

Riv. It. Paleont. Strat.	v. 89	n. 1	pp. 119–134	Ottobre 1983
--------------------------	-------	------	-------------	--------------

ASPETTI STRATIGRAFICI E STRUTTURALI DELL'ELEMENTO DI BORGHETTO D'ARROSCIA (ALPI MARITTIME)

B. GALBIATI, M. OXILIA & S. SENO

Key-words: Maritimes Alps, Flysch, Alpine Orogenesis, Structural Geology, Stratigraphy.

Abstract. The Borghetto d'Arroschia sequence begins with a little known basel post, followed by two lithostratigraphic Units: the M. Bignone Quartzites (Paleocene?–Eocene?) and the Ubaga Limestones (Eocene).

Three deformation phases affected the tectonic evolution of the Borghetto d'Arroschia element. They are shown by the minor structures (at outcrop scale) and by the major ones, surveyed at 1/10.000 scale. The first two phases are vergent outwards. The former (F_1) is characterized by southvergent recumbent folds, the latter (F_{1b}) gives cut planes slightly dipping, forming the overthrust surface to the same direction. The third phase (F_2) is retrovergent and does not change the general structural setting already reached.

Breve inquadramento geologico regionale.

L'elemento tettonico di Borghetto d'Arroschia affiora nelle Alpi Marittime ad WNW di Alassio. Esso costituisce, con i sottostanti elementi di Arnasco e Castelbianco, una complessa unità tettonica sovrapposta al margine esterno del Brianzonese ligure (Vanossi, 1980) e, strutturalmente, sottostante alle unità liguri-piemontesi di Moglio–Testico e di Sanremo–Monte Saccarello. La sua posizione paleogeografica, intermedia tra i domini piemontese e brianzonese, è stata indicata da Vanossi (1980) come parapiemontese.

L'originaria successione stratigrafica parapiemontese è stata smembrata, nel corso del trasporto tettonico alpino verso l'esterno, nei tre elementi già citati. L'elemento inferiore (Castelbianco) risulta costituito da terreni prevalentemente carbonatici, di età triassico-giurassica; l'intermedio (Arnasco) consta di una serie giurassica (Radiolariti) –eocenica (Formazione di Albenga); il superiore (Borghetto d'Arroschia) è costituito da flysch arenacei e calcareo-marnosi,

— Lavoro eseguito dalla Unità di Pavia del "Gruppo Alpi" del C.N.R. (contr. n. 81/02008.05), nel quadro W2 del progetto "Dynamics and evolution of the lithosphere" (pubbl. n. 11 sul tema "Compared structural evolution of sectors of southern and western Alps and northern Apennines" contributo M.P.I. 40%, 1981) e con i contributi M.P.I. 60% (1981) per studi su "Sedimentologia e Stratigrafia di successioni terrigene delle Alpi Marittime e dell'Appennino Settentrionale."

ai quali è stata assegnata un'età cretacico sup.—eocenica inf.—med.?, anche se per essi è stata recentemente prospettata (Galbiati & Andreoni, 1981) un'età unicamente terziaria (eocenica o prossima all'Eocene).

Stratigrafia

La successione stratigrafica dell'elemento di Borghetto d'Arroscia presenta consistenti variazioni di spessore in senso E—W, ma una certa costanza nella successione delle unità (in sostanza esse si assottigliano, senza scomparire, verso W). Consta di due formazioni (1): le Quarziti di Monte Bignone ed i soprastanti Calcari di Ubaga.

Quarziti di M. Bignone.

Si succedono dal basso i seguenti livelli stratigrafici:

- 1) *Argilliti grigio-verdi* che, verso il tetto, presentano intercalazioni centimetriche di arenarie quarzitiche. Queste argilliti sembrano assenti in numerose successioni verso la costa. Dove presenti (nelle aree occidentali), lo spessore complessivo è di poche (2—4) decine di metri.
- 2) *Quarziti inferiori*. Nelle successioni occidentali: quarziti in strati sottili si alternano ad argilliti grigio-verdi con rapporto (sabbia/argilla) vicino a 3. Presentano passaggi molto graduali verso i livelli sopra e sottostanti. Lo spessore complessivo è simile a quello del livello 1: fanno eccezione alcune località in cui esso sembra ridursi a pochi decimetri. Nelle successioni orientali il livello è potente fino a 150 m ed è costituito da strati medi e spessi di quarziti, talora grossolane, che presentano alla base fino a 30 m di conglomerati a clasti carbonatici. Intercalati nei banchi conglomeratici sono giunti centimetrici di peliti grigie e siltiti laminate; intercalati nelle soprastanti quarziti sono giunti argillitici grigi o grigio-verdi (il rapporto sabbia/argilla è molto superiore a 10).
- 3) *Argilliti e Conglomerati mediani*. Argilliti grigio-verdi e rosso-vinose solo localmente alternate a (subordinate) lenti di arenaria relativamente grossolana, di composizione mista (quarzitica e carbonatica). Lo spessore complessivo è di poche (3—5) decine di metri. Verso la costa questa litofacies viene sostituita da conglomerati a clasti prevalentemente carbonatici, cui si associano caratteristici ciottolotti di selci rosse. I banchi conglomeratici sono separati da giunti sottili di argilliti grigio-verdi e, nei casi più caratteristici, rosso vino.
- 4) *Quarziti superiori*. Quarziti in strati medi e spessi separati da sottili giunti argillitici grigio-verdi e, verso il tetto, da intercalazioni calcaree (con le quali presentano talora gradualità di passaggio e legami di sequenza torbiditica). Il rapporto sabbia/argilla + calcare risulta sempre molto elevato (maggiore di 10). Lo spessore complessivo del livello è di qualche (2—4) decina di metri.

Nella formazione sono state rinvenute (Boni & Vanossi, 1972) microfaune del Cretacico superiore; secondo Galbiati e Andreoni (1981) l'età dovrebbe però essere più recente, vicina all'Eocene.

(1) Il substrato stratigrafico della successione che verrà ora descritta non è stato finora riconosciuto sul terreno; rilevamenti e studi per rintracciarlo e chiarirne la natura sono in corso da parte di uno degli AA.

Calcari di Ubaga.

