F. BALDACCI (**), A. CERRINA FERONI (***), G. PLESI (**)

UNA NUOVA INTERPRETAZIONE DELLA STRUTTURA DELLA VAL DI LIMA (*)

Riassunto — La struttura della Val di Lima è il risultato della tettonica polifasata post-Macigno. Le deformazioni più vistose, rappresentate da antiformi e sinformi sinscistose, vergenti ad E, non appartengono alle fasi precoci del raccorciamento; nelle pieghe sono infatti implicati, fino al rovesciamento, raddoppi tettonici, geometricamente compresi tra i Calcari mesozoici ed il Macigno, realizzati durante una fase di compressione più antica. A questa prima fase appartiene anche il fianco inverso « lungo » affiorante nella Lima, alle strette di Cócciglia e a P.te Maggio, e nel T. Scesta, deformato, insieme al soprastante fianco dritto, secondo le pieghe a vergenza orientale.

La cerniera di raccordo fra il fianco inverso di prima fase e il fianco normale soprastante non è visibile, né sono state individuate pieghe parassite congeneri di questo rovesciamento. Mancano quindi, in Val di Lima, dati sulla vergenza delle strutture di prima fase cui sembra da ricollegare la messa in posto della Falda toscana.

Resumé — Une nouvelle intérpretation de la structure du Val de Lima. La structure du Val de Lima (affluent du Serchio, Apennin du Nord) est le résultat de la tectonique poliphasée post-macigno. Les déformations les plus évidentes, répresentées par des antiformes et des synformes sin-schisteuses, à asimmétrie Est, ne se sont pas produites dans les phases précoces du raccourcissement; ces plis intéressent en effet, jusqu'au renversement, des redoublements de série réalisés au cours d'une phase de compression précedente. A cette prémière phase est à référer de long flanc renversé qui affleure au fond de la vallée, et qui est redéformé, avec le flanc normal, par les plis tardifs à regard Est. La charniere de première phase n'est pas visible, de même on n'à pas reconnu des plis parasites formés au cours de cette phase. On n'a pourtant pas de donnés, dans cette grande structure, sur la vergence de la première phase, qui semble liée à la mise en place de la nappe toscane.

^(*) Pubblicazione n. 9 del Centro di Studio per la Geologia Strutturale e Dinamica dell'Appennino. (C.N.R.) - Via S. Maria 53 - Pisa.

^(**) Istituto di Geologia dell'Università - Via S. Maria 53 - Pisa.

^(***) C.N.R., Centro di Studio per la Geologia Strutturale e Dinamica dell'Appennino.

Abstract — A new interpretation of the tectonic structure of the Lima Valley, Tuscany, Italy. The structure of the Lima Valley is the result of post-Macigno poliphasic tectonics. The most evident deformations, represented by antiforms and synforms formed during the development of the schistosity and trending eastwards, do not belong to the early stages of shortening. Tectonic repetitions of Scaglia and Macigno above the Mesozoic limestones, formed during an earlier folding stage, are in fact involved in recumbent folds. The formation of the «long» reverse flank outcropping in the Lima Valley which is deformed together with the overlying normal flank along eastward-trending folds can also be attributed to this early stage.

The hinge between the reverse flank and the normal flank is not visible and parasitic folds related to this overturning have not been identified. Thus in the Lima Valley, there are no data on the vergence of the structure formed during the early stage of Alpine orogeny which seems to have been responsible for the emplacement of the Tuscan Nappe.

Key words — poliphasic tectonics, folding, schistosity, anchimetamorphism, Tuscan nappe, Northern Apennines.

Questa breve nota ha lo scopo di illustrare, in maniera molto schematica, tramite due sezioni ed uno stereogramma, la struttura geologica della Val di Lima, così come si è venuta delineando sulla base delle nostre ricerche nella zona.

E' nostra intenzione pubblicare quanto prima una carta strutturale, relativa almeno alla parte più orientale del nucleo, che comprenda le strutture più significative. La decisione di pubblicare una nota preliminare è essenzialmente dettata dal crescente interesse che si è sviluppato intorno a questo argomento in relazione alle recenti ipotesi di una origine orientale della Falda toscana (Tongiorgi, 1978; Dallan Nardi e Nardi, 1979; Ciarapica e Passeri, 1980; Boccaletti et Al., 1980).

