
Rendiconti *online* SGI

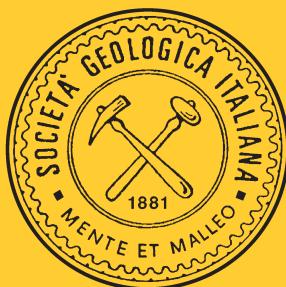
1

NOTE BREVI

Aspetti geologico-strutturali delle catene perimediterranee

(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

Enucleazione e crescita di faglie trascorrenti nei grainstone carbonatici pleistocenici dell'isola di Favignana (Isole Egadi, Sicilia)

FABRIZIO AGOSTA (*), EMANUELE TONDI (*), ANTONINO CILONA (*), ATILLA AYDIN (**), MARINA ALAGNA (*), PIETRO RENDA (***), & GIUSEPPE GIUNTA (***)

ABSTRACT

Nucleation and development of strike-slip faults in Pleistocene carbonate grainstones of the Favignana Island (Sicily, Italy).

After detailed field and laboratory analyses of faulted carbonate grainstones cropping out in the Favignana Island, we document interactive failure processes responsible for strike-slip fault nucleation and development. First, these processes involved strain localization into narrow bands; then, pressure solution took place within the bands with formation of isolated stylolites that were subsequently sheared producing cataclastic rocks. The transitions from one deformation process to another, which were likely controlled by changes in the material properties, are recorded by different ratios and dissimilar distributions of the fault dimensional attributes.

In particular, the results of our study allow us to: (i) identify two conjugate sets of right-lateral and left-lateral strike-slip faults trending NW and NNE, respectively; (ii) document the progression of deformation from single compactive shear bands, to zones of compactive shear bands, to zones of compactive shear bands with discontinuous cataclasis and slip surfaces, and finally to faults with an inner cataclastic core surrounded by wider damage zones made up of compactive shear bands, joints, and possible dilatational bands; (iii) decipher the linkage processes of lower-rank shear structures responsible for fault development; and (iv) define the scaling relationships among length, thickness, and displacement of strike-slip faults with different amounts of offset.

Based on their internal architecture and petrophysical properties, the study strike-slip faults behave as combined barrier-conduit hydraulic structures to fluid flow. The single compactive shear bands, the shear band zones, and the cataclastic cores of the faults have a lower porosity relative to the surrounding carbonate host rocks, and therefore form seals for cross-fault fluid flow. On the contrary, the discrete and undulated slip surfaces present either within or at the edges of the fault cores enhance the along-fault fluid flow.

Sulla base di rilevamenti strutturali di campagna e di analisi al microscopio ottico ed elettronico di campioni di roccia integra e deformata, si documentano i processi di enucleazione e crescita di faglie trascorrenti nei grainstone carbonatici pleistocenici dell'isola di Favignana (Isole Egadi, Sicilia). Queste analisi hanno permesso di caratterizzare i meccanismi deformativi propri di queste rocce porose e di definire i rapporti scalari tra gli elementi dimensionali delle faglie affioranti. Tali faglie sono sub-verticali, appartengono a due set orientati NNE e NO ed hanno una cinematica rispettivamente sinistra e destra.

L'enucleazione delle faglie è avvenuta attraverso meccanismi di *shear banding*, con formazione di due set di bande con porosità inferiore rispetto al protolite carbonatico (fig. 1). L'evoluzione delle singole bande è avvenuta attra-



Fig. 1 - L'immagine, realizzata al microscopio ottico a *nicks* incrociati, mostra una singola banda con cinematica sinistra avente una minore porosità rispetto alla roccia incassante, dalla quale è separata da una zona a porosità intermedia.

- Photomicrograph of a compactive, left-lateral shear band obtained under a cross-polarized light. The band is flanked by a slightly compacted zone.

