

NOTA ILLUSTRATIVA AD UNA SEZIONE GEOLOGICA
ATTRAVERSO L'APPENNINO MODENESE (**)

ABSTRACT

A geological cross section through the Modena Apennines from the front of the Tertiary Cervarola Formation to the Po Plain along an anti-apenninic (SW-NE) direction shows the relations among the Ligurid tectonic units widely outcropping in this sector of the chain.

The cross section is located west of the Scoltenna Line, an important anti-apenninic tectonic line that divides the Modena Apennines into two sectors: an eastern sector, where the epi-Ligurian formations (Middle Eocene-Tortonian) extensively outcrop and where post-Messinian compressional tectonic phases had relatively few effects; and a western sector characterized by a strong tectonic mobility during the Messinian and the Pliocene and where almost the complete erosion of the epi-Ligurian sequence took place.

In the southern part of the cross section, where epi-Ligurian formations are not present, a Maastrichtian - Lower Eocene turbidite sequence (Monghidoro tectonic unit) generally overthrusts an highly tectonized sequence ("basal complex" sequence I), made up of some Cretaceous shaly formations. The Monghidoro Unit forms a NE-overtaken syncline: southward, its overturned limb overthrusts a normal attitude structural element of the same Monghidoro tectonic unit.

A number of extensional NW-SE sub-vertical faults (Palagano - Case M. S. Stefano line, M. S. Martino line) cuts the Ligurid tectonic units, the southernmost of which (the Santona line) juxtaposes them to the "tuscan" Sestola-Vidiciatico tectonic unit.

Northeastward the outcrops of the Monghidoro tectonic unit and of the "basal complex" sequence I are bounded by a NW-SE system of SW-dipping contractional or enigmatic high angle faults (Val Rossenna System).

North to this system of faults, the Cassio tectonic unit, the "basal complex" sequence II and the Coscogno Melange extensively outcrop. The geometric relationships between these units are very complex, but the Cassio tectonic unit and the "basal complex" sequence II generally overthrust the Coscogno Melange as a consequence of the Early Miocene (sub-Ligurian) tectonic phase.

In this central sector of the cross section the epi-Ligurian sequence, mainly represented by the Upper Oligocene and Miocene formations, seldom outcrops unconformably on the Cassio tectonic unit and on the "basal complex" sequence II. In few cases, far from the trace of the cross section, wedges of epi-Ligurian formations of Eocene to Oligocene age are also tectonically included into the Coscogno Melange.

The Cassio tectonic unit, the "basal complex" sequence II and the Coscogno Melange are juxtaposed to epi-Ligurian formations of the lower Modena Apennines by means of an Apenninic system of contractional S-dipping sub-vertical faults (Alevara-Rodiano Line), perhaps connected with a buried

tectonic structure (a ramp anticline in the Umbro-Marchean or Romagna Miocene sequence?). These formations stratigraphically lie on the "basal complex" sequence II unit and are topped with a transgressive and unconformable contact by the Pliocene and Pleistocene deposits of the Po Valley Apenninic border. Near the Secchia River, west of the trace of the cross section, some Middle-Late Pliocene SE or S-dipping systems of curved thrust faults affect the epi-Ligurian formations.

Based on published drilling and seismic data, the northernmost part of the cross section shows the structures of the "autochthonous" Romagna and Po Valley Miocene and Pliocene sequence beneath the Upper Pliocene and Pleistocene deposits of the Apenninic border and of the high Modena plain. These structures are N-verging thrusts similar to those present in the Ligurian sheet. Out-of-sequence reverse faults seem to have affected the thrust plane at the base of the Ligurian sheet, but no direct connection with previous structures (the thrust faults cutting the epi-Ligurian sequence) is proved.

The differences between the Modena and Bologna Apennines, with regard to the amount of NE-slip of the allochthonous Ligurian sheet onto the Pliocene and Pleistocene deposits, are explained on the base of the postulated existence of a strike-slip anti-Apenninic fault (or a shear zone) during the Early Pliocene and on the base of an apparent anticlockwise rotation of the Ligurian sheet during the Late Pliocene and the Early Pleistocene.

For the Modena Apennines and adjoining areas it is therefore difficult to extrapolate the tectonic surface structures in depth, owing to the general juxtaposition (very complicated in many cases) and not superposition, among the main Ligurian tectonic units. To discriminate among tectonic structures formed during Ligurian, sub-Ligurian or post-Tortonian tectonic phases is not easy. In any case systems of NE-verging thrusts, probably connected to anti-Apenninic strike slip faults, strongly characterize the Late Miocene and Pliocene tectonics. In the internal (SW) sector some later NW-SE systems of normal high-angle faults (probably a reactivation of pre-dating strike-slip faults) should be related to the progressive northeastward displacement of the thrust fronts.

INTRODUZIONE

La sezione geologica illustrata in questa nota (Tav. 1b) interessa il medio e basso Appennino modenese spingendosi fino all'alta pianura a sud di Modena (tra Maranello e Castelvetro); a sud essa si ricollega ad una delle sezioni di CHICCHI & PLESI (1992) e di BALDACCI *et al.* (in questo volume), mentre a nord si prosegue nella sezione n. 9 di CASSANO *et al.* (1986).

La sezione attraversa da SW a NE un'area dove affiorano quasi esclusivamente terreni riconducibili alle Liguridi (Tav. 1a); infatti, è solo in prossimità del margine appenninico padano che compaiono anche limitate

(*) Dipartimento di Scienze della Terra-Università degli Studi di Modena
(**) Lavoro finanziato con i fondi M.U.R.S.T. 60% (Resp. G. Bettelli).

estensioni di depositi appartenenti alla successione epiligure.

I dati che hanno permesso l'esecuzione della sezione provengono in massima parte dai rilevamenti a scala 1:10.000 promossi dalla Regione Emilia Romagna per la stesura della Carta Geologica dell'Appennino emiliano-romagnolo. All'esecuzione di questi rilevamenti, in buona parte ancora inediti, hanno collaborato negli anni passati o stanno tuttora collaborando, molti ricercatori che saranno citati in un apposito paragrafo finale. Ad essi va in ogni caso il nostro sentito ringraziamento.

INQUADRAMENTO STRATIGRAFICO-STRUTTURALE DELL'APPENNINO MODENESE

Nel settore modenese del versante padano dell'Appennino settentrionale, a NE del "fronte" delle unità di pertinenza toscana (solo marginalmente interessate da questa nota), sono presenti in affioramento formazioni appartenenti a quattro grandi domini stratigrafico-strutturali: ligure, subligure, epiligure e padano.

Al dominio ligure appartengono varie formazioni a dominante argillosa di età cretacea inferiore e superiore, note in letteratura con il termine di "complessi di base", ed alcune successioni torbiditiche (flysch ad Helmitoidi e flysch liguri terziari) di età compresa tra il Maastrichtiano e l'Eocene inferiore-medio.

Nei "complessi di base" sono state ricostruite tre diverse successioni stratigrafiche, in buona parte coeve, denominate "complesso di base I", "complesso di base II" e "complesso di base III". Il complesso di base III affiora esclusivamente ad est del F. Panaro.

Queste tre successioni stratigrafiche attualmente si rinvengono ovunque tra loro in rapporti tettonici e costituiscono altrettante unità strutturali indipendenti e distinte da quelle costituite dai flysch ad Helmitoidi e dai Flysch liguri terziari. Caratteristica comune di buona parte delle formazioni presenti nelle successioni dei "complessi di base" è la quasi completa distruzione, ad opera di meccanismi tettonici, della stratificazione, così che esse assumono in affioramento un aspetto stratigraficamente disordinato o caotico.

