

Il terremoto di Fleri (Etna) del 26 dicembre 2019, M_w 4.9. Parte II: rilievo degli effetti di fagliazione cosismica superficiale

R. Azzaro, S. Pucci, R. Nappi, P.M. De Martini, S. Branca, C.A. Brunori, M. Caciagli, M. Cantarero, F. Cinti, R. Civico, L. Cucci, S. D'amico, E. De Beni, M.T. Mariucci, R. Nave, T. Ricci, A. Smedile, P. Montone, D. Pantosti, L. Pizzimenti, V. Sapia, G. Tarabusi, R. Vallone, A. Venuti, F. Villani
(EMERGEIO Working Group, Emergenza Etna 2018)
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (Catania, Roma, Napoli, Bologna)

Introduzione

Il terremoto del 26 dicembre 2019, ore 02:19 UTC, che ha colpito il basso versante sud-orientale dell'Etna, ha prodotto non solo danni gravi e distruzioni nell'area epicentrale, pari al grado 8 EMS (Azzaro et al., in questo volume), ma anche vistose rotture superficiali lungo la faglia di Fiandaca, che è la struttura più meridionale del sistema tettonico delle Timpe (Fig. 1a). Gli effetti di fagliazione cosismica in area etnea sono storicamente piuttosto frequenti in occasione di terremoti superficiali ($< 2-3$ km), anche per valori di magnitudo relativamente modesti ($M \geq 3.5$, vedi Azzaro, 1999). Con una magnitudo M_w 4.9 (Regional Centroid Moment Tensors, <https://doi.org/10.13127/rcmt/italy>), il terremoto in questione rappresenta l'evento più significativo, in termini di entità e complessità della fagliazione associata, verificatosi nell'area etnea negli ultimi 70 anni, con una estensione della rottura superiore rispetto a quelle storiche (< 6.5 km).

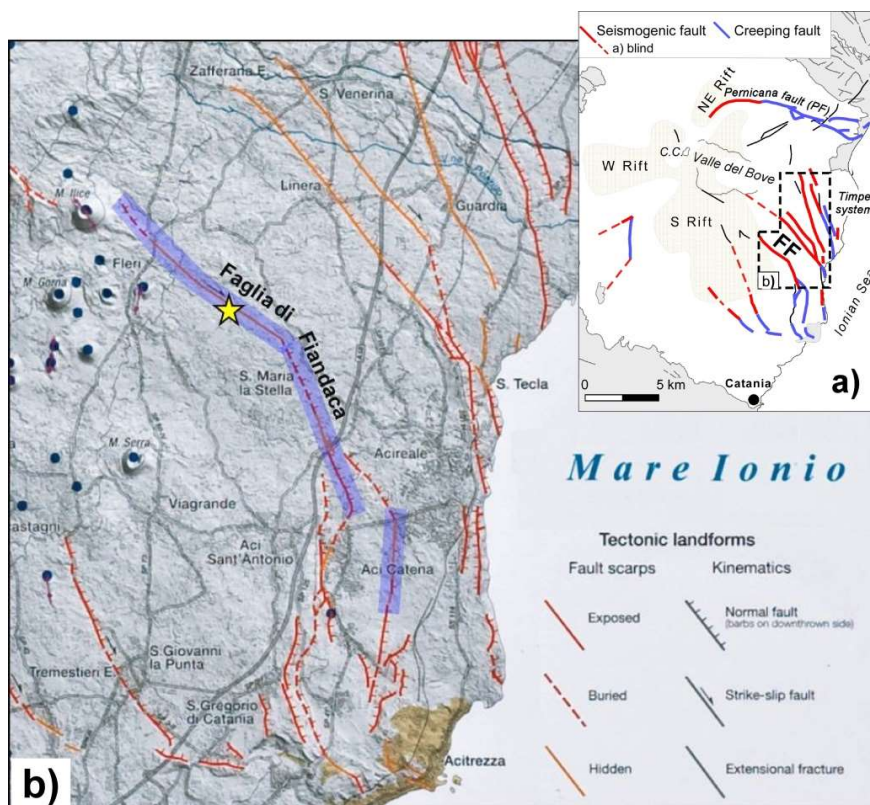


Figura 1 – a) Modello sismotettonico per l'area etnea, FF indica la Faglia di Fiandaca. b) Dettaglio della carta delle faglie attive nel basso versante sud-orientale, in viola l'estensione della fagliazione cosismica rilevata (modificata da Azzaro et al., 2012); la stella rappresenta l'epicentro strumentale del terremoto (Gruppo Analisi Dati Sismici, 2019).

