

M. BOCCALETTI(*), A. CERRINA FERONI(**), P. MARTINELLI(***),
G. MORATTI(****), G. PLESI(***) & F. SANI(*)

L'ALTERNANZA DISTENSIONE-COMPRESSIONE NEL QUADRO EVOLUTIVO DEI BACINI NEOGENICI DELL'APPENNINO SETTENTRIONALE

RIASSUNTO

L'acquisizione di dati strutturali su tutta l'area Toscana interna ha consentito l'individuazione di alcuni episodi compressivi alternati alla tettonica distensiva. Tali episodi, a diffusione regionale, ben si inquadrano dal punto di vista cronologico con l'evoluzione stratigrafica e strutturale miocenico sup. - quaternaria dell'Appennino settentrionale. Viene inoltre tentata una correlazione tra l'evoluzione dell'area interna e quella dei fronti esterni di accavallamento.

ABSTRACT

The acquisition of structural data over the whole internal Tuscan territory let us recognize some compressional episodes alternating with the extensional tectonics. These episodes, of regional character, can be correlated very well with the stratigraphic and tectonic evolution of the northern Apennines since late Miocene to Quaternary. We also try to correlate the evolution of the internal area with the external thrust fronts evolution.

PAROLE CHIAVE: Appennino settentrionale, Bacini neogenici, Tettonica estensionale e compressiva.

KEY WORDS: Northern Apennines, Neogene basins, Extensional and compressive tectonics.

INTRODUZIONE

L'evoluzione geologico-stratigrafica dei depositi del "Ciclo Neoautoctono" dell'Appennino settentrionale si fonda sul concetto strutturale, ancora largamente diffuso, che dal Tortoniano superiore in poi, nell'area tosco-laziale interna, compresa tra il Mar Tirreno e i fronti esterni della catena, si sia instaurato un regime tettonico esclusivamente distensivo che ha agito fino ai giorni nostri ed è tuttora attivo.

In tale schema venivano inquadrare anche le discordanze, talora di tipo angolare e accompagnate

spesso da lacune di sedimentazione (emersioni), interne alla successione *post-nappe*. Esso non teneva comunque conto dei notevoli fenomeni compressivi presenti nelle aree immediatamente esterne, contemporanei a quelli distensivi e che pongono il difficile problema del posizionamento del limite fra regime distensivo e compressivo e della loro reciproca interferenza.

Negli ultimi dodici anni ricerche di tipo strutturale condotte su tutti i termini della successione *post-nappe* toscana dapprima a carattere locale (PERTUSATI *et al.*, 1978; 1980; PLESI & CERRINA FERONI, 1979; CERRINA FERONI *et al.*, 1983) e successivamente sistematici (BERNINI *et al.*, 1990; BOCCALETTI *et al.*, 1991a; 1991b) hanno portato all'individuazione di almeno tre episodi compressivi a carattere regionale la cui portata permette la messa a punto di uno schema evolutivo stratigrafico-strutturale più completo e articolato per il settore della Toscana interna, consistente in un'alternanza, dal Tortoniano superiore al Pleistocene, di episodi distensivi e compressivi correlabili, questi ultimi, con le principali fasi di avanzamento dei fronti esterni dei *thrust* e con le principali discordanze e lacune sedimentarie del "ciclo neoautoctono".

ANALISI STRUTTURALE

Per l'analisi strutturale a scala mesoscopica, estesa ad un territorio di interesse regionale, sono state analizzate in maniera sistematica tre tipologie strutturali fondamentali:

- strutture di dissoluzione sotto pressione impresse sui ciottoli calcarei di livelli conglomeratici (stiloliti *s.l.*);
- popolazioni di faglie minori, da mesofaglie a microfaglie su ciottolo, e di *joints* coniugati;
- sistemi di fratture di estensione mineralizzate o beanti.

Localmente, quasi esclusivamente negli orizzonti miocenici, sono state analizzate anche pieghe da metriche a decametriche talora rovesciate, che quasi sistematicamente coinvolgono nella deformazione preflessione oltre alle superfici sedimentarie anche strutture fragili generate nelle tappe precoci della deformazione progressiva.

