
Rendiconti *online* **SGI**

1

NOTE BREVI

Aspetti geologico-strutturali delle catene perimediteranee

(GIGS, Catania, 26-29 Febbraio 2008)

Editori: Fernando Calamita, Fabio Lentini,
Enrico Tavarnelli e Luigi Tortorici



Società Geologica Italiana - Roma

Febbraio 2008

www.socgeol.it

La struttura polideformata delle Alpi Apuane centrali tra Arni e M. Corchia: conoscenze storiche, dati attuali e problemi aperti

MARCO MECCHERI (*), GIANCARLO MOLLI (**), (***), LUCA VASELLI (***) & PAOLO CONTI (*), (****)

ABSTRACT

Polydeformed structures of the central Apuane Alps between Arni and Mt. Corchia: historical knowledges, structural data and open problems.

This contribution concerns the puzzling polydeformed structure cropping out in the Arni-Mt Corchia area and surroundings, in the central-eastern Apuane Alps Metamorphic Complex (AMC). The main point is the presence of thick and long belts of principally Mesozoic and Tertiary paraschists (Apuane Unit) exhibiting widespread milonitic and/or cataclastic-mylonitic meso- to microfabrics. In the frame of the AMC large-scale structure, characterised by a general

Apennine strike of all the tectonic lineaments, these belts are persistent mainly along a 5-6 km wide, WSW-ENE trending length from the high Frigido valley (Massa) up to E of Isola Santa village, in the Turrite Secca valley, a transversal setting well known since the work of GIGLIA (1967). These structures resulted from extreme development of localised shear deformation during the last stages of the compressive tectonic phase of the Tertiary orogenesis, being clearly involved in polystage D_2 deformations. The recognition and detailed mapping of such shear pattern allows to highlight further aspects in the progressive deformation of the compression tectonics (D_1) and the following uplift-related extension (D_2) in the lowermost metamorphic unit directly visible in the Apennine chain.

Nel quadro della struttura polideformata del Complesso Metamorfico delle Alpi Apuane (CoMA) l'area Arni-M. Altissimo-M. Corchia-Isola Santa (fig. 1) è una delle più complicate, soprattutto a causa dell'evidente rotazione dei lineamenti tettonici dalla direzione NO-SE, la più comune nei settori centro-occidentale e settentrionale del massiccio, a quella OSO-ENE dominante nel quadrilatero qui preso in esame. Le rocce qui affioranti appartengono alla sequenza metamorfica dell'Unità delle Apuane.

La prima descrizione e interpretazione di questa geometria trasversale rispetto alla direzione appenninica della catena si deve a GIGLIA (1967), che la attribuisce ad un fagliamento trascorrente sinistro lungo la ristretta fascia compresa tra le zone M. Altissimo-Cervaiolo ad O e Col di Favilla-Isola Santa ad E (ubicazione delle località in fig. 2). Secondo Giglia questo fagliamento inizia subito dopo le anticlinali e sinclinali NE-vergenti della tettonica compressiva dell'orogenesi terziaria, causando sia la deviazione della chiusura meridionale della Sinclinale dell'Altissimo, sia le variazioni di direzione del nucleo marmoreo della Sinclinale del Corchia.

Nel 1977 CARMIGNANI & GIGLIA, riprendendo questa ipotesi, affermano che le strutture trasversali sono limitate ad una striscia di territorio tra l'alta valle del F. Frigido e tutta la valle del T. Turrite Secca (fig. 2), e che si sono sviluppate durante una fase tettonica D_2 dell'orogenesi terziaria, interposta tra gli eventi D_1 e D_3 i cui effetti deformativi sono invece diffusi e riconoscibili dappertutto nel CoMA.

Secondo gli autori, dopo la fase tettonica D_1 il particolare assetto D_2 si realizzò lungo il corridoio Frigido-Turrite, orientato O-E e largo 5-6 km, per deformazione di taglio trascorrente sinistro innescata dal progredire delle «..... spinte orogenetiche E-vergenti,» e grazie al diverso comportamento meccanico degli edifici strutturali D_1 esistenti a N e a S di questa discontinuità trasversale. Le strutture D_2 più evidenti sono:

– pieghe ben sviluppate aventi assi orientati O-E e debolmente inclinati verso E e piani assiali con inclinazioni da intermedie a forti verso SE;

