

G. BIGAZZI (*), A. DI PISA (**), M. GATTIGLIO (***)
M. MECCHERI (***) e P. NORELLI (*)

LA STRUTTURA CATACLASTICO-MILONITICA DI FOCE DI MOSCETA
ALPI APUANE SUD-ORIENTALI
(M. CORCHIA - GRUPPO DELLE PANIE)

Riassunto — Nella zona di Foce di Mosceta (Alpi Apuane sudorientali) viene descritta una fascia cataclastico-milonitica connessa con una struttura fragile a probabile geometria listrica. Essa è certamente posteriore alla deformazione duttile sinmetamorfica apuana, anche sulla base di primi dati di età ottenuti dalle tracce di fissioni delle apatiti presenti in alcune rocce coinvolte in tale struttura. Lungo di essa il gruppo delle Panie è oggi tettonicamente disgiunto dal complesso metamorfico delle Alpi Apuane, ma gli autori propongono che le Panie facciano parte integrante di tale complesso, del quale avrebbero avuto la stessa evoluzione tettono-metamorfica.

Abstract — *The cataclastic-mylonitic structure of Foce di Mosceta in the southeastern Apuane Alps (M. Corchia - Panie Group).* A cataclastic-mylonitic band is described in the Foce di Mosceta area. Structural and fission tracks data suggest its development after the ductile syn-metamorphic deformations of the apuan tertiary tectonics. So the Panie complex seems to belong to the general Apuane Alps metamorphic complex, from which is now detached along the Foce di Mosceta cataclastic-mylonitic structure.

Key words — Tectonic evolution, Cataclastic-mylonitic structure, Fission tracks, Panie complex, Apuane Alps.

OSSERVAZIONI GEOLOGICHE

La Foce di Mosceta è un'ampia insellatura che separa il M. Corchia (m 1676) a W dalla Pania della Croce (m 1858) a E, nel settore

(*) Istituto di Geocronologia e Geochimica isotopica C.N.R., Via Maffi 36, Pisa.

(**) Dipartimento di Scienze della Terra, Via delle Cerchia 3, Siena.

(***) Dipartimento di Scienze della Terra, Via S. Maria 53, Pisa.

Lavoro eseguito con fondi M.P.I. 40% (Tit. Prof. G. Giglia) e del Centro di Studio per la Geologia Strutturale e Dinamica dell'Appennino, C.N.R., Pisa.

sudorientale delle Alpi Apuane. Ad essa si attestano da meridione il Canale di Deglio, ramo settentrionale dell'ampia valle di Cardoso, Pruno e Volegno, da N la profonda incisione del Canale delle Verghe, che confluisce nella Turrite Secca poco a valle dell'invaso artificiale di Isola Santa.

L'allineamento Canale delle Verghe-Foce di Mosceta-Canale di Deglio costituisce un basso morfologico scolpito lungo il nucleo paleozoico di un'anticlinale di primo ordine dell'edificio strutturale apuano (Fig. 1), generatosi durante l'episodio tetto-genetico della deformazione terziaria (CARMIGNANI e GIGLIA, 1979, 1983, 1984; CARMIGNANI *et alii*, 1978, 1980).

Tale nucleo è costituito dai principali litotipi del basamento paleozoico apuano (Filladi inferiori; Porfiroidi e scisti porfirici; Metarenarie, quarziti e filladi: GATTIGLIO e MECCHERI, 1987) e contiene alcuni tra i più estesi affioramenti di Dolomie e calcari dolomitici a *Orthoceras* del Siluriano sup. (VAI, 1972; BAGNOLI e TONGIORGI, 1980).

La struttura in oggetto, che d'ora in poi chiameremo anticlinale di Mosceta, ha il proprio fianco rovesciato nei vasti affioramenti dolomitici e marmorei della parte orientale di M. Corchia. Questo fianco è in comune con la sinclinale del Corchia, che costituisce l'ossatura dell'omonima montagna ed è geometricamente sottostante all'anticlinale di Mosceta.

