

**EVOLUZIONE STRUTTURALE DELLE LIGURIDI ESTERNE TRA LA MEDIA VAL CENO
E LA VAL D'ARDA (APPENNINO SETTENTRIONALE, PROVINCE DI PARMA E PIACENZA)(**)**

INDICE

RIASSUNTO	pag. 325
ABSTRACT	” 325
INTRODUZIONE	” 325
STRATIGRAFIA	” 326
SINTESI STRATIGRAFICA	” 328
TETTONICA	” 328
CONCLUSIONI	” 335
BIBLIOGRAFIA	” 336

RIASSUNTO

Le analisi stratigrafiche e strutturali, condotte in un'area di circa 150 kmq, ubicata tra le province di Parma e Piacenza, sono state sintetizzate in una Carta Geologico-Strutturale delle Liguridi Esterne (Appennino Settentrionale).

L'evoluzione di quest'area di catena si è compiuta attraverso varie fasi succedutesi nel tempo:

— la prima (Santoniano inferiore-Campaniano inferiore), a carattere estensionale, è responsabile dello smembramento delle successioni sedimentarie deposte sul *rise* continentale apulo e della sovrapposizione di parte di esse ai sedimenti di fondo oceanico;

— la seconda (pre-Eocene medio-superiore), legata a meccanismi di taglio “semplice” all'interno del cuneo di accrezione, è responsabile sia della individuazione delle principali unità tettoniche sia delle loro deformazioni per grandi pieghe rovesciate e coricate;

— la terza (post-Oligocene), legata a meccanismi di taglio puro dovuti alla collisione continentale, è responsabile della formazione di pieghe dritte, faglie inverse e trascorrenti e del rimodellamento dei contatti dell'edificio precedente;

— l'ultima fase, riconosciuta solo localmente, è di tipo estensionale ed ha riutilizzato in gran parte le faglie precedenti.

ABSTRACT

The stratigraphic and structural analyses, carried out on the External Ligurian Units of the Northern Apennines, allowed to draw a Geological-Structural Map (1:25.000) of a 150kmq area cropping out between the Parma and Piacenza provinces and to reconstruct the evolution of this part of the chain.

Several tectonic phases were recognized:

— the first phase (late Santonian ?) was characterized by extensional faults which split up the sedimentary successions resting on the apulian continental rise and stacked part of them on the ocean floor;

— the second one (pre- middle/late Eocene), due to simple shearing in the accretionary wedge, was responsible both for the making of the main tectonic units and the nucleation of large overturned and neutral folds within them;

— the third phase (post-Oligocene), due to pure shear con-

nected to the continental collision, was responsible for the making of upright folds, thrusts and strike-slip faults that deeply modified the features due to the previous phase; — the last phase, only locally recognized, was characterized by extensional faults that reworked most of the previous compressive faults.

PAROLE CHIAVE: Analisi strutturale, Liguridi Esterne, Appennino settentrionale.

KEY WORDS: Structural analysis, External Ligurid Units, Northern Apennines.

INTRODUZIONE

La Carta Geologico-Strutturale che accompagna questo lavoro copre un'area di circa 150 kmq, ubicata tra le province di Parma e Piacenza, e comprende essenzialmente il settore più nordorientale delle Liguridi Esterne, limitato a NE dalle strutture mioceniche padane, a SW dall'area della “media Val Taro”, a W dallo spartiacque Arda-Nure e a E dai limiti dei quadranti NW e SW del Foglio 1:50.000 R.E.R. n° 198.

Le Liguridi Esterne del versante padano dell'Appennino Settentrionale sono formate dall'impilamento di unità costituite in massima parte da successioni torbiditiche di piana bacinale a composizione prevalentemente carbonatico-marnosa ed in subordine silicoclastica (FONTANA *et alii*, 1990; in stampa) sia del Cretaceo superiore che del Paleogene (FLYSCH AD ELMINTOIDI Auct., ALBERESE Auct.). Queste successioni risultano quasi sempre svincolate dalle loro originarie basi stratigrafiche e deformate in più fasi tettoniche. Questa situazione estremamente complicata ha ostacolato fino a tempi recenti la ricostruzione di una stratigrafia dettagliata che sta procedendo attualmente di pari passo con lo studio dell'evoluzione tettonica.

Lo scopo principale di questo lavoro consisteva nel raccogliere ed analizzare i dati di terreno, riconoscere e cartografare le unità stratigrafiche e tettoniche ed i loro contatti, distinguere i vari eventi deformativi registrati al loro interno in modo da poterne valutare ed eliminare gli effetti e giungere infine ad una ricostruzione della paleogeografia pre-deformazionale dell'area, che rappresentava l'obiettivo finale del lavoro.

Lo scopo principale del lavoro è stato raggiunto e sintetizzato nella Carta Geologico-Strutturale (1:25.000) allegata, la cui scala è stata scelta in quanto permetteva di riportare tutte le strutture più significative senza incidere negativamente sulla visione d'insieme dell'edificio. L'obiettivo finale del lavoro è invece stato conseguito solo parzialmente, in quanto alcune delle soluzioni proposte sono interpretazioni di dati non sufficienti a fornire una ricostruzione univoca, come accade quasi sempre nelle aree molto deformate.

(*)Istituto di Geologia - Università di Parma.

(**)Lavoro finanziato con fondi M.U.R.S.T. 40% (responsabile G. ZANZUCCHI).

In questo lavoro sono state trattate in modo più ampio e dettagliato le ricostruzioni tettoniche, mentre gli studi a carattere stratigrafico e biostratigrafico, che hanno accompagnato e supportato il rilevamento e l'analisi strutturale, sono riportati in modo molto sintetico; essi sono stati esposti in modo dettagliato in un lavoro attualmente in fase di stampa.

STRATIGRAFIA

Le premesse accennate nell'introduzione danno un'idea delle difficoltà che si incontrano nel ricostruire successioni sicuramente stratigrafiche all'interno di un edificio deformato da più fasi tettoniche. In questo lavoro si è seguito il criterio strutturale di ascrivere ad unità diverse i terreni che, oltre a venire in contatto tra loro con superfici tettoniche, mostrino diverso assetto e geometria deformativa; questo modo di procedere ci è sembrato più semplice e oggettivo, non escludendo la possibilità che diverse unità tettoniche (o parti di esse) for-

massero in origine un'unica unità stratigrafica successivamente smembrata. Le descrizioni stratigrafiche, molto sintetiche, sono organizzate all'interno di ogni singola unità tettonica, a partire da quella più bassa riconosciuta nell'area e le età attribuite alle varie formazioni sono in massima parte frutto di nuove analisi condotte da G. VILLA sul nannoplancton calcareo.

Unità Dosso-Farini (UFD)

E' l'unità più bassa affiorante nell'area della carta e comprende i *Flysch di Farini d'Olmo* (Val Nure e Val d'Arda) e *M. Dosso* (Val Ceno) ed un *mélange* conosciuto in letteratura come *Argilliti di Guselli-Biana*, affiorante tra Bettola e Morfasso lungo lo spartiacque Arda/Nure (BRAGA, 1965), al tetto del *Flysch di Farini d'Olmo*.

Flysch di Farini d'Olmo (FAR) - Descritto da BRAGA (1965), che gli attribuiva una base stratigrafica cretacea superiore: "complesso scistoso basale", è stato recentemente rivisto da CERRINA *et alii* (1994). Nell'area della nostra carta affiora con uno spessore non su-

