

I "FASCI" DI FAGLIE RECENTI ED ATTIVE DI M. VETTORE - M. BOVE  
E DI M. CASTELLO - M. CARDOSA (APPENNINO UMBRO-MARCHIGIANO)\*\*)

INDICE

RIASSUNTO	pag.	81
ABSTRACT	"	81
INTRODUZIONE	"	81
INQUADRAMENTO GEOLOGICO	"	82
Stratigrafia	"	82
Assetto strutturale	"	82
DEFINIZIONE DEL PATTERN DI AFFIORAMENTO E DELL'ENTITA' DEI RIGETTI	"	83
"Fascio" M. Vettore - M. Bove	"	83
"Fascio" M. Castello - M. Cardosa	"	89
ANALISI CINEMATICA E ROCCE DI FAGLIA	"	89
DISCUSSIONE	"	92
BIBLIOGRAFIA	"	94

RIASSUNTO

L'analisi geologico-strutturale ha permesso di definire il *pattern* di affioramento e di caratterizzare dal punto di vista geometrico e cinematico i "fasci" di faglie recenti ed attive di M. Vettore-M. Bove e di M. Castello-M. Cardosa nell'Appennino umbro-marchigiano meridionale. Come già noto in letteratura, queste strutture dislocano a partire dal Pleistocene inferiore-medio i precedenti elementi della catena (pieghe e sovrascorrimenti).

Il "fascio" più orientale, di M. Vettore-M. Bove, si estende per circa 30 Km in direzione N 150°-160°. Parallela-mente a questo si sviluppa, più ad occidente, il "fascio" M. Castello-M. Cardosa per una lunghezza di circa 15 Km. Essi sono costituiti da faglie vicarianti o collegate da minori segmenti di trasferimento.

Le faglie hanno direzione più frequente N 140°; queste sono caratterizzate da un movimento principalmente normale con ribassamento a SW, mentre quelle ad andamento circa N-S ed E-W hanno rispettivamente un carattere transtensivo sinistro e destro. Sono state anche riconosciute faglie ad andamento N 140°-150° antitetiche alle precedenti. I rigetti stimati sono dell'ordine delle centinaia di metri e localmente superano i 1000 m. Nell'insieme tali strutture realizzano un'estensione massima orientata N 60° E ed una minima orientata circa N 20° E successiva alla prima. E' all'estensione orientata N 20° E che viene posto in relazione lo sviluppo della depressione tettonica del Piano Grande di Castelluccio (confinato tra i due "fasci" di faglie analizzati) condizionato dalla presenza di una faglia giurassica (Tav. 1).

Nel "fascio" M. Vettore-M. Bove, la faglia bordiera del Piano Grande di Castelluccio si interrompe sul piano di sovrascorrimento dei M. Sibillini, il quale è invece dislocato, con un rigetto di circa 250 m, dalla faglia del Cordone del Vettore, caratterizzata da una evidente scarpata di faglia. Tali elementi, applicando la definizione di SLEMMONS (1990), sono stati utilizzati per definire le faglie attive nell'ambito dei "fasci" analizzati.

(\*)Dipartimento di Scienze della Terra - Università di Camerino.

(\*\*)Lavoro eseguito con i fondi di ricerca M.U.R.S.T. 40% e 60% F. Calamita e C.N.R. G. Deiana.

ABSTRACT

In this structural study we provide the surface geometrical pattern and the kinematics of the M. Vettore-M. Bove and M. Castello-M. Cardosa neotectonic normal fault zones (Umbro-Marchean Apennines). Several authors have suggested that such normal faults offset pre-existing compressive structures (folds and thrusts) at least from Lower-Middle Pleistocene. The M. Vettore-M. Bove easternmost fault zone, ranging in length up to 30 km, shows a N 150°-160° trend, parallel to the 15 Km long M. Castello-M. Cardosa fault zone.

Fault zones are made up of segments in "en échelon" array or linked by minor transfer faults.

Master faults generally show a N140° trend and are characterized by SW down-throwing. Faults trending about N-S and E-W respectively show left and right-lateral strike-slip component.

Antithetic faults trending N 140°-150° have been recognized.

Estimated throws of the faults reach several hundreds of meters, locally exceeding 1000 m.

We determine the main extension direction N 60° E and a minor one trending N 20° E.

We suggest the N 20° E extension responsible for the "Piano Grande" basin origin, controlled by a pre-existing Jurassic fault. The "Cordone del Vettore" fault (M. Vettore-M. Bove strand), displaces the M. Sibillini thrust plane with 250 m of throw and is characterized by a very "fresh" and continuous fault scarp. Such features, permit to define these particular faults as active, according to the definitions by Slemmons (1990).

PAROLE CHIAVE: Appennino umbro-marchigiano, Geologia strutturale, Faglie normali attive e/o recenti.

KEY WORDS: Umbro-Marchean Apennines, Structural Geology, Active and/or recent extensional faults.

INTRODUZIONE

Nella catena neogenica umbro-marchigiana faglie normali recenti e attive dislocano, soprattutto nel settore centro-meridionale, le precedenti strutture compressive (pieghe e sovrascorrimenti).

In generale le strutture compressive descrivono una forma arcuata mostrando una direzione NW-SE a nord e circa N-S a sud.

Per quanto riguarda invece le faglie recenti, esse hanno una direzione media N 150°-160° (Tav. 1) e pertanto obliqua a quella delle pieghe e dei sovrascorrimenti (CENTAMORE *et al.*, 1980). Tali faglie sono generalmente organizzate in "fasci" che si sviluppano longitudinalmente fino a 30 Km. Le singole faglie, immergenti principalmente a SW, sono vicarianti e/o collegate da minori segmenti di trasferimento. Ai suddetti "fasci" si associano bacini quaternari colmati da sedimenti fluvio-lacustri: tra i principali ricordiamo il Piano di S. Scolastica (Norcia), il Piano Grande e il Piano Perduto (Castelluccio), i Piani di Colfiorito.

I due "fasci" analizzati in questo lavoro, (il "fascio" di M. Vettore-M. Bove ad est e quello di M. Castello-M. Cardosa ad ovest) si collocano nella dorsale appenninica umbro-marchigiana meridionale (M. Sibillini), nell'*hanging-wall* del sovrascorrimento dei M. Sibillini, dove si riconoscono pieghe e minori motivi di sovrascorrimento. E' interessante notare che il fascio più orientale di M. Vettore-M. Bove incontra nella sua terminazione meridionale il piano del sovrascorrimento dei M. Sibillini che a sud del M. Vettore assume una direzione nettamente obliqua a quella del "fascio" stesso. Le relazioni geometriche tra queste strutture sono state diversamente interpretate dagli autori. Infatti, mentre SCARSELLA (1941), KOOPMAN (1983) e COOPER e BURBI (1988) fanno interrompere le faglie normali in corrispondenza del piano di sovrascorrimento, altri autori (CALAMITA *et al.*, 1979; LAVECCHIA, 1985; CALAMITA e DEIANA, 1986) fanno proseguire le faglie normali verso SE fino a collegarle con quelle del M. Gorzano. Questa problematica, nonché la caratterizzazione geometrica, l'analisi cinematica e la stima dei rigetti, costituiscono le tematiche affrontate nel presente studio.

## INQUADRAMENTO GEOLOGICO

### Stratigrafia

Nella Dorsale appenninica umbro-marchigiana pieghe, sovrascorrimenti e faglie recenti ed attive, con un carattere principalmente normale, coinvolgono un *multilayer* sedimentario di età compresa tra il Lias inferiore e il Miocene. L'unità più antica affiorante è il Calcarea massiccio (Lias inferiore), una potente unità costituita da calcari di piattaforma carbonatica in strati da spessi a molto spessi (Fig. 1). Segue una successione pelagica costituita da rocce calcaree, calcareo-marnose, calcareo-selciferi e selci ben stratificate (Lias medio-Miocene medio) con spessore di circa 1400 m dove la successione giurassica è completa (Corniola, Rosso ammonitico/Calcari e marne del Sentino, Calcari a Posidonia, Calcari diasprini umbro-marchigiani) e intorno ai 900 m dove questa è condensata (Calcari nodulari). Spessori compresi tra questi due valori sono dovuti alla presenza di una successione giurassica composta (Calcari nodulari, Calcari diasprini umbro-marchigiani) (Fig. 1). Al di sopra dei Calcari nodulari o dei Calcari diasprini umbro-marchigiani, la successione continua con la Maiolica, le Marne a Fucoidi, la Scaglia bianca, la Scaglia rosata, la Scaglia variegata, la Scaglia cinerea, il Bisciario, lo Schlier. Superiormente si rinvengono depositi torbiditici silico-clastici di età Tortoniano superiore-Messiniano con spessore compreso tra 1000-1500 m. Questi ultimi affiorano nella depressione che caratterizza il settore centro-settentrionale della Dorsale appenninica umbro-marchigiana.

Per gli aspetti stratigrafici specifici dell'Appennino umbro-marchigiano si rimanda a CENTAMORE *et al.* (1986) e citazioni relative.

I pozzi AGIP Burano e Fossombrone (MARTINIS e PIERI, 1964) raggiungono le evaporiti triassiche (Anidriti di Burano) e consentono di stimare lo spessore del Calcarea massiccio intorno agli 800 m e di riferire la parte basale di tale unità al Trias superiore.