Il Complesso di base I è in gran parte costituito dalle Argille a Palombini di età cretacea inferiore e, dubitativamente, cenomaniana ed in minor misura dalle Argilliti variegata; quest'ultima hanno un'età probabilmente riferibile all'intervallo Cenomaniano-Campaniano e sono stratigraficamente legate ad arenarie litiche risedimentate (Arenarie di P.gio Sbaldaglia). Alla successione del Complesso di base I sono state provvisoriamente attribuite anche due formazioni di età cretacea superiore (le Argilliti di P.gio Mezzature e le Arenarie di P.gio Castellina o Arenarie di Frassinoro: REUTTER, 1969) tra loro legate da rapporti stratigrafici: tuttavia, non è al momento ancora chiaro se queste due unità avessero rapporti stratigrafici anche con altre formazioni del Complesso di base I o se rappresentano, invece, un segmento di una differente successione stratigrafica.

Le Argille varicolori e soprattutto le eteropiche Arenarie di Scabiazza, di età cenomaniano-campaniana, caratterizzano invece il Complesso di base II, peraltro

costituito anche da Argille a Palombini con caratteristiche litologiche simili, anche se non del tutto identiche, a quelle presenti nel Complesso di base II.

Il Complesso di base III è, infine, quasi completamente rappresentato da argille varicolorate (Argille della Val Samoggia) le quali sembrano raggiungere un'età cretacea sommitale o addirittura il Terziario e che mostrano significative differenze litologiche rispetto alle Argille varicolori del Complesso di base II. Da sottolineare la totale assenza nell'ambito del Complesso di base III, di litotipi riferibili alle Arenarie di Scabiazza.

Tra le differenti successioni stratigrafiche liguri di età maastrichtiano-eocenica inferiore affioranti nell'Appennino modenese particolare importanza hanno la successione Monte Venere-Monghidoro (Gruppo del Sambro) e la successione Cassio-Viano.

La successione Monte Venere-Monghidoro, prevalentemente rappresentata dalle omonime formazioni torbiditiche a dominante rispettivamente calcareo-marnosa (Formazione di Monte Venere) e arenaceo-pelitica (Formazione di Monghidoro) di età l'una maastrichtiana e l'altra maastrichtiana paleocenica, è altresì costituita da argille policrome e da breccie argillose poligeniche (Argille della Val Rossenna e (breccie) argillose di Cà del Tocco), di età probabilmente eocenica inferiore, le quali ne rappresentano il tetto stratigrafico. Benché non esistano prove dirette è stato ipotizzato che il Complesso di base I costituisse la base stratigrafica della successione Monte Venere-Monghidoro.

La successione Cassio-Viano è invece caratterizzata da torbiditi calcareo-marnosi di età maastrichtiana (Flysch di M. Cassio) che passano per progressiva riduzione delle torbiditi carbonatiche ad argille varicolorate o nerastre (Argille di Viano) di età paleocenica (IACCARINO & RIO, 1972) e, dubitativamente, eocenica inferiore. La base stratigrafica di questa successione, anche se attualmente i contatti sono tutti di natura tettonica, era con ogni probabilità rappresentata dalla successione del Complesso di base II.

I flysch liguri terziari nell'area in esame sono rappresentati dalla Formazione di Savigno; di età eocenica inferiore è caratterizzata alla base da breccie argillose poligeniche (depositi di *debris flow* e *mud flow*) e da peliti rosse che passano a torbiditi arenaceo-pelitiche (membro arenaceo) a cui seguono torbiditi a dominante calcareo-marnosa (membro calcareo). La Formazione di Savigno affiora esclusivamente ad est del F. Panaro come scaglie tettoniche in stretta associazione con le Argille della Val Samoggia e quindi al di fuori dell'area direttamente interessata da questa nota. Le Argille della Val Samoggia rappresentano probabilmente l'originario substrato stratigrafico della Formazione di Savigno.

Nell'area attraversata dalla sezione geologica sono presenti alcuni lembi, tettonicamente associati al Complesso di base I o interposti tra questo e l'unità tettonica Sestola-Vidiciatico (di pertinenza "toscana" e tettonicamente sottostante alle Liguridi), costituiti da torbiditi calcareo-marnosi e subordinatamente arenacei di età cretacea superiore che sono state dubitativamente correlate con il Flysch di M. Caio.

Le formazioni attribuibili, anche se con qualche incertezza, al dominio subligure affiorano come scaglie o

lombi in genere di modeste dimensioni e sono rappresentate, in sintesi, da torbiditi calcarenitico-marnose di età eocenica inferiore e forse media, da torbiditi pelitico-arenacee di età oligocenica superiore e da argille policrome con strati litoidi di varia natura deformati alla mesoscala in modo pervasivo e la cui età è, per buona parte almeno, terziaria (fino all'Eocene inferiore). In aree limitrofe (Appennino bolognese, a NE di Tolè) oltre a questi litotipi compaiono anche litoareniti con frammenti andesitici di età oligocenica inferiore. Queste formazioni, in associazione a litotipi del Complesso di base II, costituiscono una particolare unità strutturale (*Mélange* di Coscogno) del cui significato si riferirà brevemente nelle pagine seguenti.

Al dominio o successione epiligure appartengono varie unità litostratigrafiche, di diverso rango e di età compresa tra l'Eocene medio e il Messiniano inferiore, deposte al di sopra della coltre ligure, già tettonizzata, durante la sua traslazione sulle unità appartenenti ai domini subligure, toscano e umbro-marchigiano. Senza entrare nel dettaglio delle caratteristiche delle singole formazioni e delle numerosissime unità litostratigrafiche di rango inferiore, segnaliamo come questa successione sia contraddistinta al suo interno da numerose discontinuità stratigrafiche: tra queste riveste particolare importanza, per estensione regionale e significato paleoambientale e paleostrutturale, quella presente alla base della Formazione (o Gruppo) di Bismantova cronologicamente collocabile entro o alla fine del Burdigaliano.

Per quanto riguarda infine le unità riconducibili al dominio padano, esse corrispondono ai depositi a dominante terrigena e di ambienti da continentale a neritico che dal Messiniano inferiore in poi, generalmente in discordanza su unità liguri ed epiliguri, hanno subito tettonizzazioni e traslazioni di entità certamente apprezzabile, ma nel complesso modeste se paragonate a quelle sofferte dalle unità sottostanti. In questa successione, anch'essa peraltro caratterizzata da numerose discontinuità stratigrafiche, sono stati distinti da tempo (RICCI LUCCHI *et al.*, 1982) alcuni cicli sedimentari o sequenze deposizionali di significato regionale.

Notizie dettagliate sulla stratigrafia dell'area interessata dalla sezione geologica e, più in generale, sulla geologia dell'Appennino modenese sono state di recente pubblicate da BETTELLI *et al.* (1989a; 1989b; 1989c), BETTELLI & PANINI (1985a; 1985b; 1989; 1992a) e GASPERI *et al.* (1989): a questi lavori si rimanda il lettore per maggiori dettagli.

LA SEZIONE GEOLOGICA M. SASSOLERA - LEVIZZANO (MO)

La sezione si sviluppa interamente ad ovest della "Linea dello Scoltenna" (BETTELLI *et al.*, 1989a), linea ad andamento antiappenninico (Fig. 1) che separa in due parti strutturalmente indipendenti l'intero Appennino modenese. A SE di questa linea, infatti, affiorano con buona continuità le formazioni epiliguri, in particolare quelle neogeniche, e la loro presenza testimonia l'esistenza di modeste ristrutturazioni delle sottostanti unità alloctone liguri in età messiniana e post-messiniana

se si eccettua la zona più esterna corrispondente al margine appenninico bolognese. Accentuate ristrutturazioni recenti hanno invece subito le Liguridi presenti ad ovest e a NW della Linea dello Scoltenna dove è quasi completamente assente la successione epiligure neogenica (ad eccezione della fascia prossima al margine appenninico padano), erosa a seguito di un generale relativo innalzamento rispetto al settore sud-orientale. A questo maggior sollevamento del settore ad ovest e NW della Linea dello Scoltenna (con l'eccezione del tratto meridionale: Val Scoltenna) si accompagna anche un accentuato spostamento verso NE degli affioramenti del Gruppo del Sambre (ABBATE, 1969) e di quelli del Complesso di base I (BETTELLI *et al.*, 1989a), permettendo inoltre l'affioramento, in corrispondenza del medio Appennino modenese, del *Mélange* di Coscogno.