Sulla base dei lavori di Bellincioni et Al. (1956) e Bellincioni (1959) la vergenza della struttura della Val di Lima veniva considerata, nelle classiche interpretazioni faldiste soprattutto della Scuola di Pisa, come uno degli argomenti più probanti a favore di un'origine tirrenica dei terreni del ricoprimento apuano di cui, almeno a livello di Mesozoico, avrebbero costituito il fronte (Giannini et Al., 1962; Elter, 1960; Baldacci et Al., 1967).

Lo sviluppo delle ricerche degli ultimi anni sulla tettonica delle unità toscane, inferiori e superiori (Carmignani e Giglia, 1976; Pertusati et Al., 1979), ha chiarito che le deformazioni compressive post-Macigno sono collegate a più di una fase tettonica. Anche in Val di Lima sono conservate le testimonianze di una tettonica di compressione polifasata; ne deriva la possibilità di una diversa

ricostruzione geometrica della struttura e di una nuova interpretazione del suo significato geologico.

La sezione più settentrionale (A della Tav. 1) corrisponde alla trasversale situata appena più a Nord del T. Lima, lungo l'allineamento Balzo Lezze-Limano-Vico Pancellorum-Montale; quella più meridionale (B) passa dal M. Memoriante e da Zato. Lo stereogramma di Tav. I. su cui sono indicate le tracce delle due sezioni, ha soprattutto lo scopo di rendere più comprensibili i rapporti fra le strutture rappresentate sui due profili e i loro collegamenti, e di rappresentare motivi strutturali non intersecati dalle sezioni geologiche; tra questi la faglia di direzione media N 80 a forte inclinazione verso Sud (parte superiore dello stereogramma), passante per Limano, Vico Pancellorum e Metato di Giumeglio. Essa ha un rigetto da faglia diretta, con una componente di movimento destro, nel suo tratto più orientale, da faglia inversa nel suo tratto più occidentale. Probabilmente dunque questa superficie o parti di essa sono state utilizzate più di una volta in relazione a fenomeni sia compressivi sia distensivi.

Per pura comodità di disegno e per evitare le complicazioni che comportano le forti laminazioni della parte superiore della successione calcarea, sono stati rappresentati nello stereogramma soltanto i termini più bassi della successione toscana: il Trias superiore e le formazioni calcaree liassiche (Massiccio e Selcifero inferiore); la superficie superiore dello stereogramma rappresenta dunque l'andamento della struttura a livello delle Marne a Posidonia.

Per una descrizione degli elementi tettonici che caratterizzano la struttura della Val di Lima è necessario separare quelli che contraddistinguono i raccorciamenti precoci (che noi indicheremo come 1ª fase) da quelli dipendenti dalle compressioni più recenti (2ª fase). Fra i primi i più importanti, alla scala delle strutture maggiori, sono:

- A I contatti tettonici che scompongono la serie stratigrafica soprattutto in corrispondenza del contatto Scaglia-Maiolica, e che determinano l'intercalazione di vari lembi di Macigno fra il Mesozoico calcareo e la Scaglia.
- B Il lungo fianco inverso affiorante nel T. Scesta, alle strette di Còcciglia, e a Ponte Maggio che, nel quadro di una tettonica monofasica, BELLINCIONI et Al. (1956) e BELLINCIONI (1959)

ricollegavano direttamente alla struttura del M. Memoriante, materializzando così la grande piega coricata a vergenza orientale che costituiva uno dei motivi dominanti di quella interpretazione.

Le ripetizioni tettoniche fra i calcari mesozoici e la scaglia dell'unità tettonica superiore, rifacendoci in parte a quanto già notato da Pertusati et Al. (1979), in parte alle sezioni pubblicate in questa nota, sono chiaramente implicate, fino al rovesciamento, nelle pieghe e sono quindi da ricondurre ad una fase precedente a quella che ha determinato i piegamenti stessi. Sul terreno ciò è particolarmente evidente lungo i fianchi e nella zona di cerniera dell'antiforme più esterna (fra Tana a Termini e M. Caligi, e nei dintorni di Lucchio). Si veda a questo proposito il nostro rilevamento di questo settore della struttura, pubblicato in Dallan et Al. (1981).