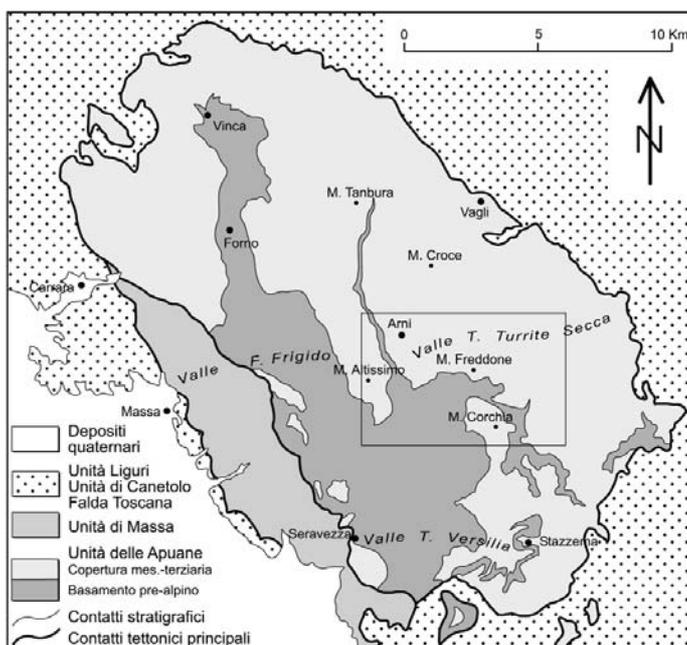


Fig. 1 - Schema tettonico semplificato del Complesso Metamorfico delle Alpi Apuane e regioni limitrofe, con l'indicazione dell'area considerata.

– Simplified tectonic sketch of the Apuane Alps Metamorphic Complex (AMC) and surroundings, location of the concerned area is indicated.

(*) Dipartimento di Scienze della Terra, Univ. Siena, Via Laterina, 8 - 53100 Siena, Italy.

(**) Dipartimento di Scienze della Terra, Univ. Pisa, Via S. Maria, 53 - 561126 Pisa, Italy.

(***) CNR Istituto di Geoscienze e Georisorse, Via G. Moruzzi, 1 - 56124 Pisa, Italy.

(****) Centro di Geotecnologie, Univ. Siena, Via Vetri Vecchi, 34 - 52027 S. Giovanni V.no (AR), Italy.