L'esistenza di discordanze regionali tra i terreni neogenico-quaternari ha consentito di ricostruire in modo indiretto una cronologia relativa degli eventi, distinguendo via via come più antiche le strutture che non si ritrovano nelle successioni sedimentarie al di sopra delle singole discordanze.

(*) Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Firenze.

(**) C.N.R., Centro di studio per la geologia dinamica e strutturale dell'Appennino, Pisa.

(***) Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Pisa.

(****) C.N.R., Centro di studio per la geologia dell'Appennino in rapporto alle geosinclinali mediterranee, Firenze.

La cronologia relativa così ottenuta è stata anche sistematicamente confermata in modo diretto dalle relazioni di precedenza tra le singole mesostrutture, che hanno permesso di riconoscere almeno tre distinte fasi compressive rispettivamente di età intramessiniana-pliocenica inferiore, pliocenica superiore e pleistocenica, precedute e seguite da fasi distensive.

EVENTO MESSINIANO-INFRAPLIOCENICO

Strutture relative a questo evento compressivo sono state sistematicamente rilevate a carico dei depositi del Miocene superiore, e, al contrario, non sono presenti nei depositi pliocenici post-discordanza. Tale evento è marcato da picchi stilolitici particolarmente ben rappresentati e molto diffusi arealmente, e subordinatamente da mesofaglie e da microfaglie su ciottolo, prevalentemente a carattere trascorrente.

La direzione di massima compressione sub-orizzontale, rilevata quasi esclusivamente a carico dei depositi miocenici, ha un'orientazione tra N0° e N20° in tutta l'area e le relazioni di precedenza fra strutture mostrano inoltre che essa è sempre precedente a tutti gli altri episodi di raccorciamento riconosciuti. Infine, anche la parte più significativa della deformazione duttile rilevata a carico del Miocene superiore, rappresentata da pieghe piuttosto strette e talora rovesciate, è in genere in accordo con la direzione di massima compressione determinata.

Per quanto riguarda l'età di questa fase deformativa, dati acquisiti nel corso dell'analisi stratigrafico-strutturale del margine nord-orientale delle Colline Livornesi (CERRINA FERONI *et al.*, 1989) suggeriscono la possibilità che essa cumuli in realtà gli effetti di due eventi compressivi distinti, uno intramessiniano (σ_1 N20°) ed uno del Pliocene inferiore (al limite fra le zone a *G.margaritae* e *G.puncticulata*, σ_1 N40°).

La presenza di discordanze angolari intramessiniane accompagnate da lacune ed erosioni (LAZZAROTTO, 1967; LAZZAROTTO *et al.*, 1969; LAZZAROTTO & MAZZANTI, 1976; LAZZAROTTO & SANDRELLI, 1977; COSTANTINI *et al.*, 1980) e di discordanze intraplioceniche estese a vari bacini (CERRINA FERONI *et al.*, 1989; BARBERI *et al.*, 1991; BOSSIO *et al.*, 1991; IACCARINO *et al.*, 1991) possono essere messe in relazione agli eventi compressivi descritti (Fig. 1).

EVENTO COMPRESSIVO DEL PLIOCENE SUPERIORE

La successione sedimentaria pliocenica è interessata da strutture ben evidenti e distribuite, tra loro compatibili, che indicano tre episodi compressivi con σ_1 sub-orizzontale orientato intorno a N40°, N90° e N140°. Le strutture relative all'episodio compressivo N90° sono particolarmente rappresentate e evidenti su tutti i terreni pliocenici. Sono costituite da picchi e

strie stilolitiche, faglie su ciottolo, sistemi di fratture e di *joints*, ben sviluppati soprattutto nelle sabbie, e mesofaglie. Nei terreni quaternari sono state rilevate invece quasi esclusivamente strutture compatibili con le direzioni di raccorciamento N40° e N140°.