Anche il lungo fianco inverso delle Strette di Còcciglia-T. Scesta-Ponte Maggio è da ricollegare a una fase di compressione precedente alle pieghe visibili in Val di Lima e non può di conseguenza prolungarsi nel fianco inverso della struttura del M. Memoriante. Il fianco inverso delle Strette di Cócciglia-Ponte Maggio è deformato, insieme al fianco dritto sovrastante, da mesopieghe da metriche a decimetriche, con simmetria a Z (Fig. 1 e Tav. I); il fianco inverso del M. Memoriante è viceversa affetto da mesopieghe di trascinamento con simmetria ad S (Fig. 2 e Tav. I). La simmetria delle pieghe parassite esclude quindi la contemporaneità fra i due fianchi inversi e ne impedisce il collegamento. Questo insieme strutturale acquista una coerenza se si ammette che tutte le mesopieghe, con simmetria a Z o ad S, siano fra loro contemporanee ed abbiano il significato di drag folds sui fianchi delle strutture maggiori a vergenza orientale, sovraimpresse, durante la 2ª fase, ad un edificio strutturale più antico di cui faceva già parte il lungo fianco inverso delle Strette di Còcciglia-Ponte Maggio.

D'altra parte è da rilevare che il collegamento tra il fianco inverso del M. Memoriante e quello delle Strette di Còcciglia, che come si è detto non riteniamo possibile, era suffragato, nell'interpretazione di Bellincioni et Al. (1956) e Bellincioni (1959), soltanto da un breve tratto di contatto fra Calcari a *Raethavicula contorta* e Cavernoso in prossimità di Ponte Maggio. Lo stesso Bellincioni tuttavia avverte giustamente che « non è sempre possibile de-



Fig. 1 - Drag folds nel fianco inverso della struttura della Val di Lima. L'esempio si riferisce all'affioramento di marne a Posidonia poco a monte delle strette di Cócciglia. Si noti la simmetria a Z e la scistosità di piano assiale (S_2) che ha la stessa giacitura e gli stessi caratteri di quella che compare nel fianco diritto sovrastante.

limitare esattamente il contatto fra Retico e Cavernoso, dato che assai spesso l'uno può trovarsi incluso nell'altro e viceversa, come si può osservare ad esempio in prossimità del M. Memoriante o lungo la strada in costruzione per Casoli ». Del resto, se nelle sezioni geologiche degli Autori sopracitati non si tiene conto del contatto Cavernoso-Calcari a R. contorta, non risulta rappresentato il raccordo fra i due fianchi inversi, lasciando così aperta la possibilità di interpretare le sezioni stesse nel modo che noi proponiamo.

Coerentemente con queste osservazioni, e con i dati cartografici di cui disponiamo, interpretiamo quindi la *Struttura del Memoriante* come un esempio particolarmente vistoso di piega tardiva che coinvolge fino al rovesciamento il fianco normale e il fianco inverso di una piega più antica.

Si tratta quindi di una antiforme rovesciata verso i quadranti



Fig. 2 - Drag folds nel fianco inverso del Monte Memoriante con simmetria ad S. L'esempio si riferisce ad una mesopiega nella formazione della maiolica.

orientali la cui direzione varia fra N 120-130 nel tratto più settentrionale e N 20-30 nei pressi della faglia del M. Memoriante da cui la struttura è tagliata.

Alla seconda fase appartengono anche le altre due grandi pieghe a vergenza orientale, « esterne » all'antiforme del M. Memoriante, rappresentate nelle sezioni geologiche e nello stereogramma.

L'antiforme di Montale-Lucchio-Croce a Veglia. Anche questa struttura ha direzioni assiali variabili, intorno a NS nel tratto più settentrionale da noi rappresentato, intorno a N 150 nel tratto più meridionale (nei pressi di Croce a Veglia, già fuori dallo stereogramma di Tav. I).

Essa è spezzata da piccoli décrochements e soprattutto da una faglia diretta passante per Lucchio, che determina l'abbassamento del blocco meridionale. A Sud di Lucchio questa struttura è dunque osservabile solo a livello della Scaglia, del Macigno superiore e del Macigno inferiore affiorante alla base della Scaglia nella piccola finestra tettonica del Rio Fossa Fredda (Sez. B).