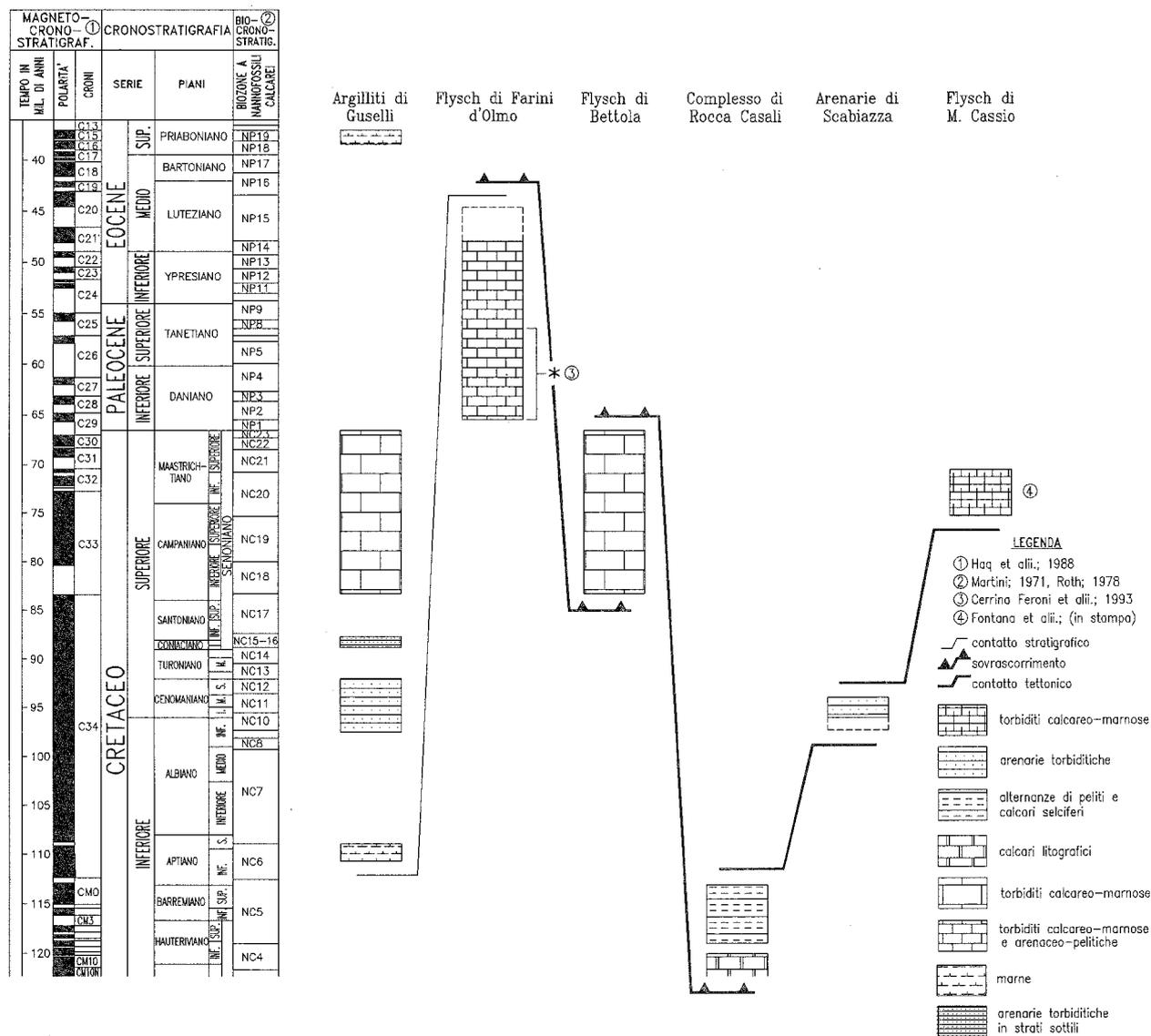


Fig. 1 - Schema bio-cronostratigrafico delle successioni presenti nell'area della Carta.

periore ai 250 m in cui sono state distinte due litofacies (Fig. 1):

— la litofacies inferiore (FAR1), formata da torbiditi arenaceo-pelitiche con strati arenacei sottili e medi e, in subordine, da marne calcaree in strati spessi, la cui parte medio superiore è stata datata al Paleocene sup.;
— la litofacies superiore (FAR2), costituita da torbiditi calcareo-marnose in strati da medi a molto spessi, a volte con base arenacea grigio chiara a grana media. Nella zona di Morfasso, la parte alta di questa litofacies è caratterizzata da una bancata molto spessa di marne rosate cui si sovrappone un'alternanza di peliti rosso violacee e siltiti verde-azzurro, potente circa 2 m; questo membro, cartografato separatamente nelle carte 1:10.000 e assimilato al FAR2 nella carta finale (1:25.000), è attribuibile al Luteziano superiore.

Argilliti di Guselli (GUS) - Erano state descritte da BRAGA (1965) come la base stratigrafica dei *Calcari di Bettola* i quali, a loro volta, furono considerati la base stratigrafica cretacea del *Flysch di Farini d'Olmo* (Alberese auct.). Le *Argilliti di Guselli* rappresentano un complesso caotico del tipo "blocchi in matrice" (Fig. 1) formato da:

— breccie poligeniche con ofioliti, peliti verde scuro con *fabric* marcatamente scaglioso contenenti blocchi di marne grigio verdognole dell'Aptiano e rarissime ghian-dole centimetriche di serpentiniti, peliti rosso-brune massive, *slide blocks* di bancate a base arenacea e tetto siltoso-marnoso grigio giallastro del Cenomaniano (tipo *Arenarie di Scabiazza*), pacchi di arenarie micacee nocciola in strati sottili, di età coniaciana superiore (tipo *Arenarie di Ostia*), pezzi di successione di flysch ad elmintoidi potenti da pochi metri a circa 20, di età compresa tra il Campaniano ed il Maastrichtiano sup. (tipo *Flysch di Bettola*), marne grigio-verdi di età eocenica superiore contenenti rari e sottili livelli siltitici. Una caratteristica singolare è rappresentata dalla mancanza, all'interno del *mélange*, di parti del *Flysch di Farini*, che pure è immediatamente sottostante, e dalla presenza di *slides* presumibilmente derivati da formazioni ed unità non presenti nell'area o in questa porzione dell'edificio. Le caratteristiche di questo complesso caotico rispecchiano quelle descritte da COWAN (1985) per i *mélange* del III Tipo.

Il contatto originario tra le *Argilliti di Guselli* ed il *Flysch di Farini* non è mai visibile tuttavia, il fatto che le due formazioni abbiano partecipato in modo solidale alla prima fase deformativa riconoscibile nell'unità, la provenienza degli inclusi da unità non sempre direttamente adiacenti e il loro ampio *range* di età, porterebbero ad interpretare questo "complesso caotico" come un *mélange* di origine tettono-sedimentaria, originato dallo strutturarsi del cuneo di accrezione, cioè dall'aumento del carico litostatico dovuto alla tettonica e dalla contemporanea subcrezione di materiale sedimentario ricco d'acqua alla base. I *mélanges* del III Tipo avrebbero appunto in certi casi un'origine simile a quella sopra descritta.

Le *Argilliti di Guselli*, affiorano confinate tra il fianco rovescio della sinclinale del *Flysch di Farini*, con cui sono attualmente in rapporto per faglie, e la soprastante Unità Bettola.

Unità Bettola (UBET)

L'Unità Bettola è compresa tra la sottostante Unità Dosso-Farini e la soprastante Unità Rocca Casali ed è formata interamente dal *Flysch di Bettola*.

Flysch di Bettola (BET) - E' rappresentato da un flysch ad elmintoidi spesso correlato al *Flysch di M. Caio*, a cui assomiglia da un punto di vista litologico, e di cui, secondo molti autori, avrebbe potuto rappresentare la porzione più esterna (ZANZUCCHI, 1967; 1980, 1988; COSTA & ZANZUCCHI, 1978; VESCOVI, 1993).

Nell'area della carta il *Flysch di Bettola* (area tipo in Val Nure, pochi chilometri ad ovest) affiora estesamente ma con spessori esigui, cartograficamente valutabili intorno ai 300-500 m ed è interessato da almeno due generazioni di pieghe, sovrascorrimenti e faglie dirette a basso angolo. Forse proprio grazie a queste ultime strutture, in uno spessore modesto sono rappresentate parti di tutta la successione torbiditica, dalla base campaniana inf.-media al tetto maastrichtiano superiore (Fig. 1), con scaglie tettoniche costituite da spezzoni di successione con spessori massimi di alcune decine di metri.

Unità Rocca Casali (URC)

Questa unità è formata da un complesso di tipo calcareo-pelitico-ofiolitico e si trova compresa tra l'Unità Bettola e la soprastante Unità Scabiazza, entrambe costituite da terreni più recenti di quelli compresi nell'unità in oggetto. Questa unità divide l'edificio strutturale riportato in Carta in due parti:

— una parte inferiore in cui le unità sono sovrapposte "in sequenza", cioè con successioni più vecchie sovraccorse su altre più giovani;

— una parte superiore in cui successioni più giovani si sovrappongono ad altre più vecchie tramite contatti che materializzano lacune temporali anche molto estese (Fig. 1).

Complesso di Rocca Casali (CRC) - Comprende una successione di calcilutiti a componente silicea grigia e grigio-verde con spessori compresi tra i 20 cm ed il metro e di argilliti grigio-scure fortemente diagenizzate di età barremiana (*Argille a Palombini* Auct.) che include blocchi e *slides* di derivazione oceanica (crosta e copertura sedimentaria; Fig. 1).

Questi ultimi, di estensione variabile da qualche metro a varie centinaia di metri quadrati (gli spessori di questi inclusi sono difficilmente valutabili) sono formati da serpentiniti, breccie basaltiche, diaspri, calcilutiti bianche (Hauteriviano inferiore) e breccie poligeniche eterometriche formate da clasti dei litotipi sopra menzionati in proporzioni localmente variabili, a volte immersi in abbondante matrice siltoso-pelitica, a volte a diretto contatto tra loro. I rapporti tra i vari componenti il Complesso, quando visibili, sono di natura meccanica.

Unità Scabiazza (USCB)

E' compresa tra la sottostante Unità Rocca Casali e la soprastante Unità Cassio con le quali è quasi sempre associata tramite contatti tettonici e con rapporti di evidente discordanza geometrica.

