

## **Introduzione alla geologia dell'Appennino Ligure-Emiliano**

Piero Elter

L'Appennino Settentrionale risulta dalla sovrapposizione tettonica di due grandi insiemi, diversi per litologia, struttura ed origine paleogeografica: un Insieme Esterno Umbro-toscano ed un Insieme Interno Ligure-emiliano.

L'insieme Esterno è costituito essenzialmente da uno zoccolo continentale, appartenente alla Placca Apula (Adriatico-Padana *Auctt.*) su cui poggiano, anche se scollate e deformate, le successioni mesozoico-terziarie che ne rappresentano l'originale copertura sedimentaria.

L'insieme Interno consta di una serie di unità tettoniche che, per la presenza di ofioliti (rocce ignee basiche ed ultrabasiche tipiche della litosfera oceanica) si sono invece originate in un oceano estendendosi eventualmente anche sulla parte più assottigliata dei margini continentali adiacenti (vedere i capitoli sulle ofioliti). Queste unità hanno comunque abbandonato il loro substrato originario, che è scomparso in subduzione, per sovrascorrere da ovest verso est (vergenza appenninica) sull'Insieme Esterno, che ha avuto ruolo di avampaese, costituendo perciò una coltre alloctona.

Da un punto di vista geodinamico più generale l'Oceano Ligure (o Ligure-piemontese se si tiene conto del suo prolungamento nelle Alpi), da cui sono derivate queste unità, costituiva la separazione fra continente iberico-europeo da un lato e continente apulo-africano dall'altro, i cui margini hanno rappresentato gli avampaesi rispettivi delle Alpi e dell'Appennino. Dalla sua subduzione hanno avuto origine unità alloctone obdotte con vergenza opposta, nell'una e nell'altra catena. La storia strutturale dell'Insieme Ligure-emiliano è perciò complessa: una parte delle unità tettoniche che lo costituiscono, prima di essere implicata nella tettonica miocenica a vergenza appenninica (apula), ha partecipato, nelle fasi deformative precoci, anche a deformazioni alpine a convergenza principalmente europea.

### **L'insieme esterno umbro-toscano**

Comprende diverse "zone" caratterizzate da successioni stratigrafiche simili tra loro che rappresentano la copertura sedimentaria del margine apulo, vale a dire di quello sud-orientale originato dall'apertura infracontinentale dell'Oceano Ligure. Questo fenomeno è stato preceduto da un processo di *rifting*, in cui la litosfera continentale ha subito una trazione che l'ha assottigliata meccanicamente, prima della sua lacerazione.

Le successioni rispecchiano perciò un'evoluzione in cui da una situazione di rift continentale si passa a quella di margine, prima passivo e poi attivo con l'inizio dell'orogenesi. A un Trias trasgressivo e spesso evaporitico segue una serie di piattaforme al Giurassico inferiore. Lo sprofondamento e la fratturazione di quest'ultima lascia il posto alla sedimentazione di calcari pelagici con batimetria variabile, che si manifesta per la presenza di serie condensate accanto ad altre bacinali. Al Giurassico superiore in seguito all'apertura oceanica compare la sedimentazione di Diaspri e Calcari a Calpionelle, che dall'Oceano Ligure si estende anche sul margine continentale. Seguono poi (Cretaceo-Eocene) le marne, in facies pelagica, della Scaglia, che ricoprono uniformando la morfologia del fondo marino, divenuto tettonicamente passivo.

Infine al Terziario si verifica un avvenimento rivoluzionario: la sedimentazione che era stata finora essenzialmente carbonatica, via via più pelagica e priva di significativi apporti terrigeni, diviene improvvisamente clastica con potenti formazioni di torbiditi arenacee che compaiono prima nelle zone più occidentali per poi spostarsi progressivamente verso quelle orientali.

Anche se alimentate longitudinalmente da rilievi relativamente lontani, il loro carattere di depositi di avanfossa in relazione con l'avanzare dell'orogenesi nell'Appennino, è molto evidente ed anch'essi prendono il nome di flysch (Macigno s.l.).

La differenza di età e di facies tra questi flysch costituisce uno dei caratteri più appariscenti che portano alla distinzione dei due grandi domini in cui si suddivide l'insieme Esterno: il Dominio Toscano, caratterizzato dalla Formazione del Macigno, e il Dominio Umbro, caratterizzato dalla Formazione Marnoso-arenacea.