### Assetto strutturale

La catena appenninica umbro-marchigiana è caratterizzata da pieghe parallele e da sovrascorrimenti

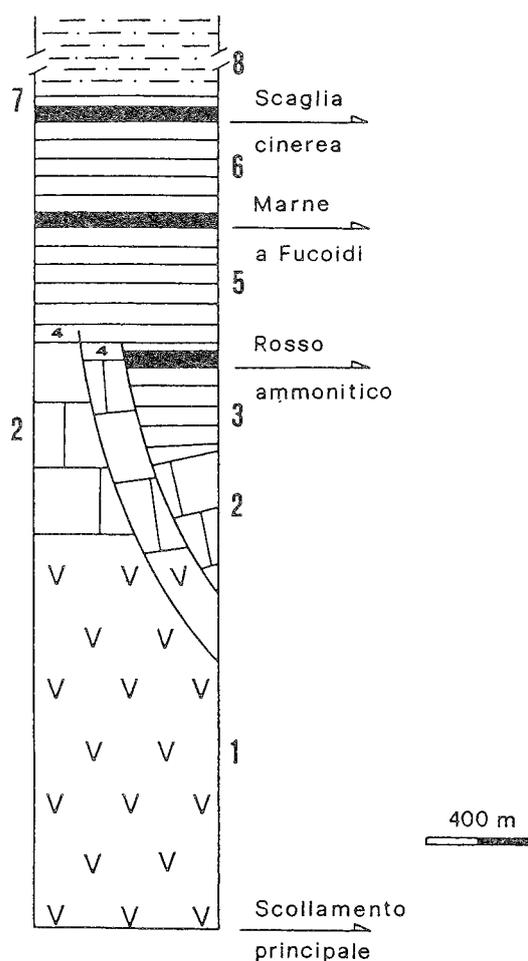


Fig. 1 - Schema stratigrafico della successione mesozoico-miocenica dell'Appennino umbro-marchigiano: 1) Anidriti di Burano (Trias sup.); 2) Calcari e marne a Raethavicula e Calcarea massiccio (Trias sup.-Lias inf.); 3) Corniola, Rosso ammonitico e/o Calcari e marne del Sentino (Sinemuriano sup.-Aaleniano); 4) Formazione del Bugarone (Pliensbachiano-Titonico inf.; nelle "Successioni condensate"); 5) Calcari e marne a Posidonia, Calcari diasprini umbro-marchigiani, Maiolica, Marne a Fucoidi (Bajociano-Cenomaniano inf.); 6) Scaglia bianca, rosata e cinerea (Cenomaniano medio-Oligocene); 7) Bisciario, Schlier, Marne con cerrogho, Marne a Pteropodi (Aquitani-Messiniano p.p.); 8) Depositi torbiditici silicoclastici (Burdigaliano p.p.-Messiniano).

neogenici a vergenza principalmente nord-orientale. BALLY *et al.* (1986), CALAMITA e DEIANA (1986) interpretano la catena secondo un modello di tettonica pellicolare, mentre LAVECCHIA *et al.* (1987) considerano coinvolto nei sovrascorrimenti anche il basamento.

La forma arcuata a convessità orientale della catena è descritta in modo evidente dalle strutture della Dorsale appenninica umbro-marchigiano-sabina che, nel tratto settentrionale, mostra una graduale diminuzione di quota verso NW, in relazione ad un'immersione assiale della catena. L'andamento arcuato è principalmente descritto dal sovrascorrimento dei M. Sibillini, seguibile, a sud del F. Chienti, lungo il fronte montuoso, con direzione NW-SE a nord e N 20°-30° E a sud del M. Vettore (CALAMITA e DEIANA, 1987). Quest'ultima direzione in realtà è un valore medio dovuto all'involuppo di segmenti contigui a direzione N 30°-60° E e N-S, N 10° E. A sud di Posta il sovrascor-

ramento dei M. Sibillini si continua nella linea Olevano-Antrodoco ad andamento medio N-S (SALVINI e VITTORI, 1982).

Analoga direzione ha il sovrascorrimento frontale della "ruga" interna (M. Cavallo-M. Nerone: CALAMITA *et al.*, 1992).

Le macropieghe hanno in generale una direzione assiale parallela a quella dei sovrascorrimenti, tuttavia nel settore meridionale esse si interrompono in prossimità dei sovrascorrimenti ad andamento N 40°-60° E. Tali pieghe sono in genere caratterizzate da una cresta piatta e da un fianco orientale da subverticale o blandamente rovesciato a marcatamente rovesciato, rappresentato soltanto dalla successione pelagica in rapporto di *blind-thrust* con gli strati da suborizzontali a blandamente immergenti a NE del sottostante Calcere massiccio (CALAMITA, 1990).

Faglie recenti ed attive, con prevalente carattere normale, dislocano le strutture compressive (pieghe e sovrascorrimenti) principalmente nella porzione meridionale della Dorsale appenninica umbro-marchigiana, mostrando nell'insieme un'organizzazione in "fasci", un andamento generale N 150°-160° e un ribassamento generalmente a WSW. Questi hanno una lunghezza massima di 30-40 Km, sono costituiti da faglie immergenti principalmente a WSW, disposte *en échelon* o collegate da minori segmenti di trasferimento. L'inizio dell'attività di tali faglie è riferito al Pleistocene inferiore-medio (CALAMITA *et al.*, 1979; CALAMITA *et al.*, 1982; COLTORTI *et al.*, 1989). La loro attività in tempi recenti è testimoniata dalle minori strutture, ad esse associate, che dislocano i depositi pleistocenici di riempimento delle conche intermontane. COLTORTI *et al.*, (1989) documentano per l'area di Norcia una riduzione dell'attività di tali faglie dopo i 0,23 MY. Le evidenze geomorfologiche (scarpate di faglia) e la sismicità storica di Norcia (AA. VV., 1980) consentono di definire alcune delle suddette faglie come attive.

In particolare i due "fasci" di faglie analizzati in questo lavoro (M. Vettore-M. Bove e M. Castello-M. Cardosa) dislocano l'unità di tetto del sovrascorrimento dei M. Sibillini tra il M. Vettore e il M. La Banditella. Nell'ambito di tale unità tettono-stratigrafica si riconoscono diversi *thrust-sheets*, strutturati in macroanticlinali e minori strutture plicative (Tav. 1). Il sovrascorrimento dei M. Sibillini mostra un andamento N 160°-165° a nord del M. Sibilla, mentre verso sud assume via via una direzione N 15°-20° E e localmente N 70°-75° E (LAVECCHIA, 1985). Analoga direzione mostra la macroanticlinale di M. Priora-M. Vettore, che a sud di quest'ultimo rilievo si interrompe sul fronte del sovrascorrimento in parola. I più occidentali sovrascorrimenti di Pizzo Tre Vescovi-Cima Cannafusto, ad andamento parallelo a quello dei M. Sibillini, e di M. Patino-M. Vetica, ad andamento circa N 150°, individuano altrettanti *thrust-sheets* nell'ambito dei quali si riconoscono la macroanticlinale di M. Pietralata-M. Bove e quella di M. Macchialunga-M. Patino-M. Vetica.

Il "fascio" di faglie M. Vettore-M. Bove mostra un aumento di rigetto verso SSE e disloca, con *trend* obliquo, la macroanticlinale di M. Pietralata-M. Bove e il *thrust* di Pizzo Tre Vescovi-Cima Cannafusto ponendo a contatto laterale, a sud del M. Porche, due differenti *thrust-sheets* (Tav. 1 e Fig. 2).

Ancora più a sud le faglie a massimo rigetto del fascio in parola si interrompono in prossimità del fronte di sovrascorrimento dei M. Sibillini.



Fig. 2 - Faglie di Fonte della Giumenta (FJ). Esse dislocano il piano di sovrascorrimento di Pizzo Tre Vescovi - Cima Cannafusto (SPC). A sud di questa località il piano di sovrascorrimento non è in affioramento. (Ma) Maiolica, (Mf) Marne a Fucoidi.

Le faglie del "fascio" M. Castello-M. Cardosa realizzano a loro volta un contatto laterale tra il *thrust-sheet* di M. Patino e quello di M. La Banditella. Solo a sud di Poggio di Croce è infatti osservabile la porzione più orientale del piano del sovrascorrimento di M. Patino-M. Vetica (CALAMITA *et al.*, 1990).

Per quanto riguarda la blanda macroanticlinale di M. Careschio-Castelsantangelo ad andamento parallelo a quello dei "fasci" di faglie oggetto di studio, è verosimile considerarla come una "rollover anticline" associata alle faglie del "fascio" M. Vettore-M. Bove (Tav. 1).

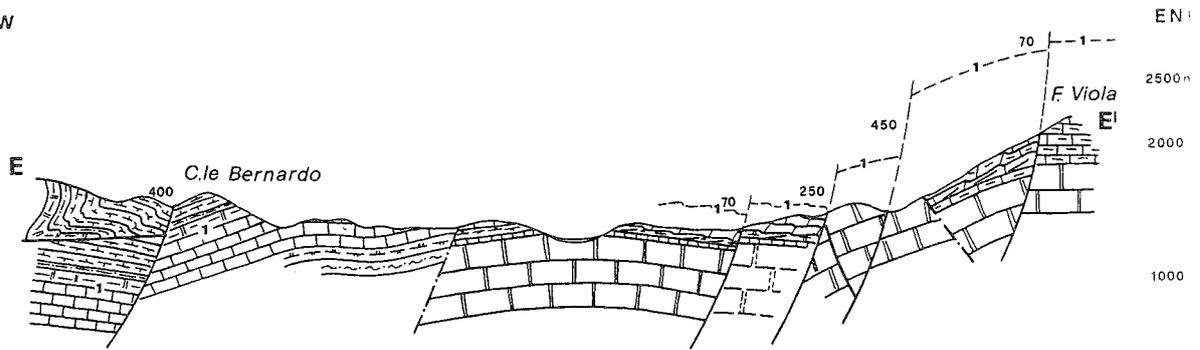
#### DEFINIZIONE DEL PATTERN DI AFFIORAMENTO E DELL'ENTITÀ DEI RIGETTI

Attraverso l'analisi di foto da satellite e di foto aeree e tramite la bibliografia esistente (*Foglio 132 Norcia, Foglio 124 Macerata*, CALAMITA *et al.*, 1990), integrata dal rilevamento geologico di aree significative, distribuite longitudinalmente e trasversalmente ai "fasci" di faglie analizzati, è stato definito il *pattern* di affioramento e l'entità dei rigetti di queste ultime. I rigetti sono stati calcolati lungo 7 sezioni orientate all'incirca parallelamente alla direzione di massima estensione, definita dall'analisi cinematica (vedi cap. successivo). Relativamente alla faglia più meridionale del "fascio" M. Vettore-M. Bove (faglia bordiera del Piano Grande), considerando le formazioni dell'unità di tetto e dell'unità di letto della faglia stessa appartenenti ad uno stesso *thrust-sheet*, si stima un rigetto di circa 700 m (sezione E-E' di Tav. 1), mentre la loro appartenenza a due diversi *thrust-sheets* (ipotizzabile dai dati di superficie) comporta un aumento di rigetto almeno di 400 m (Fig. 3).