Il fianco diritto di quest'ultima è invece solo in apparenza rappresentato dalle dolomie e dai marmi del gruppo Pania della Croce-Pizzo delle Saette: questi affioramenti carbonatici appartengono infatti ad un corpo che è tettonicamente svincolato dal basamento di Foce di Mosceta. Tale indipendenza tettonica è già stata dimostrata, anche se con argomenti e interpretazioni diversi, da vari autori tra cui ricordiamo ZACCAGNA (1932), MARXWELL (1956), NARDI (1961) e GIGLIA (1961, 1967).

Le dolomie e i marmi del gruppo Pania-Pizzo sono coinvolti in un'anticlinale con asse N75°E e inclinato a E di circa 25°, la cui zona di cerniera si rileva poco a SW della cima del Pizzo e il cui fianco rovesciato si estende nel basso versante occidentale della Pania, tra Gorfigliette e Foce di Mosceta.

L'esistenza di questo fianco rovesciato ci permette di affermare che il nucleo paleozoico dell'anticlinale di Mosceta e l'anticlinale della Pania dovevano essere raccordate da una sinclinale a nucleo di Pseudomacigno, una struttura di prima fase come le altre due pieghe e avente, come esse, probabili dimensioni chilometriche.

Questa sinclinale è oggi rappresentata solo da lembi residui del-

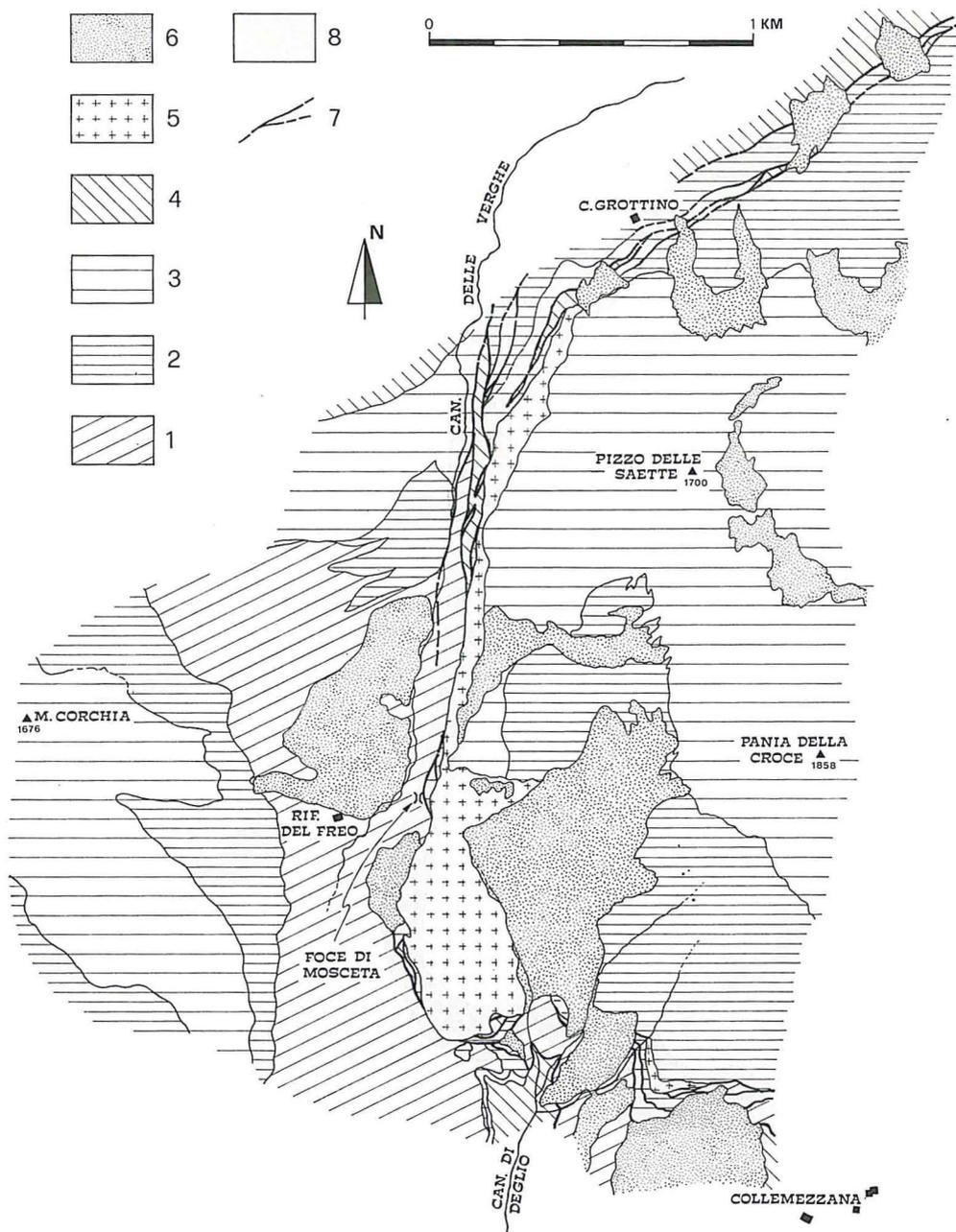


Fig. 1 - Carta geologica semplificata della regione di Foce di Mosceta.

- 1: basamento paleozoico
- 2: dolomie del Trias sup.
- 3: marmi, metacalcari selciferi, calcescisti (Lias inf.-Paleogene)
- 4: pseudomacigno (Oligocene-Miocene inf.?)
- 5: breccie poligeniche di riempimento carsico
- 6: detriti di falda e coperture di vario tipo
- 7: faglie e contatti tettonici
- 8: indicazione della fascia cataclastico-milonitica.

le rocce più giovani che essa campionava nel proprio nucleo. Riteniamo che nella progressiva deformazione sinmetamorfica dell'evento tectogenetico terziario (la prima fase) essa sia stata sede dello sviluppo di una fascia di taglio duttile, lungo la quale si sarebbero laminate sia la porzione mesozoica del suo fianco diritto (quello in comune con l'anticlinale di Mosceta), sia la quasi totalità del suo nucleo metarenaceo.