Il *Mélange* di Coscogno (BETTELLI *et al.*, 1989a; 1989b; 1989c; BETTELLI & PANINI, 1989; 1992a) è un'unità strutturale generata dalla commistione, attraverso processi tettonici attivi prima del Miocene inferiore, di porzioni del Complesso di base II (successione stratigrafica basale del Flysch di M. Cassio) e di lembi di formazioni ad affinità subligure (BETTELLI *et al.*, 1989a) o di provenienza ignota: questa unità strutturale costituisce un grande cuneo tettonico prevalentemente interposto ai terreni del Complesso di base II e della successione Cassio-Viano dai quali viene però anche parzialmente ricoperto.

La traccia di sezione interseca (Fig. 1) due importanti lineamenti ad andamento appenninico (il Sistema della Val Rossenna e la Linea Alevara-Rodiano: BETTELLI *et al.*, 1989a) i quali suddividono virtualmente in tre parti il profilo. Nella prima parte (dal limite settentrionale di affioramento dei terreni della "Unità Sestola-Vidiciatico" fino alle dislocazioni del Sistema della Val Rossenna) i terreni affioranti sono rappresentati dal Complesso di base I, da lembi dell'unità tettonica Caio (Flysch di M. Caio) e soprattutto dalle formazioni del Gruppo del Sambre. Nel tratto intermedio, tra le due sopracitate linee appenniniche, affiorano invece i terreni del Complesso di base II, della Successione Cassio-Viano e del *Mélange* di Coscogno. A nord della Linea Alevara-Rodiano (BETTELLI *et al.*, 1989a) affiorano infine, dapprima le formazioni basali della successione epiligure ed il loro substrato rappresentato dal Complesso di base II, e poi, lungo il margine appenninico, le unità messiniano-pleistoceniche padane.

Tratto meridionale: dal M. Sassolera alla Val Rossenna

La prima parte della sezione è ripresa con lievi modifiche da quella di CHICCHI & PLESI (1992): in essa viene messa in evidenza la struttura ad anticlinale rovesciata verso NE che caratterizza il fronte degli affioramenti delle Arenarie di M. Cervarola. In tale struttura sono coinvolti i terreni che costituiscono l'Unità strutturale Sestola-Vidiciatico (BETTELLI *et al.*, 1989d) o Unità Ventasso (CHICCHI & PLESI, 1992) i quali, tettonicamente sovrapposti in epoche precoci sulle Arenarie di M. Cervarola, ne hanno poi accompagnato buona parte della sua evoluzione strutturale. Il contatto tra i terreni dell'Unità strutturale Sestola-Vidiciatico e le Liguridi è rappresentato, nell'area interessata dalla sezione geologica, da una

dislocazione sub-verticale (Linea della Santona) a carattere distensivo e ad andamento appenninico (Fig. 1), la quale, dall'altezza della SS 12 fino al T. Scoltenna, è il risultato della "confluenza" di due importanti sistemi di faglie appenniniche che si sviluppano dalla valle dello Scoltenna almeno fino alla valle del Dolo. Il primo di questi sistemi, il più meridionale, mette a contatto ancora le Liguridi con i terreni dell'Unità strutturale Sestola-Vidiciatico correndo da Barigazzo fino a Cargedolo in Val Dragone ed estendendosi poi a sud del M. Uccelliera fino al limite settentrionale della cosiddetta "finestra di Gazzano" in Val Dolo. Il secondo sistema di dislocazioni (Fig. 1), anch'esso ad andamento appenninico, passa invece a nord di M. Cantiere e raggiunge, suddividendosi ulteriormente, la valle del Dragone nei pressi di Toggiano. Queste faglie mettono a contatto le formazioni appartenenti al Complesso di base I (principalmente Argille a Palombini) o la geometricamente sovrastante Formazione di Monte Venere ad assetto normale di M. Cantiere con la Formazione di Monghidoro per lo più in posizione rovesciata.

Tettonicamente compresi entro il Complesso di base I e sistematicamente sottostanti ai terreni del Gruppo del Sambro (Unità tettonica Monghidoro) affiorano lembi più o meno estesi (il più importante è nei pressi di Frassinoro in Val Dragone) di un flysch cretaceo a dominante calcareo-marnoso correlato con il Flysch di M. Caio. Nella sezione geologica esso compare in una piccola scaglia tettonica poco a nord del contatto con l'Unità Sestola-Vidiciatico; in questa posizione affiora infatti in Val Scoltenna, immediatamente ad est della traccia del profilo, al di sotto delle formazioni del Gruppo del Sambro.

Una grande struttura nella quale sono coinvolte le formazioni del Gruppo del Sambro caratterizza la parte meridionale del profilo: fino al T. Rossenna infatti queste formazioni affiorano con continuità, implicate in una sinclinale rovesciata (sinclinale della Val Rossenna: BETTELLI, 1980; BETTELLI *et al.*, 1989a) estesa per circa una quindicina di chilometri in direzione assiale (NW-SE) e al cui nucleo è presente il tetto stratigrafico della successione flyscioide, costituito da argille policrome (Argille della Val Rossenna: Eocene inf.?) e da breccie poligeniche a matrice argillosa (depositi di colata: breccie di Cà del Tocco) alle quali si associano lembi di formazioni cretacee dei complessi di base interpretate come frane di scivolamento in massa (*Mélange* (o complesso) della Val Rossenna in BETTELLI *et al.*, 1989a).

Nel profilo presentato, al di sotto di questa grande struttura è stata ipotizzata la presenza delle Formazioni di Monte Venere e di Monghidoro ad assetto normale, separate dalla sovrastante sinclinale da un contatto tettonico sub-orizzontale. Tale contatto, intersecato dal profilo, affiorerebbe sul versante sinistro della Val Scoltenna nei pressi della SS 12; gli affioramenti del Gruppo del Sambro a valle del Ponte di Strettara sul versante sinistro dello Scoltenna sono stati dunque interpretati come appartenenti ad un elemento tettonico sottostante alla sinclinale della Val Rossenna. A questo stesso elemento apparterebbero gli affioramenti della Formazione di Monte Venere e subordinatamente della Formazione di Monghidoro che a partire da M. Cantiere, fino a sud di Montefio-

rino e poi nei dintorni di Toano, bordano a sud e a SW il fianco rovesciato della sinclinale ben esposto lungo una fascia estesa da Lama Mocogno, nel modenese, fino alle pendici di M. Valestra, nel Reggiano.

Più a nord (Fig. 1) una dislocazione ubicata in corrispondenza del F.so della Caselletta giustappone la Formazione di Monghidoro a quella di Monte Venere entrambe ad assetto prevalentemente rovesciato. Tale dislocazione apparentemente ancora a carattere distensivo si prolunga verso NW (Linea Palagano-Case M. S. Stefano) ribassando il blocco a NE dove affiora la Formazione di Monte Venere con strati rovesciati generalmente immergenti a SW, diretta prosecuzione del fianco sud-occidentale della struttura della Val Rossenna.

Al di sotto delle formazioni del Gruppo del Sambro in corrispondenza dell'area di M. Mocogno è stata ipotizzata la continuazione dell'elemento costituito dalle medesime formazioni ad assetto normale (l'originario fianco diritto della sinclinale?), le quali si interporrebbero tra la struttura sinclinale ed il Complesso di base I. Tale situazione è stata ipotizzata proiettando gli affioramenti della Val Scoltenna tra il P.te di Strettara ed Acquaria, supponendo cioè che in questo tratto non vi siano sostanziali differenze tra gli elementi strutturali presenti da una parte e dall'altra della Linea dello Scoltenna, la quale determinerebbe solo un semplice abbassamento del settore nord-occidentale.