Arenarie di Scabiazza (ASCB) - Questa formazione istituita da LUDWIG (1929) nella sezione tipo della Val Trebbia (prov. di Piacenza), era considerata base stratigrafica del *Flysch di M. Cassio*; anche BRAGA (1965) riconosce questa formazione nell'area della Val Nure dove occuperebbe la stessa posizione stratigrafica e avrebbe un'età cenomaniana. Nell'area della nostra Carta questa successione torbiditica è largamente rappresentata ma sempre molto tettonizzata e male affiorante. La litofacies più diffusa, di età cenomaniana

(Fig. 1), è caratterizzata da torbiditi in cui si alternano arenarie grossolane ad intracalasti di micriti, calcari a radiolari, clasti argillosi a strati formati da una base arenacea silicoclastica di spessore variabile da qualche cm a qualche metro ed una porzione superiore marno-siltosa, grigio chiaro, potente vari metri.

Unità Cassio (UCS)

Appoggia nella gran parte dei casi sull'Unità Scabiazza, a volte su lembi di Unità Rocca Casali e rappresenta l'unità più alta dell'area in oggetto ed anche la più estesamente affiorante. Nell'area della Carta l'UCS mostra diverse situazioni strutturali nei vari settori di affioramento e, di conseguenza, anche gli spessori delle formazioni che la compongono e la natura dei contatti che le delimitano presentano caratteristiche variabili.

Conglomerati di M. Vidalto (CG) - Sono organizzati in due bancate potenti circa 7/8 m ciascuna, grossolanamente gradate, formate da clasti arrotondati di taglia variabile dal mm alla decina di centimetri, di rocce sedimentarie (calcari spongolitici, radiolariti, selci afanitiche, dolomia) e rarissimi frammenti di metamorfiti. Sono stati spesso correlati ai *Conglomerati dei Salti del Diavolo* (CSD, Val Baganza) anche se i due livelli conglomeratici sembrano occupare stratigraficamente due posizioni diverse: nelle Valli Taro e Baganza i CSD, con le arenarie stratigraficamente legate, sembrano compresi entro le AVV (Foglio 217 RER) e non alla loro base come i CG dell'area nord-occidentale. Alla diversa posizione stratigrafica sembrerebbe corrispondere anche una certa differenza composizionale per la presenza quantitativamente diversa dei vari componenti: i CSD appaiono infatti molto ricchi di frammenti di rocce magmatiche che sono invece completamente assenti nei CG. La composizione dei CSD appare invece identica a quella delle breccie comprese nelle *Argille varicolori* (vedi seguito) dell'area della nostra Carta.

Argille Varicolori (AVV) - Sono costituite da peliti rosso vinate, più raramente grigie o verde-azzurre in cui sono comprese arenarie fini e siltiti in strati sottili, spesso con patine rossastre o manganesifere (Campaniano inferiore: RIO & VILLA, 1987). Sono presenti lenti di breccie poligeniche grano-supportate con clasti angolosi di taglia millimetrica formati da quarzo, feldspati, frammenti di rocce magmatiche e, in misura minore, metamorfiche; in netto subordine i frammenti di rocce sedimentarie (cfr. paragrafo prec.).

Flysch di M. Cassio (MCS) - Studiata e descritta da PAPANI & ZANZUCCHI (1970) nell'area tipo, è formata da torbiditi calcaree e calcareo-marnose grigio cenere, giallastre all'alterazione, spesso a base calcarenitica fine nocciola chiaro alterata in bruno, in strati mediamente molto spessi o, raramente, in megastrati; sporadica presenza di emipelagiti molto sottili, verde oliva, sterili. In subordine torbiditi silicoclastiche micacee in strati da sottili a medi con lamine convolute o pianoparallele: queste ultime presentano talora colori alternativamente grigi e verdi per abbondante presenza di glauconite. Presenti intervalli potenti dai 20 ai 200 cm di *thin bedded turbidites* (tbt) del Campaniano sup.-Maastrichtiano inf. (FONTANA *et alii*, lav. cit.).

SINTESI STRATIGRAFICA

Sulla base delle osservazioni di campagna, delle ricostruzioni cartografiche e delle età rinvenute nelle

formazioni delle unità superiori (URC, USCB, UCS, Fig. 1) sembrerebbe di potere escludere che queste costituissero una successione stratigrafica continua. Rimane pertanto il problema di "riempire" le enormi lacune temporali riscontrate tra le varie unità sovrapposte.

ZANZUCCHI (1980) ammette la presenza di una discordanza stratigrafica tra le successioni silicoclastiche dei "Complessi di base" Cassio e le *Argille a palombini* associate ai blocchi di *Scisti ad Aptici, Maiolica e Radiolariti*, così come ritiene possibile una successiva discordanza alla base dei *Conglomerati dei Salti del Diavolo* (CSD).

A nostro parere un'altra ipotesi possibile per spiegare l'assetto della parte alta dell'edificio prevede che esso si sia strutturato in un contesto estensionale che potrebbe essere avvenuto lungo il margine continentale apulo che fungeva da *peripheral bulge* quando, nelle aree prospicienti il margine europeo, era già attiva la subduzione della zolla africana.

In questo contesto porzioni di ampiezza e spessore variabile di *Arenarie di Scabiazza* (ASCB) si sarebbero messe in posto tramite faglie normali a basso angolo sulle *Argille a Palombini* con il loro corteo di inclusi di crosta e copertura oceanica (URC). L'età di questa "fase" potrebbe essere post-Santoniano inf., se le *Arenarie di Ostia* (AO) rappresentassero la parte superiore di un'unica successione, anch'essa smembrata in questa fase, avente alla base le ASCB, con le quali mostrano molte analogie di facies e composizionali (Fig. 2). Dopo il Santoniano inf. quest'area sarebbe stata interessata da una fase compressiva, successivamente saldata in discordanza stratigrafica dalla deposizione della successione campaniana inf.-maastrichtiana inf. che costituirà la futura Unità Cassio. La fase compressiva post Santoniano inf. sarebbe testimoniata dalla presenza di piege polifasiche nelle successioni arenacee (MECCHERI *et alii*, 1982; GHISELLI *et alii*, 1991) non riscontrabili nell'unità superiore. In questo contesto si sarebbe verificato un primo episodio di sedimentazione clastica grossolana alimentato quasi unicamente dalla copertura carbonatico-selciferica del margine sudalpino (CG), cui sarebbe seguito un episodio, alimentato abbondantemente dallo zoccolo, ormai in parte denudato, che avrebbe costituito i CSD: la presenza e l'abbondanza relativa dei due orizzonti dipenderebbe quindi da fattori locali, ampiamente variabili. Questa situazione articolata ben si inserirebbe in un quadro in cui, alla tettonica estensionale tipica dei margini passivi, si andava sostituendo una tettonica compressiva che, già attiva nelle aree più interne dell'accrezione oceanica, si faceva sentire di riflesso nelle aree più esterne in cui si andavano delineando fisiografie complesse.

Questa ricostruzione ipotetica terrebbe conto sia delle lacune temporali sia delle discordanze geometriche esistenti tra le varie unità.

TETTONICA

Nell'introduzione si è già accennato ai problemi che si incontrano nell'analizzare un edificio polideformato, nel quale manchino sedimenti sin-tettonici che permettano una cronologia delle varie fasi.

"*Structural geometry has to be used to determine the timing when syntectonic sedimentary rocks are absent, as in the Moine thrust belt*" (MORLEY, 1988): è quello che abbiamo cercato di fare in questo lavoro,

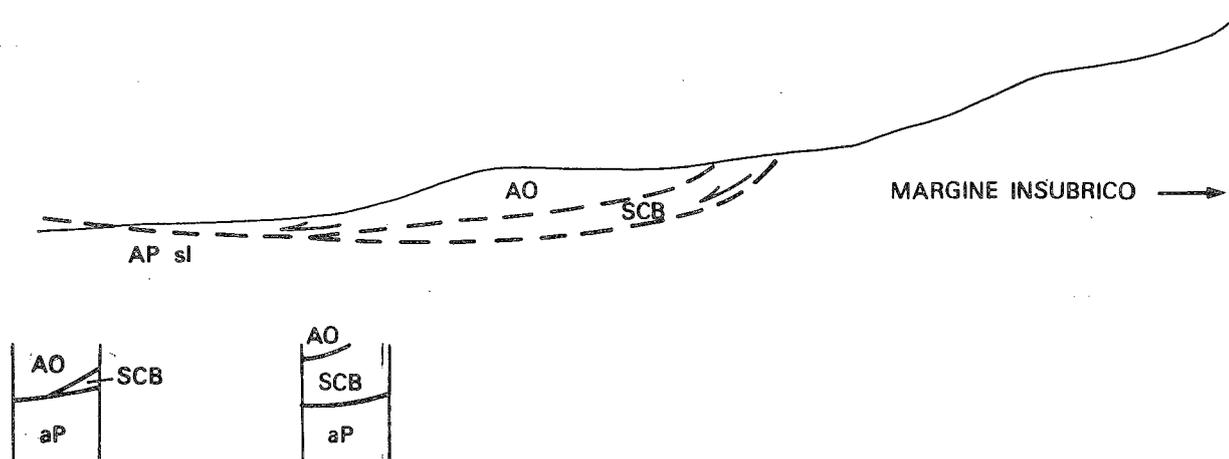


Fig. 2 - Schema che mostra l'origine delle faglie estensionali sul margine insubrico che hanno individuato le prime unità tettoniche. aP = Argille a Palombini s.l.; SCB = Arenarie di Scabiazza; AO = Arenarie di Ostia.

anche se nell'edificio ligure esterno, in quanto evolutosi a livelli strutturali superficiali, mancano i fabrics impressi dai vari eventi deformativi sovrapposti ed i loro rapporti reciproci.