Il gruppo di emergenza per il rilievo degli effetti geologici cosismici EMERGEIO (<http://emergeio.ingv.it>) dell'INGV, si è pertanto attivato effettuando quattro campagne di misura con squadre che si sono alternate sul terreno (per un totale di 60 gg/persona), supportate da personale del proprio Centro Operativo per l'organizzazione dei dati e il popolamento del database (43 gg/persona). Il rilievo ha consentito la raccolta e catalogazione di circa 900 punti di misura relativi a posizionamento, geometria, rigetto e cinematica delle fratture cosismiche.

Effetti di fagliazione

La Faglia di Fiandaca è una struttura che si estende per una lunghezza totale di circa 13 km, caratterizzata nel settore più settentrionale (Fleri-Pennisi) da una direzione NO-SE, e nella porzione meridionale (S.M. la Stella-Aci Catena) da una direzione circa N-S (Fig. 1b). Dal punto di vista morfotettonico, la porzione settentrionale della faglia è prevalentemente nascosta (*hidden fault* in letteratura internazionale) dalle colate laviche del 1000 e 1329, ovvero non mostra morfologie tettoniche chiaramente identificabili senza l'occorrenza della fagliazione (Azzaro et al., 2012). Questa faglia è localmente interessata da *creep* asismico, soprattutto nella sua parte più meridionale, e in passato ha manifestato ripetuti effetti di fagliazione superficiale cosismica, come durante la sequenza sismica del 1984 o il terremoto del 1894, per citare gli eventi maggiori.

Viste le caratteristiche del territorio densamente urbanizzato e la complessità intrinseca del campo di fratture è stato condotto un rilievo di estremo dettaglio utilizzando strumentazioni dotate di GPS e bussola elettronica, nonché di un software specifico per la raccolta dei dati di misure geologico-strutturali di terreno (Rocklogger©, www.rockgecko.com). Per la ricostruzione di dettaglio dello scenario deformativo in alcuni punti chiave, sono state inoltre effettuate riprese aeree mediante drone per l'utilizzo di tecniche di restituzione fotogrammetrica ad alta precisione (ortofoto e DEM 3D, con risoluzione media di 1 cm/pixel).