Il fianco rovesciato della struttura prosegue in affioramento fino alla bassa Val Rossenna, interrotto solamente da un fascio di dislocazioni (Linea di M. S. Martino: Fig. 1) caratterizzate da modesti rigetti che, nella zona interessata dal profilo, giustappongono la Formazione di Monte Venere a quella di Monghidoro.

Sulla base dell'assetto del fianco rovesciato è stato ipotizzato che il nucleo della struttura, affiorante sul versante sinistro del T. Rossenna, sia presente in profondità verso SW fino all'altezza di Moncerreto. La zona di cerniera della piega, tuttavia, non è osservabile in nessun punto; al momento restano dunque dubbi sulla effettiva vergenza di tale struttura: alcuni indizi indiretti (presenza di pieghe minori con simmetria a Z sul fianco rovesciato e considerazioni sulla provenienza dei materiali nei depositi di colata e di scivolamento in massa al tetto della successione) potrebbero anche far pensare ad una originaria struttura a vergenza occidentale (si tratterebbe in questo caso quindi di una sinclinale ultracoricata) la cui zona di cerniera, ora erosa, poteva trovarsi a NE rispetto all'area di attuale affioramento del nucleo.

Nella sezione geologica si è ipotizzato che in questo settore il contatto tettonico basale del Gruppo del Sambro con i sottostanti terreni del Complesso di base I, tagli progressivamente da SW a NE il fianco rovesciato, il nucleo ed il fianco diritto della struttura. Questo fatto permette quindi la conservazione, a NE, dei terreni del Complesso di base I al di sotto del fianco diritto della struttura che riaffiorano, infatti, sul versante destro della bassa Val Rossenna.

Il fianco diritto della sinclinale (più o meno separato dal nucleo della struttura da faglie tardive a carattere distensivo) affiora nella parte bassa del versante sinistro del T. Rossenna ed è giustapposto, attraverso il sistema di dislocazioni della Val Rossenna, alle formazioni del

Complesso di base I, a sua volta giustapposto a NE per faglia ai terreni del Complesso di base II e forse a quelli del *Mélange* di Coscogno.

Sull'età e sul significato cinematico del sistema di faglie della Val Rossenna permangono ancora forti interrogativi. Nel complesso potrebbe trattarsi di un sistema che in seguito a riattivazioni neogeniche ha permesso un avanzamento differenziale di tutto il settore meridionale con un parziale sovrascorrimento del Complesso di base I e del Gruppo del Sambro sulle formazioni del Complesso di base II. Una tale situazione potrebbe essere giustificata dagli affioramenti posti più a NW (aree di Prignano e Baiso), maggiori incertezze restano nel settore sud-orientale interessato specificatamente dal profilo, dove si hanno dati troppo scarsi sulle geometrie e sugli indicatori cinematici e dove non si possono escludere movimenti di tipo distensivo o di debole trascorrenza.

Alcune faglie appartenenti al Sistema della Val Rossenna mostrano poi un chiaro carattere distensivo (forse tardivo) come quella intersecata dal profilo che in corrispondenza del T. Rossenna giustappone fianco diritto della sinclinale e Complesso di base I.

Tratto centrale: dalla Val Rossenna alla Linea Aleva- ra-Rodiano

In questo tratto la sezione geologica interessa come si è detto i terreni del Complesso di base II, della Successione Cassio-Viano e del *Mélange* di Coscogno.

La zona, praticamente priva o quasi di copertura epiligure, può essere considerata una sorta di alto strutturale, in particolar modo rispetto all'area settentrionale (BETTELLI *et al.*, 1989a) a ridosso del margine appenninico padano. In essa grande importanza assume la tettonica pre-burdigaliana responsabile della genesi del *Mélange* di Coscogno, una unità strutturale costituita dalla commistione, con ogni probabilità attraverso meccanismi di tettonica attiva, di lembi delle formazioni del Complesso di base II (Argille a Palombini, Argille varicolori ed Arenarie di Scabiazza) e lembi di formazioni di età terziaria riferibili ad un generico dominio subligure *s.l.* o ligure esterno; ad essi si associano poi anche piccoli lembi estremamente tettonizzati di formazioni epiliguri eoligoceniche.

I rapporti tra *Mélange* di Coscogno, Complesso di base II e formazioni della successione Cassio-Viano sono, in tutto il settore estremamente complessi e ambigui. La stessa distinzione sul terreno tra *Mélange* di Coscogno ed il binomio Complesso di base II-Flysch di M. Cassio, deve considerarsi tutt'altro che scontata in quanto basata principalmente sul fatto che vaste aree (dorsale di Monteforco-Selva e "placche" di Serramazzone e M. Pizzicano) risultano prive di quei lembi di formazioni terziarie che caratterizzano il *mélange* stesso e vi affiorano esclusivamente alcune formazioni del Complesso di base II (Argille varicolori e Arenarie di Scabiazza) e discontinui lembi della successione Cassio-Viano. I rilevamenti eseguiti in queste zone (in particolar modo a sud di Serramazzone nelle valli del T. Cervaro e del Rio Torto) hanno peraltro evidenziato la sovrapposizione di questi ultimi sul *Mélange* di Coscogno, caratterizzato da una grande diffusione di Argille a Palombini. Tale sovrapposizione è osservabile

anche nel profilo geologico allegato (la cui traccia corre poco a NW), seppur complicata da successive dislocazioni sia a carattere compressivo sia distensivo, in tutto il tratto a sud di Serramazzone e in corrispondenza della stessa "placca" di Flysch di M. Cassio al di sotto della quale si è ipotizzata l'esistenza di terreni attribuibili al *Mélange* di Coscogno. Ciò non è tuttavia direttamente osservabile in affioramento in quanto i terreni del *Mélange* di Coscogno che "circondano" il Flysch di M. Cassio di Serramazzone sono ad esso attualmente giustapposti da faglie subverticali.

L'esistenza di terreni "caotici" al di sotto del Flysch di M. Cassio di Serramazzone, che costituisce una blanda sinclinale ad asse appenninico, è in ogni caso testimoniata (LOSACCO, 1966) da una perforazione eseguita ad ovest dello stesso paese di Serramazzone e nella quale sono stati attraversati oltre 350 metri di flysch ad Helmitoidi prima di incontrare i terreni argillosi sottostanti.

A nord della placca di Serramazzone (che appare attualmente relativamente sollevata rispetto alle aree circostanti) affiorano solo pochi lembi di Flysch di M. Cassio e del Complesso di base II, peraltro in rapporti geometrici complessi con il *Mélange* di Coscogno; anche in questa zona tuttavia è possibile ammettere l'esistenza di una parziale sovrapposizione di una parte del Complesso di base II e del Flysch di M. Cassio sul *Mélange* di Coscogno (dorsale di Stella-Bortolacelli, zone di Pazzano e M. Pizzicano).

Nel profilo geologico la brusca giustapposizione verso nord tra il Flysch di M. Cassio di Serramazzone ed il *Mélange* di Coscogno è stata interpretata come dovuta ad una faglia ad alto angolo con immersione del piano verso nord; tale dislocazione che sembra presentare attualmente (sulla base di indizi morfotettonici) un carattere di faglia diretta, potrebbe in passato aver giocato come faglia inversa retrocorrente il cui rigetto non sarebbe dunque stato completamente annullato dai successivi movimenti estensivi.

