

SEZIONE GEOLOGICA SCHEMATICA BONASSOLA (SP) - FELINO (PR) (**)

ABSTRACT

The Bonassola (SP) - Felino (PR) cross section is a schematic section through the whole Northern Apennine structural units from the La Spezia structure to the Po Plain. The section is the result of more recent structural interpretation and geophysical data of this portion of the chain.

Some assumptions and simplifications have to be done in defining this cross section.

Stratigraphic assumptions: 1) the basement is correlated to the "magnetic basement" of CASSANO *et al.* (1986), tested by "Pontremoli 1" well; 2) the Meso-Cenozoic stratigraphic units, underlying or coeval to the foredeep units, have no internal subdivision and a thickness of about 1.000 m; 3) each foredeep clastic wedge (Macigno, Cervarola and Marnoso Arenacea) has a maximum thickness of 2.000 m; 4) the Ligurids and Subligurids are arbitrarily grouped in the same tectonic unit.

Tectonic assumptions: 1) the geometry of the main structural units is sketched in a very simplified way and without considering their brittle - ductile transition zone in depth, probably at shallow level, on which the listric extensional faults of Lunigiana area have their "flat" surface; 2) in the southwestern portion of the section, the thrusts are reactivated with extensional movements, which allow the crust to be thinned and to reach a 20 km thickness.

The features depicted on the Bonassola-Felino cross section are thought to be the result of a first basement and sedimentary cover shortening and thickening (thrusts **A**, **B**, **C**), which progressively flexed the lithosphere and created space for the foredeep siliciclastic wedges, shortened after their deposition.

The thickened crustal wedge start to collapse (PLATT, 1986). In the shallower structural level an extensional detachment dipping NE (**D**), testified in the lower part of "Pontremoli 1" well) start to form, as seismic profiles seems to prove. This detachment is right oriented to act as compressional detachment surface and it can be affected by inversion tectonic during the compression on the Padan front of the Apennine chain. The ongoing crustal thickening curves the detachment **D**, enhancing the gravitational disequilibrium between the internal and external zones (CARMIGNANI & KLIEGFELD, 1990) and inducing collapsing phenomena along surface like **D**.

The geometry of the structure here sketched 1) may explain the superposition of various compressive events on the extensional basins in Tuscany from the late Miocene on (BOCCALETTI *et al.*, 1992; *cum bibl.*), 2) may explain recent compression on tectonic units already stacked in the Apennine chain, 3) may link the late Pliocene - Pleistocene compression of Tuscany continental basins to the quite coeval out of sequence movement along the Padan front of the Apennine (CASTELLARIN *et al.*, 1986; VAL, 1987; BERNINI *et al.*, 1990).

(*) Istituto di Geologia dell'Università di Parma

(**) Lavoro eseguito con finanziamenti M.U.R.S.T. 40% Responsabili: M. Bernini, G. Papani e G. Zanzucchi.

INTRODUZIONE

La sezione geologica presentata, largamente approssimata e ampiamente interpretativa, attraversa un territorio che comprende gran parte delle unità tettoniche dell'Appennino nord-occidentale, tra la Liguria orientale e la Padania, poco ad Est della struttura di Salsomaggiore.

A partire da SW, la sezione taglia la parte centrale della struttura a successione toscana della Spezia, attraverso l'Unità Gottero, sfiora la terminazione nord-occidentale della struttura affiorante di M. Orsaro sempre di successione toscana, taglia gli affioramenti delle Arenarie di Pracchiola (cfr. Aren. di M. Cervarola) che sembrano sovrascorsi dalla piega frontale della Falda Toscana, quindi dopo aver attraversato terreni appartenenti all'Unità subliguride di Canetolo, procede verso NNE, interessando Liguridi fino al loro ricoprimento sulla Unità di Salsomaggiore presente in profondità, come testimoniato dalle perforazioni petrolifere nella zona di Terenzo, Calestano e Vallezza. In seguito, parallelamente a questa sezione, ne verrà tracciata una seconda più a NW, che attraversa la struttura di M. Zuccone (Macigno s.l.) nell'alta Val Taro, per terminare sulla struttura affiorante di Salsomaggiore e più a SE una terza, sempre parallela alle precedenti, dai gessi triassici dell'alta Val Secchia alla pianura reggiana. La sezione qui allegata e la parallela più a NW, in corso di completamento, saranno direttamente collegate ai profili AGIP n° 7-8 di PIERI & GROPPI (1981) che iniziano sulle prime colline dell'Appennino parmense per continuare verso NE nella Padania.