#### "Fascio" M. Vettore - M. Bove

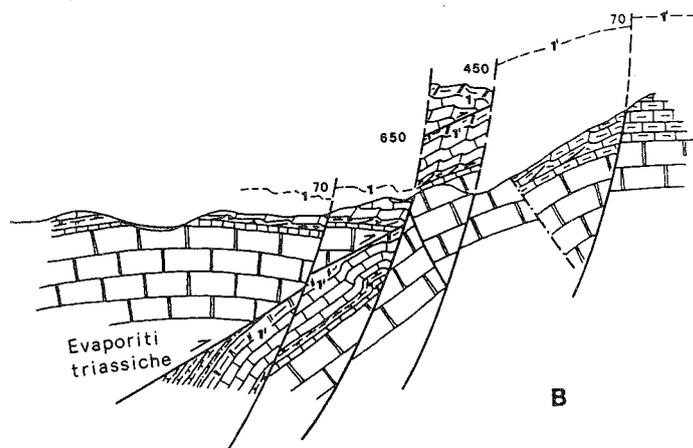
Il "fascio" M. Vettore-M. Bove è il più orientale dei due "fasci" analizzati. Esso si estende per circa 30 Km da Forca di Presta, a sud del M. Vettore, fino alla sua terminazione settentrionale, presso Cupi (Tav. 1). E' costituito da numerose faglie ribassanti mediamente a WSW, che mostrano localmente diversa direzione nell'ambito di un generale inviluppo ad andamento NNW-SSE. Il "fascio" si segue lungo i versanti occi-

WSW



A

- Faglia normale
- Sovrascorrimento
- Faglia giurassica
- Tetto della Maiolica



B

- |  |   |  |   |
|--|---|--|---|
|  | Scaglia rosata (Eocene medio-Turoniano sup.)    |  | Depositi continentali (Quaternario)   |
|  | Marne a Fucoidi (Cenomaniano p.p.-Aptiano p.p.) |  | Scaglia bianca (Turoniano medio-Cenomaniano p.p.)                               |
|  | Calcarei diasprini (Titonico inf.-Calloviano)   |  | Maiolica (Aptiano p.p.-Titonico sup.)   |
|  | Corniola (Pliensbachiano-Lotaringiano)          |  | Formazione del Bosso / Calcarei e marne del Sentino (Bathoniano-Pliensbachiano) |
|  | Calcare massiccio (Sinemuriano-Hettangiano)     |  | Calcarei nodulari (Titonico inf.-Pliensbachiano)                                |

Fig. 3 - Nella sezione B il footwall e l'hanginwall della faglia normale sono stati considerati appartenenti a due diversi thrust-sheets. La differenza di rigetto che ne risulta tra le sezioni A e B è di circa 400 m.

dentali del M. Vettore, M. Argentella, M. Porche, M. Bove Sud, M. Bove Nord e M. La Banditella. Nel tratto piú meridionale (Forca di Presta) risulta costituito da due faglie principali. La piú orientale, con una direzione media N 170°, si segue a partire dal versante meridionale del M. Vettore. Tra questa località e lo Scoglio del Lago ha una direzione circa N 140°, mentre piú a nord assume una direzione media N-S ed è seguibile fino a Forca Viola.

Nel tratto piú meridionale la faglia è costituita da due segmenti disposti *en échelon*. Il rigetto stimato in questa zona è di circa 250 m in relazione al contatto tettonico tra Corniola e Calcari e marne del Sentino. Con tale rigetto la faglia disloca anche il piano di sovrascorrimento dei M. Sibillini (Fig. 4). Piú a nord essa interessa la Corniola e un olistolite di Calcare massiccio (CASTELLARIN *et al.*, 1978) presente in questa formazione. Alla dislocazione in parola si associa un'evidentissima scarpata di faglia, nota come il "Cordone del Vettore", che ne testimonia l'attività in tempi recentissimi. Analoga evidenza è mostrata da un'altra discontinuità che si dirama dalla precedente con una direzione circa N-S e con netta scarpata di faglia nel versante del M. Vettore (Foto in Tav. 1).

Subito ad occidente della struttura sopradescritta si rinviene la faglia che realizza il massimo rigetto nella porzione meridionale del "fascio" in esame (faglia bordiera del Piano Grande). Questa non disloca il piano di sovrascorrimento dei M. Sibillini e mostra una direzione N 110°-120° in prossimità di Forca di Presta (Fig. 4) e un rigetto almeno di 500-600 m calcolato nella sezione G-G', dove l'unità di tetto della faglia e quella di letto sono state considerate appartenenti allo stesso *thrust-sheet*. Verso nord, essa può continuarsi alla base del versante occidentale del M. Vettore e costituire quindi la faglia bordiera del Piano Grande come suggerito dalle evidenze geomorfologiche (brusco raccordo tra il Piano Grande e il versante molto acclive del M. Vettore) e stratimetriche (rapporti tra la Scaglia rosata affiorante presso La Rotonda e la Corniola affiorante lungo il versante del M. Vettore). Dalla sezione passante presso La Rotonda si stima un rigetto di almeno 1100 m. La prosecuzione settentrionale di questa faglia va ricercata nelle faglie dei Colli Alti e Bassi e di Colle Abieri. In quest'ultima località sono osservabili due importanti faglie a direzione circa N 160° che realizzano il contatto tettonico tra il Calcare massiccio e il Rosso ammonitico, quella piú orientale, e tra il Calcare massiccio e le Marne a Fucoidi, quella piú occidentale, materializzata da un'ampia fascia cataclastica (Fig. 5). Per quanto riguarda la piú evidente faglia dei Colli Alti e Bassi, essa realizza il contatto tra il Calcare massiccio e la porzione superiore della Maiolica (Sezione E-E' di Tav. 1).

Il rigetto totale, stimato nella sezione E-E' di Tav. 1, per il "fascio" in questo segmento è circa di 800 m.

La faglia ad andamento N 120°, osservabile subito a nord di Colle Abieri, costituisce un segmento di trasferimento con la faglia bordiera del piccolo piano di S. Lorenzo (Fig. 6 e Tav. 1).

Piú a nord, si riconoscono le faglie di Palazzo Borghese seguibili lungo il versante occidentale della dorsale M. Argentella-Palazzo Borghese-M. Porche. La piú evidente ha una direzione circa N 160° data dall'involuppo di segmenti mesoscopici contigui, orientati N 140°, N 110°-120° e N 10°-15°E. A questa si associa una scarpata di faglia, con altezza media di 6-7 m,



Fig. 4 - Versante sud del M. Vettore. Sono osservabili la faglia bordiera (Fb) e quella del Cordone del Vettore (FCV). Queste, rispettivamente, pongono a contatto la Maiolica (Ma) con la Scaglia rosata (Sr) e la Corniola (Co) con i Calcari e marne del Sentino (Cms). La seconda mostra un passaggio *en échelon* (En), evoluto in horse, e disloca anche il piano di sovrascorrimento dei M. Sibillini (SS) con un rigetto di circa 250-300 m. (Cm) Calcare massiccio; (La) Formazione della Laga (Messiniano).

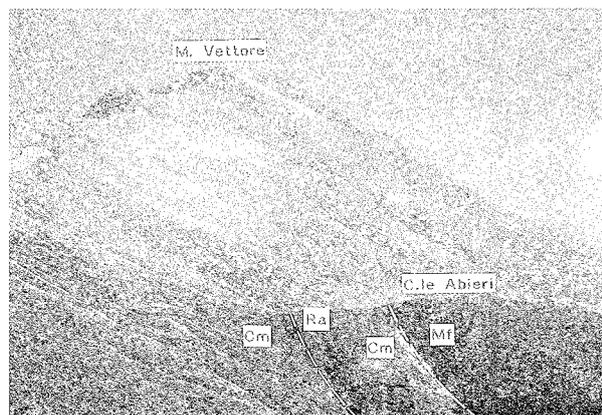


Fig. 5 - Faglie di Colle Abieri: la piú occidentale realizza il contatto tra il Calcare massiccio (Cm) e le Marne a Fucoidi (Mf) ed è evidenziata dall'incisione impostata lungo la fascia cataclastica; quella orientale pone a contatto il Calcare massiccio con il Rosso ammonitico (Ra). Foto scattata da nord.

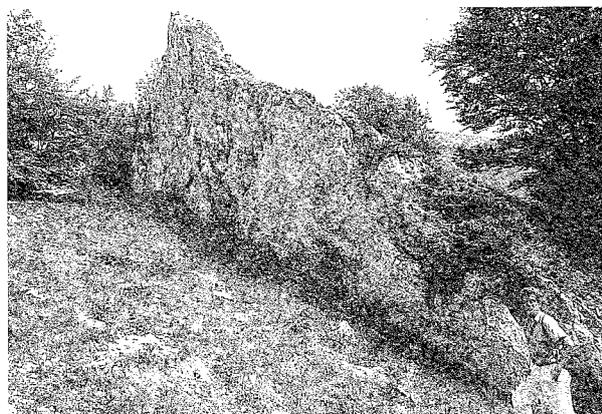


Fig. 6 - Faglia orientata N 120° subito a N di Colle Abieri. Essa realizza il contatto tra il Calcare massiccio e la Maiolica. Il carattere cinematico (trascorrente destro) e la continuità con le faglie di Colle Abieri consentono di considerarla come faglia di trasferimento. Foto scattata da NW.

che interrompe il versante regolarizzato (Figg. 7 e 8). All'altezza di Palazzo Borghese essa mette a contatto la Maiolica con il Calcere massiccio con un rigetto di circa 150 m. Più a sud la scarpata di faglia è nell'ambito del Calcere massiccio; non si esclude un collegamento tra le faglie di Palazzo Borghese e quelle di Colle Abieri sopra descritte. Verso nord le prime dislocano il sovrascorrimento di Pizzo Tre Vescovi-Cima Canafusto, ribassando la Maiolica facente parte del *thrust-sheet* superiore relativamente alle Marne a Fucoidi appartenenti al *thrust-sheet* inferiore (Figg. 9-10). Pertanto, nonostante i rapporti geometrici (rocce più antiche nell'unità di tetto), tale faglia viene considerata norma-



Fig. 7 - Scarpata di faglia lungo il versante occidentale di Palazzo Borghese. Foto scattata da ovest.



Fig. 8 - Particolare della precedente mostrante il piano di faglia, affiorante su di una altezza di 6-7 m, nel Calcere massiccio. Foto scattata da nord.

le in base all'analisi cinematica e alle rocce di faglia cataclastiche che generalmente caratterizzano il fagliamento normale recente ed attivo nella dorsale appenninica umbro-marchigiana (CALAMITA, 1991). Considerazioni stratimetriche consentono di proseguire tali strutture fino alla faglia di Passo Cattivo. Tra il M. Porche e il M. Rotondo il rigetto totale delle faglie, stimato lungo la sezione D-D' è di circa 1400 m, considerando anche i rigetti realizzati dalle faglie antitetiche, ad andamento circa NW-SE e circa N-S, che si sviluppano limitatamente ai tratti S. Lorenzo-Colle Infante e M. Spina di Gualdo-Forca di Gualdo.

La prosecuzione verso nord della faglia bordiera di S. Lorenzo va ricercata nella faglia di Fonte della Giumenta che ribassa verso ovest, con un rigetto di circa 350 m, il sovrascorrimento di Pizzo Tre Vescovi-Cima Canafusto, il quale non è più osservabile verso sud (Fig. 2). La faglia di Fonte della Giumenta prosegue verso nord, con una direzione circa N 150°, fino a Colle la Croce, dove realizza un contatto tra la Maiolica e i Calcari diasprini con un rigetto di circa 350 m (Fig. 11).