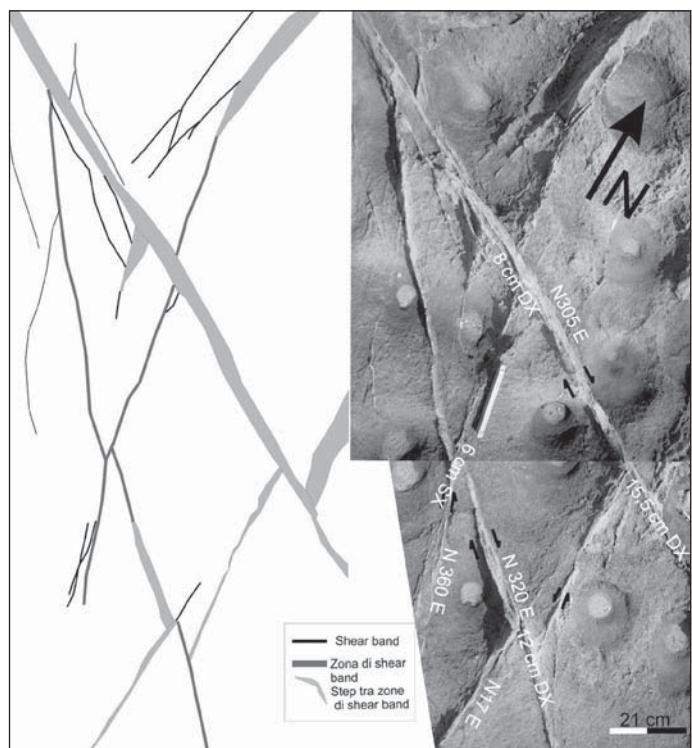


Fig. 2 - Collage fotografico, a destra, e schema di dettaglio, a sinistra, dei due set di zone di faglie che mostrano relazioni di rigetto. - Photo collage of the two sets of compactive shear band zones, on the right, and related structural map, on the left; the two sets show mutual crosscutting relationships.

(*) Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Camerino, Via Gentile III da Varano - 62032 Camerino (MC), Italy.

(**) Department of Geological and Environmental Sciences, 403 Serra Mall, Stanford University, Stanford, California, U.S.A.

(***) Dipartimento di Geologia e Geodesia, Università di Palermo, Via Archirafi, 20-22 - 90133 Palermo, Italy.