Come l'antiforme rovesciata del M. Memoriante anche questa struttura più esterna ha vergenza verso E o NE. Essa presenta infatti un fianco occidentale poco inclinato e un fianco orientale che raggiunge, a livello della Maiolica, la verticale nella parte più profonda osservabile nei pressi di Tana a Termini.

La sinforme di Zato. Le due strutture antiformi appena descritte si raccordano tramite una stretta sinforme rovesciata, la cui cerniera è visibile a livello della Scaglia sulla strada di Lucchio subito a Sud del paese. Questa struttura, cambiando direzione, continua verso NW fino al cimitero di Vico Pancellorum e verso Sud fino alle pendici orientali del M. Lischeta.

Alle megastrutture di seconda fase finora descritte sono spesso associate, come si è già accennato, pieghe di trascinamento sinscistose (drag folds), da metriche a decimetriche, che mostrano simmetrie opposte sui fianchi dritti e su quelli rovesciati, rispettivamente a Z e ad S).

E' interessante notare come al trascinamento, che ha determinato queste strutture, sia spesso associata una rotazione della scistosità di piano assiale, che tende quindi a parallelizzarsi all'andamento delle superfici fra cui risulta inquadrata (in genere superfici di strato). Questo fenomeno è più accentuato quando interessa

livelli più argillosi la cui scistosità dunque forma angoli relativamente bassi con la stratificazione.

L'evoluzione tettonica della Val di Lima non si esaurisce con le strutture finora descritte, ma registra eventi importanti anche in epoche successive. Ne è testimonianza il fatto che alle pieghe della seconda fase è sovraimpressa una terza generazione di piegamenti molto più blandi e in genere disposti fra N 20 e N 60. (A questa fase più che alle precedenti, caratterizzate da una tettonica relativamente plastica, si accompagnano spesso delle faglie trascorrenti destre, da N 80 ad EW, e sinistre N 150). Ne sono testimonianza infine i grossi sistemi di faglie dirette, i cui rapporti con le altre strutture non abbiamo finora esaminato nel dettaglio.

Le nostre considerazioni conclusive si limiteranno perciò per il momento alla valutazione degli effetti delle due prime fasi deformative.

Gli elementi raccolti a questo proposito tendono in primo luogo a confermare l'esistenza di un vistoso scollamento del complesso superiore Scaglia-Macigno in rapporto al substrato calcareo. A differenza delle precedenti interpretazioni noi riteniamo però che questo scollamento costituisca un evento precoce la cui polarità non è desumibile dalla vergenza delle pieghe descritte, che sono ad esso posteriori.

Alla stessa fase che ha determinato lo scollamento del complesso superiore va attribuita l'individuazione del fianco inverso del T. Scesta-Strette di Còcciglia-Ponte Maggio che, alla stessa stregua delle ripetizioni tettoniche inquadrate tra il Mesozoico e il Macigno, è implicato nella tettonica successiva. Non è invece visibile all'affioramento la cerniera di raccordo fra il fianco inverso lungo delle Strette di Còcciglia e il fianco dritto sovrastante. Per l'assenza di mesopieghe sicuramente congeneri di questo rovesciamento precoce e di evidenti lineazioni di intersezione (S_1 - S_0), non disponiamo, allo stato attuale delle conoscenze, di elementi utili per la definizione della direzione, e tanto meno della vergenza, della prima fase compressiva, che costituisce l'episodio di raccorciamen -to più importante ed è probabilmente collegata con la messa in posto della Falda toscana (1).

⁽¹⁾ Alla prima fase deformativa, o ad una interfase statica cronologicamente interposta tra la prima e la seconda fase, sono da ricondurre i processi di ricristallizzazione in ambiente anchimetamorfico di recente riconosciuti in Val di Lima da CERRINA FERONI et Al. (1981).

Al di fuori della Val di Lima, i rapporti tra la scistosità di prima fase delle unità metamorfiche e la superficie di taglio alla base della Falda toscana, ricostruiti sui due fianchi della megaantiforme tardiva del massiccio apuano, indicano per la Falda stessa un trasporto tettonico da occidente verso oriente (CARMIGNANI et Al., 1980).