Tra Passo Cattivo e Castelsantangelo il "fascio" in esame è costituito da tre faglie principali. La più orientale è osservabile nei pressi di Passo Cattivo ed è seguibile verso nord fino al M. Bicco (Fig. 12). Nel primo tratto ha un andamento N 175°, ribassa la Maiolica rispetto ai Calcari diasprini con un rigetto di circa 350 m e si ricollega alle due faglie precedentemente de-



Fig. 9 - Faglia normale a N di F.te della Giumenta ribassante la Maiolica (Ma) sovrascorsa sulle Marne a Fucoidi (Mf). Foto scattata da N.

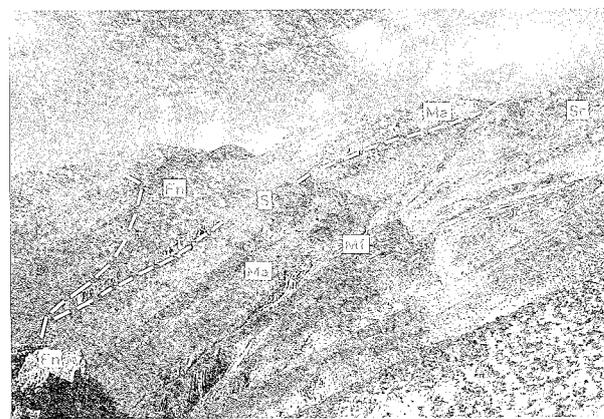


Fig. 10 - Rapporti tra faglia normale (Fn) e sovrascorrimento (S) a nord di Fonte della Giumenta. (Ma) Maiolica, (Mf) Marne a Fucoidi, (Sr) Scaglia rosata. Foto scattata da sud.



Fig. 11 - Piano di faglia che realizza il contatto tra Calcari diasprini (Cd) e Maiolica (Ma) presso Colle della Croce. Foto scattata da N.



Fig. 12 - Panoramica da ovest delle faglie che corrono lungo il versante occidentale della dorsale Passo Cattivo - M. Bocco.

scritte di Fonte della Giumenta e di Palazzo Borghese, come rappresentato nella Tav. 1. Più a nord la faglia in questione assume una direzione circa N 150° e realizza il contatto tra i Calcari diasprini e la Scaglia bianca. Tra Passo Cattivo e M. Bove si osserva una faglia ad immersione orientale, antitetica rispetto alla precedente. Più a occidente è possibile seguire, tra Colle La Croce e Frontignano un'altra faglia che in prossimità del M. Cornaccione realizza il contatto tra il Calcare massiccio e le Marne a Fucoidi con un rigetto di circa 300 m (Fig. 13). La faglia più occidentale del "fascio" si segue lungo l'allinea-

mento M. delle Prata-Poggio Castiglione-Macchie-Frontignano ed è messa in evidenza principalmente da relazioni stratimetriche come ad esempio il contatto tra la Corniola e la Maiolica presso Macchie, evidenziato da una fascia cataclastica.

Dalle sezioni B-B' e C-C' di Tav. 1 è stato stimato il rigetto relativo al "fascio" di faglie in esame che risulta compreso tra 1100 m e 1200 m, stimando intorno ai 300 m il rigetto dovuto alla riattivazione della faglia giurassica di Castelsantangelo.

Le condizioni di affioramento non consentono di seguire il "fascio" in parola lungo la valle del T. Ussita. A nord sono presenti due faglie ad andamento N 140°-150° (Fig. 14) che, da E verso W, sono la faglia di Le Cute-M. La Banditella e di Cupi-Valle di Ussita. Queste faglie, come le precedenti, ribassano a SW mostrando tuttavia un rigetto nettamente inferiore rispetto a quelle più meridionali.

La faglia di Le Cute-M. La Banditella nel tratto più meridionale riattiva una faglia giurassica ed è a questa riattivazione che viene riferito il contatto tra la Maiolica e la Scaglia rosata a nord di Casali<sup>(1)</sup> (Fig. 15).

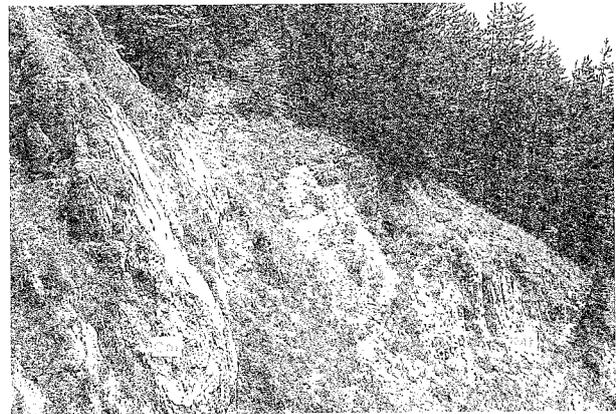


Fig. 13 - Faglia tra Calcare massiccio (Cm) e Marne a Fucoidi (Mf) presso il M. Cornaccione. Sono osservabili le breccie di faglia associate alla discontinuità. Foto scattata da NW.



Fig. 14 - Panoramica da sud della zona a nord del Torrente Ussita: sono riportate le tracce delle faglie qui rilevate (1-2).

<sup>(1)</sup>D'altra parte la tettonica giurassica è molto evidente in questa zona come dimostra la presenza delle diverse successioni giurassiche (complete, condensate, composte) al letto e al tetto delle faglie, ben evidenti nei pressi di M. Bove Nord.

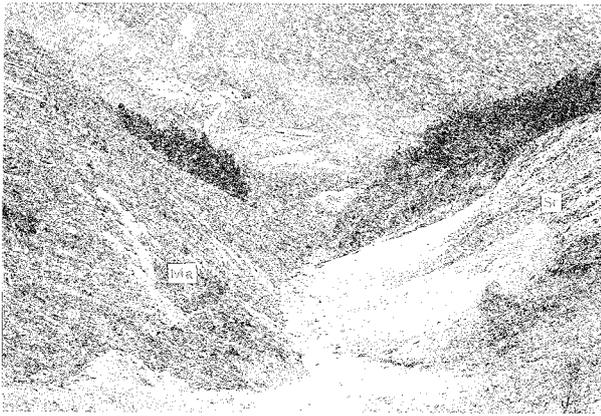


Fig. 15 - Particolare della faglia più orientale della Fig. 14 che realizza il contatto tra la Maiolica (Ma) e la Scaglia rosata (Sr). Foto scattata da N.

Il rigetto stimato per la faglia in questione, (circa 300 m) si azzerava andando verso il M. La Banditella.

Per quanto riguarda la faglia più occidentale di Cupi-Valle di Ussita, essa in realtà è costituita da due distinte strutture, come rappresentato nella Tav. 1. Quella più settentrionale realizza generalmente il contatto tra la Scaglia rosata e la Maiolica, con un rigetto stimabile in circa 250 m, nel tratto ad est di Vallestretta, che tende a zero in prossimità di Cupi. Ad ovest del M. La Banditella alla faglia in questione si associa una scarpata di faglia. La faglia più meridionale, allineata in direzione circa N 150° con il tratto più settentrionale appena descritto, realizza il contatto tettonico tra la Maiolica e i Calcari diasprini e un ribassamento a SW con un rigetto di circa 300 m. L'elemento che contraddistingue questa faglia da quella più settentrionale è l'immersione del piano di faglia. Questo infatti immerge a NE ed ha al tetto le rocce più antiche che potrebbero suggerire un carattere inverso della faglia stessa (Fig. 16). Tuttavia l'aspetto deformativo (presenza di circa 1 m di breccia di frizione) evidenzia un carattere distensivo per tale struttura. Anche al di fuori della fascia cataclastica non si osservano strutture di compressione (mesopieghie, tettoniti S-C) che potrebbero farci considerare tale struttura come un retroscorrimento riattivato successivamente come faglia normale. Pertanto riteniamo che essa si sia formata in una fase tettonica distensiva precedente alla strutturazione neogenica della catena<sup>(2)</sup>.

Riteniamo l'attuale giacitura del piano di faglia in questione (in relazione alla giacitura degli strati) acquisita per rotazione durante la strutturazione della catena (sviluppo di pieghe e sovrascorrimenti). A sostegno di ciò sono le evidenze mesostrutturali nei Calcari diasprini osservabili in prossimità della faglia, rappresen-

<sup>(2)</sup>BALDANZA *et al.* (1982) attribuiscono la presenza di intercalazioni calcareo-clastiche e di *slumpings* nella Scaglia rosata e cinerea (RENZ, 1951; BALDANZA *et al.*, 1982; WEZEL, 1979; DECANDIA, 1982) ad un evento tettonico a carattere distensivo riferito al limite Cretaceo-Paleocene. MONTANARI (1988) associa le mineralizzazioni a solfuri nella zona di M. S. Vicino ad una fase tettonica estensionale tardo cretacea. Il coinvolgimento della Scaglia rosata in tale struttura consente di ipotizzare la sua appartenenza al suddetto evento tettonico distinto dalla tettonica giurassica che viene considerata sigillata durante la deposizione della Maiolica (CENTAMORE *et al.*, 1986 e citazioni relative).

tate da faglie normali coniugate ruotate e giunti stilolite paralleli alla stratificazione (Fig. 17). Tali elementi indicano un campo di stress caratterizzato da  $\sigma_1$  verticale e quindi di tipo distensivo, pre-piegamento, ricostruibile riportando la stratificazione all'orizzontale. Con tale rotazione, infatti, sia le faglie mesoscopiche che quella principale assumono un carattere normale. In particolare il piano di faglia con attuale giacitura 70°/055° (rispettivamente pendenza ed immersione) assume giacitura 74°/233°, mentre le strie sul piano di faglia conservano un carattere principale di *dip slip*.



Fig. 16 - Faglia tra la Maiolica (Ma) e i Calcari diasprini umbro-marchigiani (Cd) lungo la strada Ussita-Casali. I caratteri mesostrutturali (roccia di faglia cataclastica e i minori piani di taglio di fig. 17) permettono di considerare tale struttura come faglia normale prepiegamento e pertanto ruotate durante il piegamento stesso. Foto scattata da sud.



Fig. 17 - Sistema coniugato ruotato di piani di taglio normali all'interno dei Calcari diasprini umbro-marchigiani lungo la strada Ussita-Casali. Foto scattata da sud.

I piani coniugati dopo la rotazione consentono di ricavare un  $\sigma_3$  sub-orizzontale e orientato circa NE-SW (Fig. 18). Un analogo campo tensionale, sia per orientazione che per inquadramento cronologico, è stato riconosciuto nell'area anconetana (COPPOLA, 1987; CELLO e COPPOLA, 1989) e nell'area interna ed in quella esterna dell'Appennino umbro-marchigiano e nel Gargano (WINTER e TAPPONIER, 1991).