Dal punto di vista tettonico il Dominio Toscano comprende due unità sovrapposte (Toscanidi). Quella inferiore affiora principalmente nella *Finestra tettonica delle Apuane* ed è costituita da una successione metamorfica che comprende il basamento paleozoico e su questo tutta la copertura dal Trias fino al Macigno (tradizionalmente ma erroneamente chiamato Pseudomacigno). Quella superiore è la Falda Toscana, priva di un metamorfismo palese e costituita dall'accavallamento sulla prima di tutta la successione di copertura a partire dalle evaporiti del Trias, fino ai potenti sedimenti torbiditici del Macigno.

Il Dominio Umbro, anche se piegato, manifestamente scollato e avanscorso sul suo basamento (che peraltro è conosciuto solo in sondaggio) è generalmente considerato come autoctono.

Per essere completi si deve aggiungere che, in una zona compresa fra il fronte della Falda Toscana (che corrisponde approssimativamente al crinale appenninico) e il Dominio Umbro su cui esso si accavalla, compare il Complesso arenaceo di M. Cervarola (Unità Cervarola).

Questo, anche se comprende alcuni elementi tettonici di origine probabilmente più interna, costituisce essenzialmente una zona intermedia fra Macigno e Marnoso-arenacea (del Dominio Umbro).

### **La migrazione dell'avanfossa e l'Unità di Canetolo**

L'età delle formazioni arenacee di cui al capitolo precedente, diviene progressivamente più recente dalla più interna (SO) alla più esterna (NE).

Il Macigno risulta infatti compreso fra l'Oligocene medio e il Miocene inferiore, le Arenarie di M.Cervarola, più esterne, vanno dall'Oligocene superiore a tutto il Miocene inferiore; la Marnoso-arenacea, ancora più esterna, è interamente compresa nel Miocene medio. Si delinea così un'avanfossa di torbiditi che migra progressivamente verso l'esterno, davanti all'avanzare del fronte orogenetico, in un primo tempo costituito dalle Liguridi, poi anche dalla Falda Toscana. Questo carattere di avanfossa è evidenziato dall'arrivo dei primi elementi alloctoni che si mettono in posto gravitativamente come frane sottomarine (olistostromi) o addirittura come fronti di elementi tettonici che prima si intercalano, poi si sovrappongono alle arenarie del bacino antistante. I primi elementi alloctoni sono costituiti dal "Complesso Subliguride" fra cui la cosiddetta "Unità di Canetolo", nella quale mancano quasi totalmente le ofioliti.

In realtà, a parte la sua suddivisione in elementi tettonici minori (sotto unità), questa falda è un complesso composito nella cui successione compaiono almeno due gruppi di formazioni con grado di alloctonia diverso (alloctone e semialloctone). Si può così distinguere un gruppo basale, che comprende le Argille e calcari di Canetolo-Cirone (Paleocene-Eocene) e le formazioni calcaree del Groppo del Vescovo, di Vico e del Penice (denominazioni locali e probabilmente variazioni laterali di uno stesso flysch eocenico a dominante carbonatica), in cui è riconoscibile un'affinità ligure esterna e perciò una ben marcata alloctonia. Un secondo gruppo comprende invece lembi di potenti formazioni arenacee (Arenarie di Petriagnicola ed Arenarie di Ponte Bratica), più estesi nelle parti più esterne della falda (val Parma, val d'Aveto) e ridotti a sporadiche e sottili lenti altrove. Questi lembi per l'età compresa tra l'Oligocene inferiore e l'inizio del Miocene, e prescindendo da un rilevante contenuto in clasti di vulcaniti andesitiche (peculiarità delle Arenarie di Petriagnicola), si avvicinano molto di più ai flysch arenacei del Dominio Esterno.

Anche se i primitivi rapporti fra le formazioni dei due gruppi sono stati in parte modificati dalle vicissitudini successive, che hanno prodotto anche una loro suddivisione in sotto unità tettoniche, pare certo che le formazioni arenacee si siano sedimentate in discordanza sulla serie basale già mobilizzata.