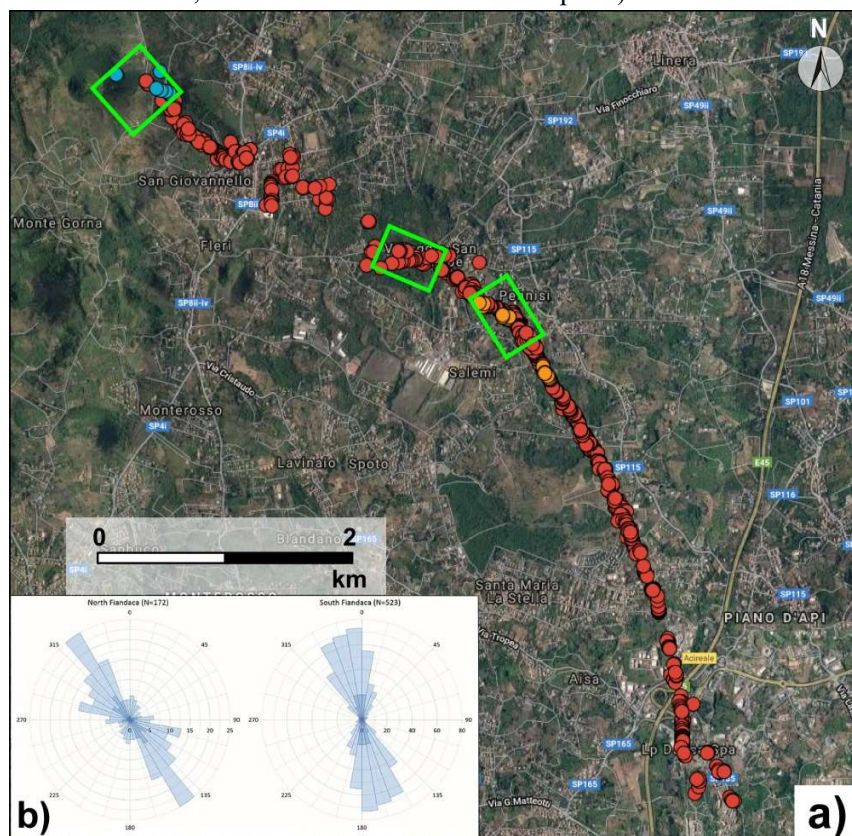


Fig. 2 – a) Distribuzione dei punti di misura effettuati per il rilievo della fagliazione; i rettangoli verdi rappresentano le aree coperte da riprese aeree con droni. b) Diagrammi a rosa delle direzioni delle rotture rilevate lungo la porzione settentrionale (a sinistra) e meridionale (a destra) della Faglia di Fiandaca.

Le misure sul terreno sono state integrate da una campagna fotografica che documenta i vari aspetti della fagliazione lungo tutta la struttura attivatasi, non trascurando l'aspetto sostanziale del danno indotto dalle rotture sui manufatti (Cucci et al., 2019). I dati raccolti sono stati organizzati in un database, mantenendo l'elevato dettaglio originale, così da poter essere a disposizione della comunità scientifica e delle istituzioni preposte alla gestione del territorio (Villani et al., sottomesso in *Scientific Data*).

Complessivamente il terremoto ha prodotto rotture in superficie per una lunghezza di circa 8.5 km lungo la faglia di Fiandaca (Fig. 2a), che hanno interessato sia terreni di copertura (depositi coerenti e incoerenti) che rilevati stradali e manufatti vari. L'ampiezza della zona di fratturazione è variabile da poche decine fino a 50-60 metri, ed interessa quasi esclusivamente il tetto della faglia; la dislocazione principale è accompagnata da rotture parallele con geometria *en-echelon* sinistra. Notevole la continuità e le caratteristiche della zona di fratturazione sia su suolo agrario che sui manufatti; la direzione prevalente delle fratture ruota da NO-SE a circa N-S spostandosi lungo la faglia (Fig. 2b) e la cinematica è transtensiva destra (Fig. 3a), con spostamenti orizzontali fino a 35 cm e rigetti verticali medi di 10 cm.

Un aspetto ricorrente nel campo di fratture è la presenza di strutture a graben (Fig. 3b) e fessure beanti anche di notevoli dimensioni (Fig. 3c), indice di elevati valori di componente tensionale. In alcuni settori le rotture si sviluppano in coincidenza di una piccola scarpata morfologica, che testimonia il cumularsi di effetti deformativi della faglia nel medio termine.



Figura 3 – Esempio di tipologie di rotture cosismiche prodotte dal terremoto del 26 dicembre 2018 lungo la Faglia di Fiandaca: a) C.da Testa di Vipera; b) C.da Campanaro; c) Pennisi.

Infine, si segnalano anche numerosi effetti secondari, sia nella porzione settentrionale che in quella meridionale della Faglia di Fiandaca, in forma di crolli e deformazioni di muretti a secco e di contenimento sia nelle aree urbanizzate che in quelle di campagna caratterizzate da estesi terrazzamenti.

Note conclusive

Il quadro degli effetti rilevati sul terreno conferma, come già noto in letteratura, l'origine primaria della fagliazione del terremoto del 26 dicembre 2018 (M_w 4.9).

In particolare, i dati raccolti hanno evidenziato che:

- la fagliazione cosismica interessa per intero la Faglia di Fiandaca, estendendosi anche al di fuori dell'area di danneggiamento massimo nel settore meridionale in cui l'attività tettonica si esplica in regime di *creep* asismico;
- le Faglie di Acicatena ed Aciplatani mostrano deboli riattivazioni (fagliazione indotta) che, in alcuni casi, hanno portato ad ordinanze di sgombero di edifici già compromessi dagli effetti di creep che interessano storicamente queste aree;
- il rilievo di estremo dettaglio effettuato dal gruppo EMERGEIO, ha permesso di mappare con precisione lo sviluppo in superficie della Faglia di Fiandaca nel settore nord in cui la morfologia è di tipo *hidden* (tra Pennisi e Fleri, Fig. 1b) (Civico et al., 2019). Lo scostamento di circa un centinaio di metri deriva dal fatto che la mappatura di questa parte della faglia in passato (Azzaro et al., 2012) era stato definito sulla base di dati storici descrittivi, gli unici in quel momento disponibili;
- la presenza di effetti sismo-geologici secondari quali frane o scoscendimenti è stata del tutto marginale e limitata a qualche rotolamento di blocchi e alla caduta di muretti a secco.