Dall'analisi dei rapporti di precedenza, le strutture compatibili con la compressione in direzione N90° risultano sempre precedenti alle strutture relative alle altre due direzioni di raccorciamento, N40° e N140°, rilevate sui terreni pliocenici; quando presenti invece nei sottostanti terreni del Miocene superiore, esse sono chiaramente successive alle strutture della compressione messiniana N-N20°.

Anche le blande strutture plicative rilevate in alcuni bacini, infine, sono compatibili con una direzione di compressione orientata E-W.

L'episodio compressivo in direzione N90° avrebbe quindi agito nella parte alta del Pliocene superiore, dal momento che sono interessati tutti i terreni pliocenici, e si ritiene responsabile del sollevamento, con conseguente regressione marina, della zona interna della Toscana. Ciò sarebbe testimoniato tra l'altro dalla quasi totale mancanza di sedimenti della parte alta del Pliocene superiore in quest'area (zona a *G. inflata*).

EVENTI COMPRESSIVI PLEISTOCENICI

I terreni pleistocenici affiorano discontinuamente e non presentano la ricchezza di strutture di quelli precedenti.

Nell'area di Riparbella, dove migliori sono le esposizioni dei terreni marini del Pleistocene inferiore, sono presenti mesofaglie, microfaglie su ciottolo e sistemi di *joints* coniugati che risultano compatibili con un raccorciamento orientato circa N40°E. Poche strutture, chiaramente successive, indicherebbero un altro evento compressivo di direzione N140° (BOCCALETTI *et al.*, 1987).

Bellissime strutture a prevalente carattere trascorrente sono presenti nei depositi di travertino della valle dell'Albegna (MARTELLI *et al.*, 1989) la cui età, anche sulla base di datazioni radiometriche, è relativa al Pleistocene superiore. Anche in questo caso sono stati riscontrati due episodi compressivi, il primo orientato NE-SW ed il successivo in direzione NW-SE.

Se si tiene conto che nei travertini della valle dell'Albegna, tra la compressione in direzione NE-SW e la compressione NW-SE è intercalato un episodio distensivo, vi è la probabilità che l'ultimo episodio compressivo sia molto recente.

Ulteriori dati (BETTINI *et al.*, 1990) analizzati sui depositi pleistocenici di bacini continentali più esterni, confermano la presenza di episodi compressivi a scala regionale anche se la discontinuità degli affioramenti e la frequente incertezza cronologica non consentono, per il momento, la messa a punto di un quadro definitivo.

Si può comunque dire che la compressione N40°E è chiaramente a carattere regionale in quanto interessa anche i terreni mio-pliocenici su tutta l'area studiata laddove non affiorano terreni pleistocenici. In questi