Meccheri Marco: Tel. ++39 0577 233833; Fax ++39 0577 233938; meccheri@unisi.it

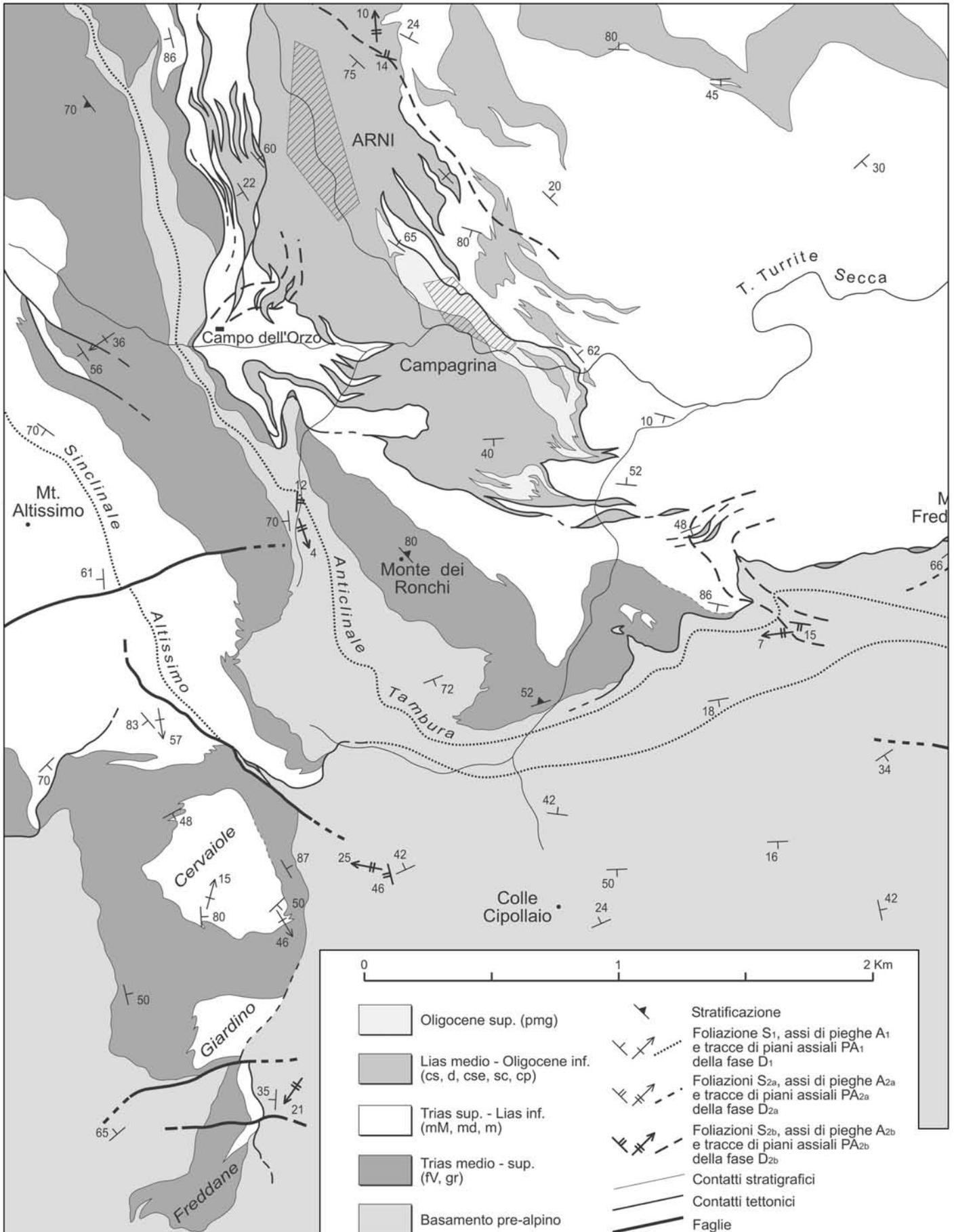


Fig. 2

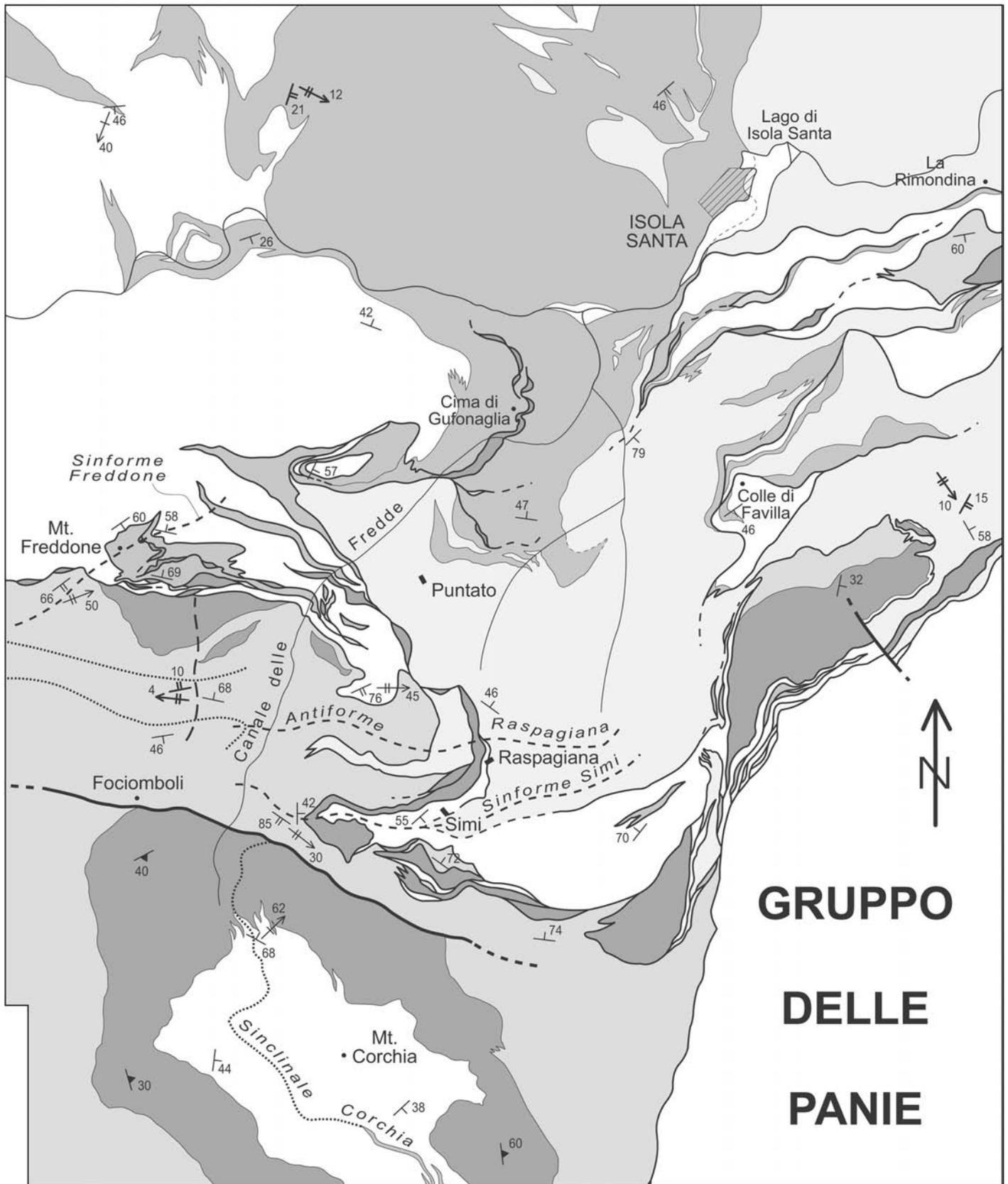


Fig. 2 - Carta tettonica semplificata della regione delle Alpi Apuane centro-orientali tra Arni, M. Altissimo, M. Corchia e Isola Santa. In LEGENDA, **fv**: Formazione di Vinca; **gr**: Grezzoni; **mm**: Marmi a megalodonti e Breccie di Seravezza; **md**: marmi dolomitici; **m**: Marmi *sensu stricto*; **cs**: Calcarei selciferi; **d**: Diaspri; **cse**: Calcarei selciferi a entrochi; **sc**: Scisti sericitici; **cp**: Cipollini; **pmg**: Pseudomacigno. - Simplified tectonic map of the central-eastern Apuane Alps in the Arni-M. Altissimo-M. Corchia-Isola Santa quadrangle. In the LEGEND, **fv**: Vinca Formation; **gr**: Grezzoni; **mm**: Megalodus-bearing Marbles and Seravezza Breccias; **md**: Dolomitic Marbles; **m**: Marbles *s.s.*; **cs**: Cherty Limestones; **d**: Cherts; **cse**: Crinoid-bearing Cherty Limestones; **sc**: phyllites (Scisti sericitici); **cp**: calcschists (Cipollini); **pmg**: metasediments (Pseudomacigno).

– localizzate superfici di *thrust* molto inclinate verso meridione e con i blocchi di tetto innalzati verso settentrione;

– entrambi i tipi di strutture sono espressione di raccorciamento in direzione N-S.

Tutte le geometrie D_1 e D_2 sono poi interessate dal generalizzato piegamento dovuto alla successiva fase D_3 , e gli autori affermano che le deformazioni D_2 e D_3 , pur sinmetamorfiche, si attuano durante i primi stadi di sollevamento dell'architettura di prima fase.