Agosta Fabrizio: Tel. 0737/402619; Fax 0737/402644; fabrizio.agosta@unicam.it

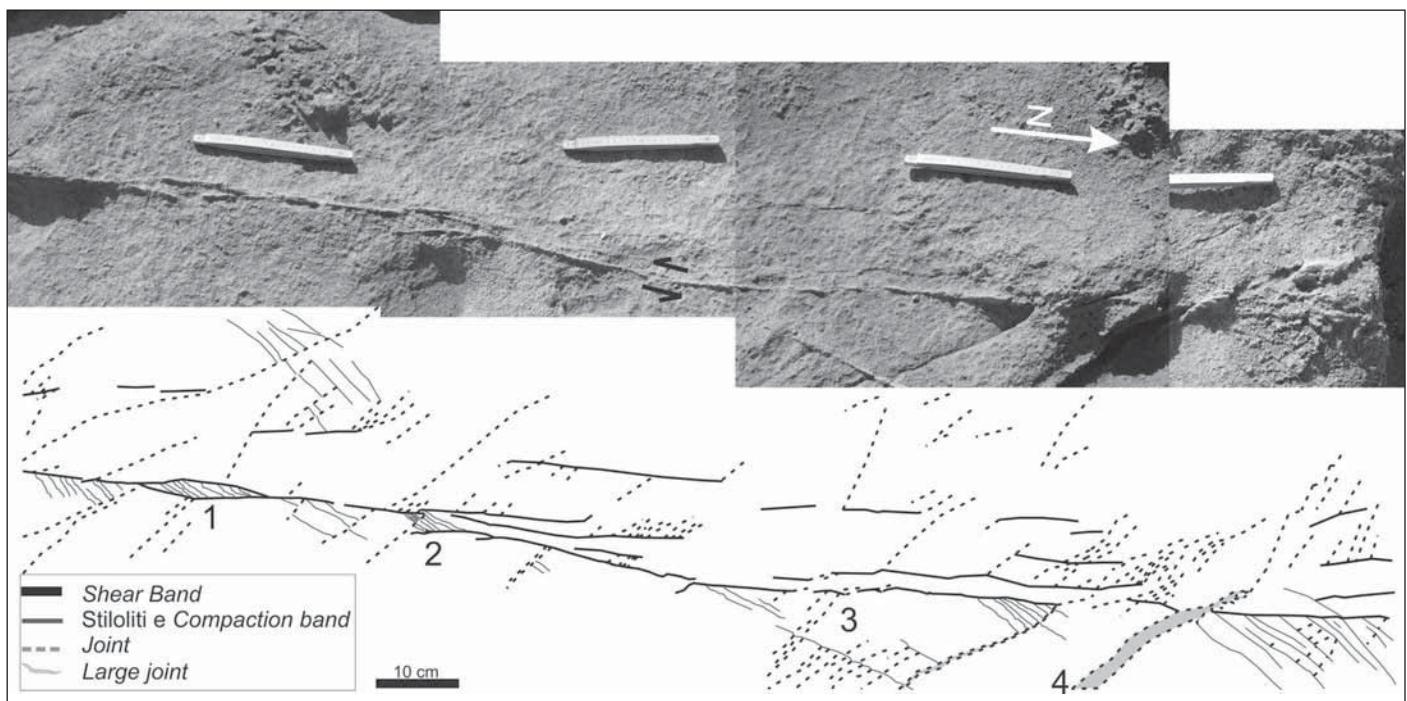


Fig. 3 - Collage fotografico, in alto, e schema strutturale di dettaglio, in basso, dei processi d'interazione tra singole bande con cinematica sinistra. Nello schema strutturale, da sinistra verso destra, si possono osservare le seguenti strutture: (1) eye-structure; (2) stiloliti all'interno di un jog contrattoriale; (3) joint localizzati nei quadranti estensionali delle bande e (4) due large joint che connettono queste bande con altre non riportate in figura.

- Photo collage of single compactive shear bands, above, and the related structural map, below. From the left to the right, we identify the following linkages: (1) eye-structure; (2) stylolites within a contractional jog; (3) joints at the extensional quadrants of the compactive shear bands, and (4) two large joints connecting these bands with others not shown in the figure.