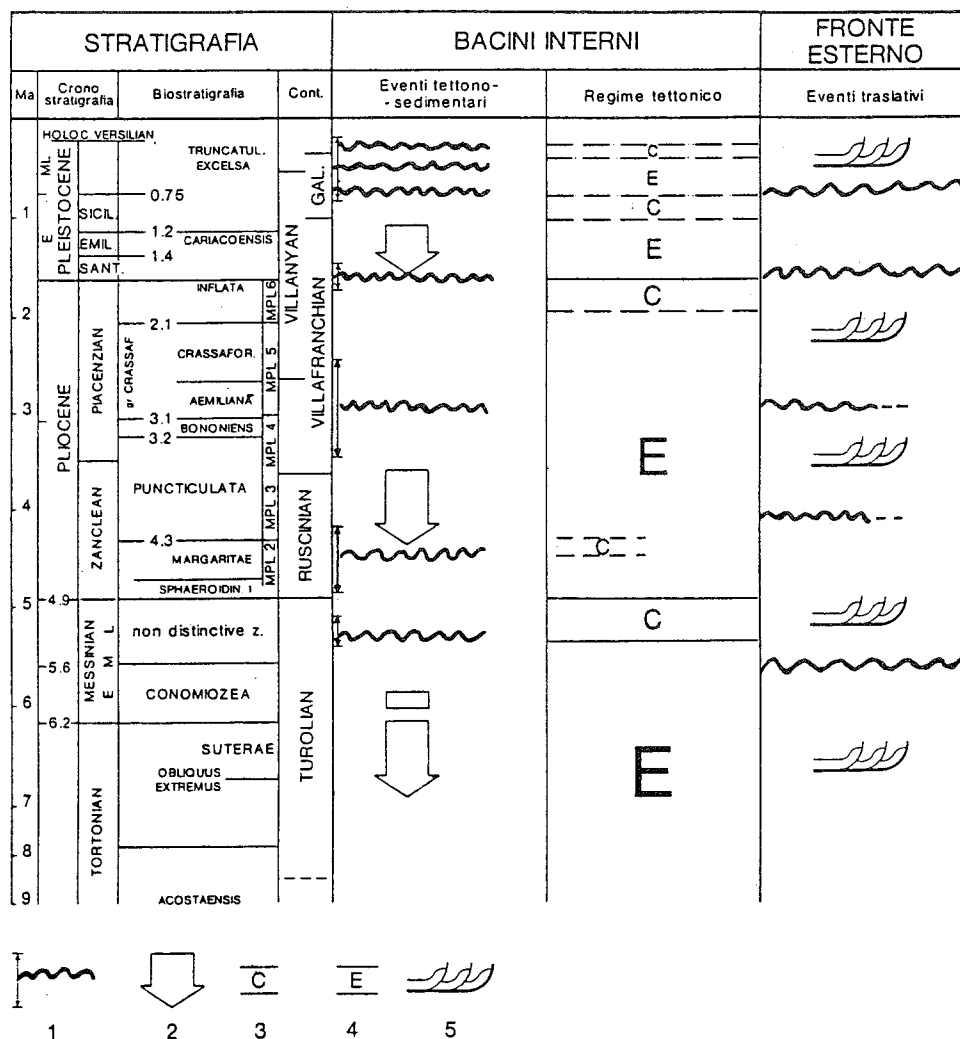


Fig. 1 - Tentativo di correlazione cronologica fra gli episodi di compressione riconosciuti nell'area toscana interna, le discordanze e/o lacune della successione neogenico-quadernaria e le discordanze riconosciute sull'esterno della catena (quadro cronologico e dati esterni ripresi da VAI, 1988; figura modificata da BERNINI *et al.*, 1990).

1 - discordanze e/o lacune della successione neogenico-quadernaria sia nei bacini interni che nelle aree esterne della catena (le frecce verticali, se presenti, indicano l'intervallo di confidenza); 2 - subsidenza tettonica accompagnata da sedimentazione nei bacini interni; 3 - regime tettonico compressivo rilevato nei bacini interni; 4 - regime tettonico distensivo nelle aree interne; 5 - pulsazione dei fronti esterni.

terreni le strutture dell'evento compressivo N40°E tagliano sistematicamente le strutture relative ai due eventi compressivi databili al Messiniano e al Pliocene superiore. Maggiori incertezze sussistono per l'evento compressivo più recente in direzione NW-SE, perché anche se localmente presente nei terreni mio-pliocenici, è tuttavia meno penetrativo. Esiste quindi la possibilità che tale episodio sia connesso con la presenza di zone di taglio trasversali.

EVENTI DISTENSIVI

Per quanto riguarda gli eventi in distensione, manca la possibilità di utilizzare uno strumento di analisi (le strutture stilolitiche) che viceversa è risultato di grande utilità per il riconoscimento dei raccorciamenti orizzontali e per la definizione dell'orientamento del σ_1 .

E' da notare comunque, che spesso tali strutture si trovano in posizione subverticale. Esse, però, corrispondono, nella maggior parte dei casi, a figure stilolitiche rilevate su banchi conglomeratici a giacitura molto inclinata, fino a subverticale e rovesciata, e, una volta riportata la stratificazione in posizione orizzontale, sono risultate compatibili con gli episodi compressivi sub-orizzontali, in particolare con quello messiniano e con quello pliocenico superiore.