Le cose appaiono notevolmente diverse nel lavoro del 1983 nel quale CARMIGNANI & GIGLIA, illustrando l'inesistenza della doppia vergenza nelle zone di Arni e M. Corchia, affermano che tutte le strutture D_1 del settore Arni-Campagrina sono deformate da una grande antiforme di dimensioni chilometriche, ubicata nel fianco occidentale del duomo tardivo di M. Croce-Vagli di Sotto, di cui costituisce una piega parassita di secondo ordine («*reverse drag fold*»). Essa è ribaltata verso WSW, ha asse A_2 medio in direzione circa N10-15°W con inclinazioni intorno a 15° verso N, mentre il piano assiale medio e la foliazione S_2 immergono verso W-NW con inclinazioni medie di 15-20°.

La novità sta nel fatto che, secondo gli autori, questa grande struttura tardiva prosegue verso SE e E cambiando gradualmente direzione assiale, che ruota in senso antiorario divenendo W-E con inclinazioni deboli verso oriente. Di conseguenza, pur non negando l'esistenza di «..... movimenti di trascorrenza nel substrato» che avrebbero favorito lo sviluppo delle strutture trasversali post- D_1 (CARMIGNANI & GIGLIA, 1979a), la megastruttura tardiva a carico di tutte le strutture D_1 lungo la Turrite Secca è la stessa di quella di Arni, della quale ripete l'asimmetria centrifuga rispetto al duomo di M. Croce (CARMIGNANI & GIGLIA, 1979b, fig. 4). Questa megastruttura viene attribuita alla fase D_2 , inoltre non viene più riportata la deformazione D_3 a carico delle strutture D_1 e D_2 .

Durante i successivi circa 20 anni le conoscenze su quest'area non progredirono, il tempo fu impiegato soprattutto a digerire e consolidare la nuova ed efficace interpretazione della generale struttura positiva apuana come una complicata e articolata geometria D_2 , frutto del sollevamento post- D_1 . Questo modello, che fu portato a completo chiarimento dal lavoro di CARMIGNANI & KLIGFIELD (1990), era ben comprensibile nelle Apuane centro-settentrionali, occidentali e meridionali, ma lungo la Turrite Secca i problemi covavano e venivano lentamente alla luce.