L'origine dell'Unità di Canetolo rimane per alcuni aspetti ancora un po' enigmatica. Un'ipotesi suggestiva è che si abbia a che fare con il contenuto di una prima avanfossa di flysch, situata all'interno del bacino del Macigno toscano, in cui sopraggiungeva il primo fronte alloctono, costituito dalle Argille e calcari di Canetolo e dai flysch calcarei eocenici associati. Su questo fronte si sedimentavano in discordanza i flysch arenacei di Ponte Bratica e di Petriagnicola (quest'ultimo alimentato da un rilievo in cui era attivo anche un vulcanismo calco-alcalino). Il tutto doveva poi essere rimobilizzato nelle fasi tettoniche successive (fasi toscane) e spinto, con il progredire dell'orogenesi, prima sopra al Macigno e poi (una volta individuata la Falda Toscana e superato il fronte di quest'ultima mentre avanzava anche il grosso delle Liguridi) anche nella nuova avanfossa rappresentata dal bacino del Cervarola.

Per questa ragione anche il "complesso del Cervarola" appare composito ed è interessato da vistose manifestazioni di tettonica sinsedimentaria. I sedimenti propri della fossa, noti come Arenarie di M. Cervarola (cui corrispondono più a N le formazioni di Pracchiola e quelle di San Salvatore), risultano infatti affetti da una deformazione penecontemporanea la cui manifestazione principale è un progressivo rovesciamento in sinforme del bordo interno del bacino sotto la spinta del fronte alloctono (toscano e ligure); il processo avviene mentre continuano a giungere elementi associati alle Argille e calcari di Canetolo, provenienti dalla prima avanfossa interna o anche strappati alla parte sommitale del Macigno.

**Rapporti fra insiemi esterno (toscanidi) ed interno (liguridi) nell'appennino ligure-emiliano**

Se si prescinde dai lembi di ricoprimento isolati dall'erosione e dalle finestre tettoniche, esiste una grossolana corrispondenza fra il limite geologico, che corrisponde alla sovrapposizione delle Liguridi sulle Toscanidi, e quello orografico-amministrativo (con la sola eccezione dei due promontori che delimitano il Golfo di La Spezia) fra Toscana e Liguria. Questo limite corre poi subito a NE del crinale appenninico anche fra Toscana ed Emilia. Gli elementi strutturali appartenenti al Dominio Esterno, cioè le unità del Dominio Toscano, messi a nudo dall'erosione e forse anche dalle distensioni tettoniche tardive, affiorano perciò prevalentemente in Toscana, mentre in Liguria ed Emilia sono di gran lunga dominanti i terreni dell'Insieme Ligure e cioè le Unità Liguri alloctone.

Questa disposizione ha evidentemente un significato strutturale ed è schematizzata nel blocco-diagramma della Fig. 1. La successione triassico-oligocenica della Falda Toscana, insieme alla sottile coltre dell'Unità di Canetolo, costituisce i due promontori spezzini e gran parte dei Monti della Lunigiana e della Garfagnana, avvolgendo come una sciarpa l'elevato nucleo metamorfico delle Apuane ed essendo avviluppata a sua volta dalle Unità Liguri.