Si possono riconoscere in questa formazione le seguenti litofacies elementari:

- a) Sequenze torbiditiche pelitico—arenacee, in cui l'intervallo pelitico (Te, secondo Bouma), potente da qualche decimetro a più metri, è costituito da calcari marnosi e marne di colore bluastro; esso passa gradualmente al sottostante intervallo costituito da siltiti calcaree compatte ed areniti fini, interessate da laminazioni sedimentarie. Il rapporto sabbia / argilla + calcare marnoso è sempre molto piccolo, inferiore a 1. Si tratta di torbiditi simili a quelle presenti nel Flysch ad Elmintoidi.
- b) Sequenze torbiditiche con alla base quarziti, a granulometria relativamente grossolana, talora conglomeratiche e impure per la presenza di ciottoli di rocce carbonatiche. Le quarziti hanno struttura interna massiccia, o gradata; altre volte si presentano in spesse lamine oblique, a basso angolo. Hanno geometria marcatamente lenticolare e passano verso il tetto, dapprima a quarziti a laminazione parallela, quindi ad areniti fini e siltiti calcaree a laminazione convoluta (non sempre evidente), infine a calcari micritici senza strutture, salvo i *Chondrites*.
- c) Strati sottili e medi di quarziti aventi rapporti non chiari con le litologie sopra e sottostanti. Talora passano verso il tetto ad argilliti, con cui sembrano costituire sequenze torbiditiche.
- d) Lenti di calcareniti impure e banchi lenticolari di conglomerato a clasti carbonatici.
- e) Strati sottili, raramente medi, di calcare compatto a grana fine, talora con base calcarenitica fine e tetto marnoso, ma spesso senza chiari legami con le litologie sopra e sottostanti.
- f) Grossi strati di arenaria massiccia (o gradata) con granulometria da media a fine, di colore grigio, a clasti carbonatici, molto micacea.

I Calcari di Ubaga sono di norma costituiti dai calcari marnosi della litofacies a) con subordinate intercalazione delle altre, in particolare della d) e della e). Tutte le litofacies si associano però variamente nella formazione a costituire litozone dalle peculiari caratteristiche, che possono talora occupare posizioni stratigrafiche precise.

Si segnalano a questo proposito:

- A) Litozona a banchi conglomeratici («Conglomerati superiori» di Galbiati & Andreoni, 1981) (v. Fig. 1). E' ubicata nell'area orientale (Capo S. Croce) al passaggio dalle Quarziti di M. Bignone ai Calcari di Ubaga. Presenta uno spessore complessivo di una decina di metri (o poco più).
- B) Litozona di Solva—Caso—strada per Madonna della Guardia. Affiora estesamente nell'area orientale, dove giace stratigraficamente sopra la litozona A); nel complesso risulta sempre situata verso la base della formazione, con uno sviluppo verticale di alcune (3—6) decine di metri. Consta di tutte le litofacies citate, alternantisi in strati di vario spessore. Degna di nota la presenza della facies arenacea f) poichè ricorda, con i suoi caratteri, le

«arenarie di Leuso—Quartarole» della successione stratigrafica di Albenga (elemento tettonico di Arnasco). Da segnalare inoltre insiemi di facies a) sviluppati per uno spessore complessivo di qualche metro, in evidenza morfologica e costituenti utili livelli di riferimento (Fig. 1) ed insiemi della sola litofacies c) (quarziti e peliti).

- C) Litozona di San Pantaleo. Alternanza di tutte le litofacies (esclusa la f) caratterizzata dalla stratificazione molto sottile. Questa litozona, già indicata come «livello di San Pantaleo» (Galbiati & Andreoni, 1981), caratterizza la parte basale della formazione nelle aree occidentali, dove è sviluppata per uno spessore di una dozzina di metri.

Da quanto esposto risulta che le litozone distinte occupano posizioni basali nell'ambito della formazione; esse si sviluppano però con spessori assai variabili, in modo da divenire parzialmente eteropiche della facies più comune dei Calcari di Ubaga (calcareo—marnosa), che si trova complessivamente al tetto.

Le litofacies b) e c) sembrano esclusive delle posizioni stratigrafiche più basse; questo dato sembra indicativo del passaggio transizionale alla sottostante formazione, in cui ambedue sono pure contenute (associate, tra l'altro, con litofacies d) ed e).

Da notare che una parte consistente dei sedimenti attribuiti alla formazione di Leverone, compresi quelli nei quali Vanossi ha rinvenuto faune eoceniche (comunicazione personale), deve ritenersi inclusa in queste litozone basali dei Calcari di Ubaga, o comunque delle litofacies d), intercalate nella soprastante litozona prevalentemente calcareo—marnosa della stessa formazione. I Calcari di Ubaga risultano dunque di età eocenica.

Caratteri strutturali

Studi precedenti.

L'assetto strutturale dell'elemento di Borghetto d'Arroschia è stato oggetto di studio da parte di Haccard et al. (1972), Boni & Vanossi (1972), Vanossi (1980), Galbiati & Andreoni (1981).

Il dispositivo a grande scala ipotizzato dai primi sarebbe quello di una piega rovesciata verso SW, localmente complicata da strutture minori, di cui l'elemento di Sanremo—Monte Saccarello costituirebbe il fianco normale e quello di Borghetto il fianco ribaltato: al nucleo comparirebbe la successione di Moglio—Testico. A questa prima fase (sinscistosa), farebbe seguito lo smembramento della piega in tre tronconi secondo due superfici di scorrimento. La successione di Borghetto, quindi già ribaltata ed interessata da superfici di taglio, verrebbe piegata secondo grandi strutture pressochè isoclinali, aventi

piano assiale immergente a S e che, di conseguenza, appaiono vergenti verso l'interno (NE): successive deformazioni più blande non muterebbero i rapporti acquisiti fra le unità, pur ripiegando i contatti ed i piani assiali delle strutture anteriori.

Vanossi (1980) offre una ricostruzione palinspastica, in cui l'elemento di Borghetto non compare con le sue strutture minori, ma costituisce una parte significativa inserita in uno schema più generale. Dall'esame dello schema di Vanossi è possibile dedurre la seguente successione di eventi deformativi.

1) Una piega coricata di estensione regionale, simile a quella di Haccard et al., legata ad una prima fase tettonica a vergenza esterna, rovescia l'intero elemento, senza che esso venga interessato da altre deformazioni a grande scala.