DATI DI PARTENZA CHE HANNO PERMESSO L'INTERPRETAZIONE

Il presente lavoro tiene conto di varie sezioni geologiche pubblicate, e non, dagli anni '80 ad oggi dagli autori di questa nota, nonché delle sezioni geologico-strutturali alla scala 1:200.000 (AA.VV., 1980) e della Carta Strutturale al 250.000 (BOCCALETTI & COLI Redattori, 1982). La parte superficiale del profilo geologico, nel segmento 1: M. dei Vaggi-P. ta Ciapani - L'Ago, è ricavata da ABBATE (1969); nel segmento 2: Sesta Godano - M. Picchiara, da CANDI (1993) e CURETTI (1993); nel segmento 3: M. Picchiara - Pontremoli - M. Orsaro, da BERNINI & LASAGNA (1988); e nel segmento 4: M. Orsaro - Marra - M. Provenga - M. Sporno - T. Cinghio, da ZANZUCCHI (1980) e VESCOVI (1988).

L'interpretazione in profondità è basata sui dati del sondaggio Pontremoli 1, con revisione di PIERI *et al.* (1992), sui dati del sondaggio Terenzo 1 (proiettato 2,5 Km da NW) e sui seguenti dati geofisici:

- 1) profondità del basamento magnetico secondo CASSANO *et al.* (1986);
- 2) interpretazione delle anomalie magnetiche nel settore appenninico settentrionale di NW (GUALTIERI *et al.*, 1992);
- 3) anomalie gravimetriche di Bouguer del settore appenninico settentrionale (CASSANO *et al.*, 1986);
- 4) modello geofisico di densità crostale estrapolato da gravimetria e velocità sismiche, lungo il profilo Mar Ligure - Alpi Centrali (GIESE *et al.*, 1992);
- 5) interpretazione profili sismici crostali EGT-S86 e EGT-South (BUNESS & GIESE, 1990);
- 6) parte occidentale della sezione n° 8 di PIERI & GROPPI (1981).

APPROSSIMAZIONI DI CARATTERE STRATIGRAFICO

Queste approssimazioni sono state introdotte per facilitare la ricostruzione delle geometrie in profondità.

- Il "Basamento magnetico" padano è considerato di significato stratigrafico analogo alle unità metamorfiche paleozoiche rinvenute al fondo pozzo del sondaggio Pontremoli 1.

- Il substrato stratigrafico dei corpi di avanfossa è per semplicità indifferenziato e comprende successioni mesozoiche la cui potenza è considerata nell'ordine dei 1000 m.

- Nella sezione geologica schematica si assume che i cunei clastici di avanfossa (Macigno, Cervarola, Marnoso-arenacea) mantengano uno spessore di circa 2000 m, con graduale chiusura da SW a NE.

Si presume inoltre che sulla verticale della chiusura di un'avanfossa si sia sviluppata l'avanfossa più recente già con i suoi spessori maggiori (ANDREOZZI, 1991; ARTONI 1993).

- Nell'ambito delle unità alloctone non vengono distinte le Liguridi dalle Subliguridi.

APPROSSIMAZIONI DI CARATTERE STRUTTURALE

- L'innalzamento tettonico del "basamento" incontrato nel sondaggio Pontremoli 1 rispetto al "Basamento magnetico" padano è giustificato ipotizzando l'esistenza di raddoppi nelle coperture e nel basamento, con notevoli raccorciamenti difficilmente quantificabili, ma plausibili, sulla base delle interpretazioni geofisiche citate in precedenza.

- Le ripetizioni tettoniche nelle coperture sono interpretate come l'effetto di *over-thrust* con geometrie a *ramp-flat* con sviluppo di anticlinali legate a faglie. Per semplicità queste geometrie sono estese anche ai livelli strutturali più profondi anche se qui le coperture e il basamento potrebbero essere coinvolti in geometrie più complesse con sviluppo di *duplex*.

- Le faglie estensionali del settore occidentale, desunte dai dati di terreno, sono schematizzate con geometrie listriche (BERNINI, 1991), cercando di mantenere costanti per ogni faglia i rigetti delle varie unità dislocate.

- Sul livello di scollamento evidenziato nel sondaggio Pontremoli 1 si sarebbero orizzontalizzate le principali

faglie listriche estensionali.