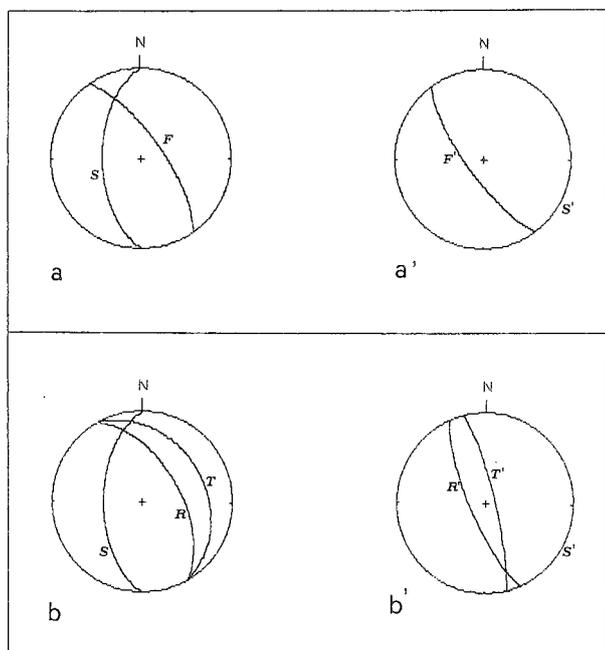


Fig. 18 - Rappresentazione stereografica (a) della faglia (F) tra la Maiolica e i Calcari diasprini di fig. 16 e (b) del sistema coniugato (R e T) di fig. 17. In a' e b' si possono calcolare le giaciture della faglia (F') e del sistema coniugato (R' e T') dopo la rotazione ottenuta riportando gli strati (S) all'orizzontale (Schmid, emisfero inferiore).

La presenza di una faglia normale pre-piegamento ad andamento parallelo alle faglie recenti ed attive del fascio in questione, riconoscibile in virtù delle rotazioni sopradescritte, induce a riflettere sull'entità dei rigetti finora stimati ed associati al fagliamento recente ed attivo. Infatti non si esclude la possibilità di riferire parte del rigetto di queste faglie ad una tettonica estensionale pre-piegamento non riconoscibile quando la stratificazione è suborizzontale e mancano i depositi di chiusura. Ciò condizionerebbe anche la riutilizzazione del sovrascorrimento dei M. Sibillini come faglia normale per tutto il rigetto della faglia bordiera del Piano Grande, come suggerito da COOPER e BURBI (1988).

#### Fascio M. Castello - M. Cardosa

Il "fascio" M. Castello-M. Cardosa è situato circa 5-6 Km ad occidente di quello M. Vettore-M. Bove. Esso si estende per circa 15 Km da M. Castello, ad W del Piano Grande, al M. Cardosa; tutte le faglie che lo costituiscono ribassano in genere ad WSW e sono raggruppabili in tre principali strutture.

La più meridionale è seguibile lungo il versante occidentale di M. Castello ed ha una direzione media N 170°. Essa realizza il contatto tra il Calcare massiccio e la Scaglia rosata con un rigetto di circa 600 m (sezio-

ne F-F' di Tav. 1). A sud di M. Ventosola una faglia orientata circa N 80° E, evidenziabile in base a considerazioni stratimetriche, può essere interpretata come un motivo di trasferimento tra la suddetta faglia ed il più occidentale "fascio" di faglie di Nottoria-Preci-M. Fema (Norcia). Subito a nord del Piano Grande, sul versante meridionale di Poggio di Croce, è evidenziabile un'altra faglia che si segue con continuità verso nord, fino all'altezza di M. Lieto. La sua direzione è in media N 170°; nel tratto più meridionale realizza il contatto Maiolica-Scaglia rosata, mentre più a nord ribassa ad W il sovrascorrimento di M. Patino-M. Vetica, ponendo a contatto la Scaglia rosata dell'*hanging-wall* del sovrascorrimento con la Scaglia rosata del *foot-wall* con un rigetto stimabile intorno ai 400-500 m (sezione E-E': tav. 1). All'altezza di M. Lieto, la faglia sopradescritta si anastomizza con quella più settentrionale del "fascio" in esame la quale, con direzione circa N 150°, si segue verso NW lungo il versante orientale della dorsale M. Colventoso-M. La Bandita e continua lungo i versanti occidentali di Poggio Sommorto e di M. Cardosa, per terminare poco a nord di quest'ultimo rilievo. Nel tratto intermedio essa pone a contatto la Maiolica e la Scaglia rosata con un rigetto di circa 500 m e, nel tratto settentrionale, la Scaglia rosata e la Scaglia cinerea con un rigetto di circa 300 m (sezioni B-B', C-C', D-D': tav. 1).

Subito a sud del Poggio Sommorto si rinvergono depositi continentali quaternari costituiti da ghiaie a ciottoli calcarei in matrice argilloso-siltosa. Sulla superficie dei ciottoli si osservano strie e impuntature stilolistiche connesse con uno scorrimento frizionale tra i ciottoli in relazione all'attività della faglia (CALAMITA *et al.*, 1990) (Fig. 19).



Fig. 19 - Piano di faglia striato nella Scaglia rosata presso Croce della Lago. A contatto con il piano sono osservabili depositi continentali quaternari di origine fluvio-glaciale. E' ben visibile la geometria curva di tale faglia. Foto scattata da N.

#### ANALISI CINEMATICA E ROCCE DI FAGLIA

Lungo i "fasci" di faglie recenti ed attive M. Vettore-M. Bove e M. Castello-M. Cardosa è stata effettuata un'analisi mesostrutturale mirante a definire la geometria ed i caratteri cinematici, nonché ad evidenziare gli aspetti principali delle zone di taglio. I da-

ti raccolti lungo tutti gli affioramenti disponibili sono stati riferiti a 24 stazioni che generalmente campionano segmenti di faglia caratterizzati da un diverso *trend*

macrostrutturale (Tav. 1). I dati relativi all'analisi geometrica e cinematica sono rappresentati negli stereogrammi delle Fig. 20 (sintetizzati negli stereogrammi

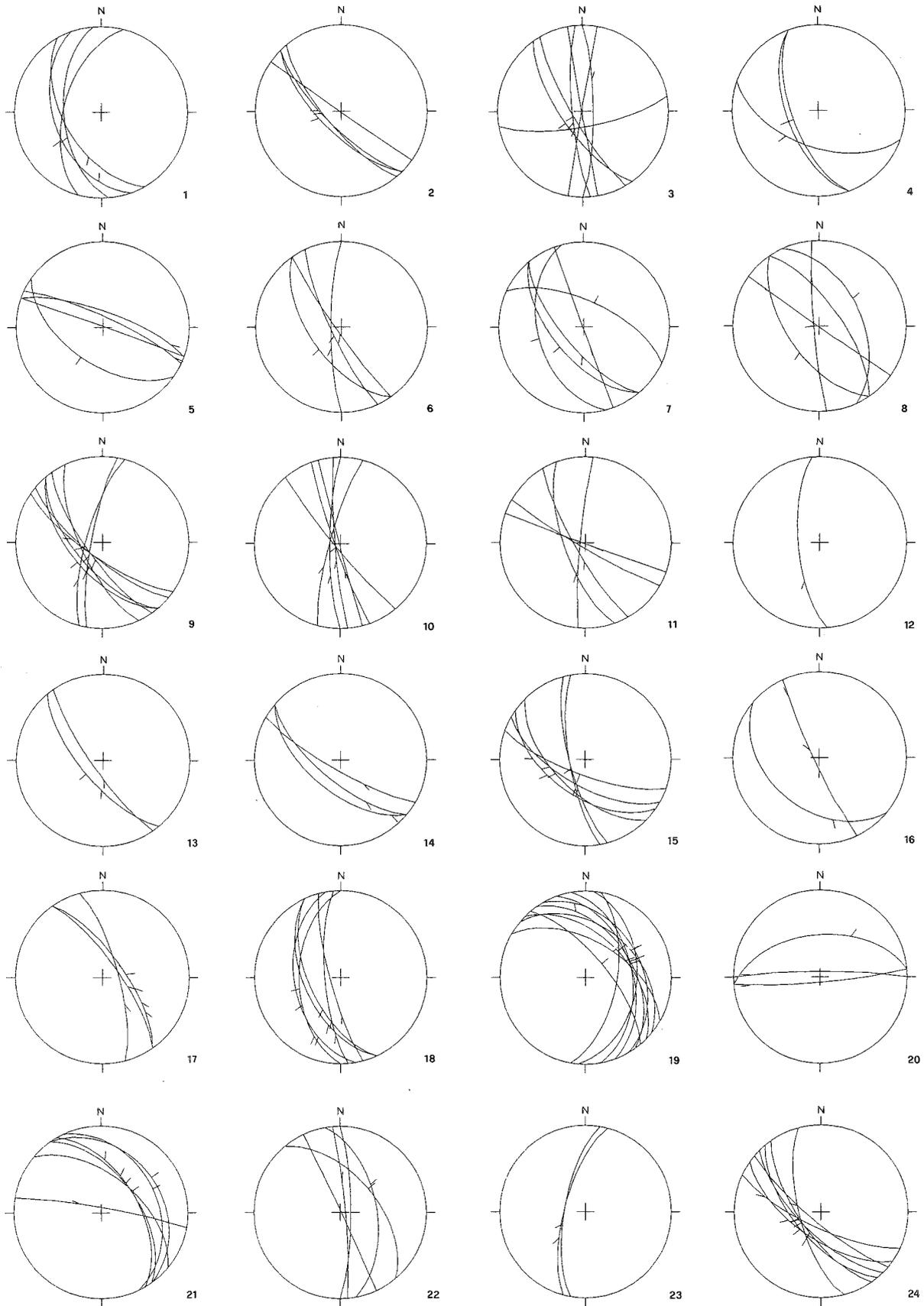


Fig. 20 - Proiezione stereografica dei piani di faglia e della relativa cinematica (Schmidt, emisfero inferiore; programma Fault: Caputo, 1989). 1-24: stazioni di misura ubicate in Tav. 1.

di Tav. 1). Relativamente alla direzione, le mesofaglie analizzate mostrano valori azimutali compresi tra N 80° E e N 180°-N 20° E; i valori più frequenti sono N 140° ± 20°, ma ricorrono anche valori N-S ± 10° e N 110° ± 10° (Fig. 21). In realtà le diverse direzioni sopradescritte campionano, alla scala mesoscopica (da pochi metri ad alcune decine di metri), altrettanti segmenti seguibili lungo la macrostruttura che ne rappresenta l'inviluppo.