2) Un unico piano di taglio attraversa obliquamente la grande piega, provocando l'avanscorrimento del suo fianco diritto (trasporto tettonico sempre verso l'esterno dell'unità di Moglio-Testico e Sanremo-Monte Saccarello).

3) Un'energica fase plicativa retrovergente, riporta (almeno localmente) l'elemento nella originaria giacitura diritta. Contemporaneamente una serie di retroscorrimenti con superfici piuttosto inclinate accavallano l'unità di Moglio-Testico sull'elemento di Borghetto e quest'ultimo sugli elementi più settentrionali.

Malgrado le differenze che verranno di seguito evidenziate, questa successione di eventi deformativi si ritrova anche nelle sezioni interpretative di Galbiati (Galbiati & Andreoni, 1981). In esse l'elemento di Borghetto appare costituito da due pieghe isoclinali, coricate verso l'esterno, smembrate da piani di taglio che tendono a separare i fianchi diritti (che avanscorrono verso l'esterno) da quelli rovesciati. L'intero edificio, così composto, risulta deformato da successive faglie inverse e da pieghe con senso di asimmetria costante verso l'interno (fase tettonica di retrovergenza).

Gli aspetti che caratterizzano le sezioni di Galbiati rispetto alle precedenti sono i seguenti: durante la prima fase plicativa (con vergenza esterna) l'elemento di Borghetto non subirebbe un ribaltamento d'insieme, ma sarebbe interessato da pieghe isoclinali aventi scala minore della grande piega ipotizzata da Haccard et al. e da Vanossi.

La seconda fase, essenzialmente di taglio, è registrata, oltre che dal sovrascorrimento dell'unità di Moglio-Testico sull'elemento di Borghetto e di quest'ultimo sul sottostante elemento di Albenga, anche da avanscorrimenti interni all'elemento di Borghetto.

La terza fase deformativa si esplicherebbe ad edificio tettonico ormai strutturato, producendo pieghe con fianco rovesciato esteso per non più di poche centinaia di metri e generando faglie inverse di importanza limitata. In particolare verrebbero poco toccati da questa fase tettonica i contatti realizzati tra i vari elementi nella fase precedente.

Esame delle aree—tipo.

Nell'ambito dell'elemento tettonico di Borghetto d'Arroscia, così come appare delineato dal più recente dei lavori pubblicati (Galbiati & Andreoni, 1981), sono state individuate due aree campione diverse per posizione strutturale, nelle quali è stata effettuata un'analisi di dettaglio delle deformazioni, allo scopo di verificare cronologicamente e geometricamente situazioni tettoniche riscontrate con frequenza a scala più ampia.

Le due aree sono state scelte per la presenza di strutture tettoniche rap-

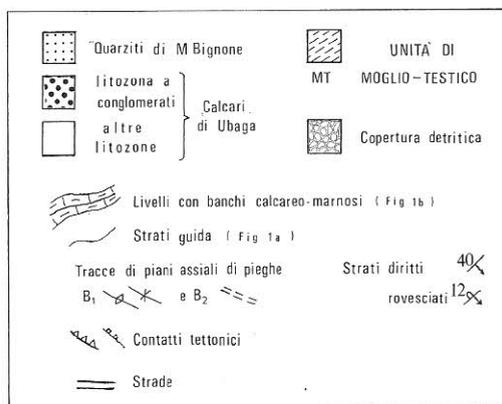
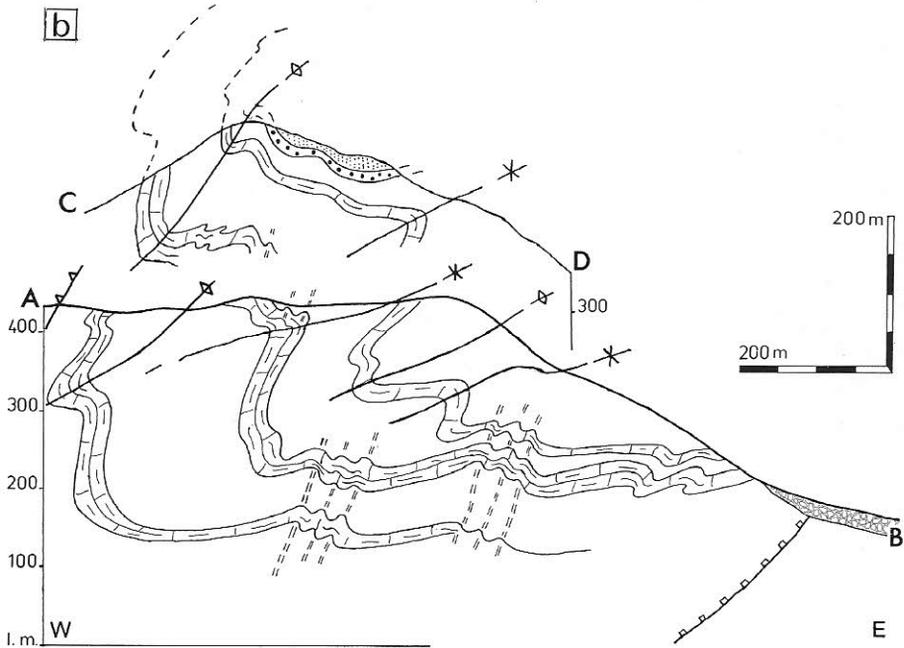
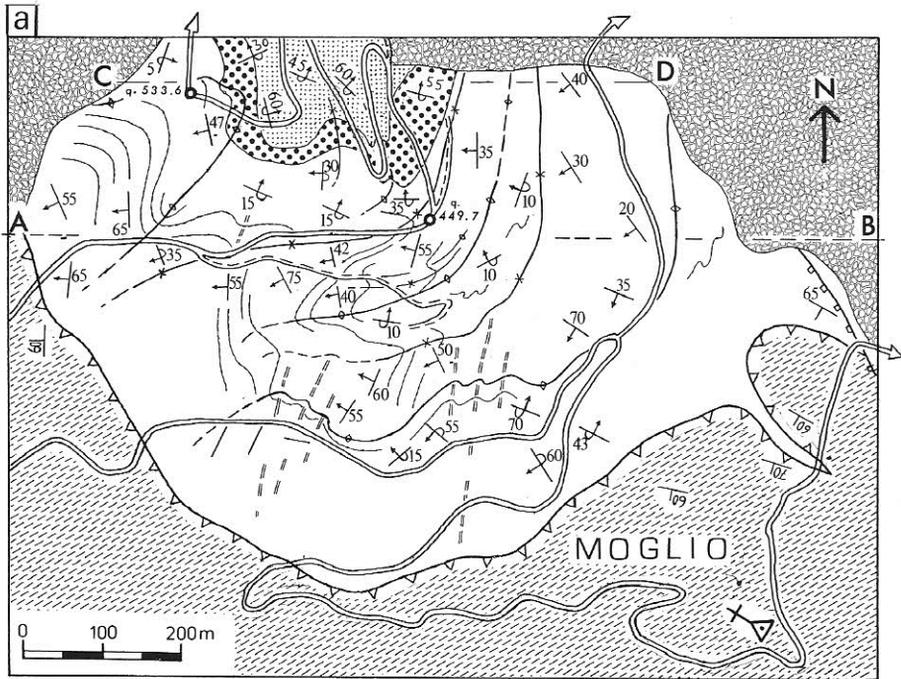