Il primo stadio del lavoro è consistito nell'esaminare in dettaglio le deformazioni rilevate nelle unità che, per condizioni di giacitura e sviluppo degli affioramenti, permettessero questo tipo di analisi; esse sono, dal basso: l'Unità Dosso-Farini, l'Unità Bettola e l'Unità Cassio limitatamente al *Flysch ad Elmintoidi*. Sono state inoltre cartografate, con il miglior dettaglio possibile in relazione alle condizioni di affioramento, le superfici che separano le varie unità; queste affiorano solo localmente per tratti molto brevi e non mostrano mai indicatori cinematici. L'insieme dei dati e delle osservazioni stratigrafiche e strutturali ci ha permesso alla fine di formulare un'ipotesi di correlazione tra i vari episodi deformativi riconosciuti nelle diverse unità e di ricostruire un quadro evolutivo dell'edificio il cui tratto più saliente consiste, come anticipato nella parte stratigrafica, nel differente modello di sovrapposizione tra le unità della parte inferiore dell'edificio ("in sequenza") e la parte alta (Fig. 1).

Nella Carta Geologico-Strutturale gli eventi deformativi rinvenuti nelle diverse unità e le superfici tettoniche che le delimitano sono stati ordinati secondo una cronologia relativa. Le analisi in corso sulle deformazioni nella Successione Epiligure (non riportate in questo lavoro) ci hanno consentito, sulla base di analogie tra geometrie, meccanismi e regimi deformativi, di suddividere le deformazioni ed i sovrascorrimenti come pre e post-collisionali; le analisi previste per il substrato miocenico padano e nelle successioni plio-pleistoceniche del margine pedecollinare esterno consentiranno di evidenziare le deformazioni più recenti.

Unità Dosso-Farini

E' l'unità più bassa nell'area della nostra Carta in cui affiora ai limiti nordoccidentale e sudorientale, dove è rappresentata rispettivamente dal *Flysch di Farini d'Olmo* con le soprastanti *Argilliti di Guselli* e dal *Flysch di M. Dosso* sul quale non è ancora ben documentata la presenza del complesso argillitico. Se, come anticipato nel capitolo di stratigrafia, i *Flysch di Farini d'Olmo* e di *M. Dosso* possono dubitativamente essere correlati a formare una stessa unità strati-

grafica, essi rappresentano certamente una stessa unità tettonica in quanto occupano la stessa posizione nell'edificio strutturale e presentano identiche strutture attribuibili alla sovrapposizione di più fasi deformative.

La prima di queste, responsabile dell'assetto strutturale generale dell'unità, ha dato origine ad una grande sinclinale coricata ad asse N100°, piano assiale debolmente inclinato verso SSW e vergenza a NNE, di cui il fianco rovescio, molto potente e continuo, rappresenta la struttura più estesa a scala regionale. Il fianco dritto affiora in Val Nure con spessori esigui (Fig. 3). Testimonianza di questa prima fase si ritrova anche in Val Ceno, per la presenza di pieghe minori nel fianco rovescio (st. DOSSO UFDn1 in Carta; Fig. 5 in: COSTA *et alii*, 1990). Questo episodio deformativo, per la geometria del piegamento, sembrerebbe imputabile a meccanismi di taglio semplice, forse legati ai sovrascorrimenti tra le unità dovuti all'accrezione del cuneo.

La seconda fase plicativa interessa, nell'area di studio, il fianco rovescio della sinclinale di prima fase. Tale piegamento si osserva sia in sinistra Ceno (Fig. 6 in: COSTA *et alii*, 1990) che, in modo più spettacolare, nella cava Morfasso in Val d'Arda, dove affiora una antiforforme decametrica con direzione assiale WSW-ENE (Fig. 4); questa, geometricamente definibile come una antiforforme sinclinale, è tuttavia geneticamente una vera anticlinale in quanto, al momento della sua nucleazione, la successione coinvolta era già rovesciata. Sono presenti anche varie famiglie di faglie che, per la maggior parte, si inquadrano nel campo di sforzi responsabile del piegamento (stereogrammi vari UFDe2 in Carta). Questo secondo episodio è nettamente separabile dal primo in quanto risultano differenti sia le direzioni assiali, sia le geometrie dei piegamenti, coricate le prime e sostanzialmente dritte le seconde: la debole inclinazione del piano assiale nell'antiforforme di Morfasso, più che rappresentare una vergenza legata a meccanismi di taglio e/o a sovrascorrimenti, dipende probabilmente dalla giacitura già inclinata verso sud della successione rovesciata nella quale si sono nucleate le pieghe. Infatti le stesse pieghe sono presenti anche a M. Dosso, con le stesse direttrici e uguale geometria, ma qui il piano assiale è verticale. Il motivo determinante, tuttavia, che permette di attribuire il secondo episodio plicativo ad una fase deformativa nettamente successiva alla prima, è rappresentato dalla dif-



Fig. 3 - Grande sinclinale coricata di prima fase nell'Unità Dosso-Farini affiorante in Val Nure, tra le località di Bettola e Farini D'Olmo.

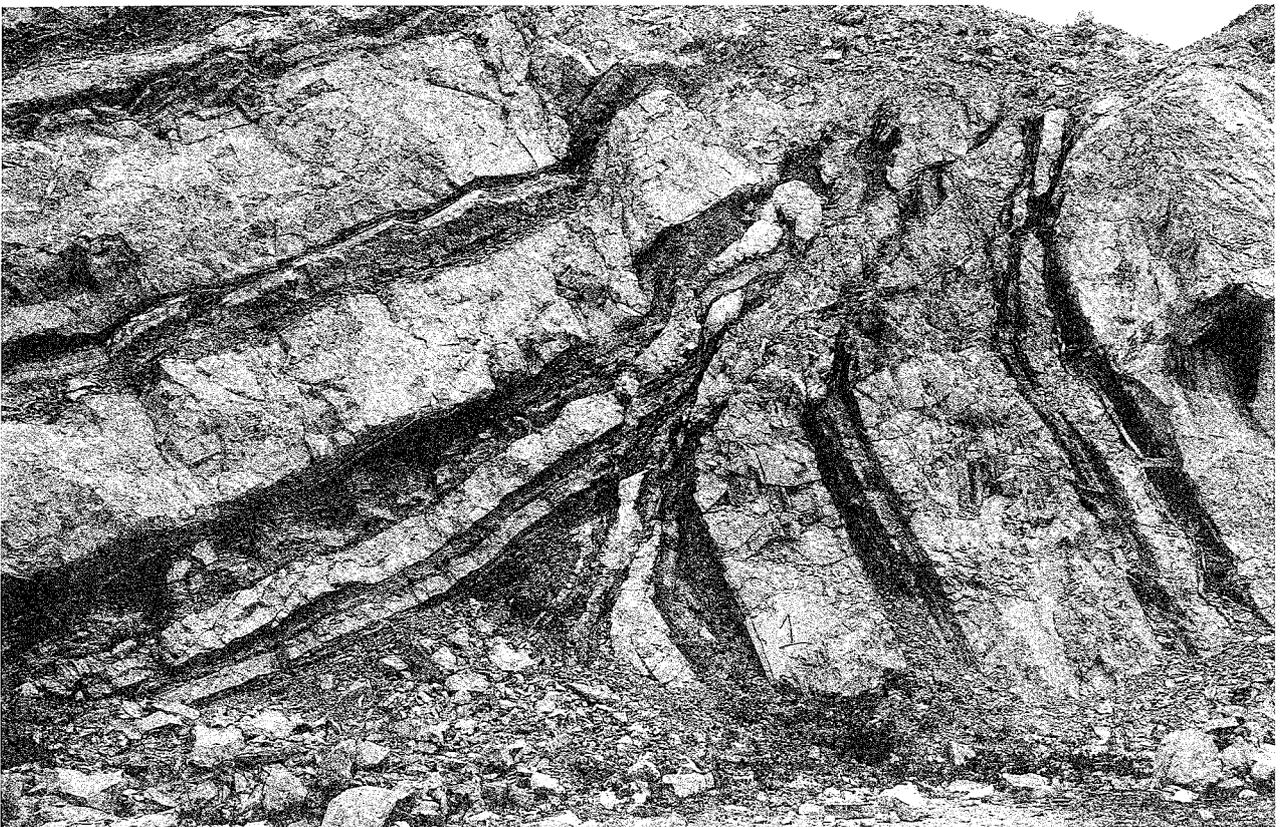


Fig. 4 - Zona del nucleo dell'antiforme inclinata di seconda fase nell'Unità Dosso-Farini affiorante in corrispondenza della Cava di Pietra di Morfasso.

ferenza riscontrata nei meccanismi deformativi, per taglio semplice il primo e per taglio puro il secondo e nei regimi: solo il secondo episodio plicativo è infatti accompagnato da faglie e fratture molto pervasive che evidenziano condizioni di P, T e circolazione di fluidi nettamente diverse rispetto a quelle della prima fase (uno studio in corso su sezioni ultrasottili, riguardante i riempimenti delle microfratture e la microstrutturazione sembrerebbe avvalorare quanto esposto in precedenza circa i tempi e i meccanismi deformativi). Il piegamento di questa seconda fase è preceduto, accompagnato e seguito da faglie di contrazione di tutte le dimensioni, come dimostrato dalla dispersione dei piani, che mostrano inclinazioni variabili da 0° a 70°-80°, pur mantenendo sempre la stessa direzione (st. UFDpost1 in Carta).