A scala mesostrutturale gli eventi in distensione sono quindi documentati esclusivamente da faglie minori (da metriche a millimetriche), talvolta in chiara relazione di sovrapposizione con strutture legate a compressione. Gli assi di massima estensione sono orientati sia NW-SE sia NE-SW né si può escludere che anche in questo caso si tratti in realtà non di un unico, ma di più eventi in distensione, per il momento non separabili.

Eventi in distensione a faglie dirette con σ_3 orien-

tato in direzione sia NW-SE sia NE-SW, sono nuovamente bene espressi sui depositi pleistocenici della bassa val di Cecina e sui travertini della valle dell'Albegna (BOCCALETTI *et al.*, 1987; MARTELLI *et al.*, 1989).

Una scansione delle fasi a carattere distensivo sulla sola base dei dati strutturali è tuttavia per il momento impossibile, in quanto non abbiamo elementi, su base mesostrutturale, per documentare con sicurezza l'esistenza di una o più fasi di distensione, cronologicamente comprese tra il Messiniano ed il Pleistocene, in quanto, a differenza di quanto è risultato possibile per una parte degli episodi compressivi orizzontali, i depositi pleistocenici non filtrano gli eventi distensivi.

L'instaurarsi, dopo ogni episodio di discordanza, lacuna o erosione, di nuove condizioni per la sedimentazione, comunque, è chiaramente indizio di subsidenza legata a distensione.

CONCLUSIONI

Malgrado le incertezze, il quadro evolutivo della deformazione, ricostruito esclusivamente su base mesostrutturale, fornisce alcune significative conferme a scala regionale soprattutto riguardo a due punti: l'alternanza distensione-compressione, da un lato, ed il carattere di prevalente trascorrenza della deformazione fragile di natura compressiva dall'altro. Il miglior risultato risiede nel carattere regionale dei dati ed in questo senso lo schema che presentiamo può ritenersi, almeno sul piano qualitativo, un dato acquisito che può favorire la ricostruzione delle geometrie e la comprensione del significato delle strutture maggiori del Neoaotoceno della Toscana.

Restano comunque da chiarire i rapporti tra gli episodi compressivi individuati e la generale distensione, alla quale essi sembrano subordinati. Come già accennato si tratta probabilmente di un'alternanza tra episodi distensivi a cui è connessa la formazione dei bacini, ed episodi compressivi che si manifestano oltre che dal punto di vista deformativo con le strutture sopradescritte, anche con discordanze regionali, con interruzione della sedimentazione nei bacini e sollevamenti generalizzati (BARTOLINI *et al.*, 1982; AMBROSETTI *et al.*, 1987; BERNINI *et al.*, 1990).

Tali episodi compressivi, sulla diffusione regionale dei quali abbiamo già discusso, assumono quindi un'importanza notevole per la comprensione dell'evoluzione recente dell'Appennino Settentrionale e non possono essere considerati come limitati episodi locali. Essi vanno inseriti nell'evoluzione generale dell'Appennino dal Tortoniano superiore al Quaternario, e ciò pone inevitabilmente il problema delle relazioni fra compressione esterna e distensione sul retro (*back-arc area*). Dal punto di vista cronologico è possibile cor-

relare gli episodi compressivi da noi individuati, con le principali fasi di avanzamento dei fronti esterni (Fig. 1). In corrispondenza del primo episodio compressivo da noi individuato (direzione N20°), intramessiniano, che può sporadicamente (salvo ulteriori controlli) raggiungere la parte bassa del Pliocene, nel settore esterno dell'Appennino sono segnalate varie fasi di accavallamento: un episodio intramessiniano è documentato quasi ovunque sul fronte esterno (PIERI & GROPPI, 1981; CASTELLARIN *et al.*, 1985; MARABINI & VAI, 1985; VAI, 1987; 1988) sia da dati di superficie che di sottosuolo, e sono inoltre segnalati episodi anche nel Pliocene inferiore (CERETTI & COLALONGO, 1984; VAI, 1988).