Fig. 1 a, b — La figura è relativa ad un'area particolarmente significativa per l'esame delle deformazioni, compresa tra Moglio e Madonna della Guardia, nell'entroterra di Alassio. Di quest'area è data una planimetria (Fig. 1a) e due sezioni (Fig. 1b), le cui tracce (A—B e C—D) compaiono nella planimetria.

Sono indicati, oltre all'unità di Moglio—Testico ed alla copertura detritica, i livelli stratigrafici principali dell'elemento di Borghetto d'Arroscia e cioè le Quarziti di M. Bignone (puntinato fine) ed i Calcarei di Ubaga (in bianco). In questi ultimi è stata distinta una litozona a conglomerati (puntinato grossolano) e (Fig. 1a) numerosi strati—guida, il cui andamento planimetrico permette di riconoscere le deformazioni; alcuni di questi strati, di natura calcareo—marnosa, sono indicati anche nelle sezioni della Fig. 1b. Conviene notare che tutte le curve interessanti gli strati—guida della Fig. 1a, corrispondono a pieghe tettoniche, salvo che nell'estremo angolo NW della carta; tali curve rappresentano qui l'effetto dell'interferenza tra strati aventi giacitura monoclinale e superficie topografica non piana. Le giaciture di strato e le tracce dei piani assiali indicati in figura, oltre che il confronto tra planimetria e sezioni, permettono di riconoscere le strutture tettoniche con maggiore precisione. La lettura della carta non è immediata; essa serve soprattutto come guida a chi volesse riconoscere sul terreno le strutture descritte nella nota. Da notare, ancora, che compaiono in figura due tipi di contatti tettonici: quello con triangolini separa due elementi tettonici ben distinti su scala regionale; quello con rettangolini separa due parti dell'elemento di Borghetto ed ha importanza minore. I due contatti sono riferibili a due diverse fasi tettoniche.



presentative ed in buone condizioni di affioramento: in esse, e al di fuori di esse, la cronologia delle fasi deformative è stata dedotta sia mediante il criterio della sovrapposizione delle pieghe, sia, più frequentemente, mediante l'analisi delle scistosità e delle foliazioni di piano assiale. Questo in funzione del carattere blando delle fasi posteriori a F_1 , rese manifeste normalmente da un clivaggio ben espresso, ma tali da dare solo raramente figure di interferenza riconoscibili a scala mesoscopica.

Madonna della Guardia.

In Fig. 1a è riportata la carta geologico-strutturale (per motivi grafici sono omesse le curve di livello) di un'area compresa tra Moglio e Madonna della Guardia, alla quale si riferiscono le due sezioni in Fig. 1b.

Un'analisi di dettaglio delle deformazioni è stata eseguita per la struttura affiorante lungo la strada che conduce al santuario a partire da quota 416. Tale struttura è costituita dal succedersi di una sinforme e di una antiforme, corrispondenti rispettivamente ad una anticlinale e ad una sinclinale, poichè la successione è complessivamente ribaltata. Le sezioni in Fig. 1b mostrano come queste pieghe abbiano piano assiale immergente circa ad W-SW e vergenza esterna in conseguenza della polarità stratigrafica. Esse, in base ai dati di terreno, appaiono come la più antica generazione di deformazioni (F_1).

A scala mesoscopica questa fase si manifesta con pieghe normalmente isopache da decimetriche a metriche e talvolta con il «boudinage» degli strati competenti di maggior spessore. Nei livelli meno potenti, ad esempio nelle facies più pelitiche e più finemente stratificate dei Calcari di Ubaga, le cerniere diventano acute e si nota a volte un debole ispessimento in corrispondenza di esse.

E' visibile una scistosità di piano assiale S_1 , normalmente a basso angolo con le superfici litologiche, molto penetrativa negli orizzonti argillitici o calcareo-marnosi, nei quali la spaziatura è millimetrica o subcentimetrica.

Le pieghe B_1 , sui fianchi e nella zona di cerniera, sono tagliate da una foliazione molto inclinata, a giacitura costante verso SSW, cui sono talora legate pieghe metriche a vergenza interna. Queste strutture sono attribuibili ad una fase F_2 , che produce nella maggior parte dei casi un clivaggio di frattura, a volte di crenulazione, meno penetrativo del precedente, anche se al nucleo di alcune B_2 è tale da obliterare in modo pressochè completo la foliazione S_1 .

Sul fianco ribaltato della sinforme di prima generazione sono visibili pieghe metriche, aperte, di seconda fase, in alternanze calcareo-pelitiche. Questo stile delle pieghe B_2 è riscontrabile anche negli altri settori dell'elemento di Borghetto, nel quale la fase F_2 ha carattere decisamente più blando della precedente: essa genera infatti strutture plicative alla scala dell'affioramento, prevalentemente in quelle porzioni della successione in cui la deformazione

è guidata dai litotipi meno competenti.

La già citata giacitura verso SSW di S_2 che, soprattutto nei litotipi più viscosi è frequentemente accompagnata da una superficie coniugata molto inclinata verso NE, è un carattere costante in tutto l'elemento, salvo modeste variazioni locali.