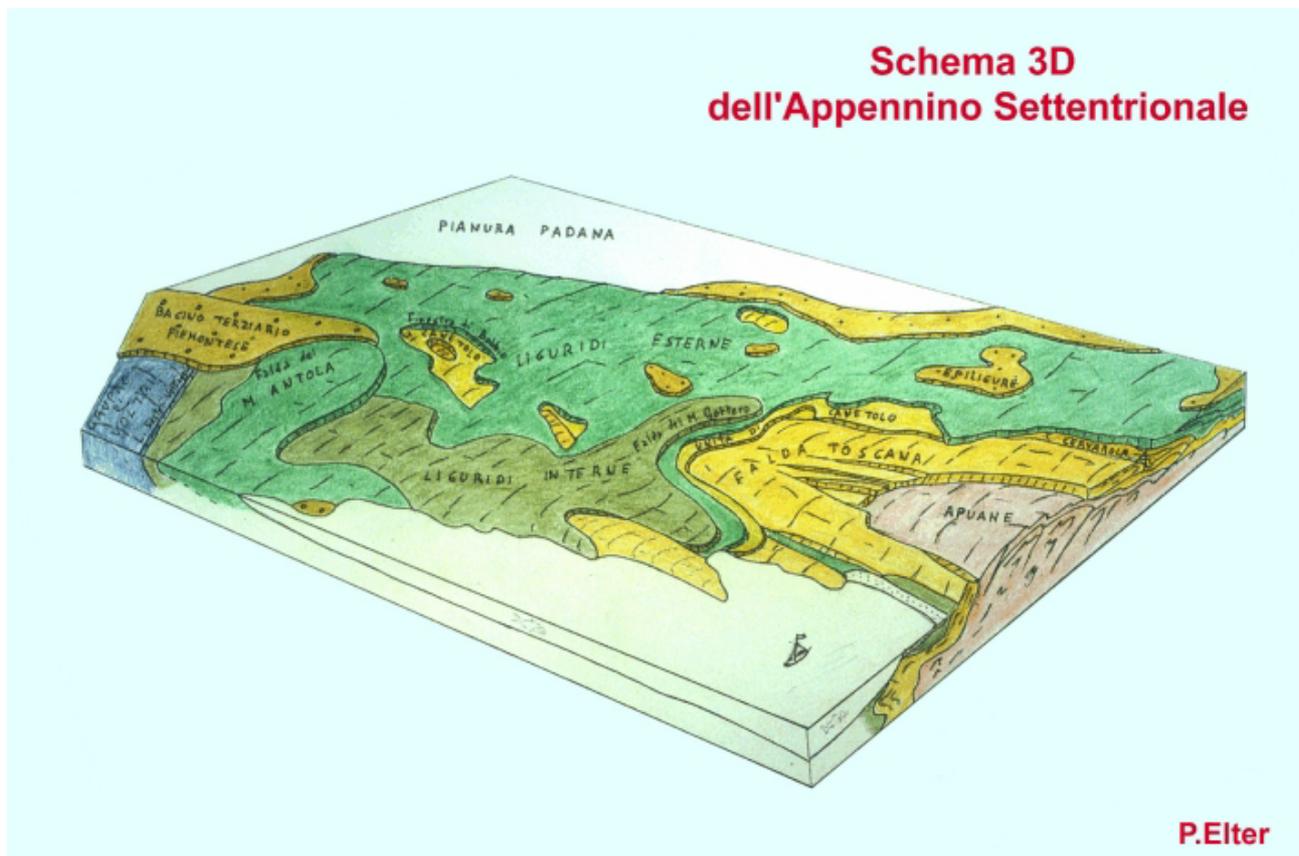


Fig. 1 - Schema della sovrapposizione tettonica delle principali unità presenti nell'Appennino Settentrionale.

La *Finestra delle Apuane* appare perciò come una culminazione strutturale, denudata dall'erosione, e circondata da una serie di involucri concentrici costituiti dalle varie unità tettoniche sovrastanti. Nel

complesso si tratta di un andamento di tipo periclinale dovuto all'immersione assiale verso NO con cui le Apuane e le altre unità del Dominio Toscano si immergono al di sotto della immensa coltre alloctona ligure.

Questa struttura, che costituisce l'ossatura principale della catena, e che è accompagnata da strutture minori con comportamento analogo, è complicata da sistemi di faglie distensive di direzione appenninica che l'hanno in parte collassata originando al suo interno dei *graben* in cui sono conservate le coperture tettoniche liguri. Il maggiore di questi *graben* corrisponde all'alta valle della Magra ed è stato anche la sede dei "laghi villafranchiani" di Pontremoli e di Olivola. A NO del Golfo di La Spezia e della Lunigiana le strutture toscane scompaiono, come si è detto, al di sotto delle Liguridi che dominano quasi incontrastate in tutto l'Appennino Ligure-emiliano. Questa grande coltre alloctona è interrotta solamente da alcune *Finestre* dove l'erosione ha messo a nudo strutture appartenenti all'insieme sottostante (Fig. 1).

La Finestra di M. Zuccone, nell'alta valle del Taro, mostra un'anticlinale in cui l'Unità di Canetolo sormonta la parte superiore del Macigno toscano, dopo aver alimentato alcuni olistostromi in quest'ultimo. Nella Finestra di Bobbio, al di sotto di un impilamento di sottounità appartenenti all'Unità di Canetolo, il F. Trebbia ha profondamente inciso un complesso ben correlabile con quello del Cervarola. Il motivo strutturale è rappresentato da una sinclinale plurichilometrica che ripiega le Arenarie di San Salvatore. Il fianco interno rovesciato di questa struttura è tagliato in discordanza dall'arrivo penecontemporaneo di elementi alloctoni dell'Unità di Canetolo, accompagnati da lembi di formazioni provenienti dalle parti più interne della stessa avanfossa (Sotto Unità di Coli). Nella Finestra di Salsomaggiore infine, posta quasi al margine della Pianura Padana, affiora un flysch arenaceo miocenico medio che potrebbe rappresentare un lontano prolungamento della formazione Marnoso-arenacea umbra.