Esempi di evoluzione in taglio duttile di questo tipo, con drastiche elisioni di più o meno importanti porzioni di serie, si incontrano in gran numero e ad ogni scala in tutto il complesso metamorfico apuano. La loro attribuzione alla prima fase deformativa è certa, essendo ovunque dimostrabile la loro anteriorità rispetto all'evento tardivo che genera il duomo di scistosità delle Apuane. Vedremo che questo particolare assetto strutturale, ereditato dalla prima fase, ha avuto un ruolo determinante nella tettonica più recente di questo settore del gruppo apuano.

I resti del nucleo della suddetta sinclinale sono oggi costituiti da lenti e scaglie, aventi dimensioni da ettometriche a decametriche, soprattutto di Pseudomacigno e in subordine di Marmo e di Calcere selcifero metamorfico. Esse sono allineate lungo una fascia che si colloca tra le inferiori strutture di Foce di Mosceta-M. Corchia e l'anticlinale della Pania; tale fascia ha uno spessore medio di alcune decine di metri e la si può seguire, in modo più o meno continuo (Fig. 1), a partire dalle aree a NE di Casa Grottino (versante settentrionale di Pizzo delle Saette) fino almeno a Collemezzana (a S della Pania della Croce), per una lunghezza di oltre 4 km. Notiamo che ai lembi di rocce recenti si aggiungono anche scarse e piccole scaglie di litotipi paleozoici, per lo più Dolomie a *Orthoceras* e Filladi inferiori.

Un'altra particolarità caratterizza l'area in esame. In essa si incontrano infatti affioramenti discontinui di una roccia breccioide a cemento carbonatico, da poligenica a monogenica: il secondo tipo è meno frequente ed è costituito essenzialmente da elementi carbonatici. Il tipo poligenico ha invece clasti provenienti da quasi tutti i termini del basamento e della copertura metamorfica, ma in subordine anche da alcuni litotipi sicuramente appartenenti alla serie non metamorfica della Falda Toscana.