A grande scala la fase F_2 genera pieghe aperte ed in alcuni casi superfici di taglio, lungo le quali, con movimento inverso, avviene l'accavallamento verso l'interno di lembi di successione già strutturati durante la prima fase.

Va aggiunto che in questo settore i piani assiali delle pieghe B_1 immergono verso W, contrariamente all'andamento generale verso S riscontrato normalmente nell'elemento di Borghetto. Questo fatto è probabilmente da imputarsi ad una struttura di seconda generazione a grande raggio di curvatura; essa si manifesta altresì con la variazione di giacitura delle foliazioni S_1 che, da una inclinazione di oltre 45° verso W nel settore occidentale, diventano suborizzontali andando verso NE: questa situazione tuttavia potrebbe essere anche in parte interpretata mediante un fenomeno di disarmonia a grande scala e con deformazioni successive alla F_2 .

Complessivamente le strutture esaminate a Madonna della Guardia sembrano poter rappresentare il fronte di una piega pluri-tettonica attribuibile alla prima fase tettonica, vale a dire una anticlinale coricata verso SW. Queste strutture risultano sovrapposte geometricamente ad un insieme di lembi della successione di Borghetto (Costa di Oreto, Coscia, Cardellino), aventi giacitura diritta. I rapporti tra la parte frontale dell'anticlinale coricata e questi lembi non sono chiari. La posizione soprastante della prima potrebbe indicare che i lembi rappresentano il fianco diritto di un'altra anticlinale (sempre attribuibile alla F_1), sottostante a quella di Madonna della Guardia e, come questa, coricata

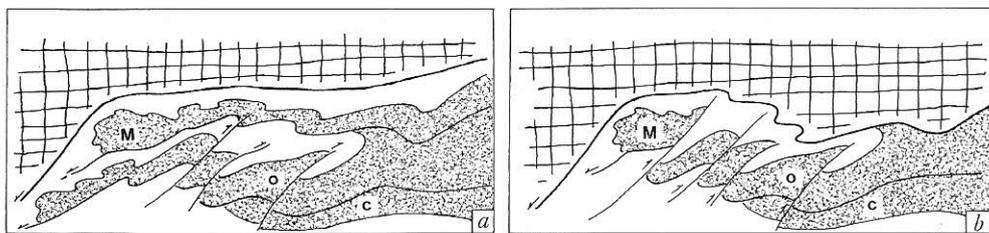


Fig. 2 — Due possibili interpretazioni della struttura di Madonna della Guardia (M in figura). In a) è rappresentata la parte frontale di una piega (laminata) soprastante alla struttura, comprendente i lembi di successione diritta di Costa d'Oreto e Capo S. Croce (O in figura) e i sottostanti lembi rovesciati di Bric Cianastre (C in figura). In b) è rappresentata la zona di cerniera di quest'ultima piega portata in posizione strutturale elevata da una faglia inversa connessa alla seconda fase deformativa (F_2). Nella figura il sud è a sinistra ed il nord a destra; quadrettata è l'unità di Mogliano-Testiccio; in grigio la parte più antica dell'elemento di Borghetto.

verso S (Fig. 2a). E' però possibile pensare anche (Fig. 2b) che la struttura di Madonna della Guardia costituisca la parte frontale della stessa anticlinale, che ha il suo fianco diritto a Costa di Oretto, Coscia e nel T. Cardellino. La posizione geometrica più elevata può, in questo caso, essere spiegata con l'azione di una faglia inversa, della stessa fase (F_2) di quelle che suddividono in scaglie distinte l'intero fianco. In questa seconda ipotesi (che, per semplicità, servirà di base alle sezioni tettoniche schematiche delle prossime figure) l'elemento di Borghetto sarebbe costituito da un'unica piega.

Strada per Ubaga.

Lungo la strada che da Borghetto d'Arroschia conduce ad Ubaga affiora una sinforme di prima generazione che coinvolge tutti i terreni della successione, dalle «Argilliti grigio-verdi», che ne costituiscono il nucleo, ai Calcari di Ubaga. Essa ha immersione del piano assiale verso S concordante con le giaciture generali di superfici primarie e secondarie riscontrate in tutto l'elemento. E' caratterizzata da uno stile sensibilmente diverso rispetto alla struttura di Madonna della Guardia, avendo cerniera più acuta e fianchi quasi paralleli.

Sono anche qui riconoscibili le deformazioni di fase F_1 e F_2 che evidenziano a scala mesoscopica gli stessi caratteri precedentemente descritti, sia per

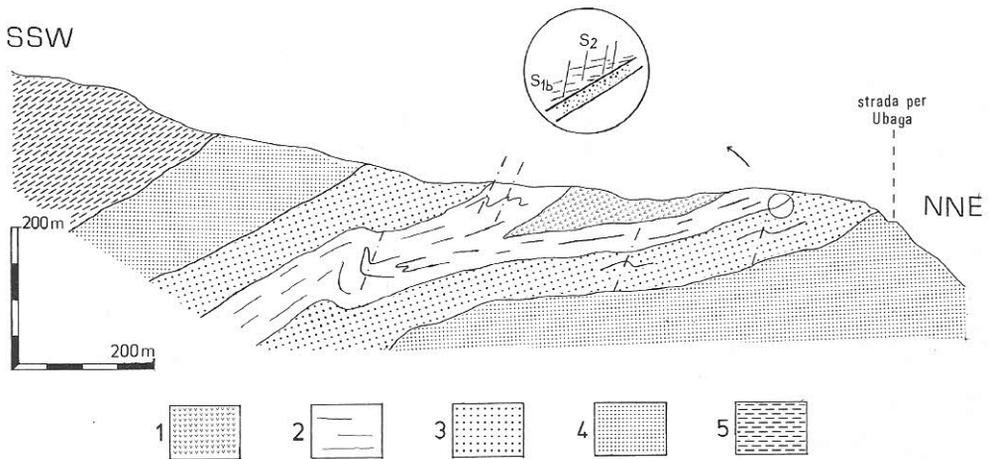


Fig. 3 - Sezione trasversale alle strutture presenti a SSE di Borghetto d'Arroschia. Vi compare una piega sinforme anticlinale (al nucleo è il terreno più antico) ascrivibile alla prima fase tettonica (F_{1a}). Deformazioni minori testimoniano fasi successive: la scistosità S_{1b} , indicata nel particolare del cerchietto, testimonia un trasporto tettonico verso sud realizzato probabilmente lungo piani di taglio non visibili nella figura. Una scistosità molto inclinata S_2 , sinassiale a pieghe minori incongruenti con quelle della prima fase e deformanti le stesse, testimonia la fase tettonica retrovergente descritta nel testo. 1) "Argilliti grigio-verdi"; 2) "quarziti inferiori"; 3) "argilliti mediane"; 4) "quarziti superiori"; 5) Calcari di Ubaga. I primi quattro termini corrispondono alle Quarziti di M. Bignone.