Nel Pliocene superiore (zona a *G. inflata*) si registra il secondo episodio compressivo generalizzato in tutta la Toscana (direz. N90°) a cui corrisponde una nuova importante fase di avanzamento dei fronti di accavallamento sull'esterno (PIERI & GROPPI, 1981; CASTELLARIN *et al.*, 1985; VAI 1988).

Per quanto riguarda il Pleistocene, più difficile risulta una correlazione diretta, in quanto da un lato la definizione degli episodi deformativi nella Toscana interna risente della disomogenea distribuzione degli affioramenti e della loro non sempre ottimale qualità; dall'altro anche l'attività dei fronti esterni in questo periodo non è sempre scandita da precise e limitate fasi tettoniche. Resta comunque il fatto che in Toscana interna sono stati registrati episodi deformativi e che i fronti esterni sono attivi ancora nel Pleistocene.

Sembra dunque possibile, pur con le dovute cautele, trovare una correlazione tra gli episodi compressivi da noi individuati e le pulsazioni dei fronti esterni (BERNINI *et al.*, 1990). Inoltre, gli episodi compressivi intramessiniano e pliocenico superiore trovano una ulteriore buona corrispondenza con quelli segnalati nel bacino tirrenico (SARTORI, 1990), ove sono anche segnalati un episodio nel Pliocene inferiore la cui presenza a terra è stata da noi riscontrata con sicurezza soltanto in val di Fine (CERRINA FERONI *et al.*, 1989), ed episodi nel Pleistocene non meglio caratterizzati, probabilmente per le difficoltà da noi stessi trovate a terra, ovvero scarsità di sedimenti e bassa risoluzione cronologica degli intervalli.

Un ulteriore aspetto da approfondire potrebbe essere costituito dalla individuazione di un modello evolutivo che leghi entrambi i fenomeni (compressione esterna e distensione interna). Lo scopo primario di questa nota è quello di mettere in evidenza da un lato l'esistenza di un'alternanza tra tettonica compressiva e distensiva in un settore da sempre considerato solo in distensione, dall'altro quello di stabilire un legame tra due aree considerate quasi indipendenti dal punto di vista evolutivo e pressochè separate da quello strutturale. La ricerca di un modello più generale apre tutta una serie di problemi che per il momento è prematuro affrontare, ma che, alla luce delle considerazioni precedenti, è possibile inquadrare in un contesto forse diverso e più coerente.