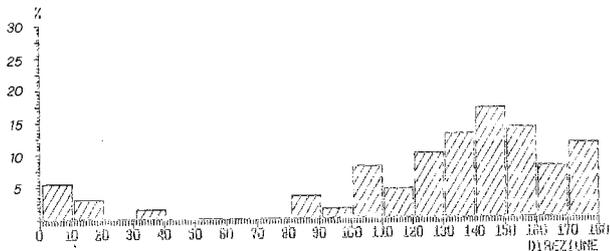


Fig. 21 - Istogramma di frequenza delle direzioni dei principali piani di faglia, lungo il sistema M. Vettore-M. Bove. La figura è basata su 150 misure di piani di faglia.

Ciò è ben osservabile sulla faglia che corre lungo il versante occidentale della dorsale M. Argentella-Palazzo Borghese, costituita da segmenti contigui orientati N 140°, N 110°-120° e N 10°-15° E e lungo la faglia antitetica S. Lorenzo-Colle Infante che costituisce l'inviluppo di segmenti N 145°, N 125° e N 10° E (Fig. 22). Le direzioni principali emerse dall'analisi mesostrutturale si riflettono anche nelle direzioni del *pattern* delle faglie (Tav. 1).



Fig. 22 - Faglia antitetica S. Lorenzo-Colle Infante. E' evidente la geometria curva del piano di faglia che da una direzione circa N 130° sul lato destro della foto, passa ad una di circa N 10° su quello sinistro. Foto scattata da SE.

La pendenza dei piani di faglia è compresa tra i 45° e i 90° con valori più frequenti di 60°-70°. A più basso angolo sono in genere le faglie antitetiche al fascio M. Vettore-M. Bove (faglia S. Lorenzo-Colle Infante). Principalmente subverticali risultano le faglie ad andamento N 110°-120° (Fig. 6). Per quanto riguarda la faglia di M. Vettoreto si può osservare una diminuzione di pendenza di circa 20° andando via via in profondità su un dislivello di circa 500 m. Infatti a quota 2000 m ha una pendenza di circa 80° mentre a quo-

ta 1500 m ha una pendenza di circa 60°. Tale diminuzione di pendenza è forse da mettere in relazione ad una geometria listrica della struttura in profondità.

L'analisi cinematica evidenzia per queste faglie un movimento principalmente normale caratterizzato da valori di *pitch* tra 45° e 90°. Valori tra 0° e 45° sono stati misurati raramente: i più frequenti sono compresi tra 60° e 90°. In particolare le strie con *pitch* di 80°-90° sono generalmente associate ai piani con direzione N 140°-150°, mentre gli altri piani sono caratterizzati principalmente da strie con *pitch* compreso tra 40° e 80°, che indicano un movimento transtensivo con componente destra sui piani con direzione compresa tra N 80° E e N 130° e un movimento transtensivo con componente sinistra su quelli orientati tra N 160° e N 10° E (Fig. 20 ST. 9).

Le relazioni tra la direzione dei piani di faglia e il *pitch* delle strie ad essi associate sono riportate nel diagramma di Fig. 23. Dall'analisi di questo diagramma e dello stereogramma delle strie di *dip slip* di Fig. 24 è possibile ricavare una principale direzione di estensione orientata circa N 60° E ed una subordinata a questa e orientata circa N 20° E. Anomala rispetto ai ca-

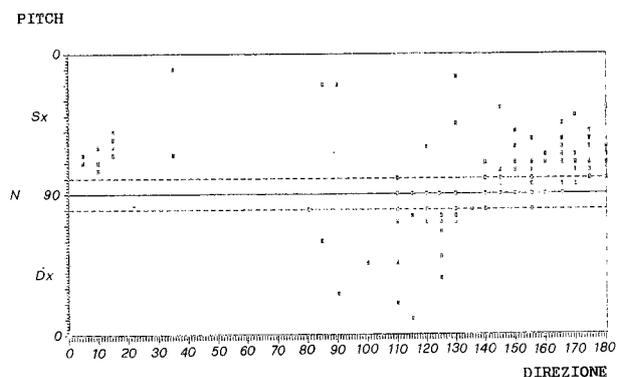


Fig. 23 - Relazione tra la direzione delle faglie (in ascissa) e il *pitch* delle strie ad esse associate (in ordinata) relativa al sistema di faglie M. Vettore-M. Bove.

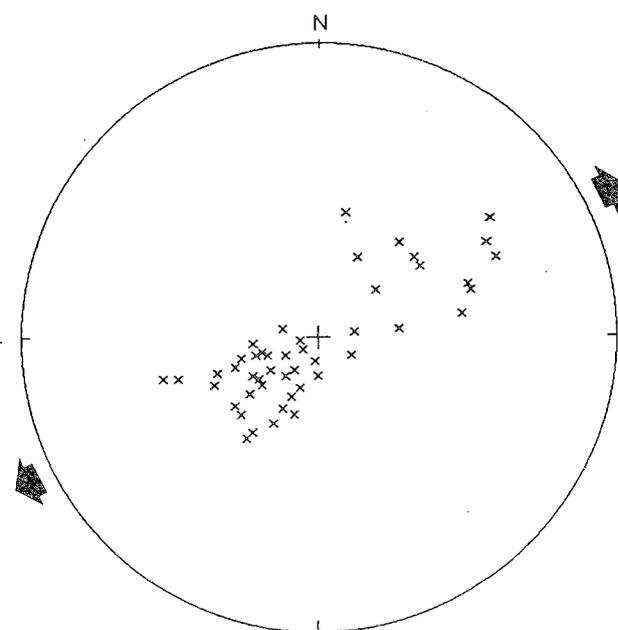


Fig. 24 - Rappresentazione stereografica delle strie di *dip-slip*. Il massimo di densità ha valore 72°/243°.

ratteri sopradescritti è la cinematica transpressiva destra riconosciuta solamente sulla faglia di M. Vettore (Fig. 25) dove è sovrainposta al carattere principalmente normale.

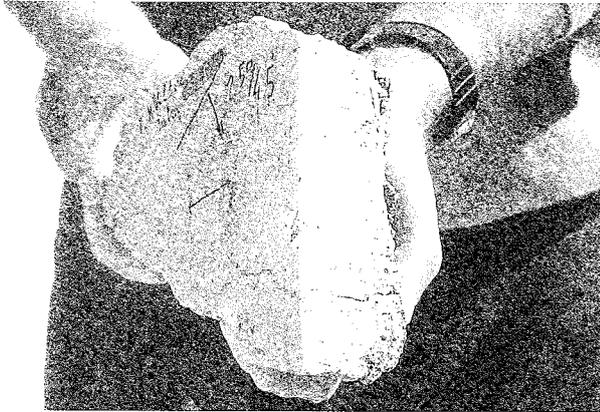


Fig. 25 - Campione di roccia cataclastica associata alla faglia del Cordone del Vettore. Si tratta di una protocataclasi che passa gradualmente ad una microbreccia e a una breccia fine di frizione allontanandosi dal piano di faglia.

Un carattere trascorrente è stato riconosciuto per la faglia a direzione N 110° di Colle Abieri (trascorrente destra: Fig. 6) e per alcuni piani che si osservano lungo le faglie di Forca di Presta. Pertanto interpretiamo tali segmenti come faglie di trasferimento.

Alle faglie recenti ed attive sopradescritte si associano zone di taglio fragili caratterizzate da rocce di faglia cataclastiche, indicanti processi di micro e macrofratturazione associati al fagliamento. Lo spessore delle zone cataclastiche varia da alcune decine di centimetri ad alcuni metri, gli spessori maggiori documentano un fagliamento distribuito su diversi piani. Utilizzando la classificazione proposta da SIBSON (1977), le rocce di faglia riconosciute sono: breccie di frizione e protocataclasi, subordinatamente breccie di faglia e *gouge*, principalmente caratterizzate da un *fabric* isotropo. Generalmente tali rocce cataclastiche si rinvencono associate e avvicinandosi al piano di faglia si passa dalle breccie di frizione o breccie di faglia alle protocataclasi o microbreccie (Fig. 25). Questi due ultimi termini materializzano spesso il piano di faglia, lungo il quale è possibile osservare, talvolta, piccoli spessori di *gouge*.

Tali rocce di faglia indicano meccanismi deformativi estremamente fragili che caratterizzano un fagliamento in condizioni superficiali, in un regime elastico-frizionale (SIBSON, 1977) generalmente sismico.

## DISCUSSIONE

Attraverso l'analisi di immagini *Landsat* e di foto aeree, sulla base della cartografia esistente edita ed inedita e del rilevamento geologico effettuato, è stato elaborato il *pattern* di affioramento dei "fasci" di faglie recenti ed attive di M. Vettore-M. Bove e di M. Castello-M. Cardosa, ubicati nel settore meridionale della Dorsale appenninica umbro-marchigiana (Tav. 1). Si tratta di faglie principalmente normali, immergenti generalmente ad WSW, distribuite in modo vicariante e

spesso collegate da minori segmenti di trasferimento. Esse vengono riferite alla fase tettonica distensiva quaternaria (CALAMITA *et al.*, 1979; CALAMITA *et al.*, 1982; COLTORTI *et al.*, 1989) e dislocano le strutture compressive della catena (CENTAMORE *et al.*, 1980).

In particolare il "fascio" M. Vettore-M. Bove si estende per circa 30 Km da Forca di Presta, a sud del M. Vettore, a Cupi, secondo una direzione media N 150°-160°, obliqua a quella delle pieghe e dei sovrascorrimenti che in prossimità del "fascio" mostrano una direzione N-S. Nel tratto più meridionale il "fascio" è costituito da due faglie subparallele di cui la più orientale mostra una lunghezza di circa 7 Km interrompendosi all'altezza di Forca Viola e un rigetto di circa 250-300 m con il quale consideriamo dislocato anche il piano del sovrascorrimento dei M. Sibillini. La scarpata di faglia associata a questa struttura ne testimonia un'attività in tempi recentissimi. Per la faglia occidentale (faglia bordiera del Piano Grande) è stato stimato un rigetto che va aumentando da Forca di Presta al Piano Grande, passando da 600 m a 1100 m. Tale valore è stato ottenuto considerando le formazioni affioranti al tetto e al letto della faglia appartenenti allo stesso *thrust-sheet* (sezioni F-F', G-G' di Tav. 1). Potendo ipotizzare per tali formazioni l'appartenenza a due *thrust-sheets*, sovrapposti lungo il sovrascorrimento di Pizzo Tre Vescovi-Cima Cannafusto, ben osservabile al di fuori della zona di influenza del "fascio" di faglie, il rigetto deve essere aumentato almeno di 400 m come risulta dalla sezione di Fig. 4. Verso sud la faglia bordiera del Piano Grande si interrompe sul piano del sovrascorrimento dei M. Sibillini, mentre nella sua terminazione settentrionale si dirama in più faglie ben osservabili tra Colle Abieri e M. Abuzzago. Tali faglie continuano verso NW secondo una distribuzione *en échelon* (con segmenti di trasferimento orientati spesso N 110°-120°) e sono ben visibili fino all'altezza del M. Biccio. Ad alcune si associano scarpate di faglia che documentano un'attività recentissima (Foto in Tav. 1 e Fig. 7). In tale porzione il rigetto totale è compreso tra 1000 e 1200 m.