È della massima importanza sottolineare il fatto che i clasti metamorfici mostrano tutti, in modo più o meno evidente, chiare tracce macro e microscopiche della strutturazione polifasica e sinmetamorfica apuana. Questo dimostra la posteriorità rispetto a tale strut-

turazione dell'evento meccanico che ha generato quei clasti: ciò trova conferma nella assenza di indizi di deformazione e/o di ricristallizzazione metamorfica a spese del cemento della breccia.

Bisogna notare che le breccie monogeniche sono ubicate quasi sempre in vicinanza o entro le rocce carbonatiche da cui derivano i loro clasti. Ci sembra questo un chiaro indizio della loro nascita praticamente in situ, suggerita anche da non rari casi di clastesi progressiva, in breve tratto, dalla roccia alla breccia medesima.

Le masse breccioidi in oggetto mostrano una distribuzione cartografica con andamento uguale a quello della fascia a lenti e scaglie prima descritta; queste ultime appaiono spesso avvolte o compenstrate dalla breccia, tanto che alcune scaglie marmoree di taglia minore sembrano semplici megaclasti.

Osserviamo ancora che nel settore centro-meridionale della zona in esame (in particolare a SE di Foce di Mosceta) la breccia è spesso nascosta, insieme alle altre rocce metamorfiche, sotto una potente coltre di detrito di falda. Questo, soprattutto nelle porzioni più basse, può essere cementato da un legante carbonatico finemente terrigeno assumendo un aspetto simile a quello delle breccie poligeniche: è però chiaro che i due tipi non si possono confondere, nemmeno quando vengono a contatto tra di loro.

Abbiamo visto che le rocce coinvolte nella fascia in oggetto appartengono sia al basamento paleozoico, sia alla sua copertura metamorfica. Essi mostrano gradi diversi di tettonizzazione, con strutture variabili da cataclastiche a milonitiche. I migliori esempi di milonisi si possono osservare nei litotipi a composizione pelitico-arenacea, come le Filladi inferiori e lo Pseudomacigno: nelle loro scaglie è sempre ben riconoscibile un'anisotropia strutturale planare molto pervasiva e parallela ai limiti della fascia, che non coincide con la scistosità regionale delle metamorfiti adiacenti. In sezione sottile si notano evidenze di riorganizzazione cristallina spesso avanzata, soprattutto a spese del quarzo, e una drastica e diffusa riduzione della taglia dei minerali.

Due fatti vanno messi in evidenza:

- queste particolarità si osservano solo nelle rocce affioranti lungo la fascia esaminata, al di fuori della quale le medesime litologie mostrano le usuali caratteristiche ben conosciute in tutta la regione apuana;
- nello Pseudomacigno e nelle Filladi inferiori delle scaglie talvolta si rilevano porzioni che sono state in qualche modo preservate dal fenomeno di clastesi e/o milonisi, così da conservare all'interno il quadro tettono-metamorfico primario.

Risulta in questo modo dimostrata la posteriorità dell'episodio cataclastico-milonitico rispetto all'evoluzione che ha creato quel quadro.

Riassumendo, le caratteristiche geologiche della fascia in studio suggeriscono la seguente successione di eventi:

- 1) laminazione duttile sinmetamorfica, come probabile evoluzione in taglio della sinclinale a nucleo di pseudomacigno che raccordava le anticlinali di Mosceta e della Pania;
- 2) coinvolgimento di queste strutture di prima fase nelle deformazioni tardive connesse con il generale sollevamento apuano;
- 3) riattivazione dell'orizzonte di laminazione primaria per la ripresa di movimento causata da un episodio deformativo fragile più recente, riferibile all'evoluzione tettonica rigida successiva alle fasi duttili sinmetamorfiche.

Il risultato finale sarebbe così identificabile con una vera e propria faglia (o corridoio di faglia), con produzione di una breccia tettonica alquanto potente e continua.

In questo quadro la breccia poligenica a cemento carbonatico rappresenta, secondo noi, il risultato dell'attività di carsificazione dei livelli carbonatici inferiori dell'edificio strutturale Pania-Pizzo, quelli più prossimi o a contatto con la faglia e quindi relativamente più cataclasati, e del successivo riempimento delle cavità carsiche con sedimenti breccioidi poligenici recenti.