BIBLIOGRAFIA

- AMBROSETTI P., BARTOLINI C., BOSI C., CARRARO F., CIARANI N., PANIZZA M., PAPANI G., VEZZANI L. & ZANFERRARI A. (1987) - *Neotectonic map of Italy*. C.N.R.-P.F. Geodinamica, Sottoprogetto neotettonica, Quad. Ric. Sci., **4**.
- BARBERI F., BUONASORTE G., CAMELI G.M., CIONI R., DINI I., FIORELLI A., FORESI L., IACCARINO S., LAURENZI M., SBRANA A., VERNIA L. & VILLA I. (1991) - *Evoluzione stratigrafica strutturale e vulcanismo Plio-Quaternario nell'area tosco-laziale*. Atti Workshop "EVOLUZIONE DEI BACINI NEOGENICI E LORO RAPPORTI CON IL MAGMATISMO PLIO-QUATERNARIO NELL'AREA TOSCO-LAZIALE". Pisa 12-13 giugno 1991.
- BARTOLINI C., BERNINI M., CARLONI G. C., COSTANTINI A., FEDERICI P. R., GASPERI G. F., LAZZAROTTO A., MARCHETTI G., MAZZANTI R., PAPANI G., PRANZINI G., RAU A., SANDRELLI F., VERCESI P. L., CASTALDINI D. & FRANCAVILLA F. (1982) - *Carta neotettonica dell'Appennino settentrionale. Note illustrative*. Boll. Soc. Geol. It., **101**, 523-549.
- BERNINI M., BOCCALETTI M., MORATTI G., PAPANI G., SANI F. & TORELLI L. (1990) - *Episodi compressivi neogenico-quaternari nell'area estensionale tirrenica nord-orientale. Dati in mare e a terra*. Mem. Soc. Geol. It., (in stampa).
- BETTINI P., BOCCALETTI M., BONINI M., MORATTI G., ROSSELLI S. & SANI F. (1990) - *Indizi di episodi compressivi pleistocenici nell'Appennino settentrionale. Dati preliminari*. Rend. Soc. Geol. It., (in stampa).
- BOCCALETTI M., CERRINA FERONI A., MANNORI M.R., MARTINELLI P. & SANI F. (1987) - *La deformazione fragile, mesoscopica dei depositi pleistocenici della bassa Val di Cecina, in Toscana*. Vol. Spec. Meeting "BRITTLE DEFORMATION ANALYSIS IN NEOTECTONICS" (BOCCALETTI M. & PAPANI G. Ed.). L'Ateneo Parmense, Acta Naturalia, **24**, 253-264.
- BOCCALETTI M., CERRINA FERONI A., MARTINELLI P., MORATTI G., PLESI G. & SANI F. (1991a) - *Compressive events in the Tyrrhenian side of the Northern Apennines*. Ann. Tect., (in stampa).
- BOCCALETTI M., CERRINA FERONI A., MARTINELLI P., MORATTI G., PLESI G. & SANI F. (1991b) - *L'area tosco-laziale come dominio di transizione tra il bacino tirrenico e i thrust esterni; rassegna di dati mesostrutturali e possibili relazioni con le discontinuità del "ciclo neoautoctono"*. Atti Workshop "EVOLUZIONE DEI BACINI NEOGENICI E LORO RAPPORTI CON IL MAGMATISMO PLIO-QUATERNARIO NELL'AREA TOSCO-LAZIALE". Pisa 12-13 giugno 1991.
- BOSSIO A., COSTANTINI A., LAZZAROTTO A., MAZZANTI R., MAZZEI R., MONTEFORTI B., SALVATORINI G. & SANDRELLI F. (1991) - *Evoluzione paleogeografica di alcuni bacini pliocenici toscani*. Atti Workshop "EVOLUZIONE DEI BACINI NEOGENICI E LORO RAPPORTI CON IL MAGMATISMO PLIO-QUATERNARIO NELL'AREA TOSCO-LAZIALE". Pisa 12-13 giugno 1991.
- CASTELLARIN A., EVA C., GIGLIA G., VAI G.B., RABBI E., PINI G.A. & CRESTANA G. (1985) - *Analisi strutturale del Fronte Appenninico Padano*. Giorn. Geol., ser.3, **47** (1-2), 47-76.
- CERETTI E. & COLALONGO M.L. (1984) - *Alloctonia nell'area padano-adriatica: il Caotico pliocenico della Val Sellustra*. Giorn. Geol., ser.3, **46**, 113-126.
- CERRINA FERONI A., MARTINELLI P. & PERILLI N. (1989) - *La fase tettonica del Pliocene inferiore nel settore nord orientale delle Colline Livornesi in Toscana*. Atti Soc. Tosc. Sci. Nat. Mem. ser. A, **XCVI**, 59-80.
- CERRINA FERONI A., MORATTI G. & PLESI G. (1983) - *Evidenze di episodi compressivi messiniano-pliocenici alternati alla tettonica di distensione nella Toscana sud-occidentale, emerse dall'analisi mesostrutturale*. In: Atti della riunione su "MECCANISMI DEFORMATIVI NELLE CATENE PERIMEDITERRANEE: STATO DI AVANZAMENTO DELLE RICERCHE E PROBLEMATICHE EMERSE". Firenze, 5 dicembre 1983, 35-42.
- COSTANTINI A., GANDIN A., GUASPARRI G., MAZZANTI R., LAZZAROTTO A. & SANDRELLI F. (1980) - *Neotettonica dei Fogli 111 (Livorno), 112 (Volterra), 113 (Castelfiorentino), 119 (Massa Marittima), 120 (Siena), 121 (Montepulciano), 126 (Isola d'Elba), 127 (Piombino), 128 (Grosseto), 129 (S. Fiora)*. In: CONTRIBUTI PRELIMINARI ALLA REALIZZAZIONE DELLA CARTA NEOTETTONICA D'ITALIA, C. N. R., P. F. Geodinamica, Pubbl. n. 356, 1075-1186.
- IACCARINO S., VERNIA L., BATTINI P. & GNAPPI G. (1991) - *Osservazioni stratigrafiche sul bordo orientale del bacino di Radicofani*. Atti Workshop "EVOLUZIONE DEI BACINI NEOGENICI E LORO RAPPORTI CON IL MAGNETISMO PLIO-QUATERNARIO NELL'AREA TOSCO-LAZIALE". Pisa 12-13 giugno 1991.
- LAZZAROTTO A. (1967) - *Geologia della zona compresa fra l'alta valle del fiume Cornia ed il torrente Pavone*. Mem. Soc. Geol. It., **6**, 151-197.
- LAZZAROTTO A. & MAZZANTI R. (1976) - *Geologia dell'alta Val di Cecina*. Boll. Soc. Geol. It., **95** (6), 1365-1478.
- LAZZAROTTO A., MAZZANTI R. & SALVATORINI G. (1969) - *Il Conglomerato di Montebamboli*. In: STUDI ILLUSTRATIVI DELLA CARTA GEOLOGICA ITALIANA, FORMAZIONE GEOLOGICHE. Servizio Geologico d'Italia, **2**, 101-113, Roma.
- LAZZAROTTO A. & SANDRELLI F. (1977) - *Stratigrafia e assetto tettonico delle formazioni neogeniche nel bacino del Casino (Siena)*. Boll. Soc. Geol. It., **96**, 747-761.
- MARABINI S. & VAI G.B. (1985) - *Analisi di facies e macro-tettonica della Vena del Gesso in Romagna*. Boll. Soc. Geol. It. **104**, 21-42.
- MARTELLI L., MORATTI G. & SANI F. (1989) - *Analisi strutturale dei Travertini della Toscana meridionale (Valle dell'Albegna)*. Boll. Soc. Geol. It., **108**, 197-205.
- PERTUSATI P.C., PLESI G. & CERRINA FERONI A. (1978) - *Utilizzazione delle strutture stilolitiche per l'interpretazione di un'anticlinale post-messiniana nella Toscana meridionale*. Boll. Soc. Geol. It., **97**, 289-296.
- PERTUSATI P.C., PLESI G. & CERRINA FERONI A. (1980) - *Un episodio di raccorciamento interposto fra fasi di distensione nel Calcare di Rosignano (Neoautoctono) del Bacino della Fine (Toscana meridionale)*. Boll. Soc. Geol. It., **99**, 175-181.