quanto riguarda le modalità del piegamento che lo sviluppo delle foliazioni di piano assiale. Va tuttavia aggiunto che sono più frequenti i fenomeni di disarmonia, soprattutto legati alla prima fase di piegamento, che si manifestano in particolar modo nelle «quarziti inferiori».

La sinforme è interessata da pieghe minori, metriche, aventi la stessa asimmetria su entrambi i fianchi (B_2): questo consente la sua attribuzione cronologica alla prima generazione di deformazioni. A conferma di ciò sta anche il chiaro rapporto tra la giacitura del piano assiale e la scistosità S_2 , molto inclinata, che lo taglia. Inoltre lo stile, tendenzialmente chiuso, è tipico delle strutture B_1 anche a scala megascopica.

Un dato estremamente significativo, sempre per quanto riguarda la cronologia delle deformazioni e che verrà più avanti ripreso nel quadro delle ipotesi tettonico-evolutive dell'elemento di Borghetto, è riportato nel particolare ingrandito e contornato da un cerchietto, situato sopra la superficie topografica della sezione della Fig. 3. In esso è visibile una foliazione tettonica il cui rapporto con la giacitura delle superfici litologiche è incongruente con il senso di chiusura della sinforme maggiore; essa è inoltre intersecata dal clivaggio di frattura S_2 e ne è quindi palesemente anteriore. Non è viceversa chiarita, in base ad intersezioni, la cronologia rispetto a S_1 . Tale foliazione è stata indicata

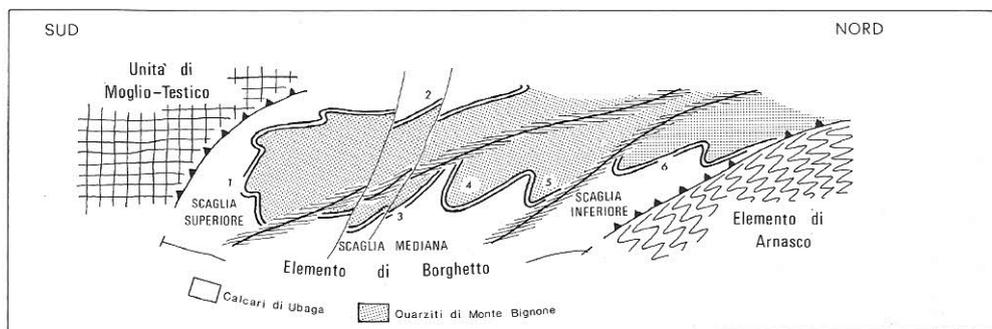


Fig. 4 — Sezione schematica interpretativa attraverso l'elemento di Borghetto d'Arroscia, compreso tra la soprastante unità di Moglio-Testico ed il sottostante elemento di Arnasco. Consta di una grande anticlinale, coricata verso sud, il cui fianco rovesciato presenta (in affioramento) una maggiore estensione. L'anticlinale è composta da una serie di pieghe minori, aventi dimensioni fino ad ettometriche, ed è attraversata da due diversi ordini di piani di taglio. Il più antico divide l'elemento in tre scaglie che scorrono l'una sull'altra verso sud. Il più recente, che taglia e traspone il primo, sembra più sviluppato nella parte meridionale dell'elemento e corrisponde ad una fase tettonica retroergente, opposta alla precedente.

1) Settore di Madonna della Guardia (v. Fig. 1); 2) settore di M. Bignone e corrispondenti; 3) settore di B. Cianastre; 4) anticlinale sinforme della strada per Ubaga (v. Fig. 3); 5) anticlinale sinforme di Aracà; 6) settore di Costa Bacelega.

nelle figure, e qui di seguito, nel testo, come S_{1b} ed attribuita ad una fase tettonica indicata come F_{1b} (si veda oltre).

Struttura tettonica dell'elemento di Borghetto.

L'assetto complessivo dell'elemento di Borghetto, così come risulta dalle indagini finora condotte, è riprodotto nella sezione schematica, semplificata ed interpretativa, della Fig. 4. In essa appaiono le tre parti principali in cui l'elemento risulta suddiviso e, nell'ambito di queste, le strutture minori a scala ettonometrica, due delle quali sono state esaminate in questa nota.

Si è potuto accertare che gli aspetti più significativi delle strutture rilevate sulla strada per Ubaga (cioè scistosità S_{1b} meno inclinata della litologia, in successioni rovesciate immergenti verso S) si ritrovano nella piega sinforme presso Aracà (Fig. 4, n. 5) e sulla strada per Onzo (Fig. 4, n. 6). Pieghe metriche e decametriche della prima fase tettonica, simili a quelle di Madonna della Guardia, ma relative al fianco rovesciato della piega di Borghetto, sono state ritrovate presso Costa Bacelega (Fig. 4, n. 6). Clivaggi di frattura S_2 , spesso abbinati a pieghe metriche con senso di asimmetria verso l'interno, si ritrovano in tutte le posizioni strutturali.

Quanto osservato a Madonna della Guardia e nella strada per Ubaga è dunque rappresentativo della situazione tettonica dell'elemento di Borghetto d'Arroscia.

Conclusioni

L'esame dettagliato di due aree limitate, poste in posizione strutturale significativa nell'ambito dell'elemento di Borghetto d'Arroscia e caratterizzate da buona esposizione, ha permesso di riconoscere due fasi tettoniche successive, delle quali la prima (F_1) risulta più penetrativa e, al contrario della seconda (F_2), essere vergente verso l'esterno.