L'esistenza di cospicue estensioni di tali depositi, per lo più in associazione con il Calcare cavernoso della Falda Toscana, è stata dimostrata e discussa da CERRINA FERONI *et alii* (1976) per numerose aree delle Alpi Apuane.

TRACCE DI FISSIONE

Con l'intento di dare una collocazione cronologica più precisa all'evento responsabile della struttura cataclastico-milonitica di Foce di Mosceta, è stato applicato il metodo delle tracce di fissione alle apatiti dei litotipi a dominante filladica coinvolti nella struttura suddetta.

Per confronto sono state effettuate misure anche sulle apatiti di rocce analoghe ma affioranti in altre zone, ove fosse certa l'assenza di qualsiasi deformazione successiva alla tettonica duttile che accompagna il sollevamento tardivo delle Alpi Apuane.

Ammettendo che nel corso del fenomeno fragile si sia verificato un innalzamento termico, si può ragionevolmente ritenere che esso abbia provocato il superamento della temperatura di chiusura delle apatiti.

Questa circostanza sembra assai verosimile dato il basso valore di questa temperatura critica. Per essa WAGNER e REIMER (1972) hanno indicato un valore di $125 \pm 20^\circ\text{C}$; numerosi lavori successivi ad opera di vari autori propongono valori da 100°C a 120°C . Un'importante conferma di questi valori proviene da GLEADOW e DUDDY (1981) e da NAESER (1981), che hanno studiato le variazioni di età delle apatiti di rocce ubicate in campi geotermici in funzione della loro profondità (quindi della temperatura).

Il superamento della suddetta temperatura fa in modo che le tracce di fissione oggi presenti nelle apatiti dei nostri campioni diano l'età dell'evento cataclastico-milonitico, di per sé verosimilmente assai breve alla scala dei tempi geologici.

Per quest'analisi sono stati scelti tre campioni:

- AP/1, raccolto nel Canale dei Carrubi (versante SW della Pania) circa a quota 960, da un livello di Filladi Inferiori profondamente milonitizzate;
- AP/2, proveniente dalle Filladi inferiori del nucleo dell'anticlinale Vinca/Forno affioranti all'altezza di Foce di Navola, tra M. Sagro e M. Grondilice nelle Apuane di NW;
- AP/3, appartenente al medesimo livello strutturale di Filladi inferiori ma raccolto più a S, nei pressi di Casania (ramo di Resceto del F. Frigido).

In Tab. 1 sono indicati i risultati delle misure di età relative alle apatiti dei tre campioni. È stato utilizzato il metodo delle popolazioni: la frazione usata per il conteggio delle tracce indotte è stata preriscaldata per due ore a 500°C prima dell'irraggiamento, allo scopo di eliminare le tracce «fossili» preesistenti, dovute alla fissione spontanea dell'Uranio 238. L'irraggiamento è stato eseguito nel reattore dell'Università di Pavia, posizione Lasy Susan (rapporto Cadmio per Oro circa 6.4). La rivelazione delle tracce è stata ottenuta con un attacco chimico in HNO_3 al 5%, a temperatura ambiente (circa 20°C) e per 45".

Come si vede, i valori di età sono purtroppo accompagnati da un errore sperimentale elevato. Ciò è dovuto sia all'alta fluttuazione del contenuto di Uranio tra i cristalli costituenti la famiglia delle apatiti, sia al numero relativamente modesto di tracce fossili che

TAB. 1. - Età determinate con il metodo delle tracce di fissione delle apatiti nell'area della Pania della Croce (AP/1) e nelle Filladi inferiori non milonitizzate (AP/2 e AP/3).

Campione	ρ_S (n _S)	ρ_I (n _I)	Φ ($\times 10^{15}$)	S / I	Età (Ma $\pm 1 \sigma$)
A P - 1	22.400 (216)	1.566.000 (4307)	4.27	700/200	3.8 \pm 0.4
A P - 2	17.800 (111)	412.000 (624)	1.81	250/110	4.8 \pm 0.8
A P - 3	22.900 (412)	602.000 (1020)	1.81	600/120	4.2 \pm 0.7

ρ_S (ρ_I): densità di tracce fossili (indotte);

n_S (n_I): numero di tracce fossili (indotte) contato;

Φ : dose di neutroni termici, neut./cmq;

S/L: numero dei grani utilizzato per il conteggio delle tracce fossili e delle tracce indotte.