Tra M. Spina di Gualdo e il Piano Perduto alle faglie sopradescritte si associano strutture ad esse parallele ribassanti ad ENE (faglie antitetiche).

A nord della valle del T. Ussita il rigetto decresce bruscamente fino ad annullarsi all'altezza di Cupi. In questa zona il "fascio" è rappresentato dalla faglia di Le Cute-M. La Banditella e da quella di Cupi-Vallestretta mentre la prosecuzione di questa a sud di Vallestretta costituisce una faglia normale pre-piegamento, come risulta dalle rotazioni rappresentate in Fig. 18 riportando la stratificazione all'orizzontale. A nostro avviso tale fagliamento normale è distinguibile dalla tettonica sinsedimentaria giurassica, (responsabile nell'area umbro-marchigiana dello sviluppo di successioni complete, condensate e composite) interrotte durante la deposizione della Maiolica (CENTAMORE *et al.*, 1986 e citazioni relative). Pertanto, escludendo la faglia normale pre-piegamento, il "fascio" realizza in questa zona un rigetto stimabile intorno ai 300 m. Non è inoltre da escludere la possibilità di riferire parte del rigetto stimato a sud del T. Ussita, associato al fagliamento recente ed attivo, all'evento tettonico distensivo del Cretaceo-Paleocene descritto da BALDANZA *et al.*, (1982). Ciò condizionerebbe la riutilizzazione del sovrascorrimento dei M. Sibillini come faglia normale per tutto il rigetto della faglia bordiera del Piano Gran-

de (COOPER e BURBI, 1988). In generale, al di là delle problematiche sopradescritte (la stima precisa del rigetto nella porzione meridionale del "fascio" e la possibilità di riferire parte di tale rigetto ad un fagliamento normale pre-piegamento), per i "fasci" di faglie recenti ed attive analizzati è ben documentabile un aumento di rigetto da NW verso SE. Infatti le altezze topografiche dell'unità di tetto delle faglie si abbassano progressivamente a sud di M. delle Prata raggiungendo il minimo presso La Rotonda. Tale considerazione non può essere fatta nel tratto a nord di M. delle Prata, dove l'andamento topografico è nettamente controllato dall'immersione assiale a NW della catena. L'abbassamento progressivo delle altezze topografiche a sud del M. delle Prata è anche favorito dalla mancanza in questo settore di faglie antitetive. Infatti, relativamente al movimento dell'unità di tetto su una faglia normale a geometria listrica e nel caso che la faglia antitetica abbia una lunghezza limitata rispetto a quella principale, il rigetto lungo quest'ultima sarà massimo in corrispondenza dell'anticlinale di *roll-over*, che si manifesta con una diminuzione delle altezze topografiche (Fig. 26). Tali speculazioni geometriche applicate al "fascio" M. Vettore-M. Bove, ne suggeriscono una geometria listrica in profondità.

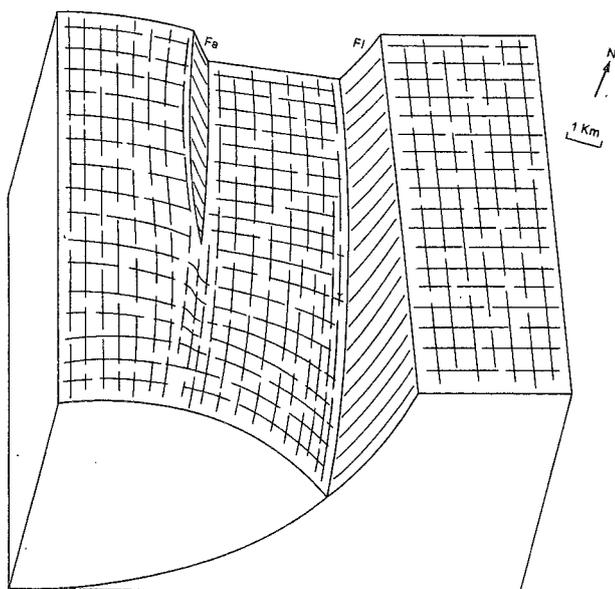


Fig. 26 - Blocco diagramma illustrante la diminuzione delle altezze topografiche nell'unità di tetto di una faglia a geometria listrica (FI), in relazione all'aumento di rigetto della faglia stessa verso SE e all'assenza, nel tratto sud-orientale, della faglia antitetica (Fa).

Più ad occidente del "fascio" di M. Vettore-M. Bove si osserva quello di M. Castello-M. Cardosa. Quest'ultimo si segue per una lunghezza di circa 15 Km con un andamento subparallelo al primo. In generale le faglie che costituiscono il "fascio" in esame sono riconducibili a tre principali strutture di cui le prime due mostrano un andamento circa N 170°, mentre la più settentrionale ha un andamento circa N 150°. Nel complesso tale "fascio" è nettamente subordinato per en-

tità di rigetti e per complessità a quello M. Vettore-M. Bove. Infatti il rigetto massimo stimato non supera i 600 m ed è realizzato dalla faglia più meridionale. In prossimità del M. Ventosola una faglia ad andamento N 80° E costituisce probabilmente un trasferimento tra il "fascio" in parola e quello più occidentale di Nottoria-Preci-M. Fema (Norcia). L'attività recente di questo "fascio" è testimoniata dalla presenza nei ciottoli dei depositi pleistocenici di strie sliccolitiche e picchi stilolitici, da mettere in relazione ad uno scorrimento frizionale tra i ciottoli stessi connesso con l'attività della faglia (CALAMITA *et al.*, 1990).

Nella parte meridionale della zona compresa tra i due "fasci" analizzati è ubicato il Piano Grande di Castelluccio, una depressione tettonica endoreica allungata in direzione N 30°-40° E e colmata da depositi fluvio-lacustri attraversati per uno spessore di circa 100 m dal pozzo n. 4 della GE.MI.NA (1963) e per i quali è stato stimato uno spessore massimo, sulla base della profondità del substrato, di circa 400-500 m lungo il bordo settentrionale (BIELLA *et al.*, 1981). Considerazioni stratimetriche e evidenze geomorfologiche consentono di ipotizzare la presenza di faglie lungo i bordi della depressione in esame.

L'analisi strutturale condotta lungo i "fasci" di faglie analizzati ne ha consentito la caratterizzazione geometrica e cinematica (Fig. 20). Le faglie hanno direzioni comprese tra N 80° E e N-S, N 20° E con valori più frequenti di N 140° ± 20°. Tali direzioni caratterizzano segmenti di faglia dalla scala dell'affioramento alla scala macroscopica che nell'insieme danno origine ad involucri orientati N 150°-160° (*pattern* di Tav. 1).

Le strie osservate sui piani di faglia hanno un *pitch* di 80°-90° sui piani orientati N 140°-150° dove indicano un movimento principale normale puro. Strie con *pitch* compresi tra N 40° e 80° caratterizzano piani con direzione compresa tra N 160° e N 20° E, dove indicano un movimento transtensivo con componente sinistra. Analoghi *pitch* mostrano le strie misurate su piani con direzione compresa tra N 80° E e N 130°, indicanti un movimento transtensivo con componente destra. Inoltre su questi ultimi piani sono state osservate strie con *pitch* prossimo ai 90°. Relativamente alle strie di *dip slip* è possibile determinare una direzione di estensione principale orientata circa N 60° E ed una successiva e nettamente subordinata a questa ed orientata circa N 10°-20° E (Figg. 23-24).

Le faglie transtensive ad andamento circa N-S e circa E-W sono verosimilmente dovute al controllo di discontinuità preesistenti (faglie giurassiche e sovrascorrimenti neogenici). Infatti nell'area sono evidenti faglie giurassiche ad andamento circa N-S (faglia di M. Argentella) e ad andamento circa E-W (faglia di M. Ventosola). Un'altra faglia giurassica è ipotizzabile sulla prosecuzione sud-occidentale di quella di M. Argentella, con direzione N 30°-40° E cioè parallela all'andamento del Piano Grande; infatti a nord di quest'ultimo affiora la successione giurassica composta, mentre a sud quella completa (M. Guaidone).

E' all'estensione N 20° E e al controllo della faglia giurassica ipotizzata attraverso il Piano Grande di Castelluccio che associamo lo sviluppo di tale depressione tettonica, confinata tra il "fascio" di faglie M. Vettore-M. Bove ad est e quello M. Castello-M. Cardosa ad ovest (Tav. 1). Alle faglie principalmente normali con direzione N 140°-150° è associabile un campo di stress distensivo con gli assi principali massimo

( $\sigma_1$ ), intermedio ( $\sigma_2$ ) e minimo ( $\sigma_3$ ) rispettivamente verticale, orizzontale a direzione N 140°-150° e orizzontale a direzione N 50°-60° E. Nell'ambito di tale campo di stress le faglie circa N-S, transtensive sinistre, e circa N 100°, transtensive destre (Figg. 27-28) indicano momenti in cui il valore del  $\sigma_2$  tende ad approssimare quello del  $\sigma_1$ .

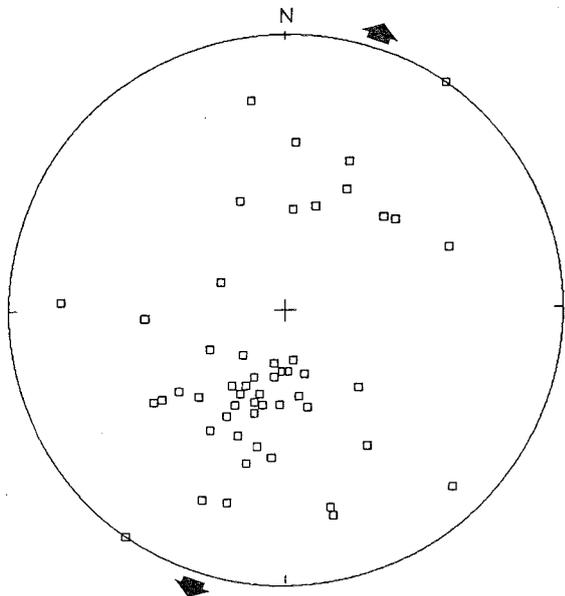


Fig. 27 - Rappresentazione stereografica delle strie indicanti un movimento transtensivo sinistro. Il massimo di densità ha valore 65°/199°.