Un'ulteriore fase tettonica, che indichiamo con F_{1b} , sicuramente precedente a F_2 , è pure riscontrabile in numerose località. Benchè sia possibile distinguere sul terreno F_{1b} da F_1 , non sono state reperite strutture d'interferenza tali da poter stabilire una cronologia relativa. F_{1b} può quindi essere considerata sia precedente che successiva ad F_1 ; in ogni caso, essa indica trasporto tettonico verso l'esterno per le masse rocciose più superficiali.

Per quanto non sia possibile escludere la prima ipotesi, si preferisce pensare che F_{1b} segua F_1 poichè, in questo modo, trovano una spiegazione più adeguata i fatti osservati a scala più ampia. Risulta infatti dai rilevamenti preliminari eseguiti sull'intera area di affioramento dell'elemento di Borghetto, che una fase di taglio, con trasporto verso l'esterno, segue il piegamento dell'ele-

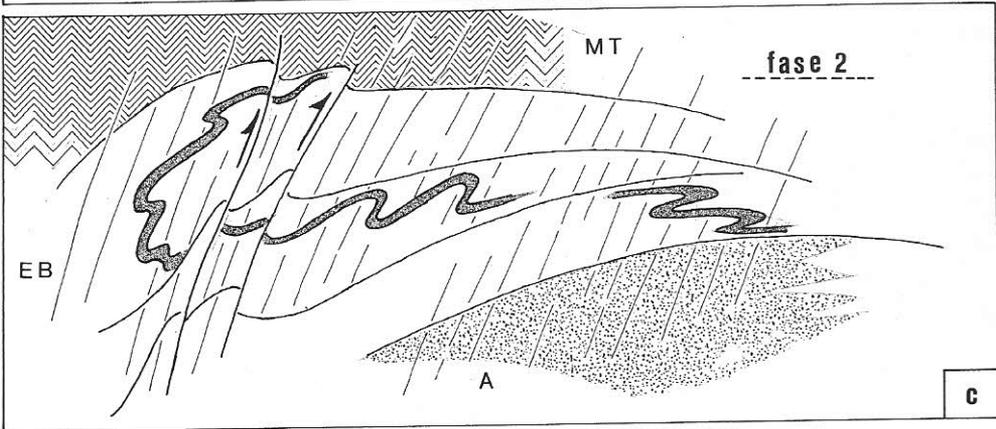
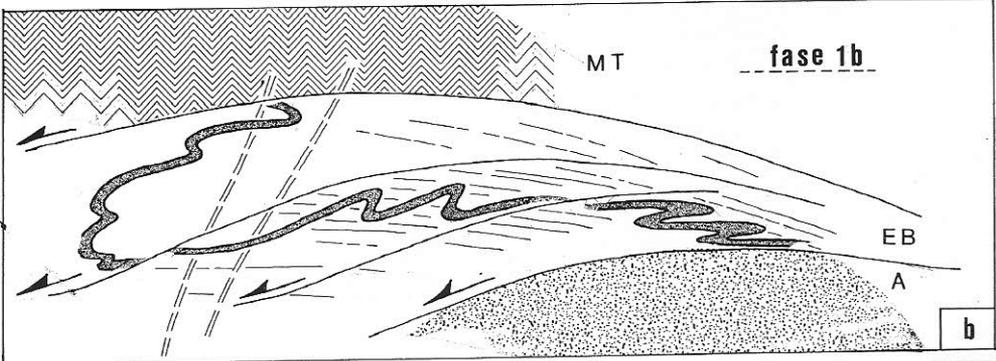
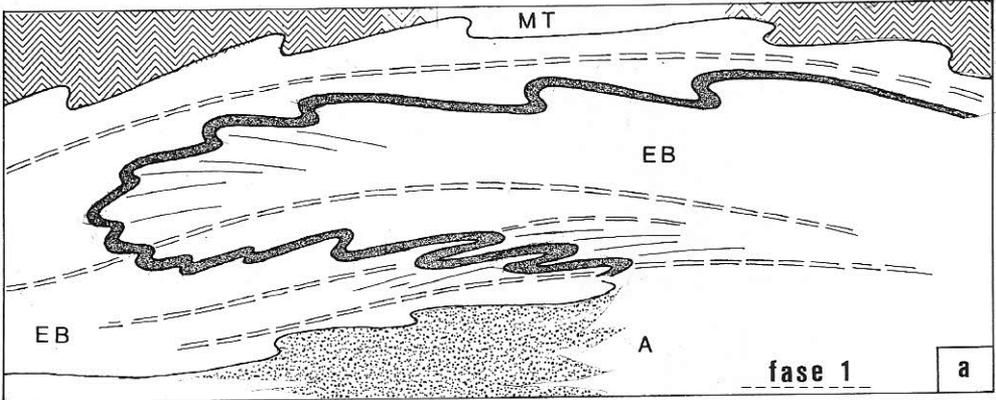
mento in questione avvenuto, con la stessa vergenza, in una fase preliminare (F_1). Ambedue queste fasi precedono le deformazioni prevalentemente clastiche e retrovergenti della seconda fase. La successione degli eventi, secondo questa interpretazione, è quella che appare nelle tre sezioni della Fig. 5: la fase F_1 genera una grande piega coricata a vergenza esterna. Si può presumere che durante la stessa fase analoghe strutture potessero generarsi nelle unità tettoniche a contatto; non si esclude inoltre che nello stesso elemento di Borghetto possano esistere testimonianze di altre pieghe analoghe a quella rappresentata in figura. Questa fase genera una scistosità di piano assiale più o meno penetrativa (talvolta addirittura assente) in funzione dei litotipi, della posizione strutturale e dell'effetto delle fasi successive.

F_{1b} vede il realizzarsi di piani di taglio nell'edificio strutturale precedentemente costituito ed un contemporaneo trasporto tettonico verso l'esterno delle scaglie così individuate: l'unità di Moglio—Testico sovrascorre sull'elemento di Borghetto, le tre scaglie di quest'ultimo sovrascorrono l'una sull'altra, e l'intero elemento sovrascorre sul sottostante elemento di Arnasco. La scistosità individuata durante l'esame dell'area—tipo di Ubaga e, come detto, riconoscibile in altre posizioni strutturali, sarebbe la testimonianza, alla scala dell'affioramento, di questa fase deformativa. L'assenza di tale scistosità in alcune zone e, in particolare, il fatto che non sia stato possibile individuare un affioramento in cui sia visibile la sovrapposizione tra S_1 e S_{1b} , può essere spiegato col fatto che nella maggior parte di questi casi la S_{1b} si sviluppa parallelamente alla S_1 , riutilizzando le superfici di scistosità di quest'ultima.