- Altri sistemi listrici riattiverebbero in estensione le precedenti superfici di *thrust*, assottigliando la crosta profonda del settore tirrenico ed innalzando la "moho" fino a 20 Km circa.

- Il modello qui proposto, nei livelli strutturalmente più profondi del settore occidentale, non tiene conto della possibilità che gli spessori crostali piuttosto ridotti possano innalzare in modo considerevole anche la transizione fragile-duttile della deformazione.

INTERPRETAZIONE STRUTTURALE DEL PROFILO

Gli *over-thrust* che raddoppiano coperture (A, B) e basamento (C) nel settore occidentale della sezione, porterebbero all'innalzamento tettonico di una zona interna. Questa strutturazione creerebbe i presupposti per l'inizio del collasso gravitativo del prisma ensialico (PLATT, 1986) e, iniziando dai livelli strutturali più superficiali, si imposterebbe una zona di taglio estensionale, a basso angolo, con immersioni padane (D). Questa "superficie" di discontinuità che sembra trovare un certo riscontro in dati sismici Agip di recente acquisizione ma non pubblicati, può aver trasferito nelle zone interne parte della compressione indotta dai sottoscorrimenti padani, sovraimponendo (GIAMMARINO & GIGLIA, 1990) alle deformazioni NE-vergenti delle unità toscane, sovrascorrimenti tirrenico-vergenti (freccie a senso opposto della figura). Proseguirebbe quindi lo sviluppo dell'ispessimento crostale con l'impostazione di un *antiformal stack* nel settore dove è ubicato Pontremoli 1 e cioè sul prolungamento (in profondità verso NW) del nucleo metamorfico apuano. Si inarcherebbe così anche l'originaria zona di *detachment* (D) e si accentuerebbero ulteriormente fenomeni di collasso dovuti a disequilibrio gravitativo (CARMIGNANI & KLIGFIELD, 1990) con direzione di trasporto tettonico verso SW, nel settore interno a Pontremoli 1 e verso NE nel settore esterno. Sulla "superficie" di *detachment*, al culmine dell'*antiformal stack*, possono raccordarsi i principali sistemi listrici estensionali neogenico-quadernari. Questa geometria di strutturazione 1) può giustificare le ripetute alternanze di episodi compressivi nei bacini estensionali toscani dal Miocene superiore in poi (BOCCALETTI *et al.*, 1992 *cum. bibl.*), 2) può giustificare riattivazioni recenti in compressione della zona di dorsale appenninica, 3) può mettere in stretta relazione gli episodi compressivi pliocenico superiori-pleistocenici dei bacini continentali toscani con la riattivazione, circa contemporanea, fuori sequenza delle strutture del margine appenninico-padano (CASTELLARIN *et al.*, 1986; VAI, 1987; BERNINI *et al.*, 1990).

RINGRAZIAMENTI:

Si ringraziano M. Andreozzi, E. Costa, L. Torelli e M. Zanelli per le utili discussioni ed E. Masini per la collaborazione grafica. Un ringraziamento particolare ai colleghi dell'AGIP S.p.A. di S. Donato Milanese.

