco del segmento toscano dell'edificio appenninico come eredità di paleolineamenti profondi.

OPERE CITATE

- ARTHAUD F. & MATTE P. (1975) - *Les décrochements tardihercyniens du sud-ouest de l'Europe. Géométrie et essai de reconstruction des conditions de la déformation*. Tectonophysics, **25**, 139-171.
- ARTHAUD F. & MATTE P. (1977) - *Late Paleozoic strike-slip faulting in Southern Europe and Northern Africa: result of a right lateral shear zone between the Appalachians and the Urals*. Geol. Soc. Amer. Bull., **88**, 1305-1320.
- BAGNOLI G., GIANELLI G., PUXEDDU M., RAU A., SQUARCI P. & TONGIORGI M. (1980) - *A tentative stratigraphic reconstruction of the Tuscan Paleozoic Basement*. Mem. Soc. Geol. It., **20**, 99-116.
- BAGNOLI G., GIANELLI G., PUXEDDU M., RAU A., SQUARCI P. & TONGIORGI M. (1981) - *Segnalazione di una potente successione clastica di età probabilmente carbonifera nel basamento della Toscana meridionale*. Mem. Soc. Geol. It., **21**, 127-136.
- BAGNOLI G. & TONGIORGI M. (1980) - *New fossiliferous Silurian (Mt. Corchia) and Devonian (Monticiano) layers in the Tuscan Paleozoic*. Mem. Soc. Geol. It., **20**, 301-313.
- BERTINI G., CASTELLUCCI P. & PANDELLI E. (1991) - *The tectonic wedges unit of the Larderello area (Southern Tuscany - Italy)*. Boll. Soc. Geol. It., **110**, in stampa.
- BUONASORTE G., PANDELLI E. & FIORELLI A. (1991) - *The Alfina 15 well: Deep geological data from Northern Latium (Torre Alfina Geothermal Area)*. Boll. Soc. Geol. It., **110**, in stampa.
- CATALANO R., DI STEFANO P. & KOZUR H. (1988) - *First evidence of Lower Permian Albillacea (Radiolaria) in the Tethyan Eurasia*. Atti del 74° Congresso Nazionale della Soc. Geol. It., Prestampe, A, 119-123.
- COCOZZA T. (1965) - *Il Carbonifero del Gruppo Monticiano-Roccastrada*. Ric. Scient., **35**, IIA, 1-38.
- CONTI P., COSTANTINI A., DECANDIA F.A., DI PISA A., ELTER F.M., GATTIGLIO M., LAZZAROTTO A., MECCHERI M., PANDELLI E., RAU A., SANDRELLI F. & TONGIORGI M. (1991a) - *Structural frame of the Tuscan Paleozoic: a review*. Boll. Soc. Geol. It., **110**, in stampa.
- CONTI P., GATTIGLIO M. & MECCHERI M. (1991b) - *The overprint of the Alpine tectono-metamorphic evolution on the Hercynian orogen: an example from the Apuane Alps (Northern Apennines - Italy)*. Tectonophysics, **191**, 335-346.
- DI PISA A., GATTIGLIO M. & MECCHERI M. (1988) - *Le Unità metamorfiche di basso grado della Calabria (Unità di Bocchigliero e Paleozoico di Stilo-Bivongi): considerazioni strutturali e analogie con l'ercinico sardo e toscano*. Rend. Soc. Geol. It., **11**, 29-32.
- ELTER F.M. & PANDELLI E. (1990) - *Alpine and Hercynian orogenic phases in the basement rocks of the Northern Apennines (Larderello geothermal field, southern Tuscany, Italy)*. Eclogae geol. Helv., **83**, 241-264.
- ELTER F.M. & PANDELLI E. (1991) - *Structural features of the metamorphic Paleozoic-Triassic sequences in deep geothermal drillings in the Monte Amiata area (SE Tuscany, Italy)*. Boll. Soc. Geol. It., **110**, in stampa.
- GATTIGLIO M., MECCHERI M. & TONGIORGI M. (1990) - *Stratigraphic Correlation Forms of the Tuscan Paleozoic Basement*. Rend. Soc. Geol. It., **12**(1989), 247-258.
- HEWARD A.P. & READING H.G. (1980) - *Deposits associated with a Hercynian to Late Hercynian continental strike-slip fault system, Cantabrian Mountains, Northern Spain*. Spec. Publ. Int. Ass. Sediment., **4**, 105-125.
- MASSARI F. (1986) - *Some thoughts on the Permo-Triassic evolution of the South-Alpine area (Italy)*. Mem. Soc. Geol. It., **34**, 179-188.
- MORETTI A., MELETTI C. & OTTRIA G. (1990) - *Studio stratigrafico e strutturale dei Monti Romani (GR-VT) - 1: Dal Paleozoico all'orogenesi alpidaica*. Boll. Soc. Geol. It., **109**, 557-581.
- PANDELLI E. & PASINI M. (1990) - *Fusulinidi permiani nella successione metamorfica del sottosuolo del Monte Amiata, Toscana meridionale (Italia)*. Riv. Ital. Paleont., **96**, 3-20.
- PASINI M. (1978) - *Further paleontological records from the Upper Paleozoic outcrops of the Farma Valley*. In: Tongiorgi M. (Ed) - Report on Tuscan Paleozoic Basement. Rapp. Int. P. F. Energetica, Sottoprogetto Energia Geotermica, 71-76, Pisa.
- PASINI M. (1980) - *I Fusulinidi della Valle del Farma (Toscana meridionale)*. Mem. Soc. Geol. It., **20**, 323-342.
- RAU A. (1990) - *Evolution of the Tuscan Domain between the Upper Carboniferous and Mid Triassic: a new hypothesis*. Boll. Soc. Geol. It., **109**, 231-238.
- RAU A. & TONGIORGI M. (1966) - *Considerazioni preliminari sulla geologia della parte meridionale dei Monti Pisani (versante SW)*. Mem. Soc. Geol. It., **5**, 300-314.
- RAU A. & TONGIORGI M. (1974) - *La geologia dei Monti Pisani a Sud-Est della Valle del Guappero*. Mem. Soc. Geol. It., **13**, 227-408.
- RAU A. & TONGIORGI M. (1976) - *Sedimentation, climate and*

development of landforms in the post-Hercynian North Tuscany: a contribution. In: FALKE H. (Ed.) - The Continental Permian in Central, West and South Europe. NATO Adv. Study Inst. Series, **22**, 169-180.

RODGERS D. A. (1980) - *Analysis of pull-apart basin development produced by en echelon strike-slip faults.* Spec. Publ. Int. Ass. Sediment, **4**, 27-41.

TONGIORGI M. & BAGNOLI G. (1981) - *Stratigraphie du socle*

Paléozoïque de la bordure continentale de l'Apennin septentrional (Italie Centrale). Bull. Soc. Géol. France, ser. 7, **23**, 319-323.

VAI G. B. (1972) - *Evidence of Silurian in the Apuane Alps (Tuscany, Italy).* Giorn. Geol., **38**, 349-372.

VAI G. B. & COCOZZA T. (1986) - *Tentative schematic zonation of the Hercynian chain in Italy.* Bull. Soc. Géol. France, ser 8, **2**, 95-114.