La presenza di queste finestre dimostra la generale alloctonia dell'insieme Ligure dal mare fino alla Pianura Padana e, in una certa misura, il continuare, al di sotto di questa coltre, delle zone paleogeografico-strutturali in cui l'insieme Esterno è stato suddiviso più a SE.

### **L'insieme interno (o Dominio) ligure**

Comprende due domini detti rispettivamente Ligure Interno e Ligure Esterno (Liguridi), separati da un contatto tettonico lungo il quale il primo si accavalla solo parzialmente sul secondo, poggiando per il resto anche direttamente sulla Falda Toscana con l'interposizione della sola Unità di Canetolo.

Pur essendo entrambi caratterizzati dalla presenza di ofioliti, queste assumono un diverso significato nell'uno e nell'altro dominio. Le Liguridi Interne hanno caratteristiche sicuramente oceaniche in quanto le maggiori masse ofiolitiche si trovano ancora in posizione primaria alla base della successione sedimentaria: esse rappresentano pertanto frammenti del fondo marino mesozoico. I primi sedimenti che le ricoprono e che datano l'apertura dell'oceano, sono diaspri del Giurassico superiore.

Nelle Liguridi Esterne non si conoscono ofioliti che costituiscano sicuramente la base della successione, essendo questa ultima scollata dalla sua originaria base evidentemente in corrispondenza di formazioni argillose del Cretaceo medio-superiore (i cosiddetti "*Complessi di base*"). Le ofioliti compaiono invece come masse, anche di dimensioni plurichilometriche (talvolta accompagnate da residui di una copertura giurassico-cretacica mt.), scivolata in gran parte nel bacino di sedimentazione ligure del Cretacico sup. e pertanto intercalate in quei sedimenti. Esse sono sempre accompagnate da un vistoso detritismo sottomarino (*debris-flows, slides blocks, ecc.*) costituito da un misto di elementi ofiolitici e sedimentari e sono esse stesse da considerarsi come megaclasti rimaneggiati.

Queste ofioliti dislocate ed in un certo senso estranee alla successione, mentre non danno alcuna indicazione sulla natura del substrato originario del bacino, sono invece un indizio della vicinanza di un rilievo oceanico tettonicamente attivo, situato verosimilmente al limite fra Ligure Interno ed Esterno.

A questo rilievo ipotetico, i cui primi prodotti compaiono dall'inizio del cretaceo superiore e che avrebbe in qualche modo separato i due domini, è stato dato il nome di "Ruga del Bracco".

### **Il Dominio Ligure Interno**

Comprende tre unità tettoniche sovrapposte: l'Unità Colli Tavarone-Serò, l'Unità Bracco-Val Graveglia e l'Unità Gottero. (Supergruppo della Vai di Vara Auct.)

Nell'Unità Bracco-Val Graveglia è rappresentata la parte basale della successione con le ofioliti: queste compaiono spesso come nuclei di grandi pieghe coricate, sormontate dalla loro copertura sedimentaria (si veda il capitolo sulle ofioliti).

Fra le ofioliti si può distinguere una "base" di peridotiti con inglobate masse magmatiche di gabbridi ed ultramafiti cumulitiche. Su questo substrato, già deformato in ambiente oceanico, poggiano in discordanza i basalti che sono invece concordanti con i sedimenti soprastanti e fanno perciò parte della copertura. Le condizioni sono quelle di un fondo accidentato da un'attività tettonica precoce collegabile con le fasi iniziali di apertura e di espansione oceanica. Ne sono indizi le rapide variazioni di spessore, la marcata discontinuità dei basalti e la presenza di detritismo ofiolitico (oficalciti, Breccie di case Boeno, di M. Capra, M. Rossola, M. Zenone, ecc.) che denota la presenza di scarpate attive.

La copertura sedimentaria è costituita alla base da Diaspri del Giurassico superiore in parte intercalati ai basalti.

Questi sono seguiti da Calcari a Calpionelle nel Cretaceo basale e poi da argille profonde cui si intercalano strati di calcilutiti torbiditiche (Argille a palombini) che si estendono fino all'inizio del Cretaceo superiore.

I termini inferiori di questa successione risentono ancora della morfologia irregolare del fondo oceanico, con discontinuità e rapide variazioni di spessore tendenzialmente coincidenti con quelle dei basalti. Queste condizioni perdurano fino all'inizio del cretaceo ma cessano con le Argille a palombini che livellano le asperità, sedimentandosi uniformemente su tutto il fondo.