Per l'interpretazione del reale significato di alcune famiglie di faglie è stato necessario operare due successive rotazioni intorno agli assi dei due piegamenti che hanno interessato l'unità, volte ad annullarne l'effetto sulla giacitura attuale (st. *morfa 16, 16R, 16R2* Tab. 1). Sono presenti inoltre faglie normali subverticali circa perpendicolari all'asse della piega (st. UFD_e2 in Carta).

In sostanza questa fase deformativa, attuata a livelli strutturalmente più superficiali, non è più caratterizzata da importanti sovrascorrimenti all'interno dell'edificio, che registra invece una compressione per taglio puro, evidenziata anche da faglie trascorrenti e inverse.

Un successivo episodio a carattere estensionale si evidenzia nei settori più interni (spartiacque Arda - Nure), dove sono presenti faglie normali e trascorrenti dalla cui analisi si ricava un campo di sforzi i cui assi principali σ_1 e σ_3 , senza cambiare direzione rispetto a quelli ricostruibili per la fase compressiva precedente, si scambiano le rispettive posizioni: l'edificio quindi passa da un regime compressivo-trascorrente ad uno estensionale (st. *Far4 Carey* Tab. 1; il rapporto di forma $R = 0.6$ colloca lo *stress* nel campo della estensione pura (BOUQUET & PHILLIPS, 1986).

Faglie con le stesse giaciture sono presenti anche in altre zone dell'area studiata. Ad esempio ad E di Morfasso dislocano la superficie di contatto tra l'Unità Dosso-Farini e l'Unità Bettola, ed anche in Val Ceno limitano quest'ultima da altre unità. Il fatto interessante è che queste faglie spesso mostrano indicatori cinematici che indicano verso opposto di movimento, da cui si deduce che hanno giocato rispettivamente prima come sinistre e poi come destre e viceversa, a seconda del campo di stress agente in quel momento.

Unità Bettola

Affiora nel versante padano dell'Appennino settentrionale posto a NW della Val Taro. Nell'area della nostra Carta l'Unità Bettola è tettonicamente soprastante all'Unità Dosso-Farini tramite una superficie che taglia il fianco inverso della sinclinale di quest'ultima e, forse, anche quello diritto, che però non è affiorante; le due situazioni potrebbero configurare un sovrascorrimento "in sequenza" o "fuori sequenza" (*sensu* MORLEY, 1988) rispettivamente. La superficie di sovrapposizione tra le due unità è raramente osservabile sul terreno, anche per il fatto che, mettendo a contatto litofacies molto simili, non produce superfici morfologicamente importanti; il suo andamento, ricostruito cartograficamente, sembra suggerire una sua deformazione da parte della tettonica successiva.

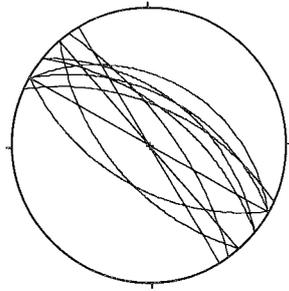
L'evento deformativo più vecchio è espresso da pieghe coricate o rovesciate, con assi piuttosto dispersi intorno alla direzione NNW-SSE, spesso legate a superfici di sovrascorrimento, visibili alla scala dell'affioramento, cui sono associate anche numerose faglie normali aventi stessa direzione dei primi, ma immersione sia verso NE che verso SW. L'elaborazione di questi dati (compiendo una rotazione in senso antiorario attorno ad un asse di piegamento N315°, lo stesso di alcune pieghe misurate: st. *betmor14, betmor14r* Tab. 1) ha permesso di interpretare queste faglie come piani di taglio tipo R e R'. Poiché queste due famiglie di strutture e i *thrusts* si tagliano reciprocamente, individuando cronologie apparentemente opposte da luogo a luogo (Fig. 5), è probabile che esse siano tutte contemporanee, legate ad elevati sforzi di taglio semplice che si instaurano all'interno di una zona compresa tra due superfici di sovrascorrimento (YIN & KELTY; 1991; st. *BETTOLA1 UBETA + b1e2; BETTOLA2 UBETc1e2; UBETA1* in Carta).

Una successiva fase compressiva è riconoscibile dall'analisi di mesopieghe a piano assiale sub-verticale, rilevate in vari affioramenti isolati; esse mostrano assi piuttosto dispersi intorno alla direzione E-W, e sono interessate da una fratturazione molto diffusa che ne testimonia la formazione in un regime deformativo molto fragile, quindi ad un livello strutturale più superficiale rispetto a quello in cui si è presumibilmente sviluppato l'evento plicativo precedente. La geometria di queste pieghe sembra inoltre legata a meccanismi di taglio puro (Fig. 6). Queste pieghe sono spesso associate a faglie subverticali destre a direzione intorno a N140°; in località Case Castelletto (W di M. Roncuini), si segue in affioramento l'asse di una piega decametrica che ruota da una direzione N80° a N120° a causa di una faglia subverticale con direzione N140° e verso di movimento destro: abbiamo quindi supposto che la dispersione della direzione degli assi di queste pieghe sia legata alla contemporanea formazione di questo sistema di faglie.

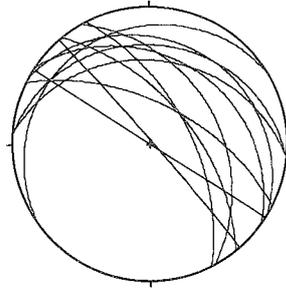
Altre meso e macrostrutture presenti nell'Unità Bettola, sia in Val Ceno che in Val d'Arda, sono imputabili a questa fase che riattiva anche i contatti precedenti tra le varie unità. L'espressione più evidente, a scala della Carta, si ha proprio in sinistra Arda, dove l'Unità Bettola viene a contatto con l'Unità Rocca Casali. Tale superficie di contatto si manifesta in due espressioni diverse:

1) per circa 7 km il contatto, solo localmente affiorante, avviene tramite una fascia di faglie inverse subverticali a direzione compresa tra SSW-NNE e SW-NE (immergenti a NW) con movimento ad elevata componente di trascorrenza sinistra; in queste situazioni le pieghe che si formano sono ruotate in direzione N-S, come si osserva poco ad E de I Rabbini (st. *UBETd1* in Carta) e nella zona "I Sabbioni", a NE di Ravazzoli (in sinistra Arda), dove un tratto del contatto tra l'Unità Bettola e l'Unità Rocca Casali è ripiegato in sinclinale ed anche in questo caso si misurano pieghe ad asse circa N-S a piano assiale molto inclinato ed un sistema di faglie coniugate che danno un'asse di massimo sforzo σ_1 orientato circa NNE-SSW (st. *betmor25b* Tab. 1). Alla scala dell'affioramento è possibile osservare il piegamento del flysch che sormonta l'Unità Rocca Casali attraverso una superficie sensibilmente inclinata (Fig. 7).