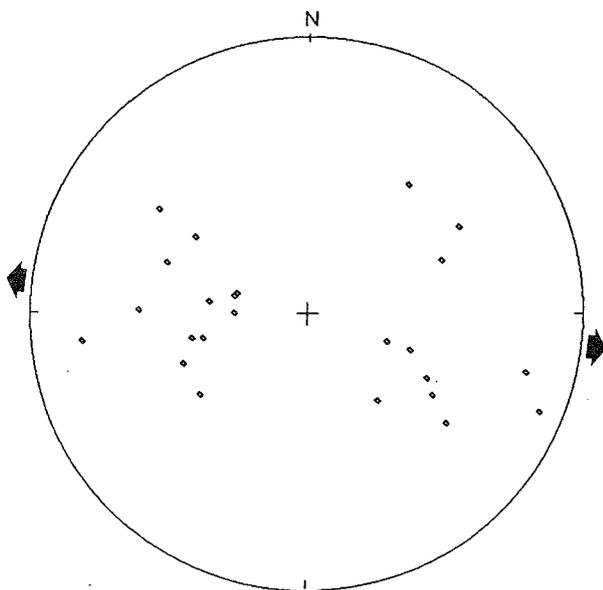


Fig. 28 - Rappresentazione stereografica delle strie indicanti un movimento transtensivo destro. Il massimo di densità ha valore 65°/276°.

Nell'ambito del quadro sopradescritto, del tutto anomalo è il carattere transpressivo destro riconosciuto sulla faglia principalmente normale di M. Vettoreto a direzione N 160°-170°.

Tale elemento, nonostante il suo carattere locale,

suggerisce un momento di compressione ad asse antiappenninico durante l'attività tettonica estensionale quaternaria. D'altra parte momenti di compressione sono descritti anche in Toscana (PLESI e CERRINA FERONI, 1979; BETTINI *et al.*, 1990 e citazioni relative).

#### BIBLIOGRAFIA

- AA.VV. (1980) - *Intervento a seguito del terremoto di Norcia del 1979*. C.N.R. Progetto Finalizzato Geodinamica. Convegno Maggio 1980.
- BALDANZA A., COLACICCHI R. & PARISI G. (1982) - *Controllo tettonico sulla deposizione dei livelli detritici nella Scaglia cretaceo-paleocena (Umbria orientale)*. Rend. Soc. Geol. It., 5, pp. 11-14.
- BALLY A.W., BURBI L., COOPER C. & GHELARDONI R. (1986) - *Balanced cross section and seismic reflection profiles across the central Apennines*. Mem. Soc. Geol. It., 35, pp. 257-310.
- BETTINI P., BOCCALETTI M., BONINI M., MORATTI G., ROSSELLI S. & SANI F. (1990) - *Indizi di episodi compressivi pleistocenici nell'Appennino settentrionale. Dati preliminari*. Rend. Soc. Geol. It., 13, pp. 125-128.
- BIELLA G., LAVECCHIA G., LOZEY A., PIALI G. & SCARASCIA F. (1981) - *Primi risultati di una indagine geofisica e interpretazione geologica del piano di S.Scolastica e del Piano Grande (Norcia, PG)*. Atti I Conv. Ann. G.N.G.T.S., Roma, pp. 293-308.
- CALAMITA F. (1990) - *Thrusts and fold-related structures in the Umbria-Marche Apennines (Central Italy)*. Annales Tectonicae. Vol. III, n. 2.
- CALAMITA F. (1991) - *Extensional mesostructures in thrust shear zones: examples from the Umbro-Marchean Apennines*. Boll. Soc. Geol. It., 110, 649-660.
- CALAMITA F. & DEIANA G. (1986) - *Evoluzione strutturale neogenico-quaternaria dell'Appennino umbro-marchigiano*. Studi Geologici Camerti, volume speciale "La geologia delle Marche", pp. 91-98.
- CALAMITA F. & DEIANA G. (1987) - *The arcuate shape of the Umbria-Marche-Sabina Apennines (Central Italy)*. Tectonophysics. 146, pp. 139-147.
- CALAMITA F., CANTALAMESSA G., CENTAMORE E., DEIANA G., DRAMIS F., MICARELLI A., PIERUCCINI U., POTETTI M. & ROMANO A. (1979) - *Dati preliminari sulla neotettonica dei Fogli 132 (Norcia), 124 (Macerata; III e IV Quadrante), 115 (Città di Castello; I e II Quadrante)*. Nuovi contributi alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia. Pubbl. n° 251 Progetto Finalizzato Geodinamica, CNR, pp. 179-215.
- CALAMITA F., CELLO G., INVERNIZZI C. & PALTRINIERI W. (1990) - *Stile strutturale e cronologia della deformazione lungo la traversa M.S. Vicino - Polverigi (Appennino marchigiano esterno)*. Studi Geol. Camerti, Vol. Spec., pp. 69-86.
- CALAMITA F., COLTORTI M., DEIANA G., DRAMIS F. & PAMBIANCHI G. (1982) - *Neotectonic evolution and geomorphology of the Cascia and Norcia depressions*. Geogr. Fis. Din. Quat. 5, pp. 263-276.
- CALAMITA F., PIERANTONI P.P. & ZAMPUTI M. (1992) - *Il sovrascorimento di M. Cavallo-M. Primo tra il F. Chienti e il F. Potenza (Appennino umbro-marchigiano): carta geologica e analisi strutturale*. Dipartimento di Scienze della Terra - Università di Camerino. Tecnostampa.
- CALAMITA F., PIZZI A. & TOSTI A. (1990) - *Blind-thrusts: esempi nell'Appennino umbro-marchigiano*. Studi Geol. Camerti, Vol. Spec., pp. 57-67.
- CASTELLARIN A., COLACICCHI R. & PRATURLON A. (1978) - *Fasi distensive, trascorrenze e sovrascorimenti lungo la "linea Ancona-Anzio" dal Lias al Pliocene*. Geol. Rom. 17, 161-189.
- CELLO G. & COPPOLA L. (1989) - *Modalità e stili deformativi nell'area anconetana*. Studi Geol. Camerti, XI, pp. 37-47.
- CENTAMORE E., DEIANA G., DRAMIS F. & PIERUCCINI U. (1980) - *Morphotectonic characteristics of the Umbria-Marche Apennine*. Studi Geol. Camerti, VI, pp. 31-35.
- CENTAMORE E., DEIANA G., MICARELLI A. & POTETTI M. (1986) - *Il Trias - Paleogene delle Marche*. Studi Geol. Camerti, Vol. Spec. "La geologia delle Marche", pp. 9-27.
- COLTORTI M., DELITALA M.C., DRAMIS F., FORNASERI M., NICOLETTI M. & PARISI E. (1989) - *Datazione al K/Ar di piroclastiti come contributo alla conoscenza dell'evoluzione geomorfologica della*

- depressione tettonica di Norcia (Appennino centrale, Italia). Studi Geologici Camerti, XI, pp. 77-85.
- COOPER C.J. & BURBI L. (1988) - *The geology of the central Sibillini Mountains*. Mem. Soc. Geol. It., 35, pp. 323-347.
- COPPOLA L. (1987) - *La deformazione mesozoico-quadernaria nel bacino marchigiano esterno*. Boll. Soc. Geol. It., 106, pp. 113-140.
- DECANDIA F.A. (1982) - *Geologia dei Monti di Spoleto (provincia di Perugia)*. Boll. Soc. Geol. It., 101, pp. 291-315.
- GE.MI.NA (1963) - *Ligniti e torbe dell'Italia continentale*. ILTE, Torino, 319 pp.
- KOOPMAN A. (1983) - *Detachment tectonics in the central Apennines, Italy*. Geol. Ultraiectina, 30, pp. 1-155.
- LAVECCHIA G. (1985) - *Il sovrascorrimento dei Monti Sibillini: analisi cinematica e strutturale*. Boll. Soc. Geol. It., 104, pp. 161-194.
- LAVECCHIA G., MINELLI G. & PIALLI G. (1987) - *Contractional and extensional tectonics along the Trasimeno Lake-Pesaro transect*. In: Boriani A., Bonafede M., Piccardo G.B. & Vai G.B. (Eds.), *The Lithosphere in Italy, Advances in Earth Science Research*, Rome, 5-6 May, 1987, pre-print volume, pp. 183-199.
- MARTINIS B. & PIERI M. (1964) - *Alcune notizie sulla formazione evaporitica del Trias superiore nell'Italia centrale e meridionale*. Mem. Soc. Geol. It., 4, pp. 648-672.
- MONTANARI A. (1988) - *Tectonic implications of hydrothermal mineralization in the late cretaceous-early tertiary pelagic basin of the northern Apennines*. Boll. Soc. Geol. It., 107, pp. 399-411.
- PIZZI A. (1992) - *Faglie recenti e attive e origine delle depressioni tettoniche. Esempi dall'Appennino umbro-marchigiano*. Tesi di Dottorato.
- PLESI C. & CERRINA FERONI A. (1979) - *Contributo alla conoscenza della deformazione dell'autoctono della Toscana: segnalazione di due fasi di raccorciamento attraverso lo studio degli stiloliti impressi su ciottoli*. Boll. Soc. Geol. It., 98, pp. 15-25.
- RENZ O. (1951) - *Ricerche stratigrafiche e micropaleontologiche sulle Scaglie (Cretaceo Sup.- Terziario) dell'Appennino centrale*. Mem. D'Eser. Carta Geol. d'It., 29, 1-173 (traduzione italiana di Renz, 1936).
- SALVINI F. & VITTORI E. (1982) - *Analisi strutturale della linea Olevano-Antronico-Posta (Ancona-Anzio Auct.): metodologia di studio delle deformazioni fragili e presentazione del tratto meridionale*. Mem. Soc. Geol. It., 24, pp. 337-355.
- SCARSELLA F. (1941) - *Foglio 132 (Norcia)*. Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000, Servizio Geologico d'Italia.
- SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1967) - *Foglio 124 (Macerata)*. Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000.
- SIBSON R.H. (1977) - *Fault rocks and fault mechanism*. J. Geol. Soc. Lond. 133, pp. 191-213.
- WEZEL F.C. (1979) - *The Scaglia Rossa formation of Central Italy: results and problems emerging from regional study*. L'Ateneo Parmense - Acta Naturalia, 15, pp. 4.
- WINTER T. & TAPPONIER P. (1991) - *Extension majeure post-Jurassique e ante-Miocène dans le centre de l'Italie: données micro-tectoniques*. Bull. Soc. Geol. France, t. 162, n° 6, pp. 1095-1108.