Per il calcolo delle età si sono utilizzati i seguenti parametri:

$$\lambda_F = 6.85 \times 10^{-17} \text{ a}^{-1}; \sigma = 5.802 \times 10^{-22} \text{ cmq}; \eta = 137.88$$

(Rispettivamente: costante per decadimento per fissione dell'Uranio 238; sezione d'urto per la fissione indotta dell'Uranio 235; rapporto isotopico Uranio 238/Uranio 235).

La dosimetria neutronica è riferita allo standard SRM 963a del National Bureau of Standards.

è stato possibile contare, a causa del basso valore di ρ_S .

Per questo motivo, anche se tra le età dei campioni AP/1 e AP/2 c'è una differenza di 1Ma, questa non può essere considerata del tutto significativa: in altre parole, le considerazioni sulle età in oggetto devono ritenersi preliminari, in attesa di ulteriori conferme.

Nonostante queste limitazioni, è possibile affermare che le età dei campioni AP/2 e AP/3 appaiono ragionevoli, considerando il metodo applicato, se confrontate con quelle di 8-10 Ma (metodo K/Ar, $^{40}/^{39}\text{Ar}$) proposte da KLIGFIELD *et alii* (1985) per la chiusura delle miche metamorfiche tardive delle Alpi Apuane.

La vicinanza dei tre valori di età qui presentati potrebbe quindi corrispondere ad una situazione reale: cioè il fenomeno catacastico-milonitico potrebbe essersi verificato in un momento di poco successivo al tempo di chiusura delle apatiti dei campioni AP/2 e AP/3, provocata dal graduale decremento termico postmetamorfico durante il quale si chiudono prima i sistemi delle miche potassiche, successivamente quello delle apatiti.

CONCLUSIONI

I dati di recente acquisizione sulla fascia cataclastico-milonitica di Foce di Mosceta, qui esposti, e sulle aree limitrofe permettono nuove considerazioni circa il significato del complesso delle Panie, la cui indipendenza tettonica dall'«Autoctono» *Auct.* è stata in passato variamente interpretata.

ZACCAGNA (1932) parla di una piega-faglia nella zona di Foce di Mosceta, lungo la quale «... riaffiorano tutte le rocce triassiche fra il Retico della Pania e gli scisti permiani di Mosceta, ridotte però a minimo spessore a causa dello scorrimento verso O avvenuto nella massa della Pania stessa.» (pag. 357 e Fig. 35 a pag. 237). Le «rocce triassiche» di Zaccagna, comprendenti «... dai grezzoni ai marmi, ai calcari con selce, scisti e arenarie del Raibliano...», sono coinvolte in una «... nuova strettissima piega...» geometricamente sovrastante il fianco rovesciato della sinclinale di M. Corchia.

Lo spessore complessivo di queste rocce, «... che normalmente può toccare i 1000-1500 metri, è qui limitato forse appena a 20-25 metri...», proprio per il fatto che esse sono «... ridotte a lembi discontinui, strappati e laminati dallo strisciamento subito.» (pag. 358).

L'autore argomenta poi che questa situazione è stata determinata dalla «... rigidità opposta al piegamento dalla grande massa di calcare coralligeno che costituisce il gruppo della Pania...; onde la massa calcarea sospinta verso Ovest non poté subire che un dolce incurvamento sinclinale, spostandosi invece per scorrimento verso il M. Corchia.».

Anche MAXWELL (1956) riconosce e descrive l'orizzonte di tettonizzazione di Foce di Mosceta, soffermandosi sui suoi caratteri strutturali; egli concorda con Zaccagna circa l'accavallamento verso SW della «Pania plate» ma afferma che l'entità del suo movimento non dovrebbe essere stata elevata, tanto da poter essere considerata essenzialmente autoctona.