Durante gli ultimi cinque anni, la preparazione dei fogli 249-Massa Carrara e 260-Viareggio della nuova Carta Geologica d'Italia 1:50000 è stata l'occasione per rimettere definitivamente mano a questi problemi, alcuni dei quali sono così sintetizzabili:

– esistono davvero in quest'area delle strutture di deformazione di taglio localizzata in direzione W-E, e da cosa sono evidenziate?

– cosa succede alla chiusura meridionale della Sinclinale dell'Altissimo?

– quali sono i suoi rapporti con la Sinclinale del Corchia?

– il piano assiale di quest'ultima si continua verso N nella Sinclinale di Puntato come proposto da CARMIGNANI & GIGLIA nel 1983?



Fig. 3 - Dolomia cataclastica cosparsa di frammenti quarzosi, da una delle lenti di Grezzoni nei Marmi lungo il Canale delle Fredde, poco a O di Puntato. La larghezza della foto è circa 60 cm.

– *Cataclastic dolomite with spread quartzose fragments, from a Grezzoni lens in the Marbles of Canale delle Fredde, W of Puntato. The image width is about 60 cm.*

– il grande affioramento di basamento del settore Se-ravezza-Ponte Stazzemese (a meridione della regione rappresentata in fig. 2) è davvero in gran parte il nucleo dell'Anticlinale della Tambura?

– e altri di importanza analoga.

Quello che il recente lavoro di campagna ha permesso di appurare è sintetizzabile nei punti seguenti (fig. 2).

1) Alla sua terminazione meridionale la Sinclinale dell'Altissimo viene ruotata in senso antiorario (fig. 2) dalla direzione appenninica NNW-SSE a quella WSW-ENE (MECCHERI *et alii*, 2005a; 2005b; 2007). Sebbene questa torsione non corrisponda a un ben sviluppato e rilevabile sistema di pieghe, con marcate zone di cerniera e una chiara scistosità di piano assiale, essa sembra realizzarsi attorno ad assi quasi verticali o fortemente inclinati verso WSW. La definizione di queste geometrie è ancora in fase di studio.

2) La medesima rotazione è condivisa sia dal fianco rovesciato dell'Anticlinale della Tambura, che corre nei versanti O-SO-S del rilievo di Monte dei Ronchi, sia dalle sinclinali minori (Cervaiolo, Giardino, Freddane) che corredano la chiusura meridionale della Sinclinale dell'Altissimo (fig. 2).

In nessun caso è stato constatato un rapporto causa-effetto di tutte queste rotazioni con faglie certe ad importante componente di movimento trascorrente, come proposto da GIGLIA (1967). A questo proposito, si deve ammettere che sono state osservate numerose fratture in direzioni comprese da N40-50°E a N90-100°E, molte delle quali con preponderante cinematica trascorrente destra o sinistra (strie, fratture di Riedel, ecc.; si veda in VASELLI *et alii*, questo volume), ma ovunque i rigetti appaiono di entità non cartografabile a dispetto di quanto invece ci si potrebbero aspettare. Inoltre queste fratture hanno i caratteri di strutture fredde a carico delle rocce ormai prossime alla superficie topografica, tanto che spesso sono interessate da rimaneggiamenti di tipo carsico. Se esse siano da associare a locale riattivazione pliocenico-quadernaria di precedenti discontinuità trasversali è una possibilità ancora sotto esame.

3) La documentata rotazione indica che la cerniera principale della Sinclinale dell'Altissimo non coincide con l'allineamento dei tre nuclei marmorei di Cervaiolo, Giardino e Freddane. Questi sono delle sinclinali parassite minori con stile a guaina nel fianco rovesciato della Sinclinale dell'Altissimo e ubicate in prossimità della cerniera principale, che invece corrisponde al sottile nucleo marmoreo poco a W di Colle Cipollaio, parzialmente laminato e ruotato decisamente in direzione O-E. Da quest'area la S_1 (la foliazione di piano assiale dell'intera struttura D_1) prosegue verso oriente all'interno del basamento prealpino mantenendo la stessa direzione O-E fino all'altezza di M. Freddone-Fociomboli e oltre.

4) Ne consegue che: (A) il piano assiale principale della Sinclinale dell'Altissimo non prosegue verso S fino alla valle del T. Versilia, ma punta direttamente verso oriente; (B) anche il piano assiale dell'Anticlinale della Tambura deve avere lo stesso andamento così da contornare a meridione la grande struttura marmorea di M. Freddone. In definitiva i due piani assiali devono passare nello spessore di basamento compreso tra la cresta S del Freddone e Fociomboli (fig. 2), mentre più verso E essi probabilmente si perdono nei livelli di miloniti e tettoniti *s.l.* che affiorano nell'ampio settore a oriente del Freddone, dalle pendici settentrionali del Corchia fino a Colle di Favilla-La Rimondina e oltre (fig. 2).