Infine la successione termina con forte discontinuità nella sedimentazione a causa del contatto tettonico con le altre unità, oppure perché sormontata in discordanza e profondamente canalizzata da una formazione caotica di età paleocenica (Formazione di Colli-Tavarone) contenente blocchi e *debris flows* di ofioliti e di elementi della loro copertura sedimentaria (anche più recenti delle Argille a palombini). Questo nuovo detritismo ofiolitico, che come vedremo è comune anche alle altre Unità Liguri Interne, si differenzia nettamente dal precedente e appare come la ripercussione di movimenti orogenetici convergenti e della surrezione di nuovi rilievi che potrebbero rappresentare un'ulteriore evoluzione della cosiddetta "Ruga del Bracco" (da non confondere con l'U. Bracco).

Le Unità Gottero e Colli Tavarone(-Serò) sono invece costituite da successioni scollate, in genere in corrispondenza delle Argille a palombini, e comprendono anche termini più recenti che non compaiono nell'Unità Bracco-Val Graveglia.

Nell'Unità Gottero le Argille a palombini sono seguite, a partire dal Santoniano, dalla Formazione della Val Lavagna che passa a sua volta alle Arenarie di M. Gottero (Campaniano sup.-Maastrichtiano). Si tratta di due potenti formazioni torbiditiche, prima in facies distale e poi decisamente prossimale con alimentazione meridionale (Massiccio Sardo-Corso?).

Nell'Unità Colli-Tavarone(-Serò) le Argille a palombini sono sormontate dai soli Scisti della Val Lavagna e solo localmente da pochi strati di Arenarie del Gottero.

Ambedue le successioni si chiudono a tetto con la comparsa degli "scisti a blocchi" paleocenici che contengono clasti ofiolitici e sedimentari, apparentemente più prossimali nell'Unità Colli-Tavarone(-Serò) (Formazione di Colli-Tavarone) e più distali in quella del Gottero (Formazione di Giaiette).

### Il Dominio Ligure Esterno

Vi si distinguono abitualmente dei *Complessi di base* (vedere più avanti), di età per lo più compresa fra l'Albiano ed il Campaniano inferiore (ma che in certi casi sale anche più in alto), e delle formazioni torbiditiche a dominante calcarea conosciute come flysch ad elmintoidi (Campaniano-Paleocene). Queste, solo nella fascia più esterna, sono seguite da altri flysch, anch'essi calcarei, di età paleocenico-eocenica.

Questo dominio comprende esclusivamente unità alloctone che, scollate principalmente nei *Complessi di base*, hanno abbandonato completamente il loro substrato originario, che pertanto non è conosciuto e la cui natura totalmente o parzialmente oceanica, oppure continentale assottigliata, è soltanto oggetto di ipotesi.

La lunga storia tettonica precedente, contemporanea e posteriore alla sua messa in posto sull'insieme Esterno, ha scomposto questo dominio, separandone talvolta i diversi termini della successione, in unità

tettoniche variamente impilate o giustapposte tra loro. Queste, pur essendo collegate da una evidente "parentela", mostrano anche differenze tali nella litologia o nelle sequenze che hanno permesso di identificarle, benché i rapporti paleogeografici originari non siano sempre di facile ricostruzione.

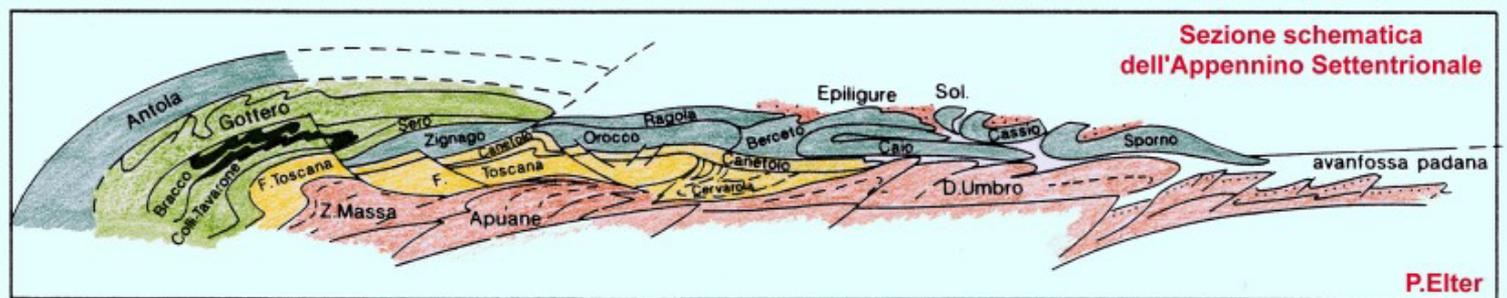
In linea di massima si possono distinguere due Zone paleogeografiche principali.