Nel 1961 NARDI asserisce che la «zolla delle Panie», limitata inferiormente da «... una breccia tettonica formata in prevalenza da elementi di pseudomacigno...» (pag. 303), caratterizzata da «... metamorfismo minore di quello dell'autoctono...» (pag. 327) e con una «... serie stratigrafica di tipo intermedio tra l'autoctono e la falda toscana, rappresenta probabilmente una grossa scaglia tettonica, situata in origine alla fronte della falda toscana, che, nell'insieme del movimento di traslazione dei complessi alloctoni, si è arrestata ed è stata sormontata e sorpassata dalle masse alloctone retrostanti.» (pag. 327).

Questo assetto sarebbe stato frutto di una prima fase deformativa. Nella successiva ripresa di movimento, connessa con il sollevamento delle Apuane, la zolla delle Panie si sarebbe scollata a livello del Calcare cavernoso che, secondo l'autore, caratterizza il Trias superiore dolomitico della successione della Pania. Il fenomeno avrebbe provocato la locale laminazione del Calcare cavernoso medesimo, con ulteriore brecciatura e inglobamento di «... brandelli delle formazioni autoctone metamorfiche.» (pag. 328).

GIGLIA (1961, 1967) considera il gruppo delle Panie come parte integrante dell'unità alloctona rappresentata dalla Falda Toscana, in base alla chiara sovrapposizione tettonica del suddetto gruppo sul complesso metamorfico sottostante e sostenendo che le deboli ricristallizzazioni mostrate dai marmi della Pania non giustificano la distinzione della sua successione litostratigrafica da quella della Falda Toscana.

In considerazione del fatto che esiste una ragionevole continuità strutturale tra l'«Autoctono» *Auctt.* della zona di M. Corchia e il gruppo Pania-Pizzo e che le condizioni metamorfiche di quest'ultimo ben si collocano nel quadro metamorfico regionale (zonalità termica del massiccio apuano progradata verso ovest: DI PISA *et alii*, 1985), riteniamo che il complesso delle Panie sia stato e sia tuttora parte integrante del più vasto complesso metamorfico apuano, del quale ha subito la medesima evoluzione tettono-metamorfica. Esso ne è attualmente disgiunto lungo un corridoio di faglia sulla cui età assoluta non siamo ancora certi, ma che è comunque successivo alle manifestazioni duttili della fase tardiva apuana.

La struttura fragile invocata sembra così connessa con i fenomeni di collasso gravitativo, successivi e/o contemporanei agli stadi finali della deformazione duttile, che preludono all'instaurarsi del basso tettonico della Garfagnana: un meccanismo analogo è stato in parte già prospettato da NARDI (1961).

Questi aspetti aprono a nuove interpretazioni circa l'inquadramento paleogeografico del complesso delle Panie all'interno del Dominio Toscano, ossia circa i suoi primitivi rapporti con le successioni che oggi costituiscono Falda Toscana, Unità di Massa e «Autoctono» *Auctt.* Il tema verrà affrontato e discusso in un prossimo lavoro.

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia il Prof. G. Giglia per utili consigli e per la lettura critica del lavoro.