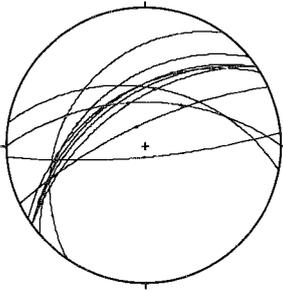
2) faglie inverse a basso angolo a direzione leggermente dispersa intorno a W-E con verso di movimento



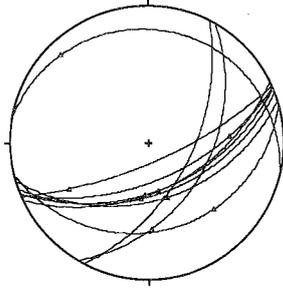
BETMOR14



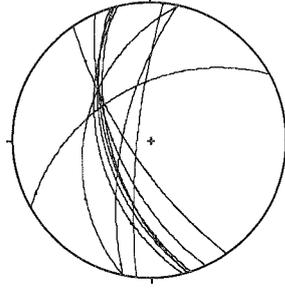
BETMOR14R



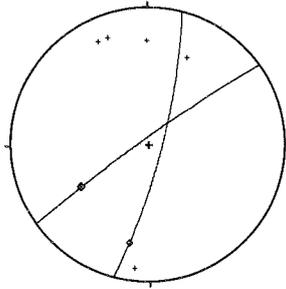
MORFA16



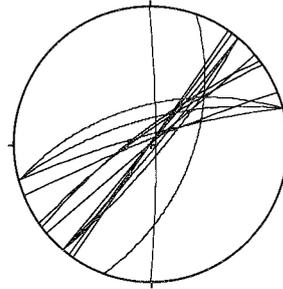
MORFA16R



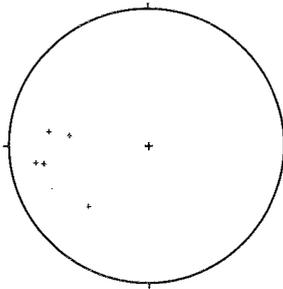
MORFA16R2



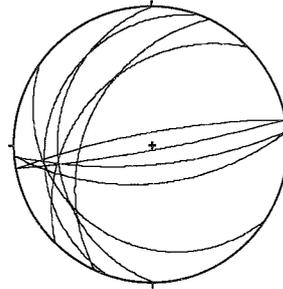
BETMOR25B



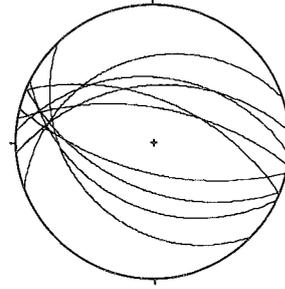
CENBET3



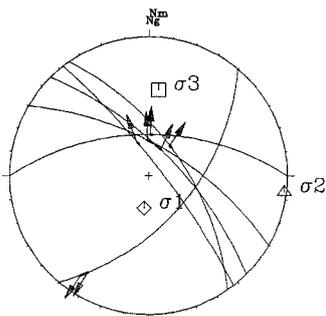
POGGIO4



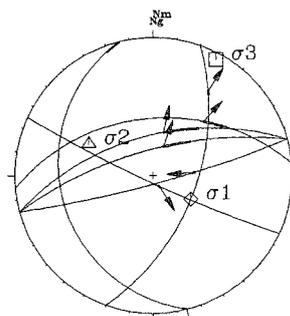
POGGIO6



POGGIO6R



FAR4



CENBET1

Tab. 1 - BETMOR14 e BETMOR14R rappresentano rispettivamente le strutture in giacitura attuale e ruotate intorno all'asse del piegamento legato alla prima fase compressiva nell'Unità Bettola.

- MORFA16, MORFA16R, MORFA16R2 rappresentano rispettivamente le giaciture attuale, ruotata intorno al piegamento di seconda fase e intorno al piegamento di prima fase nell'Unità Dosso-Farini.
- BETMOR25B e CENBET3 rappresentano la giacitura delle strutture imputabili alla seconda fase compressiva nell'Unità Bettola rispettivamente in Val d'Arda ed in Val Ceno.
- POGGIO4, POGGIO6 e POGGIO6R rappresentano la giacitura delle strutture legate alla seconda fase compressiva nell'Unità Cassio di Poggio Casella.
- FAR4 e CENBET1 rappresentano le elaborazioni ottenute tramite il metodo "Carey" per la ricostruzione degli assi principali dell'ellissoide degli sforzi partendo da famiglie di faglie misurate rispettivamente nell'Unità Dosso-Farini e nell'Unità Bettola.

LEGENDA

- poli delle superfici di stratificazione, strati dritti
 - poli delle superfici di stratificazione, strati rovesci
 - + assi pieghe
 - traccia del *pitch* proiettata sulla superficie di faglia a prevalente movimento diretto
 - △ traccia del *pitch* proiettata sulla superficie di faglia a prevalente movimento inverso
 - ◇ traccia del *pitch* proiettata sulla superficie di faglia a prevalente movimento destro
 - ◆ traccia del *pitch* proiettata sulla superficie di faglia a prevalente movimento sinistro
 - N = numero dati plottati
- Per tutti gli stereogrammi, si è utilizzato un reticolo di Wulff a proiezione sull'emisfero inferiore.

predominante verso sud (zona a N di Villa d'Arda). Questo contatto continua più ad W dove provoca il retroscorrimento verso sud delle *Argilliti di Guselli* sul *Flysch di Farini* e di quest'ultimo sull'Unità Bettola, mantenendo sempre una direzione grossomodo E-W e movimento verso sud.

In sinistra Ceno questo evento tettonico viene registrato da una serie di faglie molto inclinate, a direzione N-N35° che mettono in contatto anche questa volta l'Unità Bettola con l'Unità Rocca Casali. A scala mesostrutturale sono stati rinvenuti numerosi piani di faglia aventi la stessa giacitura di quelli presenti alla scala della carta e, quando sono presenti indicatori cinematici, si riscontra un movimento prevalente di *strike* sinistro (st. *cenbet3* Tab. 1).

In varie località l'UBET viene in contatto con le unità più alte tramite faglie subverticali con probabile componente di movimento trascorrente (es. contatto UBET / USCB e/o URC, loc. Vetrioni, Val Ceno; UBET / UCS, limiti E e W di M. Moria); altre volte l'unità viene a mancare, insieme con le altre unità intermedie, laminata lungo il contatto fuori sequenza che riattiva la superficie basale dell'Unità di M. Cassio (Rio di Groppo Ducale, Val Nure; Val Pessola, Pozzolo, Val Stirone; vedi oltre).

L'ultimo evento tettonico riconosciuto nell'Unità Bettola è di tipo distensivo ed è stato ricostruito dall'analisi di mesofaglie affioranti ad est della confluenza tra il T. Ceno ed il T. Cenedola, poco al di fuori del limite sudorientale della Carta. Un simile episodio distensivo, con un σ_3 disposto N-S (st. *cenbet1* Carey Tab. 1, con un rapporto di forma $R = 0.07$: campo dell'estensione radiale; BOUSQUET & PHILLIPS, 1986), è stato evidenziato anche nell'Unità Dosso-Farini nella zona di Morfasso (vedi *far4* Carey), e viene interpretato come evento tardivo nella strutturazione di questo tratto di catena appenninica. Probabilmente anche in questo caso una parte delle faglie che hanno agito durante eventi compressivi precedenti sono state riutilizzate sotto il nuovo campo di sforzi. A tale categoria appartengono anche le faglie trascorrenti sinistre a direzione N30° che in un primo tempo hanno funzionato da elementi transpressivi in un campo di sforzi compressivo a σ_1 orientato NNW-SSE e successivamente hanno giocato come faglie di tipo normale.

Unità Cassio

Le più grandi placche di Unità Cassio affioranti nell'area in esame mostrano pieghe coricate di taglia ettometrica con lunghi fianchi rettilinei indeformati, angoli di apertura anche inferiori ai 30° e zone di cerniera di dimensioni limitate in cui gli strati competenti non mostrano particolari ispessimenti.

Le placche in questione sono quelle di M. Carameto (tra la Val d'Arda e la Val Ceno) e di M. Lucchi in Val d'Arda. Nella prima la struttura principale di taglia ettometrica è rappresentata da due sinclinali ed un'anticlinale di raccordo con piano assiale suborizzontale, vergenti verso NE, in cui si evidenzia una disarmonia progressiva nello sviluppo della piega: le anticlinali diventano sempre più chiuse ed a fianchi più lunghi da W verso E (Fig. 8 in: COSTA *et alii*; 1990). Inoltre si assiste alla sistematica variazione dell'orientamento degli assi della piega, che passano dalla direzione N170° nel settore occidentale a N100° nel settore orientale, dove tale cambiamento si può seguire sul terreno cerniera dopo cerniera (per una stessa piega) in modo graduale e sistematico (st. UCS11, 11, m1, in Carta).

Le pieghe della placca di M. Lucchi assumono geometrie del tutto simili a quelle della placca del M. Ca-

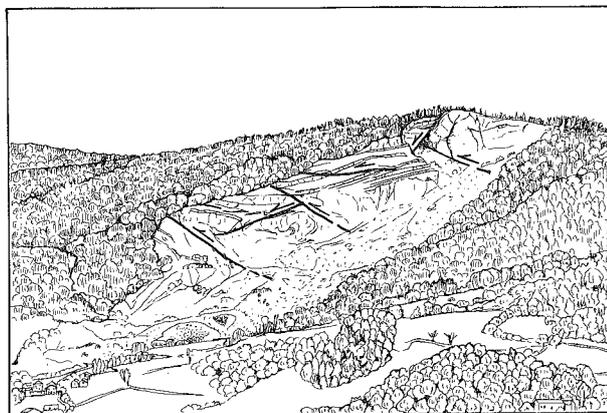


Fig. 5 - Disegno mostrante le relazioni tra le faglie normali ed i *thrusts* presenti nell'Unità Bettola affiorante nel versante meridionale del M. Roncuini (vedi anche ster. UBETA1 in Carta).