5) Nelle pubblicazioni citate non si trova alcun riferimento a tettoniti: nel settore considerato tutte le rocce sono state cartografate e descritte come normali formazioni della sequenza metamorfica apuana (Marmi, Diaspri, Cipollini, Pseudomacigno, ecc.), evidentemente attribuendo le forti laminazioni interne e il rimescolamento dell'ordine stratigrafico ad accentuati disturbi meccanici di valenza solo locale, come d'altronde si verifica in altri limitati settori del CoMA.

I nuovi rilievi hanno invece dimostrato che le «formazioni» suddette:

- sono quasi ovunque costituite da porzioni abbastanza integre e con chiare testimonianze di deformazione sin-metamorfica D_1 (ad esempio sono tutte affette da pervasiva S_1 e associata lineazione L_1 di *stretching*, che mantiene la direzione media di $N60^\circ$ tipica di tutto il CoMA);

- queste porzioni appaiono circondate da zone di taglio di spessore variabile, ma nell'insieme volumetricamente cospicue, a carico delle stesse rocce e aventi struttura interna da cataclastico-milonitica a francamente milonitica, a seconda dei protoliti coinvolti;

- queste zone di taglio sono variamente marcate da litotipi anomali in lenti e lame di spessore 30-10 m e lunghezza ettometrica-decmetrica, ma anche in nuvole di frammenti metrici-centimetrici entro le rocce ospiti (che in questi casi fungono da «matrice»);

- gli esempi più evidenti sono Grezzoni nei Diaspri (M. Freddone), nei Cipollini (ENE di Puntato e a Cima di Gufonaglia) e nei Marmi a O-SO di Puntato (fig. 3), o a separare corpi di Pseudomacigno (a S di Puntato);

- lembi di Cipollini entro i Marmi (a E di case Simi e Raspagiana, tra Isola Santa e Col di Favilla, ecc.);

- lame di rocce pre-alpine (quasi sempre Filladi Inferiori) nelle rocce alpine più giovani (nello Pseudomacigno a NE di Puntato, nei Marmi a La Rimondina) o lungo i contatti tra di esse (a S di casa Simi, ecc.).

Queste tettoniti, rilevabili per notevoli spessori e per tratti di lunghezza finora ignota, sono sin-metamorfiche e contengono una foliazione milonitica dominante (su cui giace una netta *stretching lineation*) che è facilmente identificabile come la S_1 della tettonica compressiva D_1 : questa attribuzione è sostenuta dai pur scarsi resti ancora sufficientemente integri di strutture anticlinali e sinclinali D_1 , che hanno la propria foliazione di piano assiale identica alla foliazione milonitica. Sembra quindi che la deformazione D_1 sia progredita, almeno in questa zona, con una evoluzione in taglio molto spinta a carico delle normali pieghe isoclinali, scistogene e sin-metamorfiche, che sono ovunque riconoscibili nel CoMA ma mai così intensamente deformate e per volumi così importanti.

6) La deduzione che tale quadro sia da riferire alla fase D_1 deriva anche dal fatto che queste rocce sono deformate da pieghe abbastanza chiuse, aventi piani assiali ondulati e immergenti sia verso N che verso S con inclinazioni molto elevate e assi medi inclinati da poco a molto verso oriente. Queste pieghe hanno dimensioni da centimetriche a chilometriche e sono ben riconoscibili nei versanti sud-orientali del Freddone e nelle pendici settentrionali del Corchia.

Una di queste pieghe merita di essere citata: è la Sinforme Simi (fig. 2) a nucleo di Marmi e Pseudomacigno che si apre verso E-NE e che era stata denominata «Sinclinale di Puntato» da CARMIGNANI & GIGLIA (1983), i quali la considerarono come una struttura di fase D_1 . Noi non siamo (ancora) certi che questa e le altre pieghe appena citate siano da attribuire alla fase D_2 , è tuttavia un fatto che esse deformano una struttura sin-metamorfica e composita già fatta. In base a ciò e solo a scopo di chiarezza, assegniamo a queste strutture l'indice D_{2a} (S_{2a} , A_{2a} , PA_{2a} , vedi fig. 2).