Senza entrare nel merito degli argomenti, per lo più di carattere stratigrafico e paleogeografico, su cui si fondano le recenti ipotesi di una destinazione tirrenica della Falda toscana, ci sembra quindi che, dal punto di vista strutturale, non esistano allo stato attuale delle conoscenze argomenti che giustifichino l'ipotesi di un trasporto tettonico verso occidente.

OPERE CITATE

- Baldacci F., Elter P., Giannini E., 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 (2), 213-244.
- Bellincioni P. (1959) Il nucleo mesozoico della Val di Lima. Boll. Soc. Geol. It., 78 (2), 44-73.
- Bellincioni D., Fancelli R., Ghelardoni R. & Trevisan L. (1956) Grande piega coricata con nucleo triassioc in Val di Lima. *Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem.*, Serie A, 63, 71-77.
- Boccaletti M., Coli V., Decandia F. A., Giannini E. & Lazzarotto A. (1980) Evoluzione dell'Appennino settentrionale. Libretto guida del 70º Congresso della Società Geologica Italiana, 11-28.
- CARMIGNANI L. & GIGLIA G. (1976) Le fasi tettoniche terziarie dell'autoctono delle Alpi Apuane: studio delle strutture minori della zona centro-meridionale. *Boll. Soc. Geol. It.*, **94** (6), 1957-1982, 1975.
- CARMIGNANI L., GIGLIA G. & KLIGFIELD R. (1980) Nuovi dati sulla zona di taglio ensialica delle Alpi Apuane. 70° Congresso Soc. Geol. It., Siena 6-11 ottobre 1980. Riassunti, 5-6.
- Cerrina Feroni A., Leoni L. & Plesi G. (1980) Primi dati sulla cristallinità dell'illite nella Falda toscana: gli affioramenti della Val di Lima. *Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., Serie A, 87, 341-353.*
- CIARAPICA G. & PASSERI L. (1980) Tentativo di ricostruzione palinspastica a livello del Trias nella Toscana a Nord dell'Arno e sue implicazioni tettoniche. 70º Congresso Soc. Geol. It., Siena 6-11 ottobre 1980. Riassunti, pag. 2.
- Dallan Nardi L. & Nardi R. (1979) Il quadro paleotettonico dell'Appennino settentrionale: un'ipotesi alternativa. Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., Serie A, 85, 289-297.
- ELTER P. (1960) I lineamenti tettonici dell'Appennino a NW delle Apuane. *Boll. Soc. Geol. It.*, **79** (2), 273-312.

- GIANNINI E., NARDI R. & TONGIORGI M. (1962) Osservazioni sul problema della Falda Toscana. Boll. Soc. Geol. It., 81 (2), 17-98.
- Pertusati P. C., Plesi G. & Cerrina Feroni A. (1979) Alcuni esempi di tettonica polifasata nella Falda toscana. *Boll. Soc. Geol. It.*, 96 (4), 587-603, 1977.
- Tongiorgi M. (1978) Notes for palinspastic reconstruction of the post-Hercynian paleogeography of the Tyrrenian area. In: Report of the Tuscan Paleozoic basement. CNR, Rapporto interno, Sottoprogetto En. Geot., Prog. Fin. En., 77-90.

(ms. pres. 1'8 giugno 1981; ult. bozze il 19 gennaio 1982)

 Calcare cavernoso e Calcari ad Avicula contorta
 Calcare massiccio
 Rosso ammonitico
 Selcifero inferiore
 Marne a Posidonia 1000-500-F. Baldacci, A. Cerrina Perroni, G. Plesi - Una nuova interpretazione della struttura della Val di Lima ¥ M. Proto Fiorito 6. Selcifero superiore7. Diaspri8. Maiolica9. Scaglia argillosa9'. Scaglia marnosa Scaglia argillosa Scaglia marnosa ~ Km 4 La linea tratteggiata rappresenta il piano assiale della struttura di 1ª fase. 9". Scaglia calcarenitica 10. Macigno T. Scesta M sez. B Limano 500 1000-250 750 8 M. Memoriante Solco dell' Inferno Zato