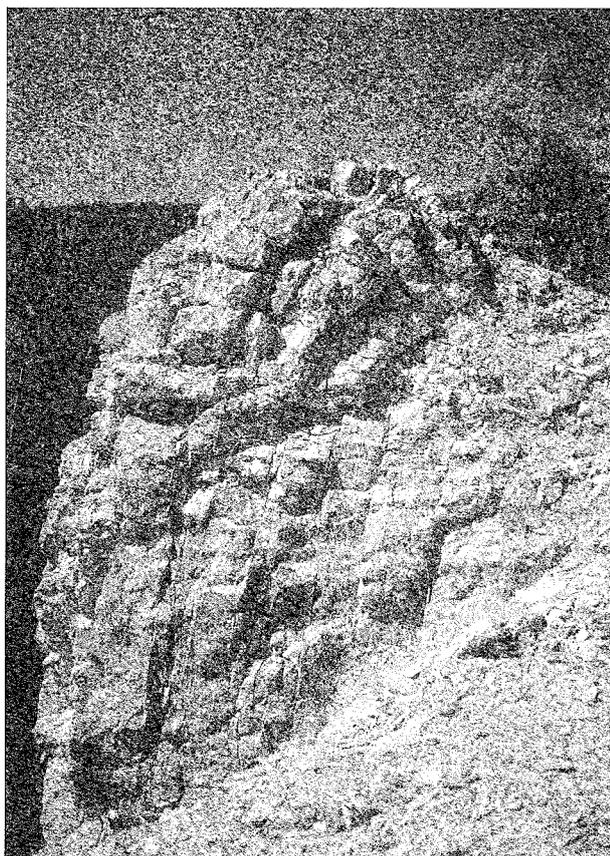


Fig. 6 - Antiforme diritta di seconda fase (di dimensioni decametriche) nell'Unità Bettola, affiorante in Località "I Sabbioni", NE di Morfasso, Val d'Arda.

rameto (Fig. 8), anche se nella prima la rotazione della direzione assiale si deduce prevalentemente dalla ricostruzione delle pieghe tramite π -diagram effettuata in alcune stazioni mesostrutturali (st. UCSf1, g1, h1 in Carta) e non direttamente sul terreno, tranne che per un breve tratto in destra Arda a N di Dadomo. In quest'area il piano assiale immerge debolmente a N anziché a S. Tali ondulazioni del piano assiale sono imputabili con tutta probabilità alla seconda fase a caratte-

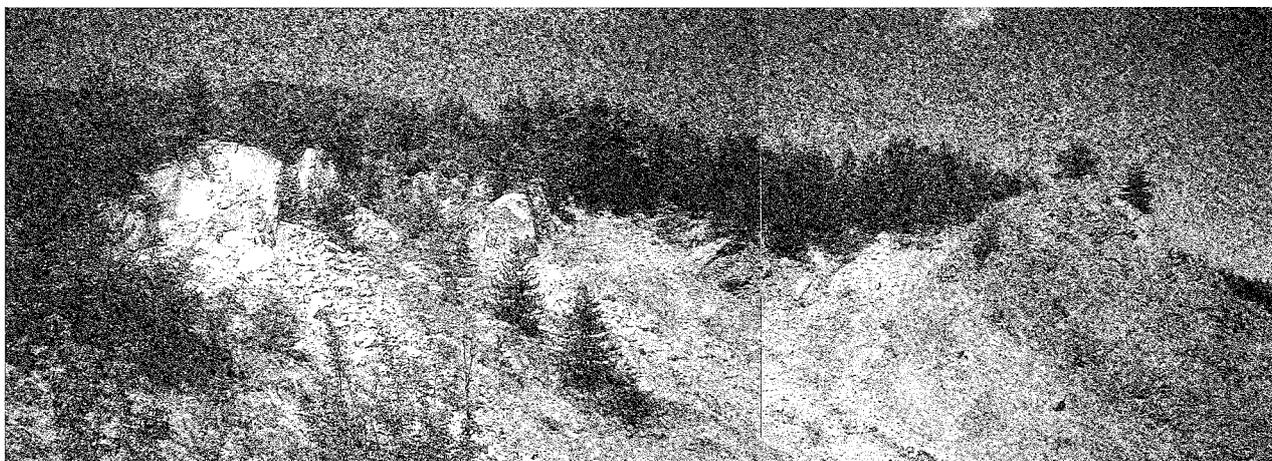


Fig. 7 - Grande antiforme inclinata di seconda fase nell'Unità Bettola dovuta all'accavallamento di quest'ultima sopra l'Unità Rocca Casali. Affioramento nei pressi della Località "I Sabbioni", NE di Morfasso, Val d'Arda.

re plicativo, già evidenziata anche all'interno delle Unità Bettola e Dosso-Farini.

Ipotesi di lavoro per spiegare il singolare tipo di piegamento sono già state discusse in COSTA *et alii* (1990), cui si rimanda. In ogni caso il meccanismo deformativo responsabile delle strutture plicative sopra descritte rimane per il momento incerto e problematico: per questo motivo sono in corso studi volti ad inquadrare meglio l'evento che lo ha generato.

Una successiva fase compressiva si sovrappone, con strutture caratterizzate da geometrie e regimi deformativi totalmente differenti, a quella sopra descritta ed è rilevabile a Poggio Casella (poco a NW del margine occidentale della Carta). Essa è caratterizzata da una importante superficie di *thrust* immergente circa a N sormontata da una "anticlinale rovesciata" (nucleata in una successione già rovesciata) ad asse W-E e piano assiale debolmente inclinato verso N; essa si è nucleata nel fianco rovescio della sinclinale coricata, che rappresenta il motivo strutturale dominante di questa placca (CERRINA *et alii*, 1994). Da questi elementi si deduce che il movimento del blocco superiore è avvenuto grossomodo da N verso S e questo è confermato anche da altre mesostrutture misurate (Fig. 9; st. poggio4, poggio6, 6R Tab. 1).

Il *Flysch di M. Cassio* di Poggio Casella, che rappresenta uno degli affioramenti più interni dell'unità, si trova in una situazione strutturalmente molto diversa da quella che contraddistingue le altre placche più esterne, in quanto si sovrappone direttamente all'Unità Dosso-Farini (la più bassa dell'edificio) senza l'interposizione delle unità intermedie a forte componente pelitica (USCB, URC) (Fig. 10). Solo in questo contesto particolare il *Flysch di M. Cassio* appare interessato dal secondo episodio deformativo, che è stato invece assorbito dalle unità pelitiche e/o caotiche presenti alla base dell'Unità Cassio nelle aree più esterne. Le strutture rilevate nel *Flysch di M. Cassio* pochi metri sopra il contatto inducono ad interpretare quest'ultimo come un *backthrust* che, muovendosi da N-NNE a S-SSW, avrebbe tagliato *up-section* l'edificio. L'intensa fratturazione, a volte pervasiva, che caratterizza l'affioramento in questione, evidente soprattutto avvicinandosi alle zone di nucleo delle macro e meso-pieghe, non è mai presente nelle grandi pieghe del M. Carameto e del M. Lucchi.



Fig. 8 - Zona del nucleo di una delle grandi pieghe coricate (sinclinale in questo caso) che caratterizzano la prima fase deformativa dell'Unità Cassio. Affioramento sul versante nord-occidentale di M. Lucchi, Val D'Arda.



Fig. 9 - Panoramica di M. Obolo, dove si può osservare la sovrapposizione diretta dell'Unità Cassio sopra l'Unità Dosso-Farini, senza l'interposizione delle unità intermedie dell'edificio strutturale.

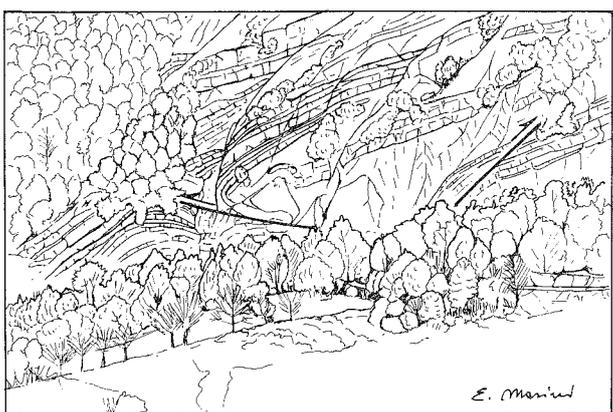


Fig. 10 - Disegno illustrante il sistema di pieghe e thrusts di seconda fase nell'Unità Cassio nei pressi di Poggio Casella, versante meridionale di M. Obolo (vedi anche ster. POGGIO4, POGGIO6 e POGGIO6R in TAB. 1).

Backthrusts sono stati rinvenuti anche a valle del Lago di Mignano, che rappresenta invece l'affioramento più esterno dell'unità in oggetto, immediatamente a ridosso delle strutture compressive del substrato continentale che avrebbero favorito il retroscorrimento

agendo come ostacolo alla normale propagazione delle strutture verso l'avampaese.

Queste strutture ben si collegano con quelle rinvenute nell'U. Bettola e lungo i contatti tra questa e le Unità Rocca Casali e Dosso-Farini, precedentemente descritte, e nell'insieme indicherebbero un retroscorrimento del settore settentrionale su quello meridionale. Questo backtrusting ha probabilmente portato la parte alta dell'edificio, già strutturata in eventi tettono-sedimentari precedenti, a sovrapporsi a quella inferiore ed è stata registrata anche nelle unità più basse e lungo i loro contatti.