BIBLIOGRAFIA

- ABBATE E. (1969) - *Geologia delle Cinque Terre e dell'entroterra di Levante*. Mem. Soc. Geol. It., **8** (4), 923-1014.
- ANDREOZZI M. (1991) - *Stratigrafia fisica delle Arenarie di M. Cervarola nel settore nord-occidentale dell'Appennino settentrionale tra la Val Secchia (RE) e la Val Panaro (MO)*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., **XLVI**.
- ANELLI L., GORZA M., PIERI M. & RIVA M. (in stampa) - *Dati di pozzi profondi dell'Appennino settentrionale*. 76° Congresso Soc. Geol. It., Firenze 21-23 settembre 1992.
- ARTONI A. (1993) - *Modello sedimentario e di flessurazione di un tratto del margine adriatico in un settore dell'Appennino Centrale*. Tesi di Dottorato del V° ciclo inedita, Consorzio delle Università di Ferrara, Firenze, Pavia e Parma.
- AA.VV. (1980) - *Sezioni geologico-strutturali in scala 1:200.000 attraverso l'Appennino settentrionale*. CNR Prog. Fin. Geodin., Sottoprog. Modello Strutturale.
- BERNINI M. (1991) - *Le strutture estensionali della Lunigiana (Appennino settentrionale): Proposta di un modello deformativo*. Atti Tic. Sc. Terra, **34**, 29-38.
- BERNINI M. & LASAGNA S. (1988) - *Rilevamento geologico e analisi strutturale del bacino dell'alta val Magra tra M. Orsaro e Pontremoli (Appennino settentrionale)*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat. Mem., Ser. A., **95**, 139-183.
- BERNINI M., BOCCALETTI M., MORATTI G., PAPANI G., SANI F. & TORELLI L. (1990) - *Episodi compressivi neogenico-quadernari nell'area estensionale tirrenica nord-orientale. Dati in mare e a terra*. Mem. Soc. Geol. It., **45**, 577-589.
- BOCCALETTI M. & COLI M. Redattori (1982) - *Carta strutturale dell'Appennino settentrionale, scala 1:250.000*. CNR Prog. Fin. Geodin., Pub. N° **429**.
- BOCCALETTI M., CERRINA FERONI A., MARTINELLI P., MORATTI G., PLESI G. & SANI F. (1992) - *Late Miocene-Quaternary compressive events in the Tyrrhenian side of the Northern Apennines*. Annales Tectonicae, **2** (IV), 214-230.
- BUNESS H & GIESE P. (1990) - *A crustal section through the northwestern Adriatic plate*. In: FREEMAN R., GIESE P. & MUELLER ST. (Eds.), *The European Geotraverse: Integrative studies*, European Science Foundation, Strasbourg, Francia, 297-304.
- CANDI M. (1992) - *Rilevamento geologico ed analisi strutturale dei depositi continentali del bacino di Aulla-Olivola (alta e media val di Magra)*. Tesi di laurea inedita Università degli Studi di Parma, Istituto di Geologia, A.A. 1991-1992.
- CARMIGNANI L. & KLIGFIELD R. (1990) - *Crustal extension in the Northern Apennines: the transition from compression to extension in the Alpi Apuane core complex*. Tectonics, **9** (6), 1275-1303.
- CASSANO E., ANELLI L., FICHERA R. & CAPPELLI V. (1986) - *Pianura Padana interpretazione integrata di dati geofisici e geologici*. AGIP, presentato al 73° Congresso Soc. Geol. It..
- CASTELLARIN A., EVA C., GIGLIA G. & VAI G.B. (1986) - *Analisi strutturale del Fronte Appenninico Padano*. Giorn. Geol. (in Mem. R. Selli), **47** (1-2), 47-76.
- CUROTTI A. (1992) - *Rilevamento geologico ed analisi strutturale dei depositi continentali dei bacini di Pontremoli (MS) e della val di Vara (SP)*. Tesi di laurea inedita, Università degli Studi di Parma, Istituto di Geologia, A.A. 1991-1992.
- GIANMARINO S. & GIGLIA G. (1990) - *Gli elementi strutturali della piega di La Spezia nel contesto geodinamico dell'Appennino settentrionale*. Boll. Soc. Geol. It., **109**, 683-692.
- GIESE P., ROEDER D. & SCANDONE P. (1992) - *The fragmented adriatic microplate: evolution of the Southern Alps, the Po Plain, and the Northern Apennines*. In: BLUNDELL D., FREEMAN R. & MUELLER S. (Eds.), "A continental revealed, The European Geotraverse." Cambridge University Press, 190-199.
- GUALTERI L., VALENTI L. & CASSINIS R. (1992) - *"Modelling" gravimetrico e magnetico nella zona di transizione tra la Liguria orientale e la Toscana*. Studi Geol. Camerti, Vol. spec. **1992/2**, 107-114.
- PIERI M. & GROPPI G. (1981) - *Subsurface geological structure of the Po Plain, Italy*. CNR, Prog. Fin. Geodin., Sottoprog. Modello Strutturale, Pub. **414**, 1-13.
- PLATT J. (1986) - *Dynamics of orogenic wedges and the uplift of high pressure metamorphic rocks*. Geol. Soc. Am. Bull., **97**, 1037-1053.
- 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.
- VESCOVI P. (1988) - *La linea trasversale Passo della Cisa - Val Parma - Bassa Val d'Enza: 1. Sistema trascorrente sinistro nella zona del Passo della Cisa (Prov. di Parma)*. Acta Naturalia dell'Ateneo Parmense, **24** (4), 221-243.
- ZANZUCCHI G. (1980) - *Lineamenti geologici dell'Appennino Parmense. Note Illustrative alla carta e sezioni geologiche della provincia di Parma e zone limitrofe (1:100.000)*. In: "Volume dedicato a S. Venzo", STEP Parma, 201-233.