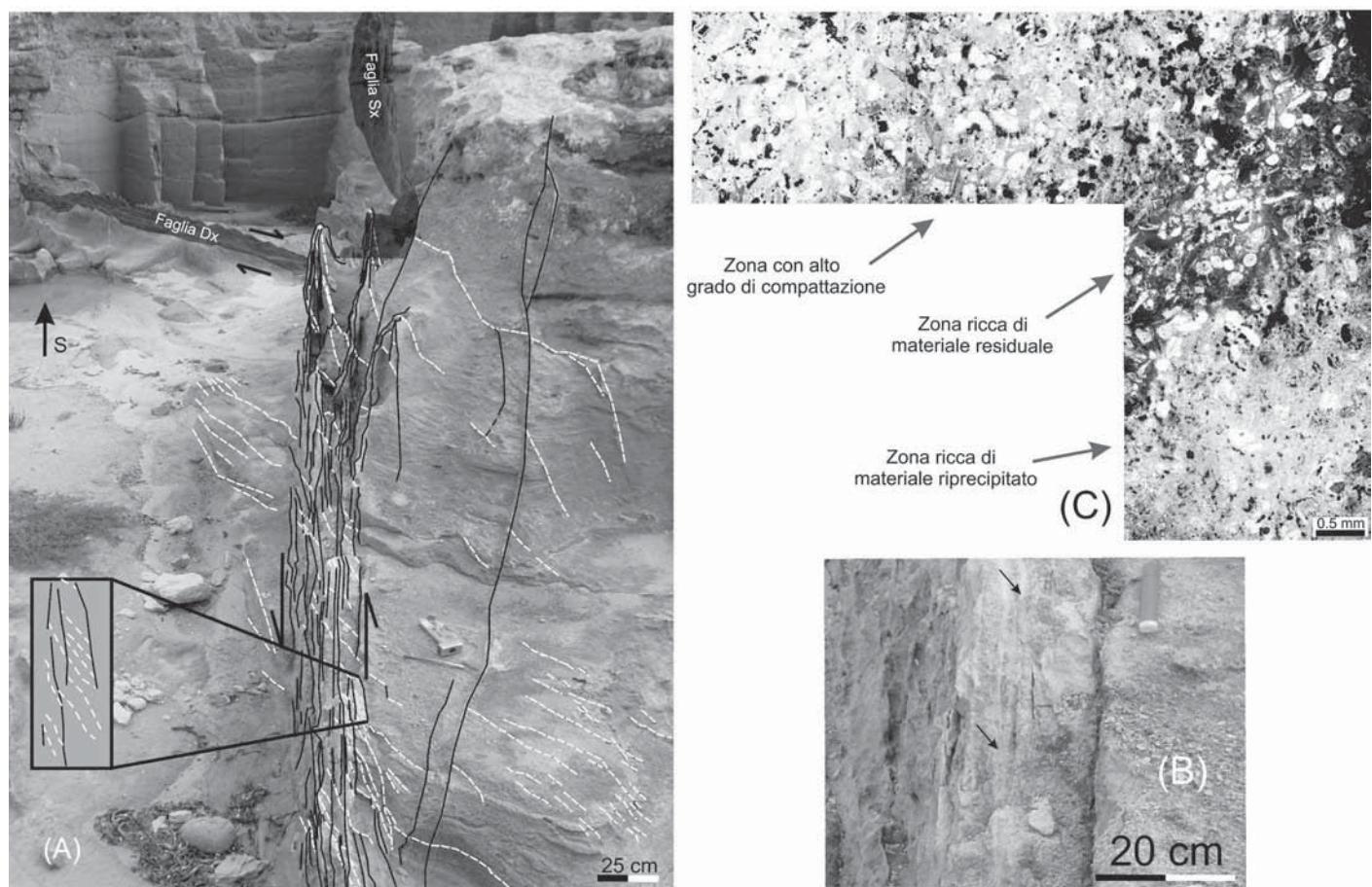


Fig. 4

verso due meccanismi principali: (i) formazione di nuove strutture adiacenti, con conseguente sviluppo di zone di bande (figg. 1 e 2); (ii) interazione di singole bande con strutture simili già esistenti attraverso *jog* (contrazionali o estensionali) oppure per mezzo di *eye-structure* (fig. 3).

La localizzazione di meccanismi di dissoluzione per pressione all'interno delle singole bande, con formazione di stiloliti discontinue caratterizzate dalla presenza di materiale argilloso residuale, ha determinato zone di debolezza lungo le quali, successivamente, si è instaurato un movimento di taglio. Questo processo ha portato alla coalescenza delle stiloliti e quindi alla formazione di superfici di discontinuità discrete all'interno delle bande. Il ripetuto taglio lungo tali superfici ha prodotto sottili fasce cataclastiche (figg. 4a e 4b), e la precipitazione di cementi carbonatici (fig. 4c).

Le diverse transizioni da un meccanismo all'altro, controllate dai cambiamenti reologici della roccia deformata, hanno determinato un'architettura interna della faglia abbastanza complessa. Essa include fasce cataclastiche bordate da superfici di taglio discrete, singole bande, zone di bande con possibili sacche di materiale argilloso residuale al loro interno e porzioni ricche di materiale carbonatico precipitato (fig. 4). Le singole bande, le zone di bande, le fasce cataclastiche e la porzioni cementate costituiscono delle barriere al flusso dei fluidi perpendicolare alla direzione delle faglie (*cross-fault fluid flow*). Le superfici di taglio discrete e continue, al contrario, facilitano il flusso dei fluidi lungo le faglie (*along-fault fluid flow*). Nel loro insieme quindi, le faglie trascorrenti studiate possono essere considerate strutture di permeabilità del tipo barriera-condotto.

Fig. 4 - (A) Schema strutturale degli elementi presenti all'interno di una delle faglie trascorrenti con cinematica sinistra. Il *fault core* è composto da fasce cataclastiche e superfici di taglio parallele alla faglia, in nero, e da *joint* (e possibili *dilatational band*), in bianco. Le strutture dilatanti sono bordate da fasce cataclastiche (vedi riquadro). La *damage zone* comprende singole bande, in nero, *joint* e possibili *dilatational band*, in bianco. (B) Particolare delle fasce cataclastiche, alcune delle quali indicate da frecce, presenti all'interno del *fault core*. (C) Immagini ottenute da una singola sezione sottile, fotografata a *nicols* incrociati, del campione di fig. 4b. È possibile notare come la superficie di taglio sia localizzata all'interno del materiale residuale.

– (A) Structural map of the elements present within one of the left-lateral faults. The fault is comprised of an inner fault core that includes thin cataclastic zones and slip surfaces oriented parallel to the fault, in black, and joints and possible dilatational bands, in white. The latter elements are bounded by the cataclastic zones (see the inset map). The damage zone consists of single compactive shear bands, in black, and dilatational structures, in white. (B) Close-up photograph of the cataclastic zones present within the fault core. (C) Photomicrographs of a thin section, obtained under a cross-polarized light, of a sample collected from the fault core of fig. 4b showing a slip surface within the residual material.

Un nuovo approccio metodologico per l'analisi quantitativa della fratturazione in rocce stratificate (Formazione Bolognano, Montagna della Maiella, Abruzzo)

M. ALESSANDRONI (*), F. AGOSTA (*) & E. TONDI (*)

ABSTRACT

Fracture analysis in layered rocks: an example of a new methodological approach from the carbonate grainstones of the Bolognano Fm. (Maiella Mountain, Italy).

Systematic fracture analysis is generally used to quantify brittle deformation in faulted and fractured rocks. Generally, the tectonics features are distinguished in slip surfaces, and fractures (sensu latu), respectively. All data collected are successively elaborated and plotted to obtain: i) statistical distribution laws of their spacing and length, and ii) average values of their measured characteristics. In order to implement this methodology, we conducted a statistical analysis of different sets of stylolites, joints, and sheared stylolites and joints pertaining to pristine and faulted carbonate grainstones of the northern Maiella Mountain, central Italy. The results of this work show: i) the formation of early stylolites, is not controlled by any larger tectonic feature but only by the mechanical control of bedding; ii) fault-related structures and joints, are strongly affected by linkage processes during fault development. Moreover, our data suggest that joints and sheared joints, the last formed structures, were generated within an already fractured and fragmented media.