Una, costituita dalla fascia più direttamente in contatto con le Liguridi Interne, ha caratteristiche più marcatamente liguri. Vi compare un Complesso di base (Complesso M. Penna-Casanova-M. Veri), in parte eteropico di un flysch ad elmintoidi (Flysch di Ottone), caratterizzato da un abbondante detritismo con enormi olistoliti, olistostromi e torbiditi provenienti da altre successioni ofiolitiche (ofioliti e loro copertura sedimentaria).

Nella zona più esterna, chiamata anche Emiliana (o Ligure-emiliana per le situazioni intermedie), compaiono invece unità tettoniche (M. Caio, Solignano, M. Cassio, ecc.) in cui i clasti ofiolitici diventano una componente occasionale o sono addirittura assenti. Nei "Complessi di base" compaiono invece estese formazioni terrigene silicoclastiche, quali le Arenarie di Ostia e di Scabiazza, di provenienza continentale. Fra queste sono particolarmente noti i Conglomerati dei Salti del Diavolo (Campaniano inf.) ai cui ciottoli è stata da tempo attribuita una provenienza da settori nord-occidentali del promontorio continentale apulo-austroalpino (sudalpino-Zona Insubrica).

Infine, mentre nella zona più interna la sedimentazione termina con il flysch ad elmintoidi alla fine del Maastrichtiano o all'inizio del Paleocene, nella Zona Emiliana la successione si completa con potentissimi flysch paleocenico-eocenici che, dopo essersi parzialmente sedimentati sul flysch ad elmintoidi, sono stati in buona parte scollati per costituire unità a se stanti (M. Sporno, Farmi d'Olmo, Val Luretta, Pietra dei Giorgi, ecc).

E' probabile che fra queste due zone, caratterizzate soprattutto da apporti detritici di provenienza opposta, esistesse un originario rapporto di eteropia. Questo è tuttavia mascherato dalla presenza di una zona intermedia (Zona di Berceto o della Media vai Taro), con significato soprattutto tettonico, in cui ad elementi di "complessi di base" di tipo esterno (Arenaria di Ostia, Argille di San Siro) se ne associano altri con grandi masse di ofioliti, verosimilmente di origine interna e riallacciabili alla Successione M. Penna-Casanova-M. Veri (Unità Ottone-casanova).



Ricostruzione bidimensionale delle unità tettoniche citate

### L'evoluzione tettonica

L'edificazione del settore settentrionale della Catena appenninica è il risultato di una storia strutturale complessa le cui fasi possono essere raggruppate in due cicli principali ben distinti fra loro.

Il primo comprende le cosiddette Fasi liguri ed ha interessato esclusivamente l'insieme interno, prima che si verificasse la sua traslazione sull'avampaese toscano. Esso si conclude con la "trasgressione" eocenica superiore-oligocenica del Bacino Terziario Piemontese sulle Liguridi Interne e del suo corrispondente (un po' più distale), rappresentato dalla Successione Epiligure, sul Liguride Esterno.

Il secondo ciclo comprende le Fasi dette toscane (che si manifestano per tutto il Miocene) e corrisponde alla messa in posto delle Liguridi, in gran parte già strutturate nel ciclo precedente, sull'insieme Esterno e alla contemporanea evoluzione tettonica di quest'ultimo.

Questo ciclo in Toscana si conclude, nel Tortoniano sup., con la trasgressione del Bacino Neoautoctono del volterrano, che segna qui la fine delle traslazioni orizzontali. La Fase toscana è seguita da manifestazioni di tettonica distensiva che si traducono in grandi faglie, parallele alla costa tirrenica, ed in evidente relazione con l'apertura di questo mare.

Nei domini più esterni continua invece la tettonica compressiva con estesi piegamenti e con ulteriori traslazioni, almeno in parte gravitative, della coltre ligure.