CONCLUSIONI

Sulla base dei dati acquisiti e delle considerazioni fatte nei capitoli precedenti tentiamo di tracciare brevemente ed in modo ipotetico l'evoluzione dell'area riportata nella Carta.

Le fasi tettoniche principali che sembra di poter individuare nell'area, ciascuna delle quali composta probabilmente da più eventi succedutisi nel tempo, sono, in ordine cronologico a partire dalla più vecchia: — una fase estensionale (Santoniano superiore?) che avrebbe smembrato le successioni sedimentarie del *continental rise* apulo (Fig. 2) e che attualmente sarebbe registrata solo dalla parte superiore, in origine la più esterna, dell'edificio; come conseguenza di questa fase si sarebbe individuata l'Unità Scabiazza, messa in posto, tramite faglie estensionali a basso angolo, sul *Complesso di Rocca Casali* probabilmente tra il Santoniano inf. ed il Campaniano inf. (Fig. 2, cf. Sintesi Stratigrafica). E' possibile che queste fasi fossero piuttosto diffuse anche all'interno del cuneo di accrezione: esse sono largamente documentate dagli studi recenti compiuti lungo i margini convergenti attuali (AUBOIN, 1989; CADET *et alii*, 1987) e renderebbero conto delle grandi difficoltà che si incontrano nelle ricostruzioni stratigrafiche all'interno delle Unità Liguri; — una fase compressiva (pre - Eocene medio-superiore), legata a meccanismi di taglio semplice ed espressa da sovraccorrimenti tra le varie unità tettoniche che si andavano individuando durante l'accrezione, Unità Dosso-Farini, Bettola e, probabilmente, Cassio, e, all'interno di queste, da pieghe fortemente asimmetriche; — una seconda fase compressiva (post - Oligocene), dovuta a meccanismi di taglio puro probabilmente legati alla strutturazione dell'avampaese in seguito alla collisione continentale; questa fase è espressa principalmente da pieghe dritte, faglie inverse e trascorrenti e dal retroscorrimento della parte originariamente più esterna dell'area su quella più interna. Probabilmente l'entità del retroscorrimento della parte superiore, quasi non deformata al suo interno da questa seconda fase, è pari al raccorciamento provocato da quest'ultima nelle unità inferiori, in modo che nell'insieme risulti un bilanciamento generale della deformazione legata a questa fase compressiva a livello dell'edificio. Naturalmente quanto sopra riguarda l'analisi "interna" all'edificio in quanto è ovvio che, nell'insieme, il corpo liguride veniva sottoscorsso dalle unità di pertinenza continentale, così spostandosi all'esterno relativamente a queste ultime. Questa fase ha probabilmente ridefinito anche i rapporti precedentemente acquisiti dalle unità individuate durante le fasi precedenti. Per esempio le pieghe di prima fase dell'Unità Cassio appaiono at-

tualmente tranciate a tutti i livelli dalla superficie basale che è pertanto fuori sequenza rispetto al piegamento. Retroscorrimenti sud-vergenti si evidenziano anche in Val d'Arda e sembrano collegarsi con il margine esterno delle Liguridi tramite una fascia trascorrente sinistra orientata NNE-SSW che fungerebbe da rampa laterale del retroscorrimento;

— una successiva fase estensionale che ha in parte riutilizzato le strutture della fase precedente ed è stata riconosciuta solo localmente.

I lavori dei colleghi nelle aree adiacenti permetteranno di valutare se l'assetto strutturale ricostruito nell'area della Carta abbia unicamente una valenza locale o possa essere esteso in tutte le aree di affioramento di queste unità.

BIBLIOGRAFIA

- AUBOIN J. (1989) - *Some aspects of the tectonics of subduction zones*. Tectonophysics, **160**, 1-21.
- BOUSQUET J.C. & PHILLIPS H. (1986) - *Neotectonics of the Calabrian arc and Apennines (Italy): an example of plio-quaternary evolution from island arcs to collisional stages*. In Wezel F.C. (Ed.), "The origin of the arcs". Elsevier, Amsterdam, 305-326.
- BRAGA G. (1965) - *Geologia delle Valli Nure e Perino (Appennino piacentino)*. Atti Ist. Univ. Pavia, **17**, 3-49.
- CADET J.P., KOBAYASHI K., LALLEMAND S., JOLIVET L., AUBOIN J., BOULEGUE J., DUBOIS J., HOTTA H., ISHII T., KONISHI K., NITSUMA N. & SHIMAURA H. (1987) - *Deep scientific dives in the Japan and Kuril Trenches*. Earth Planet. Sci. Lett., **83**, 313-328.
- Carta Geologica della Prov. di Parma e zone limitrofe (1:100.000) - (1966) L.A.C. Firenze.
- CERRINA FERONI A., MARTINELLI P. & OTTRIA G. (1994) - *L'edificio strutturale della media Val Nure (Appennino settentrionale): nuovi dati strutturali e biostratigrafici*. Atti Tic. Sc. Terra, **94**, 105-115.
- COSTA E., DE NARDO M.T., MATTIOLI A. & RONCHI P. (1991) - *Evoluzione tettonica delle Liguridi: le strutture di M. Carameto e M. Dosso (Val Ceno, Prov. di Parma)*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It. **XLVI**, 375-385.
- COSTA E. & ZANZUCCHI G. (1978) - *Osservazioni di tettonica e paleogeografia sull'Appennino Parmense e zone limitrofe*. "L'Ateneo Parmense" ACTA NATURALIA, **14**, 35-54.
- COWAN D.S. (1985) - *Structural styles in Mesozoic and Cenozoic mélanges in the western Cordillera of North America*. Geol. Soc. of Am. Bull., **96**, 451-462.
- Foglio 1:25.000 n° 217, Neviano degli Arduini. R.E.R.
- FONTANA D., STEFANI C., ZUFFA G.G. & TATEO F. (1990) - *Il Flysch di Solignano nel quadro dei Flysch ad Elmintoidi (Maastrichtiano inferiore, Appennino settentrionale)*. Giornale di Geologia, **52**, 99-120.
- FONTANA D., SPADAFORA E., STEFANI C., STOCCHI S., TATEO F., VILLA G. & ZUFFA G.G. (in stampa) - *The upper Cretaceous Helminthoid Flysch of the Northern Apennines: provenance and sedimentation*. Mem. Soc. Geol. It., in stampa.
- GHISELLI F., OTTRIA G. & PERILLI N. (1991) - *Nuovi dati biostratigrafici sulle Arenarie di Scabiazza in base ai nanofossili calcarei (Val Trebbia, Appennino settentrionale)*. Atti Tic. Sc. Terra, **34**, 74-84.
- LUDWIG O. (1929) - *Geologische Untersuchungen in der Gegend von Bobbio im Nordapennin*. Geol. Rundschau, **20**, 36-66.
- MECCHERI M., CLERICI A. & COSTA E. (1982) - *Analisi mesostrutturale delle deformazioni plicative in alcuni affioramenti delle Arenarie di Ostia (Appennino parmense)*. Boll. Soc. Geol. It., **101**, 3-16.
- MORLEY C.K. (1988) - *Out-of-sequence thrusts*. Tectonics, **7**, 539-561.
- PAPANI G. & ZANZUCCHI G. (1969) - *Nuove unità litostratigrafiche dell'Appennino emiliano: I - Il Flysch di Monte Cassio*. "L'Ateneo Parmense" - Acta Naturalia, **V**,(1), 1-16.
- RIO D. & VILLA G. (1987) - *On the age of the "Salti del Diavolo" conglomerates and the Monte Cassio Flysch "basal Complex" (Northern Apennines, Parma prov.)*. Giornale di Geologia, **49**, 63-79.
- VESCOVI P. (1993) - *Schema evolutivo per le Liguridi dell'Appennino settentrionale*. Atti Tic. Sc. Terra, **36**, 89-112.

YIN A. & KELTY T.K. (1991) - *Development of normal faults during emplacement of a thrust sheet: an example from the Lewis allochthon, Glacier National Park, Montana (U.S.A.)*. Jour. Struct. Geol., **13**, 37-47.

ZANZUCCHI G. (1967) - *Osservazioni preliminari sulla tettonica della media Val Taro (Carta Geologica 1:50.000 e sezioni)*. l'Ateneo Parmense-Acta Naturalia, **3**, 59-89.

ZANZUCCHI G. (1980) - *I lineamenti geologici dell'Appennino parmense. Note illustrative alla Carta Geologica e Sezioni Geologiche della Provincia di Parma e zone limitrofe (1:100.000)*. Volume dedicato a S. Venzo, STEP, Parma, 201-233.

ZANZUCCHI G. (1988) - *Ipotesi sulla posizione paleogeografica delle "Liguridi esterne" cretacico-eoceniche, nell'Appennino settentrionale*. Atti Tic. Sc. Terra, **31**, 327-339.