Sulla traccia del profilo a nord degli affioramenti di Flysch di M. Cassio di Serramazzone affiorano esclusivamente lembi di formazioni appartenenti al *Mélange* di Coscogno i quali sono tra loro in rapporti particolarmente complessi, probabilmente a causa della sovrapposizione tra tettonica pre-burdigaliana e tettonica più recente, tardo-miocenica o plio-pleistocenica. Il *Mélange* di Coscogno si giustappone infatti alle formazioni epiliguri affioranti a ridosso del margine appenninico lungo la Linea Aleva-Rodiano che si presenta, dal punto di vista macrostrutturale, come una serie di faglie inverse con relativo abbassamento del blocco settentrionale (BETTELLI *et al.*, 1989a). Nel profilo geologico, sulla base di considerazioni largamente speculative, è stato ipotizzato che questo sistema di dislocazioni possa essere connesso a strutture profonde (anticlinali di rampa con *thrust* frontale) dei terreni "padani" miocenici sottostanti alla coltre ligure, simili a quelle che si sviluppano poco più a NE (CASSANO *et al.*, 1986) al di sotto del margine appenninico e della Pianura Padana. La zona vistosamente sollevata a sud della Linea Aleva-Rodiano potrebbe collocarsi al di sopra del culmine della struttura positiva profonda, mentre l'area a nord si troverebbe oltre il fronte di tale struttura sulla verticale di terreni "padani" strutturalmente più depressi.

Tratto settentrionale: dalla Linea Alevara-Rodiano all'alta pianura modenese

Lungo tutto il margine appenninico tra il F. Secchia ed il F. Panaro grande sviluppo hanno in affioramento le formazioni epiliguri, rappresentate anche dai termini più recenti, medio-miocenici eortoniani, della successione. In questa fascia le formazioni epiliguri sono coinvolte in strutture sinclinaliche delimitate a N-NE (Fig. 1) da faglie inverse arcuate nel settore compreso tra il Secchia e lo spartiacque con il bacino del F. Panaro (Pigneto, Montebaranzone e Montegibbio), oppure sono ridotte a piccole scaglie tettoniche nel settore più orientale direttamente interessato dalla sezione geologica.

Gran parte dell'area pedeappenninica modenese a sud degli affioramenti delle unità messiniano superiori-pleistoceniche del margine padano è comunque occupata da potenti formazioni epiliguri eo-oligoceniche derivate da colate miste di fango e detrito e da frane in massa di materiale proveniente dai complessi di base liguri (breccie (argillose) della Val Fossa e della Val Tiepido-Canossa) ed in minor misura dalle altre unità della successione. Come risulta evidente anche dal profilo geologico, queste prime giacciono in discordanza angolare su terreni attribuibili al Complesso di base II ed in particolare su Arenarie di Scabiazza ed Argille varicolori. Questa so-

vrapposizione è visibile in Val Tiepido ed in Val Traino dove, in corrispondenza di alcune strutture positive trasversali, si hanno affioramenti, anche estesi, di queste formazioni liguri. In base alla presenza degli affioramenti della bassa Val Panaro e della struttura positiva di Campiglio, nei pressi di Vignola, è stato ipotizzato che anche in corrispondenza della traccia del profilo, al di sotto delle Arenarie di Scabiazza e delle Argille varicolori, possano trovarsi le Argille a Palombini del Complesso di base II, direttamente in sovrascorrimento sulle unità "padane" mio-pleioceniche.

L'assetto tettonico del settore pedeappenninico anche lungo la traccia del profilo appare dominato da una serie di accavallamenti ad andamento arcuato che coinvolgono come si è detto le unità sommitali della successione epiliguri ed in alcuni casi (zona di Montegibbio) anche i depositi del Pliocene inferiore. Tali sistemi di *thrusts* sono peraltro suturati dai depositi pliocenico superiori-pleistocenici del margine appenninico e sono con ogni probabilità strettamente legati a quelli che caratterizzano l'insieme del "Pede-Appenninic Thrust Front" (BOCCALETTI *et al.*, 1985).

Le strutture del fronte appenninico e della catena sepolta

La parte terminale del profilo geologico è tratta, come si è detto, dalla sezione n. 9 di PIERI & GROPPI (1981) e di

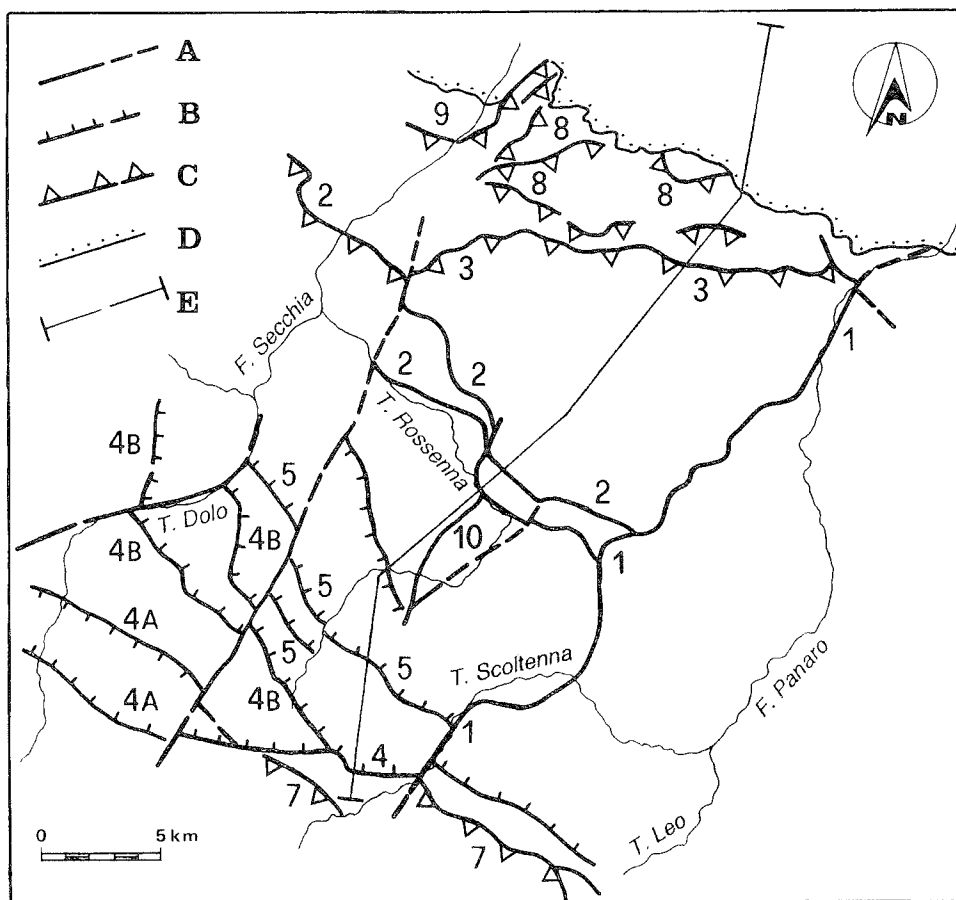


Fig. 1 - I principali sistemi di dislocazioni del settore occidentale dell'Appennino modenese.

Legenda: 1) Linea dello Scoltenna; 2) Sistema della Val Rossenna; 3) Linea Alevara-Rodiano; 4) Linea della Santona; 5) Linea Palagano - Case M. S. Stefano; 6) Linea di M. S. Martino; 7) Fronte esterno delle Arenarie di M. Cervarola; 8) Sistemi di sovrascorrimenti e faglie inverse del basso Appennino; 9) Linea Canossa-S. Romano; 10) Linea di Polinago. A) Faglie; B) Faglie dirette; C) Faglie inverse; D) Contatto trasgressivo dei depositi messiniano-pleistocenici; E) Traccia del profilo geologico.

CASSANO *et al.* (1986), già commentata o ripresa in altri lavori riguardanti il margine padano dell'Appennino e l'antistante pianura (PATACCA & SCANDONE, 1985; CASTELLARIN *et al.*, 1986; GASPERI *et al.*, 1986; 1989).