Le ultime deformazioni interessano il Pliocene inferiore e sono ancora riconoscibili nelle strutture frontali sepolte sotto la Pianura Padana.

#### *Evoluzione tettonica del Ligure Interno*

La tettonica del Dominio Ligure Interno si differenzia da quella del Ligure Esterno soprattutto per una maggiore deformazione delle strutture che si palesa anche in un leggero metamorfismo in facies da anchi a epizonale.

A parte la traslazione certamente più tardiva che ha portato la falda del Gottero a sopravanzare le sottostanti Unità Bracco e Colli-Tavarone (-Serò) per sovrascorrere direttamente, per oltre trenta chilometri, sul Ligure Esterno o addirittura sulla Falda Toscana, l'essenziale della tettonica precede la deposizione del Bacino Terziario Piemontese ed è perciò interamente ascrivibile alle Fasi liguri.

Questa tettonica è strettamente dipendente da quella delle vicine Alpi Occidentali e Marittime a cui le Liguridi Interne sono del resto saldate dal bacino terziario stesso.

Le prime deformazioni del fondo oceanico, di cui la sola testimonianza nell'Appennino è rappresentata dal detritismo ofiolitico, sono forse correlabili con la più documentata tettonica eoalpina delle Alpi.

Le deformazioni più visibili, sigillate dalla trasgressione eocenica sup.-oligocenica, sono invece chiaramente coeve con quelle mesoalpine tanto più che, come nelle Alpi Marittime, l'edificio è sormontato da una falda di flysch ad elmintoidi: la Falda di M. Antola.

L'evoluzione tettonica si è sviluppata in tre fasi. La prima, caratterizzata da pieghe isoclinali compresse e sinmetamorfiche, corrisponde alla formazione di un primo impilamento di Unità Liguri Esterne su cui sovrascorre anche l'Unità di M. Antola. Soprattutto per analogia con le Alpi, appare probabile che questa prima fase abbia avuto una vergenza europea.

Una seconda fase è consistita in un ulteriore raccorciamento che ha ripiegato i contatti tettonici formati nella fase precedente.

La terza fase corrisponde a delle superfici di taglio lungo cui si sono verificati dei sovrascorrimenti in senso opposto (retrocarreggiamenti) che hanno ancora modificato la geometria portandola ad una situazione ormai simile all'attuale. In effetti, a parte alcuni scorrimenti più tardivi, attribuibili alle Fasi toscane, come quello già menzionato della Unità Gottero, la catena non subirà modifiche sostanziali negli sviluppi orogenetici successivi.

#### *Evoluzione tettonica del Ligure Esterno*

Le Unità Liguri Esterne sono apparentemente meno intensamente deformate, in quanto prevalgono le pieghe aperte a grande raggio e solo raramente si osserva una scistosità penetrativa.

Il contatto fra Ligure Interno ed Esterno si presenta come una superficie di accavallamento, relativamente raddrizzata, che corre approssimativamente lungo una linea che va da Ottone, in Vai Trebbia, fino a Sarzana e oltre.

Questa è superata solo dal locale, anche se esteso, avanscorrimento della già citata Falda di M. Gottero. Al di sotto di questa superficie il margine interno del flysch ad elmintoidi (Zona Ottone-S. Stefano-Zignago)

appare rovesciato in probabile relazione con l'accavallamento citato. Si tratta però di un motivo ricorrente nello stile tettonico del Ligure Esterno che si ritrova anche altrove.

Fra le deformazioni che interessano le unità di tutto il flysch ad elmintoidi sono state certamente prevalenti le grandi pieghe coricate come mostra la grande estensione longitudinale e trasversale di serie rovesciate che compaiono lungo tutte le sezioni. Queste serie rovesciate mancano frequentemente di un raccordo con i rispettivi fianchi normali, senza che esistano sintomi di un'erosione che ne abbia determinato la scomparsa. Si tratta più probabilmente di pieghe che sono state smembrate da una tettonica verosimilmente gravitativa, che ha separato i fianchi inversi da quelli normali. In questo processo è stata probabilmente determinante la presenza al nucleo delle pieghe delle formazioni argillose e caotiche che costituivano i "complessi di base".

Si hanno così successioni diritte o rovesciate, che sono andate a costituire delle unità tettoniche indipendenti di cui non è sempre facile ricostruire l'organizzazione e la provenienza originaria, anche se continuità longitudinale, posizione geometrica e caratteristiche lito logiche permettono di distinguerle.