7) Un'altra circostanza accertata è che queste pieghe sub-verticali e in direzione O-E sono a loro volta deformate da una successiva generazione di pieghe. Queste ultime hanno assi ancora O-E ma nell'insieme sub-orizzontali e, soprattutto, hanno piani assiali sub-orizzontali o poco inclinati verso sia S che N. Esse corrispondono chiaramente sia a quelle designate da CARMIGNANI & GIGLIA (1979b, 1983) come *reverse drag folds*, sia alle strutture plicative della fase D_2 *sensu* CARMIGNANI & KLIGFIELD (1990): sono queste le strutture che materialmente si continuano quasi senza interruzioni in quelle tardive della valle di Arni, ben illustrate nelle sezioni seriate di fig. 12 di CARMIGNANI *et alii* (1994) e, pur con alcune differenze di geometria e interpretazione cinematica, nella sezione A-A' della fig. 4 di MOLLI & VASELLI (2006). In rapporto a quanto detto al punto precedente, queste strutture sono indicate come D_{2b} (S_{2b} , A_{2b} , PA_{2b} , vedi fig. 2).

Queste evidenze di campagna, a cui altre si aggiungono d'importanza minore o solo locale, danno origine ad una serie di interrogativi che soprattutto riguardano la corretta collocazione spazio-tempo delle strutture rilevate nell'evolversi della deformazione terziaria, tenendo ovviamente conto dei loro reali rapporti di sovrapposizione. Nel seguito sono brevemente esposti alcuni di questi aspetti problematici.

1) Innanzi tutto le pieghe a carico della foliazione composita S_1 e a tutte le associate strutture anticlinali e sinclinali generate dalla tettonica compressiva D_1 :

- è un fatto che l'ultima generazione di strutture plicative è quella delle pieghe D_2 da chilometriche a centimetriche cui abbiamo accennato al precedente punto 7;

– ma le pieghe orientate O-E e con piani assiali sub-verticali che deformano la S_1 nel settore triangolare Freddone-Gufonaglia-Simi sono ancora della tettonica D_2 , oppure debbono assegnarsi agli stadi più tardivi della precedente deformazione compressiva?

Il riferimento è alla recente proposizione di queste due generazioni di strutture per la parte meridionale della Sinclinale dell'Altissimo (strutture D_{1b} vs strutture D_{2a} : MECCHERI *et alii*, 2007) e all'ipotesi di deformazione progressiva D_2 formulata da MOLLI & VASELLI (2006). Ad ogni modo, il fatto che le pieghe in oggetto deformino la vasta e potente struttura milonitica/cataclastico-milonitica, nell'ampio settore ad oriente del Freddone, sembrerebbe indurre ad assegnarle alla «fase» deformativa D_{2a} ; automaticamente le strutture di cui al precedente punto 7 diverrebbero di «fase» D_{2b} ma, come già accennato, la questione è ancora in studio.

2) A proposito della struttura milonitica/cataclastico-milonitica, è sorprendente la gamma di scaglie e lame di litotipi eterogenei contenute in rocce con le quali non hanno coerenti relazioni stratigrafiche. Gli esempi migliori di questi rimaneggiamenti meccanici si trovano nel versante orientale del Freddone e dell'area di case Raspagiana e Simi:

– al Freddone, la cintola (continua???) di Grezzoni nei Diaspri costituenti la cima del monte è testimone di almeno un'anticlinale D_1 , evoluta in taglio, a separare in due quella che è sempre stata considerata una normale sinclinale di Diaspri entro i Marmi, al più un po' laminata. La cosa non stupisce in una zona così fortemente deformata per taglio, il problema è capire a cosa riallacciare i Grezzoni;

– le adiacenti scaglie dolomitiche lungo il contatto meridionale Diaspri-Marmi sono semplicemente strappate dal grosso affioramento di Grezzoni immediatamente più a S, oppure sono i relitti di un'altra anticlinale laminata?

– poco più verso oriente, nei Marmi affioranti lungo il Canale delle Fredde le scaglie di Grezzoni, Filladi Inferiori del basamento e filladi terziarie sono necessariamente da riferire a pieghe anticlinali e sinclinali D_1 sottoposte a forte evoluzione in taglio;

– in zona Raspagiana-Simi, la sinforme con nucleo di Pseudomacigno deforma i resti laminati di altre anticlinali e sinclinali, inoltre il nucleo di Pseudomacigno entro i parascisti pre-alpini è separato dal corpo maggiore di metarenarie terziarie dalla presenza delle lame di Grezzoni e Marmi.