La possibilità di avere a disposizione dati ricavati da linee sismiche e da perforazioni permette in questo tratto di sezione di spingere molto più in profondità la rappresentazione delle strutture dell'Appennino sepolto di quanto si possa ragionevolmente fare nella retrostante parte di Appennino affiorante. Le strutture che così vengono evidenziate interessano essenzialmente i terreni della successione neogenica padana che appaiono coinvolti in importanti traslazioni nord-vergenti, di età principalmente miocenica superiore (ma con riattivazioni anche più recenti) per gli elementi più interni e superficiali e di età pliocenica per quelli più esterni e profondi.

Le Liguridi sovrascorrono in questa zona unità padane (?) medio-mioceniche, le quali, a loro volta, sono state traslate, assieme ad un altro elemento tettonico costituito da depositi miocenici inferiori e medi, al di sopra di un'ampia struttura ad anticlinale di rampa con a tetto depositi messiniani. Essa si accavalla poi verso l'esterno ad un'altra struttura analoga che sopporta una potente successione di depositi pliocenici inferiori e medio-superiori, questi ultimi a loro volta sovrascorsi da uno degli elementi più interni e coinvolti in una struttura sinclinale al di sotto della superficie di accavallamento (*footwall syncline*).

Nella interpretazione di PIERI & GROPPI (1981) la superficie di sovrascorrimento delle Liguridi sulle unità medio-mioceniche è ripresa da un successivo accavallamento fuori sequenza di modesta entità. Le Liguridi appaiono in ogni caso traslate in modo solidale con i sottostanti elementi strutturali padani enucleatesi a partire dal Messiniano superiore, momento nel quale in questo settore appenninico debbono essersi verificate ampie traslazioni verso NE e relativi sollevamenti (CASTELLARIN *et al.*, 1986) degli elementi embricati, come testimoniato anche dalla trasgressione diretta dei sedimenti del Pliocene inferiore su quelli medio-miocenici in corrispondenza del pozzo Maranello 1. Di entità ancora apprezzabile appaiono le traslazioni successive soprattutto durante il Pliocene inferiore, caratterizzate anche, come si è detto, da riattivazioni fuori sequenza in corrispondenza del fronte sepolto delle Liguridi. Di entità decisamente più modesta sono invece (PATACCA & SCANDONE, 1985) le traslazioni durante le fasi medio-plioceniche, plioceniche superiori e pleistoceniche.

CONFRONTO CON IL SETTORE BOLOGNESE DEL MARGINE APPENNINICO

Di ampiezza molto rilevante appaiono invece i movimenti traslativi pliocenici della coltre ligure nel settore del margine appenninico posto a SE del Panaro, dove sono state documentate attraverso dati di perforazione e sismici (si veda la sezione Monteveglio-Crespellano in: CREMONINI & RICCI LUCCHI, 1982; CASTELLARIN *et al.*, 1985; PINI & CASTELLARIN, 1988; GASPERI *et al.*, 1989) traslazioni minime dal Pliocene inferiore in poi di circa una decina di chilometri e dove è nota la presenza in affioramento di

depositi elastici di età pliocenica medio-superiore in discordanza sulla coltre. Tali depositi che sarebbero assenti nel settore nord-occidentale del margine appenninico modenese, sono invece stati segnalati anche in sinistra del F. Panaro tra Marano e Vignola (Argille di Marano: GASPERI *et al.*, 1989) dove sono coinvolti in una blanda sinclinale a tergo della struttura positiva di Campiglio-Vignola.

La pressoché totale mancanza di depositi del ciclo pliocenico inferiore-medio nel settore pedeappenninico modenese e bolognese ad W del T. Lavino, troverebbe spiegazione nella condizione di alto strutturale che tali zone avrebbero assunto durante questo periodo a seguito di una tettonica di tipo marcatamente traslativo nel settore bolognese con l'utilizzazione, quale piano di scollamento principale, della superficie di sovrascorrimento della coltre ligure sulle unità padane, ma anche con importanti ristrutturazioni interne alla coltre stessa (zona di taglio antiappenninica del Samoggia-Lavino: CAPITANI, 1993).

Nel settore modenese, a NW del Panaro, i movimenti tettonici pliocenici inferiori sarebbero stati caratterizzati da modeste traslazioni a NE del fronte appenninico ed i raccorciamenti avrebbero prevalentemente interessato le aree più interne con lo sviluppo di nuove faglie inverse e la riattivazione di faglie persistenti di età messiniana o più antiche (Sistema della Val Rossenna, Linea Alevara-Rodiano, sistemi di faglie inverse e scaglie tettoniche in prossimità del margine appenninico padano).

Questa difformità di comportamento cinematico tra i due settori adiacenti, a NW e a SE del F. Panaro, si mantiene sostanzialmente invariata anche per l'intervallo cronologico Pliocene medio-superiore-Pleistocene inferiore durante il quale, però, si ha sedimentazione anche sul margine della catena occupato dalle coltri liguri con il possibile sfasamento cronologico (GASPERI *et al.*, 1989) tra l'inizio della sedimentazione nella zona nord-occidentale del Modenese e la zona a cavallo del Panaro e del Bolognese (Argille del T. Tiepido del Pliocene sup. (?)-Pleistocene inf. e Argille di Marano del Pliocene medio-superiore-Pleistocene inf.).

Una evidenza diretta di questa diversa evoluzione tettonica è il marcato avanzamento verso NE del fronte delle unità liguri che da poco oltre Levizzano, nel modenese, si sposta almeno all'altezza di Vignola sul Panaro e poi circa fino all'altezza di Crespellano, nel bolognese, con un apparente spostamento orizzontale, ortogonale agli assi della catena, di circa 12 Km.

Un problema ancora insoluto è la localizzazione e la natura (faglia trascorrente sinistra, faglia o zona di trasferimento della deformazione, polo di rotazione rigida) di un eventuale svincolo cinematico (PATACCA & SCANDONE, 1985) tra il settore a NW (Levizzano) e quello a SE (Monteveglio-Crespellano) del F. Panaro. A questo proposito si può immaginare che buona parte del rigetto in gioco sia dovuto alle fasi tettoniche di età precedente al Pliocene medio e che quindi un'eventuale struttura di svincolo possa essere cercata all'interno delle unità liguri in quel momento prive o quasi di copertura sedimentaria. Un possibile ruolo può in questa ottica essere stato giocato dalla prosecuzione verso NE della Linea della Val Scoltenna la quale dunque, in questa fase, può aver giocato o come zona di trasferimento della deformazione da aree

interne del modenese a zone più esterne e profonde nel bolognese o come semplice faglia trascorrente sinistra. Più problematica è la spiegazione, in termini cinematici, per i movimenti tettonici sin e post-pliocenici medio-superiori in quanto i depositi corrispondenti a questo intervallo cronologico non appaiono troncati da significative dislocazioni trasversali alla catena né sono segnalate faglie inverse o ricoprimenti. Solo nella zona di Campiglio-Vignola e in quella di Savignano-Monteveglio essi sono coinvolti, come si è detto, in blande strutture plicative, anche se assenti poco più ad ovest (GASPERI *et al.*, 1989). La presenza di una serie di dislocazioni antiappenniniche nella zona di Villabianca (GASPERI *et al.*, 1989) di rigetto, in apparenza, modesto non sembra possa giustificare il differente comportamento cinematico delle due aree almeno in termini di trascorrenza pura.