Va infine rilevato che gli effetti di fagliazione superficiale rappresentano un ulteriore elemento di pericolosità a scala locale, particolarmente quando si sviluppano all'interno di zone fortemente antropizzate, in quanto responsabili di una esaltazione del danno sull'edificato o sulle *life-line* rispetto a quanto prodotto dal semplice scuotimento (i.e. azione sismica).

Bibliografia

- Azzaro R.; 1999. *Earthquake surface faulting at Mount Etna volcano (Sicily) and implications for active tectonics*. Journal of Geodynamics, 28, 193-213.
- Azzaro R., Branca S., Gwinner K., Coltelli M.; 2012. *The volcano-tectonic map of Etna volcano, 1:100.000 scale: an integrated approach based on a morphotectonic analysis from high-resolution DEM constrained by geologic, active faulting and seismotectonic data*. Italian Journal of Geosciences, 131, 153-170.
- Civico R., Pucci S., Nappi R., Azzaro R., Villani F., Pantosti D., Cinti F.R., Pizzimenti L., Branca S., Brunori C.A., Caciagli M., Cantarero M., Cucci L., D'Amico S., De Beni E., De Martini P.M., Mariucci M.T., Montone P., Nave R., Ricci T., Sapia V., Smedile A., Tarabusi G., Vallone R., Venuti A.; 2019. *Surface ruptures following the 26 December 2018, Mw 4.9, Mt. Etna earthquake, Sicily (Italy)*. Journal of Maps, in revisione.
- Cucci L., D'Amico S., De Martini P.M., Nave R., Pizzimenti L., Azzaro R., Branca S., Brunori C.A., Caciagli M., Cantarero M., Cinti F., Civico R., De Beni E., Mariucci M.T., Messina A., Montone P., Nappi R., Pantosti D., Pucci S., Ricci T., Smedile A., Sapia V., Tarabusi G., Vallone R., Venuti A., Villani F.; 2019. *Photographic collection of the coseismic geological effects originated by the 26th December 2018 Etna (Sicily) earthquake*. Miscellanea INGV, 48, 176 pp., <http://editoria.rm.ingv.it/miscellanea/2019/miscellanea48/#>

- EMERGEIO WG; 2019. Il terremoto etneo del 26 dicembre 2018, M_w 4.9: rilievo degli effetti di fagliazione cosismica superficiale. Rapporto INGV n. 1 del 21/01/2019, 9 pp., [doi 10.5281/zenodo.2545555](https://doi.org/10.5281/zenodo.2545555)
- Gresta S. (2010). Zone di fratturazione al suolo. Rilievo e perimetrazione. In: R. Azzaro, C.F. Carocci, M. Maugeri, A. Torrisi (a cura di), Microzonazione sismica del versante orientale dell'Etna. Studi di primo livello, Regione Siciliana, Dipartimento della Protezione Civile. Le Nove Muse editrice, pp. 81-98.
- Gruppo Analisi Dati Sismici; 2019. *Catalogo dei terremoti della Sicilia Orientale - Calabria Meridionale (1999-2019)*. INGV, Catania, http://sismoweb.ct.ingv.it/maps/eq_maps/sicily/catalogue.php
- QUEST WG; 2019. *Il terremoto etneo del 26 dicembre 2018, M_w 4.9: rilievo degli effetti macrosismici*. Rapporto INGV n. 1 del 06/02/2019, 9 pp., [doi:10.5281/zenodo.2558168](https://doi.org/10.5281/zenodo.2558168)
- Villani F., Pucci S., Azzaro R., Civico R., Cinti F.R., Pizzimenti L., Tarabusi G., Branca S., Brunori C.A., Caciagli M., Cantarero M., Cucci L., D'Amico S., De Beni E., De Martini P.M., Mariucci M.T., Messina A., Montone P., Nappi R., Nave R., Pantosti D., Ricci T., Sapia V., Smedile A., Vallone R., Venuti A.; 2019. *Coseismic ruptures database related to the 26 December 2018, M_w 4.9 Mt. Etna earthquake (southern Italy)*. Scientific Data, sottomesso.