PIERI M. & GROPPI G. (1981) - *Subsurface geological structural of the Po plain, Italy* - C.N.R., Progetto Finalizzato Geodinamica, Pubbl. 414, pp. 13.

PLESI G. & CERRINA FERRONI A. (1979) - *Contributo alla conoscenza delle deformazioni del Neautoctono della Toscana: segnalazione di due fasi di raccorciamento attraverso lo studio degli stiloliti impressi sui ciottoli*. Boll. Soc. Geol. It., **98**, 15-25.

SARTORI R. (1990) - *The main results of ODP leg 107 in the frame of Neogene to Recent Geology of perytyrrhenian areas*.

In: KASTENS K.A. & MASCLE J. *et al.*, 1990, PROC. ODP, SCI. RESULTS, 107: College Station, Tx (Ocean Drilling Program), 715-730.

VAI G.B. (1987) - *Migrazione complessa del sistema fronte deformativo-avanfossa-cercine periferico: il caso dell'Appennino settentrionale*. Mem. Soc. Geol. It., **38**, 95-105.

VAI G.B. (1988) - *A fieldtrip guide to the Romagna Apennine geology, The Lamone Valley*. In "FOSSIL VERTEBRATES IN THE LAMONE VALLEY, ROMAGNA APPENNINE". Fieldtrip guidebook, (DE GIULI C. & VAI G.B. Eds.), 7-37.