Occorre, pertanto, ammettere che l'entità dello spostamento post-Pliocene superiore della coltre ligure decresca progressivamente dalla trasversale di Crespellano-Monteveglio (dove è valutabile sull'ordine di circa 4 Km) fino ad essere quasi trascurabile nel settore modenese. Ciò sembra configurare meccanismi simili a quelli che si sviluppano in corrispondenza di rotazioni (in questo caso antioraria) di blocchi litosferici. Ad est un possibile svincolo cinematico può essere rappresentato dalla struttura trasversale del Lavino (CAPITANI, 1993) o, ancor meglio, (PATACCA & SCANDONE, 1985) da quella più orientale del Sillaro (CASTELLARIN & PINI, 1987; BETTELLI & PANINI, 1992b) che rappresentano, rispettivamente, la rampa laterale sinistra e destra dell'arco frontale pedepenninico del bolognese durante il Messiniano ed il Pliocene. Entrambe queste strutture trasversali risultano attive, almeno nelle porzioni più settentrionali, dopo il Pliocene superiore.

La rimobilizzazione post-pliocenica superiore del fronte delle Liguridi nel settore bolognese può in ogni caso essere interpretata come dovuta al sottoscorrimento degli elementi padani, tra loro parzialmente appilati, al di sotto della superficie di sovrascorrimento basale della coltre ligure. Nel settore modenese questo sottoscorrimento non sarebbe avvenuto che in minima parte e gli elementi padani si sarebbero embricati appilandosi e determinando un generale sollevamento del margine testimoniato dalla relativa piccola profondità (meno di 1 Km) alla quale si ritrova, in questo settore, la superficie di sovrascorrimento delle unità liguri su quelle padane.

GRADO DI AFFIDABILITÀ E LIMITI DELLA SEZIONE PRESENTATA

Le informazioni geologiche utilizzate nella compilazione della sezione geologica allegata derivano, come già si è detto, da rilevamenti di dettaglio molto recenti, i quali danno una buona risoluzione in pianta dei diversi oggetti geologici, ma che possiedono dei limiti difficilmente superabili quando si voglia ricostruirne l'andamento in profondità. Una prima limitazione, particolarmente accentuata nel settore attraversato dalla sezione geologica, è costituita dalla generalizzata assenza di una coerenza stratigrafica all'interno dei terreni affioranti e dalla elevata complessità strutturale a tutte le scale, frutto della lunga

storia deformativa e della sovrapposizione di strutture con stili differenti, generate da diverse fasi tettoniche, che si traduce in una estrema difficoltà di riconoscimento e separazione delle strutture cartografiche.

La seconda limitazione, in buona parte conseguenza diretta della prima, è rappresentata dalla ridotta suscettibilità di estrapolazione in profondità dei dati di superficie, sia per la mancanza di controllo a causa del basso rilievo topografico della regione, sia per le già citate complessità strutturali ed il carattere polifasico delle deformazioni, ma soprattutto a causa della frammentarietà e discontinuità degli oggetti geologici. Si deve infatti ricordare che fino a qualche anno fa la maggior parte dei terreni affioranti nell'area erano considerati un'unica ed inestricabile associazione caotica priva dei requisiti della cartografabilità.

A differenza degli altri settori nordoccidentali, all'interno delle Liguridi affioranti nell'area del modenese non sembra esistere, se non in modo molto limitato, un ordine geometrico di sovrapposizione delle diverse unità tettoniche riconosciute, essendo queste quasi sistematicamente non già sovrapposte, ma giustapposte le une alle altre. D'altra parte l'elevato spessore della falda ligure che supera i 4 Km nelle aree interne, in un quadro che vede le unità tettoniche essenzialmente giustapposte, difficilmente può essere spiegato proiettando verso il basso le sole unità affioranti e può essere quindi ragionevolmente ipotizzata sia l'esistenza di superfici di scollamento a basso angolo sia delle duplicazioni all'interno delle stesse Liguridi, strutture queste che in ogni caso sono, quantomeno, difficilmente dimostrabili a partire dai soli dati di superficie.

La mancanza, nell'area considerata, di affioramenti significativi della successione epiligure da una parte impedisce di potersi fare un'idea precisa di quali fossero le caratteristiche della catena eocenica, nata dalla fase ligure, e dall'altra potrebbe portare a ritenere che l'attuale assetto strutturale di questo settore sia in realtà per lo più il frutto dell'evoluzione più recente, successiva al Miocene.

Pur ritenendo importanti le ristrutturazioni subite dalle Liguridi dal Miocene in poi, che si sono però essenzialmente attuate attraverso estesi coerenti sistemi di *thrusts*, (ma anche, nelle aree più interne, con significative riattivazioni tardive a carattere distensivo a spese probabilmente di dislocazioni preesistenti) il confronto con i settori adiacenti in cui affiora estesamente la successione epiligure rende comunque evidente che questo differente assetto strutturale non è da imputare esclusivamente ad una riorganizzazione tardiva, post-miocenica superiore, delle unità tettoniche liguri. Secondo BETTELLI *et al.* (1989) e BETTELLI & PANINI (1989; 1992a), infatti, il *Mélange* di Coscogno sarebbe un *mélange* generato da meccanismi di sottoscorrimento, lungo una superficie di scollamento basale, delle formazioni subliguri al di sotto del prisma di accrezione ligure; questo *mélange* sarebbe poi stato successivamente riesumato da *thrusts* fuori sequenza durante l'Oligocene sup.-Miocene inferiore. Se questa ipotesi è verosimile ne consegue chiaramente, come già evidenziato dai suddetti autori, che le Liguridi dell'area considerata devono aver subito importanti riorganizzazioni strutturali durante questo periodo di tempo.

In definitiva, la struttura della regione in esame come risultato della sovrapposizione di strutture generate dalle fasi tettoniche ligure, oligo-mioceniche e mio-plioceni-

che non è al momento ancora sufficientemente conosciuta e ciò rende problematica e largamente interpretativa l'esecuzione di una sezione geologica anche se concepita in termini molto conservativi come quella qui proposta.

CARTOGRAFIA GEOLOGICA UTILIZZATA NELL'ELABORAZIONE DELLA SEZIONE GEOLOGICA ED AUTORI DEI RILEVAMENTI E DELLE SUCCESSIVE REVISIONI

F° 1:50.000 N° 218

Sezioni alla scala 1:10.000:

N° 218120 - G. BETTELLI

N° 218160 - G. BETTELLI

F° 1:50.000 N° 219

Sezioni alla scala 1:10.000:

N° 219050 - U. BONAZZI, G. BETTELLI

N° 219060 - U. BONAZZI

N° 219070 - G. GASPERI

N° 219080 - G. GASPERI

N° 219090 - F. PANINI

N° 219100 - F. PANINI

N° 219110 - G. BERTOLINI, F. PANINI, G. BETTELLI

N° 219120 - G. GASPERI, F. PANINI

N° 219130 - G. BETTELLI

N° 219140 - F. PANINI

N° 219150 - F. PANINI

N° 219160 - F. PANINI

F° 1: 50.000 N° 235

Sezioni alla scala 1:10.000:

N° 235040 - F. PANINI

N° 235080 - F. PANINI

N° 235120 - M. PIZZIOLLO

F° 1:50.000 N° 236 (Revisioni e aggiornamenti: M. PIZZIOLLO)

Sezioni alla scala 1:10.000:

N° 236010 - F. PANINI

N° 236020 - M. CAVAZZUTI

N° 236030 - G. BERTOLINI

N° 236040 - G. BERTOLINI

N° 236050 - F. PANINI

N° 236060 - U. BONAZZI

N° 236070 - M. CAVAZZUTI

N° 236080 - M. CAVAZZUTI

N° 236090 - M. CAVAZZUTI

N° 236100 - G. BERTOLINI

N° 236110 - F. PANINI, P. FAZZINI

N° 236130 - R. NICOLINI, R. BALATRI

N° 236140 - P. FAZZINI

Sono state inoltre consultate od utilizzate :

-Carta Geologica schematica dell'Appennino modenese e zone limitrofe-Istituto di Geologia dell'Università di Modena (1989);

-Carta Geologica d'Italia a scala 1:100.000, F° "Modena" (IIa Edizione)-Servizio Geologico d'Italia (1963);

-Carta Geologica d'Italia a scala 1:100.000, F° "S. Marcello Pistoiese" (IIa Edizione)-Servizio Geologico d'Ita-

lia (1968);

-Schema Strutturale dell'Appennino settentrionale tra il Passo del Cerreto e il Passo delle Radici (CHICCHI & PLESI, 1992).