L'ultima fase deformativa, F_2 , taglia le strutture precedenti con un clivaggio di frattura quasi sempre ben visibile, anche se rado. Ad esso sono collegate, alla scala maggiore, pieghe — faglie o faglie inverse, retrovergenti, che interessano soprattutto la parte più esterna dell'elemento, cioè il suo fianco diritto avanscorso nella fase precedente. Non viene più modificato l'assetto complessivo della struttura.

Sulla base dei dati attualmente conosciuti l'area esaminata evidenzia una storia strutturale meno complessa di quella osservata ad esempio nel Brianzese dell'Unità di Castelvechio—Cerisola (Oxilia et al., 1982); infatti in questa ultima sono state individuate, escludendo le deformazioni tardive, tre generazioni di strutture penetrative. La più recente di queste mostra, per stile e caratteri geometrici, forti analogie con la fase definita F_2 nell'elemento di Borghetto. Diversamente però da quanto precedentemente affermato a proposito di quest'ultimo, cioè la presenza di una sola deformazione penetrativa anteriore a F_2 , nel succitato Brianzese ne sono state individuate due; esse corrispondono rispettivamente ad una deformazione isoclinale debolmente scistosa (F_2) e ad una, ancora isoclinale, ma questa volta fortemente scistosa e traspositiva (F_1): ad essa è associata più di una generazione di pieghe.

Di queste F_2 è stata interpretata come conseguente al trasporto tettonico verso l'esterno dell'unità strutturale: tuttavia i contatti fra unità Brianzese e unità pre-piemontesi corrispondono a delle superfici per le quali non sono documentate tracce di piegamento isoclinale (Messiga et al., 1982). Tali contatti sono invece interessati dalla deformazione F_3 Brianzese, corrispondente ad



F₂ dell'elemento di Borghetto. Sembrerebbe quindi che la messa in posto delle unità avvenga in una fase intermedia tra le deformazioni F₂ ed F₃ del Brianzonese e che il modello strutturale prospettato per l'elemento di Borghetto (una deformazione per taglio intermedia tra F₁ e F₂) sia estrapolabile al contatto tra unità brianzonesi e pre-piemontesi affioranti in questo settore dell'arco alpino.

Infine va sottolineato che, se le ipotesi sopra formulate sono valide, anche per questo settore appare limitata l'importanza dei «retroscorrimenti», intesi come cospicuo trasporto di masse.

OPERE CITATE

- Boni A. & Vanossi M. (1972) - Carta geologica dei terreni compresi tra il Brianzonese ligure s.l. ed il Flysch ad Elmintoidi s.s. *Atti Ist. Geol. Univ. Pavia*, v. 23, tav. 24, Firenze.
- Galbiati B. & Andreoni G. (1981) - Nuovi dati e considerazioni sull'elemento di Borghetto d'Arroschia (Alpi Liguri). *Rend. Soc. Geol. It.*, v. 4, pp. 339-341, Roma.
- Haccard D., Lorenz C. & Grandjaquet C. (1972) - Essai sur l'évolution tectogénétique de la liaison Alpes-Apennins (de la Ligurie à la Calabrie). *Mem. Soc. Geol. It.*, v. 11, pp. 309-341, Pisa.
- Messiga B., Oxilia M., Piccardo G.B. & Vanossi M. (1982) - Fasi metamorfiche e deformative alpine nel Brianzonese e nel Prepiemontese-Piemontese esterno delle Alpi Liguri: un possibile modello evolutivo. *Rend. S.I.M.P.* v. 38, pp. 261-280, Germignaga (Va).
- Oxilia M., Seno S. & Gosso G. (1982) - Deformazioni alpine sovrapposte e loro geometria nella zona di Castelvechio (Brianzonese ligure). *Mem. Sc. Geol.*, v. 35, pp. 345-354, Padova.
- Royant G. & Lanteaume M. (1973) - Définition de la série pennique interne d'Arnasco-Castelbianco (Alpes ligures). Mise en évidence, dans cette série, de phénomènes tectogénétiques jurassiques. *C. R. Acad. Sc. Paris*, v. 276, pp. 3093-3096, Paris.
- Vanossi M. (1980) - Les unités géologiques des Alpes Maritimes entre l'Ellero et la mer Ligure: un aperçu schématique. *Mem. Sc. Geol.*, v. 34, pp. 101-142, Padova.

Fig. 5 - Evoluzione tettonica dell'elemento di Borghetto d'Arroschia secondo l'ipotesi presentata nel testo. Sud a sinistra, nord a destra. MT) Unità di Moglio-Testico; EB) elemento di Borghetto d'Arroschia; A) elemento di Arnasco; t) superfici di taglio latenti; S) scistosità (è indicata solo quella prodotta durante la fase deformativa cui si riferisce la sezione); T) superfici di taglio.

Sono distinti tre momenti diversi dell'evoluzione strutturale:

a) la successione di Borghetto viene deformata plasticamente; si genera l'anticlinale, coricata verso sud, che rappresenta la struttura principale dell'elemento di Borghetto. Essa è composta da numerose pieghe minori, indicate dall'andamento della grossa linea grigia. Si è pensato, in via del tutto ipotetica per ora, di collegare tale anticlinale alle unità tettoniche contigue mediante due sinclinali coricate di raccordo;

b) l'edificio strutturato nella prima fase viene suddiviso da piani di taglio e le varie parti scorrono verso sud. Si generano così i contatti tettonici tra l'elemento di Borghetto e le unità contigue, si individuano le scaglie interne all'elemento stesso e si sviluppa, in esso, la scistosità S_{1b};

c) piani di taglio legati ad una fase tettonica retroergente scompongono l'edificio strutturale in parti accavallate verso nord. Numerose pieghe minori ed una scistosità S₂ si sovrappongono alle precedenti strutture, deformandole.