BIBLIOGRAFIA

- BAGNOLI G. e TONGIORGI M. (1980) - New fossiliferous Silurian (Mt. Corchia) and Devonian (Monticiano) layers in the Tuscan Paleozoic. *Mem. Soc. Geol. It.*, **20**, 301-313.
- CARMIGNANI L. e GIGLIA G. (1979a) - Large scale reverse «drag folds» in the late Alpine building of the Apuan Alps (N. Apennines). *Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., Ser. A*, **86**, 109-125.
- CARMIGNANI L. e GIGLIA G. (1983) - Il problema della doppia vergenza sulle Alpi Apuane e la struttura di M. Corchia. *Boll. Soc. Geol. It.*, **26**, 515-525.
- CARMIGNANI L. e GIGLIA G. (1984) - «Autoctono Apuano» e Falda Toscana: sintesi dei dati e interpretazioni più recenti. In: *Cento anni di geologia italiana*. Vol. giub. I° Centenario Soc. Geol. It., Bologna, 199-214.
- CARMIGNANI L., GIGLIA G. e KLIGFIELD R. (1978) - Structural evolution of the Apuane Alps: an example of continental margin deformation in the Northern Apennines, Italy. *Journ. Geol.*, **86**, 487-504.
- CARMIGNANI L., GIGLIA G. e KLIGFIELD R. (1980) - Nuovi dati sulla zona di taglio ensialica delle Alpi Apuane. *Mem. Soc. Geol. It.*, **21**, 93-100.
- CERRINA FERONI A., NUTI S., PERTUSATI P.C. e PLESI G. (1976) - Sulla probabile origine carsica delle brecce sedimentarie associate al Calcare cavernoso dell'Appennino Settentrionale. *Boll. Soc. Geol. It.*, **95**, 1161-1174.
- DI PISA A., FRANCESCHELLI M., LEONI L. e MECCHERI M. (1985) - Regional variations of the metamorphic temperature across the Tuscanid I° Unit and its implications on the Alpine metamorphism (Apuan Alps, N. Tuscany). *N. Jb. Miner. Abh.*, **151**, 197-211.
- GATTIGLIO M. e MECCHERI M. (1987) - Preliminary considerations on the lithostratigraphic succession of the Apuane Alps Paleozoic Basement. *IGCP Project N. 5*, Newsletter, in stampa.
- GIGLIA G. (1961) - La finestra tettonica di Fornovolasco. Tesi di laurea Fac. Scienze M.F.N., Univ. Pisa (inedita).
- GIGLIA G. (1967) - Geologia dell'Alta Versilia settentrionale (tav. M. Altissimo). *Mem. Soc. Geol. It.*, **6**, 67-95.
- GLEADOW A.J.W. e DUDDY I.R. (1981) - A natural long-term track annealing experiment for apatite. *Nucl. Tracks*, **5**, 169-174.
- KLIGFIELD R., HUNZIKER J., DALLMEYER R. e SHAMEL S. (1985) - Dating of deformation phases using K/Ar and ⁴⁰Ar/³⁹Ar techniques: results from Northern Apennines. *Journ. Struct. Geol.*, **8**, 781-798.
- MAXWELL J.C. (1956) - Tectonics of Pania della Croce - Pania Secca area, Alpi Apuane. *Boll. Soc. Geol. It.*, **75**, 55-79.
- MONI L. (1986) - Geologia della regione tra la Turrite Secca e la Turrite di Gallicano a est della Pania Secca: revisione strutturale del metamorfico e dei suoi rapporti con la Falda Toscana. Tesi di laurea, Fac. Scienze M.F.N., Univ. di Pisa (inedita).
- NAESER C.W. (1981) - The fading of fission tracks in the geologic environment: data from deep drill holes. *Nucl. Tracks*, **5**, 248-250. (Riprodotta da un volume senza riferimenti intitolato: «Fission-track dating Workshop Abstracts», Pisa, 10-13, settembre 1980).
- NARDI R. (1961) - Geologia della zona tra la Pania della Croce, Gallicano e Castelnuovo Garfagnana (Alpi Apuane). *Boll. Soc. Geol. It.*, **80**, 257-334.
- PILI M. (1987) - Revisione litostratigrafica e strutturale della regione della Pania della Croce e zone limitrofe. Tesi di laurea, Fac. Scienze M.F.N., Univ. di Pisa (inedita).

- RUFFINI G. (1986) - La geologia del margine nord-orientale del Complesso Metamorfico Apuano tra Minucciano e la Turrice Secca: studio dei rapporti tra l'«Autoctono» Auct. e la Falda Toscana. Tesi di laurea, Fac. Scienze M.F.N., Univ. Pisa (inedita).
- VAI G.B. (1972) - Evidence of Silurian in the Apuane Alps (Tuscan, Italy). *Giorn. Geol.*, **38**, 349-379.
- WAGNER G.A. e REIMER G.M. (1972) - Fission track tectonics: the tectonic interpretation of fission track apatite ages. *E.P.S.L.*, **14**, 263-268.
- ZCCAGNA D. (1932) - Descrizione geologica delle Alpi Apuane. *Mem. Descr. Carta Geol. d'It.*, **25**, 440 pp.

(ms. pres. il 10 ottobre 1988; ult. bozze il 31 dicembre 1988)