BIBLIOGRAFIA

BALDACCI F., CARMIGNANI L., FANTOZZI P.L., MECCHERI M. & PLESI G. (1993) - *Lineamenti stratigrafico-strutturali lungo la trasversale Alpi Apuane - Appennino reggiano-modenese*. (Questo volume).

BETTELLI G. (1980) - *Studio coordinato interdisciplinare sulla stabilità ed interventi di difesa nell'area di M. S. Giulia (Val Rossenna-Appennino modenese)*. *Carta geologica*. Atti Soc. Nat. Mat. di Modena, **111**, 16-29.

BETTELLI G. & PANINI F. (1985a) - *Tettonica sinsedimentaria nella successione postorogena ligure del M. Stadola (Appennino settentrionale-Prov. di Reggio Emilia)*. Atti Soc. Nat. Mat. di Modena, **115** (1984), 91-106.

BETTELLI G. & PANINI F. (1985b) - *Il Melange sedimentario della Val Tiepido (Appennino modenese): composizione litologica, distribuzione areale e posizione stratigrafica*. Atti Soc. Nat. Mat. di Modena, **115** (1984), 77-90.

BETTELLI G. & PANINI F. (1989) - *I melanges dell'Appennino settentrionale, dal T. Tresinaro al T. Sillaro*. Mem. Soc. Geol. It., **39** (1987), 187-214.

BETTELLI G. & PANINI F. (1992a) - *Introduzione alla Geologia del settore sud-orientale dell'Appennino emiliano*. In: Guida alla traversata dell'Appennino settentrionale. 76ma Riun. Est. S.G.I., Firenze, 16/20-9-92, Centro Dupl. Offset, Firenze.

BETTELLI G. & PANINI F. (1992b) - *Liguridi, melanges e tettoniti nel Complesso caotico lungo la "linea del Sillaro" (Appennino settentrionale, province di Firenze e Bologna)*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., **46** (1991), 387-415.

BETTELLI G., BONAZZI U. & PANINI F. (1989a) - *Schema introduttivo alla geologia delle Liguridi dell'Appennino modenese e delle aree limitrofe*. Mem. Soc. Geol. It., **39** (1987), 91-126.

BETTELLI G., BONAZZI U., FAZZINI, P. & PANINI F. (1989b) - *Schema introduttivo alla geologia delle Epiliguridi dell'Appennino modenese e delle aree limitrofe*. Mem. Soc. Geol. It., **39** (1987), 215-246.

BETTELLI G., BONAZZI U., FAZZINI P., GASPERI G., GELMINI R. & PANINI F. (1989c) - *Nota illustrativa alla Carta geologica dell'Appennino modenese e zone limitrofe*. Mem. Soc. Geol. It., **39** (1987), 487-498.

BETTELLI G., BONAZZI U., FAZZINI P. & GELMINI R. (1989d) - *Macigno, Arenarie di Monte Modino e Arenarie di M. Cervarola del crinale appenninico emiliano*. Mem. Soc. Geol. It., **39** (1987), 1-18.

BOCCALETTI M., COLI M., EVA C., FERRARI G., GIGLIA G., LAZZAROTTO A., MERLANTI F., NICOLICH R., PAPANI G. & POSTPISCHL D. (1985) - *Considerations on the seismotectonics of the Northern Apennines*. Tectonophysics, **117**, 7-38.

CAPITANI M. (1993) - *Analisi macrostrutturale della fascia di*

deformazioni trasversali dei torrenti Lavino e Samoggia (Province di Modena e Bologna). Tesi di Dottorato. Università di Modena e Bologna.

CASSANO E., ANELLI L., FICHERA R. & CAPPELLI V. (1986) - *Pianura padana: interpretazione integrata di dati geofisici e geologici*. 73° Congresso S.G.I., Roma, 29 Settembre-4 Ottobre 1986, Centro Stampa AGIP, pp. 27.

CASTELLARIN A., EVA C., GIGLIA G. & VAI G.B. (con un contributo di RABBI E., PINI G.A., CRESTANA G.) (1986) - *Analisi strutturale del fronte appenninico padano*. Giorn. Geol., ser. 3, **47**, 47-76.

CASTELLARIN A. & PINI G.A. (1987) - *L'Arco del Sillaro: la messa in posto delle Argille Scagliose al margine appenninico-padano (Appennino bolognese)*. Mem. Soc. Geol. It., **39**, 127-141.

CHICCHI S. & PLESI G. (1992) - *Il Complesso di M. Modino-Cervarola nell'alto Appennino Emiliano (fra il Passo del Lagastrello e il M. Cimone) e i suoi rapporti con la Falda toscana, l'unità di Canetolo e le Liguridi*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., **46** (1991), 139-163.

CREMONINI G. & RICCI LUCCHI F. (a cura di) (1982) - *Guida alla geologia del margine appenninico padano*. Guida Geol. Reg. S.G.I., Bologna.

GASPERI G., GELATI R. & PAPANI G. (1986) - *Neogene paleogeographic and structural evolution of the Northern Apennines chain in the Po Valley side*. Giorn. Geol., ser. 3, **48** (1/2), 187-195.

GASPERI G., CREMASCHI M., MANTOVANI UGUZZONI M.P., CARDARELLI A., CATTANI M. & LABATE D. (1989) - *Evoluzione plio-quadernaria del margine appenninico modenese e*

dell'antistante pianura. Note illustrativa alla carta geologica. Mem. Soc. Geol. It., **39** (1987), 375-432.

IACCARINO S. & RIO D. (1972) - *Nannoplancton calcareo e Foraminiferi della serie di Viano (Val Tresinaro-Appennino settentrionale)*. Riv. It. Paleont. Strat., **78** (4), 641-678.

LOSACCO U. (1966) - *Terreni, struttura e morfologia del Subappennino modenese-reggiano*. Atti Soc. Nat. Mat. di Modena, **97**, 1-60.

PATACCA E. & SCANDONE P. (1985) - *Struttura geologica dell'Appennino emiliano-romagnolo: ipotesi sismotettoniche*. Progetto cartografia Geologica: Atti Seminario. Regione Emilia-Romagna 22-23 settembre 1985, Bologna. Tip. Moderna, Bologna.

PIERI M. & GROPPI G. (1981) - *Subsurface geological structure of the Po Plain, Italy*. Prog. Final. "Geodinamica" C.N.R., pubbl. n°. **414**, pp. 23.

PINI G.A. & CASTELLARIN A. (1988) - *Illustrazione dell'esplorazione tematica sulle Argille Scagliose del Sillaro (Appennino bolognese) del "Gruppo Alpi" del C.N.R. (20 Dicembre 1988)*. Rend. Soc. Geol. It., **11**, 339-358.

REUTTER K.J. (1969) - *La geologia dell'alto Appennino modenese tra Civago e Fanano e considerazioni geotettoniche sull'Unità di M. Modino - M. Cervarola*. Ateneo Parmense, Acta Nat., **5** (2), 1-86.

RICCI LUCCHI F., COLALONGO M.L., CREMONINI G., GASPERI G., IACCARINO S., PAPANI G., RAFFI S. & RIO D. (1982) - *Evoluzione sedimentaria e paleogeografica nel margine appenninico*. In: CREMONINI G. & RICCI LUCCHI F. (a cura di), Guida alla geologia del margine Appenninico-Padano, 17-46, Bologna.