Le analisi sistematiche della fratturazione sono comunemente finalizzate a quantificare la deformazione fragile in litologie fratturate e fagliate (si veda per esempio MARCHEGIANI *et alii*, 2006). Generalmente le strutture rilevate sono distinte in due principali categorie, faglie e fratture, ed i dati relativi alle caratteristiche misurate vengono poi elaborati per ricavarne leggi di distribuzione statistica e valori medi. In particolare, per caratterizzare la spaziatura vengono considerate tutte le strutture rilevate, mentre per quanto riguarda la lunghezza la differenziazione tra faglie e fratture viene mantenuta. Recentemente DE JOUSSINEAUX & AYDIN (2007), a seguito di un'analisi qualitativa preliminare volta a discernere le fratture, hanno implementato questa metodologia distinguendo nell'acquisizione e nell'elaborazione dati le varie generazioni di *joints* rilevati. In questo lavoro, proponiamo un'ulteriore grado di dettaglio nell'applicazione di questa metodologia distinguendo tra i vari set di styloliti, styloliti andati in taglio (*sheared*), *joints/vene* e *joints/vene* andati in taglio (*sheared*) presenti all'interno di zone di faglia obliqua, con componente verticale normale, nelle calcareniti della Formazione Bolognano, Montagna della Maiella (Abruzzo). Ciascun set di ogni tipologia di frattu-

ra è stata considerata come un singolo elemento strutturale, cioè un prodotto della deformazione geneticamente e temporalmente distinto dagli altri. Questi sono stati così raggruppati in tre diversi assemblaggi deformativi: (1) *overburden*, dovuto al carico litostatico, dove si ha la formazione di styloliti parallele alla stratificazione (PS1, fig. 1a); (2) *thrusting and folding*, con la genesi di 2 set di styloliti perpendicolari agli strati (PS2a e PS2b) e di un set obliqui (PS3) che localizza nei quadranti contrazionali delle PS1 andate in taglio durante il piegamento (fig. 1a); (3) *faulting*, che porta alla formazione di styloliti (PS4 e PS5) e *joints* alle terminazioni delle pre-esistenti strutture andate in taglio (fig. 1b & c), e di *slip surfaces* derivanti dal collegamento di più elementi. A seguito di questa fase preliminare, è seguita l'analisi quantitativa della spaziatura e lunghezza dei suddetti elementi tramite metodologie di *scan lines*. I dati raccolti sono stati elaborati considerando due domini ben distinti: 1) roccia non interessata da faglie (*host rock*), che include gli elementi strutturali relativi agli assemblaggi di *overburden* e *thrusting and folding*; 2) roccia fratturata e fagliata (*fault-related rock*) contenente sia gli elementi strutturali pre-esistenti (vedi punto 1) che quelli connessi ai processi di fagliazione. I risultati di questa analisi sono di seguito elencati:

i) lo spessore degli strati ha controllato la spaziatura delle styloliti perpendicolari alla stratificazione (PS2a e PS2b). Tale fattore di controllo non sembra aver giocato nessun ruolo nella spaziatura degli altri elementi strutturali più recenti (fig. 2 a,b,c,d,e,f).

ii) in entrambi i domini, la distribuzione cumulativa della spaziatura delle styloliti formatasi durante le fasi di *thrusting and folding* è di tipo negativo-esponenziale (o *random*, GILLESPIE *et alii*, 1993). Questo indica che la loro formazione non è stata controllata da strutture gerarchicamente superiori quali faglie (fig. 3 a,b).

iii) anche la distribuzione cumulativa delle lunghezze evidenzia come gli elementi strutturali dell'*host rock* siano stati fortemente condizionati dallo spessore degli strati. Al contrario, nel dominio *fault-related rock* le lunghezze degli stessi elementi indicano la predominanza dei processi di *linkage* associati al taglio (fig. 3 c,d).

iv) rispetto all'*host rock*, dove la classe di lunghezza più rappresentativa ha valore pari allo spessore degli strati, mentre nel *fault-related rock* la classe più frequente ha valori pari a circa 1/5-1/3 rispetto allo spessore degli strati, a causa del contributo dei *joints* di ultima generazione (fig. 4).

(*) Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Camerino, Via Gentile III da Varano - 62032 Camerino (MC), Italy.

Alessandroni Mauro: Tel. 0737/402619; Fax 0737/402644; mauro.alessandroni@unicam.it