3) Analoghe situazioni si trovano verso NE in zona Isola Santa, tra Colle di Favilla e La Rimondina, e verso O nei dintorni di Arni e Campagrina. La corrispondenza (almeno parziale) delle complicate strutture di queste due aree con quelle presenti a oriente del Freddone suggerisce che i potenti affioramenti di Marmi a O e N del Freddone stesso, e di Pseudomacigno di Puntato-Col di Favilla debbano contenere numerose superfici di laminazione tettonica, e c'è da aspettarsi che rilievi di maggior dettaglio mettano in luce al loro interno altri nuclei strappati di rocce diverse.

4) È inevitabile affrontare il problema di distinguere, tra tutte le superfici e i contatti certamente meccanici,

quali siano da riferire alla tettonica fragile più recente (anche solo come riattivazioni di precedenti discontinuità), quali alla deformazione D_2 e quali a quella D_1 . Alla tettonica fragile appartengono le disgiunzioni in direzione media O-E a meridione dell'Altissimo e di Fociomboli, in parte già segnalate da GIGLIA (1967). Per quest'ultima sono ancora ignoti i prolungamenti verso E fino alla struttura di taglio alla base del Gruppo delle Panie, e verso occidente nei vasti affioramenti di Filladi Inferiori del basamento.

Quanto invece alle laminazioni sin- D_1 , è certo che numerosi contatti tettonici tra nuclei vecchi e rocce giovani (e viceversa) sono deformati da pieghe da sempre attribuite alla strutturazione D_1 , che quindi deve aver avuto una complicata progressione sin-metamorfica.

5) Se è vero (come sembra) che le rocce pre-alpine affioranti a N di Fociomboli e più ad oriente contengono i piani assiali della Sinclinale dell'Altissimo e dell'Anticlinale della Tambura, tutte le strutture lungo la fascia Freddone-Puntato-Raspagiana-Simi-Favilla-Rimondina costituiscono i prolungamenti orientali delle strutture di Vagli-Arnetola-Arni, ubicate ben più a NO e dove non esistono tracce di nuclei più vecchi del Marmi hettangiani.

È ancora molto il lavoro da svolgere, tuttavia il progredire dei rilievi di dettaglio ha rivelato numerose particolarità, una volta evidentemente sottovalutate, che nell'insieme consentono di acquisire certezze (ad esempio: le fasce a miloniti e cataclasi-miloniti sono pre- D_2) e mettere a fuoco aspetti problematici fino ad oggi insospettati (la Sinclinale del Corchia è una megastruttura D_1 ? E inoltre, è la prosecuzione sud-orientale della Sinclinale dell'Altissimo?).

BIBLIOGRAFIA

- CARMIGNANI L. & GIGLIA G. (1977) - Boll. Soc. Geol. It., **94**, 1957-1981.
- CARMIGNANI L. & GIGLIA G. (1979a) - Boll. Soc. Geol. It., **96**, 429-450.
- CARMIGNANI L. & GIGLIA G. (1979b) - Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., Ser. A, **86**, 109-125.
- CARMIGNANI L. & GIGLIA G. (1983) - Mem. Soc. Geol. It., **26**, 515-525.
- CARMIGNANI L., FANTOZZI P.L., GIGLIA G. & MECCHERI M. (1994) - Mem. Soc. Geol. It., **49**, 99-124.
- CARMIGNANI L. & KLIGFIELD R. (1990) - Tectonics, **9**, 1275-1303.
- GIGLIA G. (1967) - Mem. Soc. Geol. It., **6**, 67-95.
- LOTTI B. (1881a) - Boll. R. Com. Geol. It., **12**, 85-96.
- LOTTI B. (1881a) - Boll. R. Com. Geol. It., **12**, 419-428.
- MECCHERI M., BERRETTI G., CONTI P. & MOLLI G. (2005a) - Gr. It. Geol. Strutt., Riun. Scient. Annuale, Spoleto 21-22.02.05, Rend. Soc. Geol. It., **1**, 123-124.
- MECCHERI M., MOLLI G., CONTI P., BERRETTI G. & VASELLI L. (2005b) - 15th DRT Meeting, ETH Zürich 02-04.05.2005, Abstract Vol., 144.
- MECCHERI M., BELLAGOTTI E., BERRETTI G., CONTI P., DUMAS F., MANCINI S. & MOLLI G. (2007) - Boll. Soc. Geol. It., **126**, 25-35.
- MOLLI G. & VASELLI L. (2006) - Geol. Soc. America, Spec. Pub., **414**, 79-93.
- VASELLI L., BERRETTI G., MOLLI G., OTTRIA G. & MECCHERI M. (2008) - Gr. It. Geol. Strutt., Riun. Scient. Annuale, Catania 26-27.02.08, Rend. Soc. Geol. It., questo volume.
- ZACCAGNA D. (1898) - Litografica Virano, Roma (a cura del R. Uff. Geol.).